

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INSPECCIÓN LA VICTORIA
DEL MUNICIPIO EL COLEGIO CUNDINAMARCA.**

JHONNATAN STIVEN SÁNCHEZ VANEGAS

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2019**

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INSPECCIÓN LA VICTORIA
DEL MUNICIPIO EL COLEGIO CUNDINAMARCA.**

**TRABAJO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

DIRECTOR:

Dr. RAFAEL ALBERTO FONSECA CORREA

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2019**

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	12
2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	12
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
4. JUSTIFICACIÓN.....	14
5. ANTECEDENTES.....	15
6. OBJETIVOS.....	16
6.1 OBJETIVO GENERAL	16
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
7. MARCO DE REFERENCIA	16
7.1 MARCO GEOGRAFICO	16
7.2 MARCO CONCEPTUAL.....	19
7.2.1 Tratamiento de aguas residuales.....	19
7.2.2 Sistema de Aireación Extendida.....	22
7.3 MARCO TEORICO.....	24
7.3.1 Precipitación	24
7.3.2 Recurso Hídrico	25
7.3.3 Amenazas al recurso Hídrico.....	25
7.3.4 Acueductos Veredales.....	26
7.3.5 Acueducto de la inspección la victoria	27
7.3.5.1 Captación.....	27
7.3.5.2 Aducción	27
7.3.5.3 Desarenador.....	28
7.3.5.4 Planta de Tratamiento.....	28
7.3.5.5 Tanques de Almacenamiento	29
7.3.5.6 Red de Distribución.....	29
7.3.6 Sistema de Alcantarillado Inspección La Victoria.....	29
7.3.6.1 Pozos de Inspección	29
7.3.6.2 Sistema de colectores y sus longitudes	29
7.3.6.3 Colector Final.....	31
7.3.7 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Inspección La Victoria.....	32
7.3.7.1 Operación de la Planta de Tratamiento	32
7.4 MARCO LEGAL	34
8. MÉTODO Y METODOLOGÍA	36
8.1 Método	36
8.2 Diseño Metodológico	36
8.2.1 Fase 1 Recolección de Información.....	36
8.2.2 Fase 2 Identificación de la PTAR	37

8.2.3	Fase 3 Propuesta de Optimización.....	37
9.	RESULTADOS OBTENIDOS	37
9.1	Primera Visita a la inspección la victoria (12-02-2019)	37
9.2	Segunda Visita Técnica (04-03-2019).....	38
9.3	Tercera visita Técnica a la PTAR La Victoria (19-03-2019).....	40
9.4	Cuarta visita Técnica a la PTAR La Victoria (30-04-2019)	46
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	48
10.1	Funcionamiento de la PTAR.....	48
9.4.1	Sedimentación de Alta Tasa	48
9.4.2	Filtración Primaria	48
9.4.3	Sistema Terciario Avanzado.....	49
9.5	Componentes del sistema de la PTAR	49
9.5.1	Cribado o retención de gruesos.....	49
9.5.2	Trampa de Grasas	49
9.5.3	Bombeo de Transferencia	50
9.5.4	Aireación.....	50
9.5.5	AquaMagnet.....	51
9.5.6	Sedimentación.....	51
9.5.7	Electrofloculación	51
9.1.1	Desinfección	52
10.2	Análisis microbiológico de la PTAR	52
10.1	Estimación de la Población.....	54
10.2.1	Método lineal	55
10.2.2	Método Geométrico o Exponencial	56
10.2.3	Método Logarítmico	57
10.3	Caudal de Diseño	58
10.3.1	Caudal de Aguas Residuales Domesticas (Q_D).....	58
10.3.2	Caudal de Aguas Residuales Industriales (Q_i).....	60
10.3.3	Caudal de Aguas Residuales Comerciales (Q_C)	60
10.3.4	Caudal de Aguas Residuales Institucionales (Q_{IN})	61
10.4	Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD})	61
10.5	Caudal Máximo Horario (Q_{MH}).....	62
10.5.1	Cálculo del Factor de Mayoración.....	62
11.	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	64
12.	CONCLUSIONES	71
13.	RECOMENDACIONES	72
14.	BIBLIOGRAFIA.....	73
15.	ANEXOS.....	75

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Municipios Limítrofes de El Colegio.....	18
Tabla 2: Veredas e inspecciones departamentales del municipio El Colegio.	19
Tabla 3: Características de las aguas residuales.	21
Tabla 4: Listado Diagnostico Acueductos Veredales de El Colegio.....	27
Tabla 5: Clasificación de redes de alcantarillado sanitario Inspección de la Victoria.	30
Tabla 6: Longitudes de tubería Inspección de la Victoria.	31
Tabla 7. Componentes de la PTAR y su vida Útil	34
Tabla 8: Normograma.....	35
Tabla 9: Cobertura de redes de alcantarillado Inspección de la Victoria.	39
Tabla 10. Resultados Laboratorios	47
Tabla 11. Especificaciones de la Unidad de Cribado	49
Tabla 12. Especificaciones de la Trampa de Grasas	50
Tabla 13. Especificaciones de la bomba de Transferencia.....	50
Tabla 14. Especificaciones del Aireador	51
Tabla 15. Análisis microbiológico de las aguas en la PTAR La Victoria.	53
Tabla 16. Revisión de los parámetros analizados en las muestras del 2016 y 2017.	54
Tabla 17. Población entre el 2005 y 2015 en El Colegio.	55
Tabla 18. Proyección de población Método lineal.	56
Tabla 19. Proyección de población Método Geométrico.	57
Tabla 20. Proyección de población Método Logarítmico.	58
Tabla 21. Promedio de las Proyecciones de Población.	58
Tabla 22. Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas.....	59
Tabla 23. Contribuciones de aguas residuales industriales para pequeñas industrias.	60
Tabla 24. Valores calculados para el Factor de Mayoración.....	63
Tabla 25. Equipos básicos de seguridad para la operación y mantenimiento de la PTAR. .	67
Tabla 26. Rutina de Operación y Mantenimiento Propuesta.....	67

LISTADO DE IMAGENES

Imagen 1. Ubicación del Municipio El Colegio Cundinamarca.....	17
Imagen 2: Mapa división Política del municipio el Colegio.	18
Imagen 3: Principales fuentes de aguas residuales municipales.....	20
Imagen 4: Aguas residuales o ¿Aguas reusables?	22
Imagen 5. Sistema de Aireación Extendida.....	23
Imagen 6: Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP.	28
Imagen 7. Descripción general del proceso de tratamiento.....	33
Imagen 8: Ubicación y vista satelital de inspección La Victoria.	38
Imagen 9. Estado Actual de la PTAR La Victoria.	40
Imagen 10. Tanque de entrada de la PTAR La Victoria.	41
Imagen 11. Tratamiento Primario Avanzado.	41
Imagen 12. Tanques de digestión y procesos de tratamiento.	42
Imagen 13. Sistema de Tratamiento Terciario y Cloración.....	43
Imagen 14. Bomba Dosificadora de Hipoclorito de Sodio.....	43
Imagen 15. Salida de la PTAR La Victoria.	44
Imagen 16. Quebrada La Tribuna antes del vertimiento de la PTAR.	44
Imagen 17. Vertimiento realizado por la PTAR a la Quebrada la Tribuna.	45
Imagen 18. Quebrada la Tribuna después del vertimiento de la PTAR.	45
Imagen 19. Laboratorio aguas residuales en la PTAR.	46
Imagen:20: Esquema general del mejoramiento propuesto.....	64
Imagen 21 Sistema de Aireación con membrana sumergida.....	69
Imagen 22. Membrana 500s de ZeeWeed	69

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo 1. Resultados de laboratorio realizado a la PTAR años 2016 y 2017
- Anexo 2. Plano Catastral de la Inspección La Victoria.

GLOSARIO

ACIDEZ: Capacidad de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilo. Se mide cuantitativamente por titulación con una solución alcalina normalizada y se expresa usualmente en términos de mg/L como carbonato de calcio.

AFLUENTE: Agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento.

AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES: Agua residual de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos.

AIREACIÓN: Proceso de transferencia de masa, generalmente referido a la transferencia de oxígeno al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido).

AMBIENTE AEROBIO: Proceso que requiere o no es destruido por la presencia de oxígeno.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA: pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar sus características físicas, químicas o ambas.

BACTERIA: Grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación.

CLORACIÓN: Aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores.

COLIFORMES: Bacterias negativas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan coliformes fecales. Se utilizan como indicadores de contaminación biológica.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO): Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °c). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO): Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas.

DESCOMPOSICIÓN ANAEROBIA: Degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos. Usualmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano.

EFLUENTE: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

LAGUNA AIREADA: Estanque natural o artificial de tratamiento de aguas residuales en el cual se suple el abastecimiento de oxígeno por aireación mecánica o difusión de aire comprimido. Es una simplificación del proceso de lodos activados y según sus características se distinguen cuatro tipos de lagunas aireadas 1. laguna aireada de mezcla completa, 2. laguna aireada facultativa, 3. laguna facultativa con agitación mecánica y 4. laguna de oxidación aireada.

LICOR MIXTO: Mezcla de lodo activado y aguas residuales en el tanque de aireación que fluye a un tanque de sedimentación secundario en donde se sedimentan los lodos activados.

LODOS ACTIVADOS: Procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores. Esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

OPTIMIZACIÓN: proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL: Conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales.

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

TRATAMIENTO SECUNDARIO: Es aquel directamente encargado de la remoción de la materia orgánica y los sólidos suspendidos.

VERTIMIENTO: Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.

VERTIMIENTO PUNTUAL: Es el que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

RESUMEN

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Inspección La Victoria se encuentra ubicada al nor-occidente del centro poblado del municipio El Colegio y su efluente se vertido a la quebrada La Campos, esta quebrada aguas abajo abastece varios acueductos rurales, lo cual nos demarca la gravedad de que la PTAR no funcione adecuadamente y no cumpla con la resolución 0631 de 2015. A partir de ello es pertinente analizar el estado actual de la PTAR identificando las posibles fallas o deficiencias en los procesos que esta lleva a cabo, con la finalidad de proponer un mejoramiento de la infraestructura y de los procesos, para ello se realizó la recolección de la información pertinente para entender el modo de operación, el tipo de tratamiento efectuado y demás especificaciones relevantes de la PTAR.

Con la información recolectada se observó que actualmente la PTAR no se encuentra en funcionamiento por lo cual las aguas residuales de la Inspección la Victoria están siendo vertidas a la quebrada La Campos sin tratamiento, aproximadamente hace un año no se le realizan mantenimientos preventivos y no cuenta con un operador fijo, el análisis del cumplimiento de los parámetros establecidos se efectuaba una vez al año y después del 2017 se dejó de realizar. Con las observaciones y el análisis se realizó la verificación del cumplimiento de algunos parámetros de diseño dados por diferentes autores, identificando que el caudal a la entrada de la PTAR está próximo a superar la capacidad de diseño, por lo cual se propone alternativas y la implementación de tecnologías que permitan poner en operación la PTAR y mejorar integralmente su funcionamiento en beneficio del medio ambiente y de la población que se abastece de la quebrada La Campos.

Palabras Clave: PTAR, efluente, Inspección la Victoria, aguas residuales, impacto ambiental, Mesitas del Colegio.

ABSTRAC

The Wastewater Treatment Plant of the La Victoria Inspection is located northwest of the city center of the municipality of El Colegio and its effluents are discharged into the La Campos stream, which is distributed downstream and supplies several rural aqueducts. that delimits us the seriousness of the WWTP. It does not work correctly and does not comply with resolution 0631 of 2015. From this, it is pertinent to analyze the current state of the WWTP, identifying possible failures or deficiencies in the processes carried out, with the purpose of proposing an improvement of the infrastructure and the processes, for this the compilation of the pertinent information was carried out to understand the mode of operation, the type of treatment carried out and other relevant specifications of the treatment plant.

With the information collected, it was observed that the WWTP is not currently in operation, so the Victoria Inspection wastewater is being discharged into the La Campos stream without treatment, approximately one year ago no preventive maintenance was performed or made no operator, the analysis of compliance with the established parameters was performed once a year and after 2017 was suspended. With the observations and the analysis, the verification of compliance with some design parameters given by different authors was made, identifying that the flow at the entrance of the WWTP is close to exceeding the design capacity, for which alternatives and implementation are proposed of technologies that allow the WWTP to operate and improve its operation in an integral manner for the benefit of the environment and the population provided by the La Campos stream.

Keywords: WWTP, effluents, Victoria inspection, wastewater, environmental impact, school tables.

1. INTRODUCCIÓN

El agua puede ser catalogada como uno de los recursos naturales más importantes e indispensables para la supervivencia humana, sin embargo, su disponibilidad se ha visto en disminución en los últimos años, a consecuencia del aumento significativo de la contaminación, lo cual aparte de causar el deterioro de las fuentes hídricas, genera afectación en las condiciones de saneamiento ambiental en la comunidad.

En búsqueda de disminuir los índices de contaminación, es importante brindar un adecuado tratamiento a las aguas residuales municipales y para ello es esencial la construcción, operación y mantenimiento de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), minimizando el impacto de los vertimientos realizados de aguas servidas a las fuentes hídricas.

Con la presente investigación, se proponen alternativas de mejoramiento de los procesos llevados en la PTAR La Victoria, para ello es necesario analizar el estado de funcionamiento operacional prestado actualmente, la PTAR fue construida en el año 2012 y desde esta fecha no se revisan ni optimizan los procesos llevados a cabo, causando que los vertimientos no cumplan con la resolución 0631 de 2015, afectando gravemente a los suscriptores de los acueductos veredales que se surten aguas abajo de dicha quebrada.

Para lograr el objetivo propuesto, inicialmente se recolectó la información sobre la planta de tratamiento, esta información en gran parte fue suministrada por la entidad EMPUCOL ESP, la cual estuvo a cargo de la operación y mantenimiento en el periodo 2012-2017, a partir de esta información fue posible establecer que la inspección la victoria cuenta con un PTAR construida por la empresa DORLEOP LTDA y realiza el proceso de tratamiento por medio de un sistema aeróbico con aireación extendida, para un flujo continuo o intermitente, con un caudal máximo de 4 L/s, no cuenta con eras de secado de lodos, debido a que estos son estabilizados y dispuestos en un Hopper con deshidratación por gravedad.

A continuación, se describe los procesos llevados a cabo para proponer el mejoramiento de las operaciones llevadas en la PTAR, las propuestas son llevadas a cabo a partir de la observación, el análisis de la estructura y el funcionamiento de la planta, evaluando su eficiencia dentro de los parámetros establecidos.

2. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

- Grupo de investigación: GUIAS.
- Línea de Investigación Institucional: Hábitat, biodiversidad y tecnologías sostenibles – HBTS.
- Línea de Investigación del programa: Sostenibilidad de la Infraestructura.
- Línea de Investigación grupo de Investigación: Gestión y tecnologías del agua.
- Nombre del semillero de Investigación: Gestión de la Infraestructura para el desarrollo.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inspección La Victoria se encuentra a 12 km de la cabecera del municipio El Colegio, está ubicado en un punto estratégico de la región por su cercanía Al Distrito de Manejo Integrado “Cuchilla Peñas Blancas”, en la cual nacen las cuencas hidrográficas que abastecen a los municipios de la provincia del Tequendama. (Alcaldía El Colegio, 2018)

El vertimiento de las aguas residuales de la inspección se realizaba anteriormente a la quebrada La Campos o la campuna sin tratamiento alguno, hasta que en el año 2012 se construyó la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la Inspección la Victoria, cuyo objetivo es la disminución de los niveles de contaminación y la reducción de la afectación causada a la fuente hídrica por parte de la inspección (Contraloría de Cundinamarca, 2016). Actualmente la administración municipal no cuenta con la información suficiente para establecer el estado actual de la PTAR y verificar el cumplimiento de la resolución 0631 de 2015, lo cual afecta la cuenca que abastece aguas abajo a acueductos rurales del municipio El Colegio y Anapoima.

El tratamiento de las aguas residuales, es considerada como una de las principales estrategias adoptadas para la preservación de la calidad del agua, la protección de los ecosistemas (fauna y flora) y el mejoramiento de las condiciones sanitarias, en búsqueda de la protección de la salud pública de los habitantes que residen en el recorrido de la quebrada. Desde la construcción del reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), se reconoce la importancia del tratamiento de las aguas residuales vertidas por los municipios a las cuencas hídricas, estableciendo parámetros y lineamientos obligatorios para el funcionamiento y los procesos llevados en el tratamiento del agua (Rojas, 2000). Por lo anteriormente mencionado es de vital importancia conocer las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas servidas por la PTAR de la inspección la victoria, partiendo de este análisis realizar el diagnóstico de su funcionamiento y proponer alternativas para la optimización de los procesos llevados.

De este modo surge este proyecto de investigación cuyo objetivo es evaluar y proponer alternativas para optimizar el funcionamiento de la PTAR de la inspección la victoria en búsqueda de mejorar los procesos llevados y preservar el ecosistema aledaño a la fuente hídrica donde son vertidas las aguas residuales, por lo tanto se establece la siguiente pregunta de investigación, ¿Presenta la planta de tratamiento de aguas residuales de la inspección la victoria un adecuado funcionamiento, suministrando un nivel de servicio óptimo y cumpliendo la normatividad vigente de vertimientos?

4. JUSTIFICACIÓN

Uno de los objetivos propuestos en el plan de desarrollo municipal (2016-2019) “Mesitas adelante otra vez”, es catalogar al municipio como el primer destino turístico de Cundinamarca, esto junto a su cercanía a la ciudad de Bogotá (40km), ha llevado a que la población flotante se vea en aumento en los últimos años.

La empresa de servicios públicos de acueducto y saneamiento básico del municipio (EMPUCOL ESP) ha realizado los mantenimientos en búsqueda de fortalecer la red de alcantarillado, pero se ha dejado de lado la vigilancia de la eficiencia en las operaciones llevadas a cabo en la PTAR de la inspección la victoria, causando que no se controlen los niveles de contaminación del vertimiento realizado a la quebrada La Campos (Olivar, 2019). El municipio cuenta con un Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) aprobado por la resolución 1058 del 9 de abril de 2010 expedida por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y actualmente se encuentra en la construcción del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (PMAA) según los lineamientos de la sentencia “Rio Bogotá” emitida por el consejo de estado el 28 de marzo de 2014. (Orabo, 2016)

La finalidad es optimizar los procesos empleados en la PTAR de la inspección la victoria, garantizando un funcionamiento tal que permita el cumplimiento en la remoción de sólidos suspendidos, reducción de DBO, disminución de la dureza del agua entre otros y el cumplimiento de la resolución 0631 de 2015 en donde se establecen los parámetros admisibles de los vertimientos puntuales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , 2015).

Este estudio aportará alternativas para que la administración municipal y EMPUCOL ESP, puedan realizar la optimización de la PTAR de la inspección la victoria, ya que con el control de los vertimientos se mejora la calidad de agua favoreciendo la población presente y futura, y preservando el medio ambiente. Otro aporte importante, es que las entidades estatales municipales no cuentan con presupuesto para contratar este tipo de estudios y los procesos licitatorios para estas actividades hacen lentos los métodos y resultados. Desde la academia es posible potenciar estos conocimientos técnicos-administrativos, además de fortalecer el proceso de investigación formativa de los estudiantes, que buscamos soluciones tangibles y aterrizadas.

5. ANTECEDENTES

A 2017 tan solo el 48,2% de los municipios contaban con una PTAR en su jurisdicción, de las cuales del 29% no se conocía el estado de funcionamiento. Por más de 30 años autoridades competentes hicieron caso omiso a las malas prácticas realizadas por los habitantes e industrias aledañas al Río Bogotá, causando una catástrofe ambiental, ecológica y económico-social, por ello el consejo de estado emitió la sentencia “Río Bogotá” el día 28 de marzo de 2014 en donde se le ordena a los municipios que aportan directa e indirectamente contaminación a la cuenca, diseñar e implementar medidas para descontaminar el río y evitar su afectación a futuro (Ideam, 2015).

La PTAR de la inspección la victoria realiza sus vertimientos a la quebrada “La Campos” la cual es un afluente del Río Bogotá, por lo cual su mal funcionamiento afecta indirectamente la contaminación de esta cuenca hidrográfica. Adicionalmente, de esta quebrada aguas abajo de la descarga de la PTAR la Victoria, se abastecen acueductos rurales del municipio el colegio y de Anapoima, afectando la calidad de agua suministrada a la población adscrita a estos acueductos y haciendo más costosos los sistemas de tratamiento. Según el informe emitido por la Asociación Colombiana De Ingeniería Sanitaria Y Ambiental (ACODAL) en el Foro Mundial del Agua de 2017, “cerca de 1.8 millones de personas toman agua de fuentes contaminadas por heces lo cual aumenta la posibilidad de contraer enfermedades como cólera y polio” (ACODAL, 2017).

El municipio El Colegio, ha realizado actividades para mitigar y combatir los vertimientos realizados a las microcuencas pertenecientes a la red del río Bogotá, lo cual se logra evidenciar en el PSMV aprobado por la CAR, pero debido al gran número de puntos a fortalecer en cumplimiento de la sentencia del consejo de estado, se ha dejado de lado la supervisión y mantenimiento de la PTAR de la inspección la victoria y se ha enfocado los esfuerzos para el diseño y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales para la cabecera municipal ya que desde la fundación del municipio y hasta la fecha se realizan los vertimientos sin tratamiento alguno a un afluente del río Bogotá.

La inspección cuenta con 700 habitantes aproximadamente y un sistema productivo basado en el cultivo de mora, granadilla, café, plátano y uchuva, su red de alcantarillado es combinada (agua residual y pluvial) lo cual en época de lluvias genera que el sistema presente fallas, superando el caudal de diseño tanto de la red como de la PTAR de la inspección la victoria (Novoa, 1996). Por ello en el plan de desarrollo 2016-2019 se propuso realizar la optimización de la planta la cual aún no se ha llevado a cabo, es por esto que desde la investigación formativa entramos a aportar con los resultados encontrados en este estudio.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los procesos llevados a cabo en la planta de tratamiento de agua residual de la inspección la victoria del municipio el colegio, Cundinamarca.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el funcionamiento actual de la PTAR y los puntos críticos a mejorar.
- Realizar la evaluación técnica a los vertimientos realizados por la PTAR.
- Formular la propuesta de mejoramiento integral de la PTAR

CAPITULO 1

7. MARCO DE REFERENCIA

7.1 MARCO GEOGRAFICO

El nombre original de El Colegio fue "Parroquia de las Mesitas del Colegio de Nuestra Señora del Rosario del Calandaima", ya que las primeras casas se construyeron en la cercanía del colegio capuchino de sacerdotes dirigido por fray Cristóbal de Torres, siendo este el fundador del municipio. (Alcaldía El Colegio, 2018)

La región del Tequendama fue descubierta en 1537 por el Capitán Juan de San Martín, integrante de una de las expediciones de don Gonzalo Jiménez de Quesada. Aunque en 1540 los Panches atacaron a los españoles en búsqueda de que estos desistieran de sus propósitos de conquista, la respuesta de aquellos fue inmediata, penetrando por Tena hasta Bituima, arrasando con todos los poblados que encontró, asesinando de este modo a los caciques Tocarena y Anolaima, lo cual ocasionó la desintegración de la tribu Panche. (Consejo Municipal El Colegio, 1999)

El gobierno español, en su búsqueda de evangelizar los territorios conquistados, firmo el 31 de diciembre de 1651 en Madrid la «Licencia al arzobispo de la Iglesia de Santafé para fundar en la región del Calandaima un colegio donde se extendiera la doctrina de Santo Tomas, la Jurisdicción y la Medicina». Para esa época Calandaima se llamaba toda la región de la cuenca del Río Bogotá hasta Viotá. En el año de 1649 El Colegio del Rosario era dueño de la hacienda que tenía por nombre el mismo de la región y que fue entregada en 1665 por los Dominicos. (Alcaldía El Colegio, 2018)

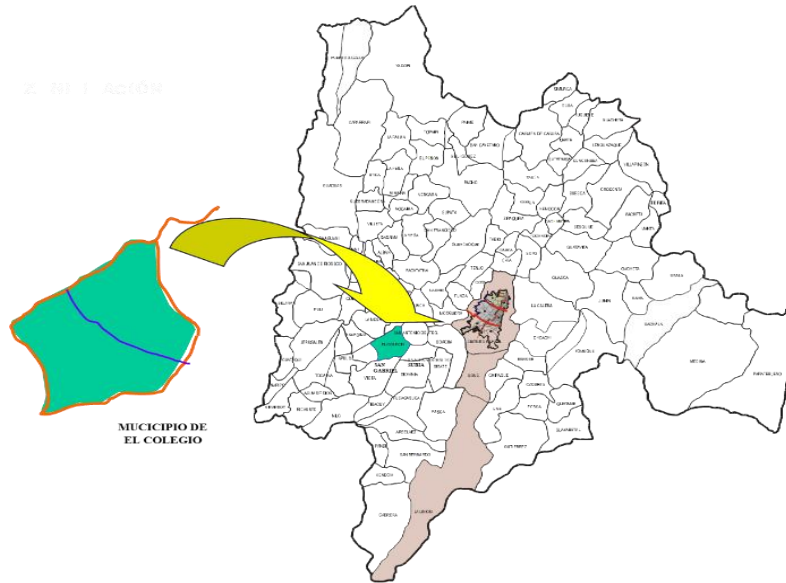


Imagen 1. Ubicación del Municipio El Colegio Cundinamarca
 Tomada de <http://www.elcolegio-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>.

El municipio fue fundado el 20 de septiembre de 1653 por el arzobispo de Santa fe, Fray Cristóbal de Torres, y el gobernador, el Marqués de Miranda, don Juan Fernández de Córdoba y Coalla. El presidente expidió el 3 de noviembre de 1653 el título que legalizaba el poblamiento de la "Parroquia de las Mesitas del Colegio de Nuestra Señora del Rosario del Calandaima", localizado en las riberas del Río Bogotá. (Guía Cundinamarca, 2013)

De 1650 a 1800 el desarrollo económico de la Parroquia de las Mesitas del Colegio de Nuestra Señora del Rosario del Calandaima, se basó en la agricultura, se extendió desde el Río Bogotá, hacia la Cordillera Subía, dando lugar a un tránsito permanente y auspiciando de comercio. Los terrenos fueron usados para el cultivo de cañaduzales, plátano, yuca, maíz, fríjol, árboles frutales y potreros para ganados. En dichos fundos, administrados por los gobernantes de la época, laboraban y vivían esclavos y peones. En 1810 se presentaron deslizamientos los cuales arrasaron con la iglesia de bahareque y algunas viviendas, lo cual obligó al traslado del centro poblado, el cual se encontraba a la orilla del Río Bogotá reubicándose en la meseta en límites con las haciendas de San José y Trujillo, actualmente esta es la ubicación de la cabecera municipal. (Alcaldía El Colegio, 2018)

En 1861 el presidente Tomás Cipriano de Mosquera expropió los terrenos de la hacienda Calandaima y se realizó su venta a particulares, dando origen a varias haciendas y parcelaciones. La Constitución de Cundinamarca del 25 de agosto de 1862, celebrada en Funza, eliminó los cantones y los erigió en pueblos, pasando en esta forma El colegio a ser un pueblo de Cundinamarca, cuya capital fue La Mesa. Transcurrido el tiempo las haciendas en las que se encontraba dividido el municipio pasaron a tomar el nombre de veredas. (Alcaldía El Colegio, 2018)

La Victoria fue creada a partir de la ordenanza número 62 de 1961 emitida por la gobernación de Cundinamarca, es uno de los 3 importantes caseríos que tienen la categoría de Inspecciones de policía departamental dentro de la jurisdicción del municipio, es un terreno de clima templado, se encuentra ubicada a 1 hora de la cabecera municipal de El Colegio, posee flora y fauna muy exuberante y cultivos extensos de mora y flores exóticas, en su parte alta resguarda una de las principales riquezas del municipio como es la reserva forestal De Peñas Blancas la cual hace parte del distrito de manejo integrado; se destaca por su popular festival y reinado de la mora, además cuenta con antiguas haciendas cafeteras que en los 70's fueron pioneras en la región respecto a exportación de café y que hoy son patrimonio arquitectónico. (ESCOBAR, 2016)



Imagen 2: Mapa división Política del municipio el Colegio.
Tomada de <http://www.elcolegio-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

LIMITES DEL MUNICIPIO	
Norte	La Mesa
	Tena
Sur	Viotá
	San Antonio del Tequendama
Oriente	Granada
Occidente	Anapoima
	La Mesa

Tabla 1: Municipios Limítrofes de El Colegio.
Fuente: Propia

VEREDAS E INSPECCIONES DEPARTAMENTALES			
CASCO URBANO	PRADILLA	LA VICTORIA	EL TRIUNFO
La Virginia	Palmas	Entrerriós	San Ramón
Santa Isabel	El Tigre	La Trinidad	Honduras
Santa Cruz	Lucerna	La Arcadia	El Porvenir
Santa Rita	Brasil	La Campos	Misiones
San Miguel	Antioquia	El Carmelo	La Soledad
Santa Marta Bellavista	Antioqueñita	Flechas	Santo Domingo
Santa Marta	El Paraíso	La Pítala	
Francia	Los Helechos	Subía	
San José Alto	Guachaca		
San José Bajo	Marsella		
San Joaquín			
Cúcuta Redondillo			
Cúcuta			
Junca			
Zaden			
Trujillo			

Tabla 2: Veredas e inspecciones departamentales del municipio El Colegio.
Fuente: (Consejo Municipal El Colegio, 1999)

7.2 MARCO CONCEPTUAL

7.2.1 Tratamiento de aguas residuales.

“La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físico-química de las aguas y sus efectos en la fuente receptora” (Rojas, 2000)

Las aguas residuales son aguas que han surtido algún funcionamiento y posterior a este han sido desechadas y trasportadas por medio de las redes de alcantarillado, según la resolución 0330 de 2017 donde se adopta el reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) es posible catalogarlas como, las aguas residuales domesticas las cuales son líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios y las aguas residuales industriales que como su nombre lo dice, son el resultado de las descargas producidas por las industrias, estas al juntarse se denominan aguas residuales municipales, que son trasportadas por la red de alcantarillado hasta ser vertidas a un efluente o planta de tratamiento de aguas residuales. (Rojas, 2000)

En general, se acostumbra entre la población a hablar de aguas negras “como aquellas que provienen de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orinas, ricas en solidos suspendidos, nitrógeno y Coliformes fecales y aguas grises a las aguas

residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras las cuales son las aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes”

Por otro lado, las aguas lluvias “transportan la carga poluidora de techos, calles y demás superficies por donde circula” (Rojas, 2000). En la actualidad se ha buscado inducir a las ciudades a la construcción de alcantarillados separados (aguas residuales y aguas pluviales), en búsqueda de evitar la saturación del sistema y reducir los costos en el tratamiento, ya que las aguas lluvia pueden ser descargadas directamente al curso de agua de la fuente hídrica más próxima, pero en gran número de municipio del país se evidencia que las redes de alcantarillado son construidas por tramos y en un sistema combinado el cual en épocas de altas precipitaciones puede superar el caudal de diseño, afectando la infraestructura y saturando el funcionamiento de las planta de tratamiento, la cual desvía el exceso y este es vertido sin tratamiento alguno, en este caso se presentan serios problemas debido, a que se infringe en la normatividad. En la imagen 3 se evidencia el resumen de las principales fuentes de aguas residuales. (Rojas, 2000)

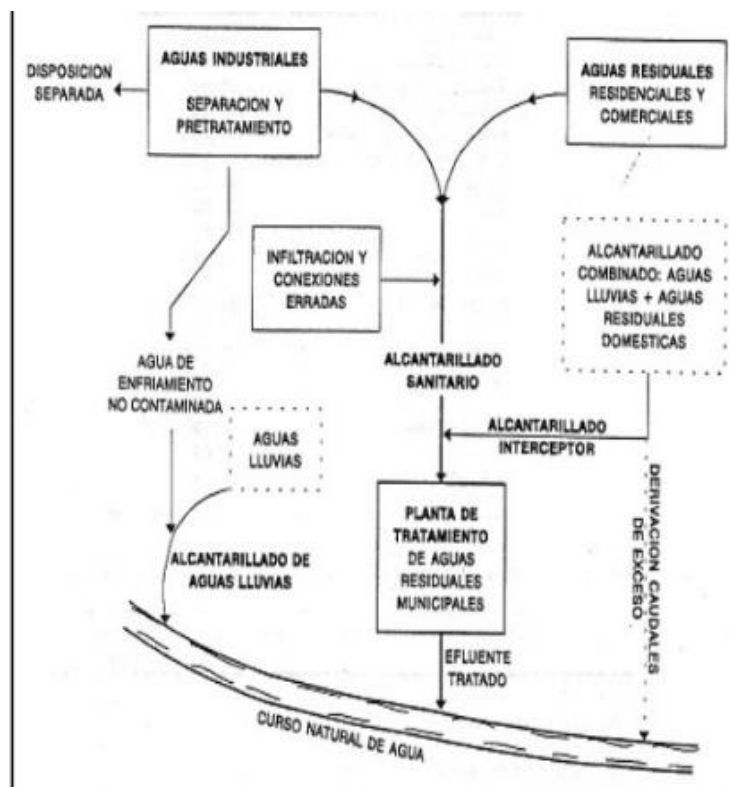


Imagen 3: Principales fuentes de aguas residuales municipales.

Fuente: (Rojas, 2000)

Para lograr establecer el tipo y calidad de agua, es necesario realizar una caracterización de las aguas residuales, con ello se logra establecer el contenido de materia orgánica (DBO), sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales, los cuales deben ser comparados con la normatividad vigente (Resolución 0631 de 2015) la cual “establece los parámetros y los valores máximos permisibles, en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales

y a los sistemas de alcantarillado público”. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , 2015)

Desde la caracterización es posible definir su composición física, biológica y química y estos datos son esenciales para la definición del sistema de tratamiento de agua residual a emplear.

CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES		
CARACTERÍSTICAS		
BIOLOGICAS	QUIMICAS	FISICAS
Algas	Alcalinidad	Contenido Total de Solidos
Bacterias	Acidez	Olor
Hongos	Coliformes	Color
Materia Orgánica	DBO	Temperatura
	DQO	Turbiedad
	Nitrógeno	Grasas
	Fosforo	
	pH	

Tabla 3: Características de las aguas residuales.

Fuente: Propia

“El objetivo básico del tratamiento de aguas residuales es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad” (Rojas, 2000)

La formulación, planteamiento y diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales podrá depender del nivel de complejidad del sistema y este depende entre otros factores de la población beneficiada, la selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales depende principalmente de la armonía y sincronización de:

- Las características del agua cruda.
- La calidad requerida del efluente.
- La disponibilidad del terreno.
- Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento.
- La confiabilidad del sistema de tratamiento.

La alternativa de tratamiento más adecuada será aquella que al ser estudiada individualmente, para cada caso de caracterización de las aguas residuales, cumpla con la remoción efectiva de los agentes contaminantes del agua, logrando garantizar que los vertimientos a realizar cumplirán con la normatividad vigente y que los costos no serán demasiados, causando que la operación económica de los procesos sea insostenible y dejen de ser realizados por falta de inversión. (Rojas, 2000)

Teniendo en cuenta el gran número de operación disponibles para el tratamiento de las aguas residuales como lo es el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado de aguas residuales, se escogerá los que sean necesarios en búsqueda de cumplir con el objetivo de la PTAR. En general, el pretratamiento consta de la remoción de aquellos constituyentes que puedan causar dificultades de operación y que no

puedan ser tratados en los procesos de la PTAR. El tratamiento Primario se refiere comúnmente a la remoción parcial de los sólidos suspendidos, materia orgánica u organismos patógenos mediante la sedimentación u otro método, regularmente en este proceso se logra la remoción del alrededor del 60% de los sólidos suspendidos y un 35 a 40 % de la DBO, preparando el agua para el tratamiento secundario. El tratamiento secundario se emplea principalmente para la remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos, para ello se utilizan procesos como: lodos activados, filtro percoladores, sistemas de lagunas y sedimentación. El tratamiento terciario o avanzado, supone generalmente la necesidad de mejorar la calidad de un efluente secundario con el fin de adecuar el agua para su rehusó. (Rojas, 2000)



Imagen 4: Aguas residuales o ¿Aguas reusables?

Fuente: <https://blogs.worldbank.org/voices/es/tratamiento-de-aguas-residuales-elemento-necesario-en-una-economia-circular>

7.2.2 Sistema de Aireación Extendida.

El sistema de Aireación extendida es una variante dentro de los procesos de lodos activados para el tratamiento biológico de las aguas residuales las cuales se encuentran en condiciones aerobias.

Las aguas residuales, previamente pretratadas, son introducidas en un reactor biológico o Biodigestor, en el que se mantiene un cultivo bacteriano en suspensión, formado por un gran número de microorganismos agrupados en flóculos, denominado “licor mezcla”. Las condiciones aeróbicas necesarias en el reactor se logran mediante aireación forzada la cual es generada a través de aireadores mecánicos o difusores de burbuja fina.

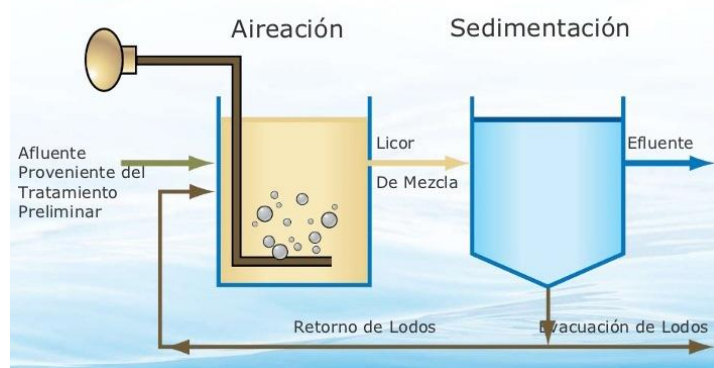


Imagen 5. Sistema de Aireación Extendida.

Fuente: <https://www.grupoazteclan.com.mx/2019/03/25/descripci%C3%B3n-de-proceso-de-lodos-activados/>

Tras un tiempo determinado de retención en el reactor principal, el licor mezcla es pasado a un decantador o sedimentador secundario, cuya función es separar el efluente depurado de los lodos. Parte de los lodos se recirculan de nuevo al reactor, con objeto de mantener una concentración determinada de microorganismos (MLSS) y el resto, denominados lodos en exceso, se purgan periódicamente.

Proceso Biológico

Los residuos humanos contienen materia orgánica y compuestos químicos en forma combinada; estos incluyen Carbón, Hidrogeno, Nitrógeno, Sulfuro y Fósforo, y para su tratamiento se pueden realizar dos tipos de degradación Anaeróbica y Aeróbica.

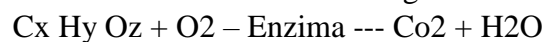
En la degradación anaeróbica se combina la materia orgánica y los compuestos químicos formando otros compuestos orgánicos y a su vez producen gases que suelen ser dañinos para el medio ambiente, los cuales se escapan. El metano uno de los compuestos mas comunes formados se escapa y es conocido comúnmente con el gas de los pantanos (DORLEOP LTDA, 2013).

El Nitrógeno se convierte en aminoácidos el cual produce gas Amoniac y Aminas, el Azufre se convierte en compuestos de sulfuros que son altamente indeseables ya que el sulfuro de hidrógeno se escapa y produce fuertes olores, el fosforo se transforma en compuestos orgánicos y en gas fosgeno que se escapa al medio ambiente. Lo cual nos demuestra que aun es un tratamiento efectivo de las aguas residuales su degradación es incompleta por la producción de gases indeseables y olores en el tratamiento.

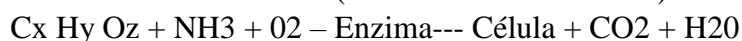
La degradación aeróbica es un proceso mas completo, toda materia orgánica es reducida, el Carbón es transformado en dióxido, el cual a su vez es transformado en Carbonatos y Bicarbonatos que se combinan con los minerales presentes en el agua residual: el Nitrógeno se convierte en Amonio, y Acido Nítrico el cual se mineraliza transformándose en Nitratos y Nitritos; el Sulfuro se convierte en Acido Sulfúrico, el cual se mineraliza convirtiéndose en sulfato y Sulfito: el Fosforo se transforma en Acido Fosfórico e cual se mineraliza en Fosfatos (Ramirez Camperos, 2004).

En el proceso de degradación aeróbica se producen algunas funciones bioquímicas las cuales se mencionan a continuación (Weston y Eckenfelder, 1963):

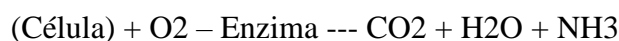
1. Oxidación de la materia orgánica.



2. Síntesis de la célula (Crecimiento de la célula).



3. Oxidación del material de la célula.



La Oxidación de la Materia orgánica es el proceso mediante el cual bacterias y enzimas degradan la materia orgánica contaminante del agua residual de esta forma con un adecuado ambiente y la presencia de aire oxidan la materia orgánica, después de un contacto suficiente entre la materia orgánica y los microorganismos incorporados la materia orgánica del medio disminuye considerablemente transformándose en nuevas células, gases y otros productos. Este nuevo cultivo microbiano seguirá actuando sobre el agua residual.

7.3 MARCO TEORICO

El municipio cuenta con una temperatura entre los 12 a los 30 °C, encontrándose en los pisos térmicos medio y frío, la mayoría del territorio es montañoso con pendientes que oscilan entre el 12 al 50 %, el relieve es el típico de la cordillera oriental andina, en el cual se destaca el distrito de manejo integrado Cuchilla Penas Blancas con 2900 m.s.n.m, siendo esta la mayor altura del municipio. (Novoa, 1996)

Aproximadamente el 53,5 % del área total es empleada para el cultivo permanente, para un mayor control en el EOT de 1999 se estableció 3 zonas para el análisis y caracterización de estos cultivos, entre los más representativos se encuentran:

- Parte alta: papa, habichuela, tomate de árbol
- Parte media: arveja, arracacha, maíz, tomate, mora
- Parte baja: caña de azúcar, plátano, yuca, café, cítricos, mango.

7.3.1 Precipitación

La precipitación del municipio varía entre los 1500 a 1900 mm anuales, con régimen pluviométrico bimodal caracterizado por la presencia de dos periodos lluviosos en el año: uno en cada semestre, separados por periodos de relativa sequía. El periodo más lluvioso va de septiembre a diciembre y el más seco de diciembre a marzo; el mes de mayor lluvia es octubre, con 249 mm; y el de menor precipitación, julio con 72 mm. Según registros de la Estación HidroParaíso se tienen 241 días con lluvias en el año, una humedad relativa promedio de 81.25%. (Novoa, 1996)

7.3.2 Recurso Hídrico

El municipio cuenta con 18 micro cuencas y una sub cuenca que abastecen los acueductos rurales de las veredas de la jurisdicción, adicionalmente estas son usadas como efluente de los residuos líquidos generados en los centros poblados del municipio, las quebradas y ríos del municipio son los siguientes (Novoa, 1996):

1. Río Calandaima: Veredas La Campos, Entrerriós, Arcadia, San Ramón y Honduras
2. Quebrada Campos o Campuna: Veredas La Campos, Misiones, Trinidad y Porvenir.
3. Quebrada La Tribuna (se une a La Campos): Vereda El Carmelo
4. Quebrada La Pítala: Vereda El Carmelo, Pítala, Granjas y Santa Marta.
5. Quebrada Santa Marta: El Camelo, Marsella, Francia y Santa Marta.
6. Quebrada Antioquia: Antioqueñita y Antioquia
7. Quebrada Barelice: Veredas Antioqueñita, Antioquia, Las Palmas y El Tigre.
8. Quebrada Brasil: Vereda Antioquia
9. Quebrada La Unión (se une a la Antioquia): Veredas Marsella y Porvenir.
10. Quebrada La Mulata (se une a La Tinta): Veredas Paraíso, Guachacá, Lucerna.
11. Quebrada La Tinta: Veredas Paraíso y Lucerna.
12. Quebrada La Cangreja: Granjas, veredas San José y Lucerna.
13. Quebrada Santa Isabel: Vereda Misiones, Santa Isabel y La Virginia.
14. Quebrada Honduras: Veredas San Ramón, Honduras.
15. Quebrada El Piñal: Vereda La Soledad
16. Quebrada La Paz: Veredas Subía, Santa Rita y San Miguel.
17. Quebrada Quitacalzón: Veredas La Virginia y Santa Rita.
18. Quebrada Santa Cruz: Vereda Santa Cruz, Trujillo.
19. Quebrada Junca: Veredas Antioquia, Lucerna y Junca.

7.3.3 Amenazas al recurso Hídrico

El municipio cuenta con una gran riqueza hídrica, gracias a que dentro de su jurisdicción se encuentran gran parte de los nacimientos de agua que abastecen a la región del Tequendama, pero es posible percibir varias amenazas al recurso como lo son:

- En época de sequias el suministro del recurso se ve limitado, ya que la cabecera municipal solo se cuenta con un tanque de almacenamiento (La Yalconia) y en épocas de altas precipitaciones estas quebradas tienen a desbordarse causando afectaciones a la población.
- Los vertimientos de aguas residuales tanto domésticas como industriales que no cumplen con la resolución 0631 de 2015, causando el deterioro de la cuenca hidrográfica y afectando los acueductos veredales que se abastecen de estas quebradas.
- Los sistemas de alcantarillado existentes, ya que debido a su antigüedad de construcción presentan en algunos de sus tramos pérdidas de las aguas residuales que afectan por medio de la escorrentía las quebradas del municipio

- Las captaciones ilegales efectuadas a las quebradas que abastecen acueductos del municipio, afectando la cantidad de agua recolectada.

7.3.4 Acueductos Veredales

A partir de la tabla 4, podemos analizar el estado actual de los acueductos veredales que se encuentran en el municipio el colegio, conociendo si cuentan con una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), su número de suscriptores y las problemáticas actuales. Conocer la anterior información es de gran importancia, ya que con dicho análisis se podrá establecer, cuáles son los acueductos que se abastecen de las quebradas que son empleadas por algunos centros poblados para su vertimiento de aguas residuales.

ACUEDUCTOS VEREDALES DE EL COLEGIO				
NOMBRE	FUENTE DE ABASTECIMIENTO	PTAP	USUARIOS	PROBLEMATICAS
<i>El Carmelo</i>	<i>Quebrada El Duende</i>	NO	100	<i>El caudal en verano no es suficiente</i>
	<i>Quebrada La Tinta</i>			
<i>Francia</i>	<i>Quebrada Santa Marta</i>	NO	90	<i>El caudal en verano no es suficiente</i>
	<i>Quebrada La Mohana</i>			
<i>La Pitala</i>	<i>Quebrada La Pitala</i>	SI	60	<i>El caudal en verano no es suficiente</i>
<i>Los Ocobos</i>	<i>Rio Calandaima</i>	NO	290	<i>Falta de PTAP afectando calidad del agua</i>
<i>El Paraíso</i>	<i>Quebrada Santa Marta</i>	NO	95	<i>Falta de PTAP afectando calidad del agua</i>
<i>Pradilla</i>	<i>Quebrada Barelice</i>	SI	500	<i>PTAP no funciona correctamente</i>
<i>Misiones</i>	<i>Quebrada La Campos</i>	NO	80	<i>Mejoramiento de redes y falta de PTAP</i>
	<i>Quebrada la Tribuna</i>			
<i>San José</i>	<i>Quebrada Santa Marta</i>	NO	600	<i>Mejoramiento Bocatoma, cambio de red, construcción tanque</i>
	<i>Quebrada La Mohana</i>			
<i>Antioquia -lucerna</i>	<i>Quebrada La Mulata</i>	SI	150	<i>PTAP fuera de funcionamiento, mantenimiento en redes</i>
	<i>Quebrada La Tina</i>			
	<i>Quebrada Antioquia</i>			
<i>Los Guadales</i>	<i>Quebrada La Cangreja</i>	NO	100	<i>No se cuenta con PTAP</i>
	<i>Quebrada La Junca</i>			
<i>Santa Martha Alta</i>	<i>Quebrada Santa Marta</i>	NO	70	<i>Falta Mejoramiento de Tanque de Almacenamiento</i>
	<i>Quebrada La Flecha</i>			

<i>El Triunfo- La Paz</i>	<i>Quebrada La Campos</i>	<i>SI</i>	<i>802</i>	<i>Falta de optimización del sistema en general</i>
	<i>Rio Calandaima</i>			
<i>La Victoria</i>	<i>Quebrada La Campos</i>	<i>SI</i>	<i>116</i>	<i>Ampliación de las redes de distribución</i>
	<i>Quebrada Santa Marta</i>			
<i>Santa Marta Bellavista</i>	<i>Quebrada Santa Marta</i>	<i>NO</i>	<i>150</i>	<i>Falta de PTAP afectando calidad del agua</i>
<i>Acueducto Cabecera Municipal</i>	<i>Quebrada la Antioquia</i>	<i>SI</i>	<i>2150</i>	<i>Falta de la construcción de un tanque alterno</i>
	<i>Quebrada Santa Marta</i>			

Tabla 4: Listado Diagnostico Acueductos Veredales de El Colegio.

Fuente: Propia

7.3.5 Acueducto de la inspección la victoria

El servicio de acueducto en la inspección la victoria es prestado por La Asociación de Usuarios del Acueducto Rural La Victoria y otras Veredas AUAVIC, se encuentra ubicada en la vereda Santa Isabel Kilometro 2 Vía El Colegio Viotá. Opera el servicio público domiciliario de Acueducto, para beneficio actual de Mil Ochocientos Treinta Suscriptores (1830), cuenta con una Moderna Planta de Tratamiento, y una estructura organizacional conformada por una Junta Directiva de nueve miembros, un Fiscal y ocho empleados, su nivel de complejidad según el Reglamento Tecnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) es bajo, con una población inferior a los 2500 habitantes (AUAVIC , 2016)

7.3.5.1 Captación

El acueducto cuenta con 2 concesiones de agua superficial otorgada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, las cuales son las siguientes:

- Bocatoma en la quebrada la tribuna, fue construida hace más de 40 años con recursos propios de la población, debido que en la época esta región no contaba con servicio de acueducto, su capacidad es de 13 L/s, está construida en concreto y la rejilla en hierro con una separación de 30 mm.
- Bocatoma en la quebrada la Campos, fue construida hace 15 años con una capacidad de 12 l/s, esta es la captación alterna para garantizar el suministro constante a la población, está construida en concreto y la rejilla en hierro con una separación de 20 mm, debido a que la quebrada transporta gravas finas.

7.3.5.2 Aducción

El sistema está diseñado con una aducción inicial de 100 metros en tubería de 4", hasta el tanque de cribado y desarenador, después del tratamiento inicial del agua captada recorre una

tubería de 4", por una distancia aproximada de 2400 metros hasta llegar a la planta de tratamiento de agua potable.

7.3.5.3 Desarenador

El agua después de captada pasa a un tanque de dimensiones 1.5 metro de ancho por 6 metros de largo y una profundidad de 2 metros, el cual se encuentra en óptimas condiciones de servicio garantizando la reducción de los sólidos del agua captada.

7.3.5.4 Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento fue puesta en funcionamiento el 20 de septiembre de 2009, su ubicación es la parte alta de la inspección la victoria, en un área de terreno aproximada de 1500 metros cuadrados, cuenta con un laboratorio moderno para la revisión del cumplimiento de los parámetros establecidos, lo cual permite que el agua suministrada cumpla con todos los estándares de calidad, la planta realiza los procesos de floculación, sedimentación, filtros, cloración y tanques de almacenamiento. Para el tratamiento de las aguas se emplean los siguientes químicos:

- Cloro gaseoso para la desinfección
- Hidrocloruro de aluminio como sedimentador
- Polímeros como ayudantes de coagulación
- Hipoclorito de calcio para el lavado de filtros

Cada 4 horas se verifica el cumplimiento del agua por medio de ensayos de laboratorio en las instalaciones de la planta, la PTAP fue diseñada en dos etapas, actualmente se encuentra en funcionamiento la primera etapa, que tiene una capacidad de 19 l/s con un tiempo de operación de 24 horas continuas. (AUAVIC , 2016)



Imagen 6: Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP.
Fuente: Propia

7.3.5.5 Tanques de Almacenamiento

La Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP cuenta con 3 tanques de almacenamiento en paralelo, cada uno con una capacidad de 720 metros cúbicos, de los cuales se realiza el suministro del agua a todos los suscriptores de AUAVIC (AUAVIC , 2016)

7.3.5.6 Red de Distribución

Desde el tanque de los tanques de almacenamiento se abastecen los suscriptores del servicio de acueducto de la inspección la victoria y otras veredas aledañas, la red matriz inicia con una tubería de 3” y desde esta se producen las diversas ramificaciones del sistema, gracias a la altura que posee la ubicación de la PTAP, las presiones dentro de la inspección son buenas y cumplen con las establecidas en el Capítulo 2 de la Resolución 0330 de 2017 (RAS) (AUAVIC , 2016)

7.3.6 Sistema de Alcantarillado Inspección La Victoria

El alcantarillado de la Inspección se ha venido realizando por etapas, su construcción se inició hace aproximadamente 30 años, según información suministrada por la Asociación de usuarios del acueducto y por algunas personas que intervinieron en su construcción. (EMPUCOL ESP, 2006)

En el centro poblado existen viviendas que no poseen conexión domiciliaria al sistema de alcantarillado, porque se encuentran construidas por debajo de la cota existente, generando un serio problema por contaminación de los terrenos por el uso de tanques sépticos.

7.3.6.1 Pozos de Inspección

En el catastro de redes, se localizaron 62 pozos y cuatro (4) cajas, una de las cuales es el pozo séptico y dos están localizadas en predios del señor Pedro Gonzáles, totalmente tapadas.

El sistema de alcantarillado está compuesto de 62 pozos con tapas en hierro, 2 combinadas en hierro y concreto y 2 cajas con tapas en concreto reforzado; de las cuales 63 requieren un mantenimiento rutinario y una requiere sustitución. De igual forma, existen cincuenta y un (51) cilindros que necesitan mantenimiento rutinario, trece (13) que requieren mantenimiento programado. (EMPUCOL ESP, 2006)

7.3.6.2 Sistema de colectores y sus longitudes

El sistema de alcantarillado sanitario está compuesto por colectores primarios, secundarios y terciarios, obedeciendo estrictamente a la forma como entregan sus aguas residuales. En la Tabla 5 se presenta el resumen de estas estructuras. (EMPUCOL ESP, 2006)

CLASIFICACIÓN COLECTORES	LONGITUD (m)			TOTAL
	10"	12"	14"	
COLECTORES PRINCIPALES				
29 A – CNV2 – 29 – 30 – 31 – 32 – 33 – 34 – 35 – 44 – 45 – 50 A – Alcantarilla	267.88	286.30		554.18
35 – 35 A – 36 – 40 – 41 – 21 – 22 – 23 – 24 – 15 – 26 – 28 – 47 – 48 – 49 – Alcantarilla	54.91	510.88	24.76	590.55
COLECTORES SECUNDARIOS				
57 – 36	77.08			77.08
37 – 38 – 39 – 40 -	167.66			167.66
40 – 42A – 42 – 43 – 48	49.51	88.99		138.50
19 – 20 – 21		86.01		86.01
21 – 27 – 28		80.29		80.29
13 – 14 – 15	131.22			131.22
5 – 16 – 23			89.05	89.05
56 – 55 – 50 A		134.69		134.69
56 – 54 – 53 – 52 – 51 – 50 - Alcantarilla		214.48		214.48
43 – 28				
24 – 25 – 26	25.69	35.80		61.49
12 – 11 – 7	100.26			100.26
COLECTORES TERCIARIOS				
12 – 17 – 14	55.54			
18 – 19		52.69		52.69
18 – 39		38.79		38.79
44 – 42B – 42 A	77.49			77.49
45 – 46 – 43		68.82		68.82
TOTAL	1212.88	1818.05	113.81	3144.74

Tabla 5: Clasificación de redes de alcantarillado sanitario Inspección de la Victoria.

Fuente: PMA 2006

A partir de la anterior tabla podemos concluir que, la longitud total de colectores primarios, secundarios y terciarios encontrados en la inspección La Victoria es de 3.144.74 m, está construida en tuberías de gres y PVC, el 38.57% de la tubería es de 10", el 57.81% de la tubería es de 12" y el restante 3.62% de la tubería es de 14". Con el análisis de los colectores es importante mencionar la longitud de los tramos y su punto de inicio, finalización para ello por medio de la Tabla 6 podemos observar la relación detallada por tramos. Cabe anotar que dentro de la red existen algunos tramos que no tienen pozo de inicio.

TRAMO		LONGITUD	DIÁMETRO	TRAMO		LONGITUD	DIÁMETRO
		(m)	(Pulgadas)			(m)	(Pulgadas)
1	2	43.07	10	35 A	36	32.83	12
2	3	56.41	10	36	40	32.70	12
3	4	57.16	10	40	41	43.21	12
4	5	49.00	10	41	21	39.50	12
5	6	31.66	12	21	22	39.80	12
6	7	50.03	12	22	23	22.73	12
7	8	28.70	12	23	24	46.46	12
8	9	42.19	12	24	15	24.76	14
9	10	36.34	12	15	26	54.91	10
10	0	31.39	12	26	28	12.39	12
18	39	38.79	12	28	47	57.79	12
37	38	48.50	10	47	48	26.30	12
38	39	31.67	10	48	49	37.18	12
39	40	87.49	10	49	Alcantarilla	80.29	12
57	36	77.08	10	56	55	72.18	12
18	19	52.69	12	55	50 A	62.51	12
19	20	42.35	12	56	54	55.03	12
20	21	43.66	12	54	53	14.35	12
5	16	36.03	14	53	52	43.44	12
16	23	53.02	14	52	51	39.50	12
12	17	28.90	10	51	50	51.72	12
17	14	26.64	10	50	Alcantarilla	10.44	12
13	14	76.34	10	29 A	CNV2	35.74	12
14	15	54.88	10	CNV2	29	33.51	12
24	25	25.69	10	29	30	48.27	12
25	26	35.80	12	30	21	25.11	12
21	27	35.41	12	31	32	28.74	12
27	28	44.88	12	32	33	42.31	12
44	42B	44.62	10	33	34	54.34	12
42B	42A	32.87	10	34	35	68.22	10
45	46	47.55	12	35	44	45.01	10
46	43	21.27	12	44	45	50.43	10
40	42A	49.51	10	45	50 A	104.22	10
42ª	42	30.77	12	50 A	Alcantarilla	18.28	12
42	43	25.39	12	12	11	44.92	10
43	48	32.83	12	11	7	55.34	10

Tabla 6: Longitudes de tubería Inspección de la Victoria.
Fuente: PMA 2006

7.3.6.3 Colector Final

El sistema de alcantarillado tiene 1 colector final hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, el cual está ubicado sobre la vía al casco urbano del municipio de El Colegio,

inicia en una alcantarilla de 36” en la Calle 7 y termina en el terreno de Pedro Gonzáles donde está actualmente la PTAR, cuenta con una longitud total de 61.10 m, en tubería de 12”. (EMPUCOL ESP, 2006)

7.3.7 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Inspección La Victoria

La inspección cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales PTAR, la cual fue diseñada en el año de 2010 y puesta en funcionamiento a principios del 2012, cuenta con una capacidad máxima de 4 L/s, es una unidad de bajo impacto urbanístico, no produce olores, bajo nivel de ruido y no requiere de eras de secado de lodos ya que estos son trabajados por medio de lodos estabilizados dispuestos por un Hopper, con deshidratación por gravedad. (DORLEOP LTDA, 2013)

El sistema de tratamiento consiste de procesos aeróbicos con aireación extendida para un flujo continuo o intermitente de aguas residuales, que tiene una alta eficiencia de remoción (valores hasta de un 98%), de bajo costo operacional, sin uso de productos químicos contaminantes, incorporando una avanzada tecnología de la Bioaumentación, con el fin de mejorar los procesos biológicos que la naturaleza produce para defenderse de la contaminación que el hombre cada día produce.

La Bioaumentación es un proceso selectivo de siembra de bacterias, inocuas, no patógenas que se encuentran en la naturaleza en forma abundante, no manipuladas genéticamente, que se encuentran en todos los procesos de biodegradación. Estas bacterias, totalmente naturales al sembrarse en forma apropiada en la planta con una oxigenación apropiada, procesan de forma rápida un efluente final, permitiendo su vertimiento a cualquier cuerpo de agua o su rehusó. (DORLEOP LTDA, 2013).

Gracias a la degradación Aeróbica toda materia orgánica es reducida, el carbón es transformado en dióxido, el cual a su vez es transformado en carbonatos y bicarbonatos que al ser combinados con varios minerales presentes en el agua como: el nitrógeno, el ácido Nítrico, el sulfuró, el fosforo y otros. Todos los compuestos inorgánicos formados a partir de estas combinaciones van disueltos en el efluente, junto con el oxígeno, por lo tanto, el efluente del sistema aeróbico no contamina y contribuye con la conservación de las fuentes hídricas.

Una vez se retienen los sólidos suspendidos en el pozo inicial, se da inicio al ciclo de tratamiento del sistema aeróbico, por Bioaumentación y aireación extendida, con reactores de mezcla completa en serie, clarificador convencional, filtro de lecho mixto, desinfección en línea y contacto para finalmente hacer el vertimiento de las aguas o su rehusó. (DORLEOP LTDA, 2013)

7.3.7.1 Operación de la Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento está ubicada en la cota cero del terreno, contiene cuatro compartimientos subterráneos, dotados de un sistema de aireación extendida en el fondo, compuesto por 2 sopladores tipo Vortex y difusores de burbuja fina, lo cual permite

garantizar un medio aeróbico indispensable para llevar a cabo los procesos de nitrificación y desnitrificación, esta operación se realiza en ciclos ajustables en el panel de control de la planta de tratamiento.

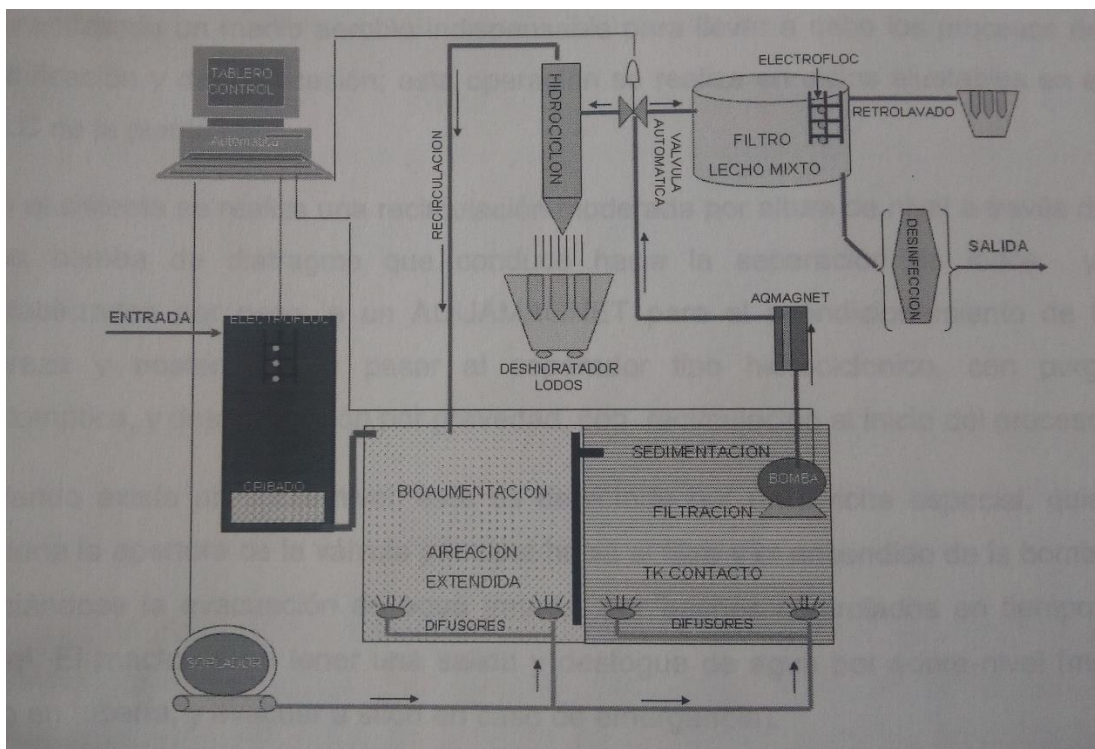


Imagen 7. Descripción general del proceso de tratamiento
Fuente: Dorleop Ltda.

En el sistema se realiza una recirculación moderada por altura de nivel a través de una bomba de diafragma que conduce hacia la separación de lodos ya estabilizados por peso, la cual es denominada AQUAMAGNET el cual es el encargado del acondicionamiento de la dureza total de los lodos, posteriormente estos pasan a un separador hidroclónico con purga automática y deshidratación por gravedad, realizando la recirculación de los lodos al inicio del proceso.

Al interior del filtro de lecho mixto se ubica un juego de electrodos donde se produce una electrolisis, tratamiento por oxidación-reducción, donde se reducen contaminantes. Todas las operaciones de la planta son coordinadas desde el tablero de control, de forma autónoma y bajo condiciones transitorias en operación manual. El tablero de control cuenta con una alarma instalada de la marca Siemens, la cual detecta cualquier anomalía en el servicio y genera la alerta respectiva.

Adicionalmente la planta cuenta con un filtro para entregar al efluente las aguas pretratadas, este filtro deberá ser retrolavado, e incluye una válvula múltiple de operación manual para su limpieza, esta válvula debe ser operada manualmente y sin presión, es decir ser posicionada de FILTER a BACK WASH, con la bomba apagada. La planta incluye un presostato que debe ser ajustado diariamente a una presión de 15 a 20 psi máximo, la función

de este es indicar por una alarma que existe una sobre presión en el filtro, debido a atascamiento, o filtro sucio, e indica que se debe retro-lavar el filtro. Por recomendación de operación se sugiere mínimo una vez cada día con una duración promedio de 1 a 2 minutos, verificando en la mirilla de la válvula, cuando el agua se encuentre limpia.

En el sitio de instalación de la planta se deberá contar con instalaciones de agua potable, para usos múltiples, desde lavados, retrolavado, limpieza de reactor, limpieza de canastilla de lodos, aseo básico del operario, entre otros.

Para el funcionamiento correcto de la planta, es necesario verificar la vida útil y el estado de funcionamiento de los siguientes componentes esenciales para la operación de la PTAR.

ITEM	NOMBRE	VIDA UTIL
1	<i>Sopladores</i>	<i>5 Años</i>
2	<i>Sistema de Electroflotación</i>	<i>3 Años</i>
3	<i>AquaMagnet</i>	<i>5 Años</i>
4	<i>Separador Tipo Hidrociclonico</i>	<i>5 Años</i>
5	<i>Actuador (Válvula Automática)</i>	<i>6 Años</i>
6	<i>Fuente Actuador</i>	<i>5 Años</i>
7	<i>Bomba de Recirculación</i>	<i>5 Años</i>
8	<i>Bombas de Retrolavado</i>	<i>5 Años</i>
9	<i>Módulo de Sedimentación</i>	<i>5 Años</i>
10	<i>Válvulas Automáticas 3 vías</i>	<i>3 Años</i>
11	<i>Filtros Externos</i>	<i>5 Años</i>
12	<i>Flotadores</i>	<i>5 Años</i>
13	<i>Tablero de Control y Fuerza</i>	<i>8 Años</i>
14	<i>Bombas de Dosificación</i>	<i>5 Años</i>
15	<i>Criba de Retención de Sólidos</i>	<i>3 Años</i>

Tabla 7. Componentes de la PTAR y su vida Útil
Fuente: Dorleop Ltda.

7.4 MARCO LEGAL

Para poder establecer y delimitar la normativa vigente, que debe ser analizada en el desarrollo del proceso de investigación, es pertinente identificar la leyes y decretos que rigen los proyectos de tratamiento y manejo de aguas residuales, para ello se construye el normograma que se observa en la tabla 7. Es preciso recalcar que la principal pauta para el desarrollo, construcción y formulación de obras hidráulicas en el país es el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), el cual es adoptado por la resolución 0330 de 2017, dentro de la norma, el encargado del manejo de aguas residuales y vertimientos es el capítulo 5, en el cual se encuentran los requisitos técnicos para los sistemas de tratamiento de aguas residuales y sus subproductos (Ministerio de Desarrollo Económico, 2017).

LEY	DESCRIPCIÓN
<i>Decreto 2811 de 1974</i>	<i>Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Establece acciones de prevención y control de la contaminación del recurso hídrico, para garantizar la calidad del agua para su uso posterior, e inserta el concepto de Tasa Retributiva como tributo por la afectación de los recursos hídricos.</i>
<i>Decreto 1541 de 1978</i>	<i>Incluye una clasificación de los cuerpos de agua en función de su capacidad de recibir vertimientos y establece la obligatoriedad de solicitar permiso de vertimientos a todo aquél que, de igual manera, posea o solicite una concesión de aguas</i>
<i>Decreto 1594 de 1984</i>	<i>Establece criterios de calidad de los cuerpos de agua en función de sus usos potenciales y determina límites máximos permisibles de sustancias de interés sanitario y ambiental, contenidas en los vertimientos. Amplifica el concepto de Tasa Retributiva y reglamenta los permisos de vertimientos.</i>
<i>Ley 99 de 1993</i>	<i>Establece en cabeza de las autoridades ambientales regionales, la responsabilidad de evaluar, controlar y hacer seguimiento ambiental del uso del agua y de los vertimientos que puedan realizarse tanto al agua, como al aire y al suelo. Reitera la obligación de pagar Tasa Retributiva por afectación de los recursos hídricos.</i>
<i>Ley 373 de 1997</i>	<i>Establece el Programa de Uso Eficiente y Ahorro del agua, para reducir con criterio preventivo, las cantidades de aguas residuales vertidas, promoviendo el re uso de aguas servidas, en cuanto ello sea posible.</i>
<i>Resolución 1096 de 2000 (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS)</i>	<i>Fija criterios técnicos para el desarrollo de proyectos de saneamiento básico y, dentro de ellos, los de saneamiento básico, en todas y cada una de sus fases.</i>
<i>Decreto 1729 de 2002 (Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas)</i>	<i>Reglamenta el ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas y establece la obligatoriedad de desarrollar los correspondientes planes, como instrumentos de planeación del uso sostenible de los recursos naturales.</i>
<i>Decreto 3100 de 2003</i>	<i>Reglamenta la Tasa Retributiva para vertimientos puntuales y establece el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV). Determina que las sustancias objeto de cobro son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). Las tarifas mínimas para el cobro de la Tasa Retributiva están contenidas en la Resolución 372 de 1998 del MAVDT.</i>
<i>Resolución 1433 de 2004</i>	<i>Por la cual se reglamentan los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se obliga a los operadores del sistema de alcantarillado al establecimiento de los objetivos de reducción del número de vertimientos puntuales.</i>
<i>Ley 1333 de 2009</i>	<i>Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.</i>
<i>Decreto 3930 de 2010</i>	<i>Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.</i>
<i>Resolución 0631 de 2015</i>	<i>Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.</i>
<i>Resolución 0330 de 2017</i>	<i>Por medio de la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, derogando la resolución 1096 del 2000.</i>

Tabla 8: Normograma.

Fuente: propia

CAPITULO II

8. MÉTODO Y METODOLOGÍA

8.1 Método

El desarrollo de esta investigación se basará en un estudio descriptivo de carácter transversal, de tal manera que podamos establecer el estado actual de la PTAR de la inspección la victoria, identificando las características propias de la comunidad y demás involucrados en el proceso del tratamiento de aguas residuales, para ello acudiremos a técnicas de recolección de información, como lo son entrevistas con los funcionarios encargados del control y supervisión de la PTAR, solicitud formal de información tanto a EMPUCOL ESP como a la administración municipal de tal manera que podamos identificar las falencias y puntos críticos de los procesos llevados, en búsqueda de proponer una optimización que corrija y mitigue los riesgos encontrados en beneficio de la población, el ecosistema y demás afectados por los vertimientos realizados, para lograr lo anteriormente mencionados se proponen 3 fases.

8.2 Diseño Metodológico

8.2.1 Fase 1 Recolección de Información

En esta fase se recolectará la información para establecer el estado actual de la PTAR de la inspección la victoria, logrando identificar las características demográficas involucradas en esta investigación (número de población, actividades realizadas, precipitación etc...), los datos iniciales, condiciones de servicio, características como caudal de diseño entre otras. Para esto proponemos las siguientes actividades:

- Realizar un primer contacto con el coordinador técnico de la empresa de servicios públicos de acueducto y saneamiento básico de El Colegio (EMPUCOL ESP), en donde se le informará acerca del proyecto y se le solicitará el permiso para la visita a la PTAR y la toma de datos.
- Recopilación de datos relevantes sobre el funcionamiento de la PTAR y recopilación de la normativa vigente en la biblioteca de la universidad y en la biblioteca de la CAR.

8.2.2 Fase 2 Identificación de la PTAR

Se reunirá el mayor número de información en campo del funcionamiento de la PTAR de la inspección la victoria, de esta manera poder identificar las fallas o deficiencias que presenta en el tratamiento del agua residual, aprovechando la visita técnica se realizará un recorrido por la cuenca hidrográfica reconociendo la zona y observando el estado actual del ecosistema y características cualitativas de la quebrada. De ser necesario se realizarán análisis fisicoquímicos de caracterización de las aguas residuales servidas por la PTAR.

8.2.3 Fase 3 Propuesta de Optimización

Con la información recolectada, se procederá a realizar el análisis de manera que se logre establecer la propuesta de optimización de los procesos llevados en la PTAR la victoria, aportando a la administración municipal y a EMPUCOL ESP, una propuesta que podrá ser complementada desde el punto de vista económico para lograr su implementación, de esta manera se contribuirá con la descontaminación de las fuentes hídricas, tanto del municipio como de la región en beneficio de la comunidad y del medio ambiente.

9. RESULTADOS OBTENIDOS

9.1 Primera Visita a la inspección la victoria (12-02-2019)

En la primera visita a la inspección se pudo evidenciar que es un pequeño centro poblado con una extensión territorial de 12 Ha., según estadísticas de la secretaria de planeación del municipio en este territorio se encuentran aproximadamente 350 viviendas, presenta una baja zona de comercio el cual se ubica sobre la carrera principal de la inspección su mayor centro cultural es el parque central y la iglesia, cuenta con una institución educativa departamental con 300 estudiantes en primaria y 150 en bachillerato aproximadamente, su economía se basa principalmente en el cultivo de mora y café.

Adicionalmente en esta primera visita se logró consultar a la población sobre la PTAR, donde manifiestan que están enterados de que está en funcionamiento desde el 2012, pero no conocen sobre sus procesos ni su ubicación, informan que tienen conocimiento de que en acueductos rurales como Misiones, que se abastece de la quebrada la campos aguas debajo de la inspección, se evidencia que en varias ocasiones no pueden emplear el agua para consumo humano, debido a los altos contenidos de partículas contaminantes. En esta misma visita se presentó el primer acercamiento con la entidad EMPUCOL ESP, el cual dio visto bueno a la realización del proyecto y se comprometió a suministrar la información que fuera pertinente para el desarrollo de la investigación.



Imagen 8: Ubicación y vista satelital de inspección La Victoria.
Fuente: https://satellites.pro/mapa_de_Colombia#4.539688,-74.412450,17

9.2 Segunda Visita Técnica (04-03-2019)

El Ing. Lenin Ariza Secretario de Infraestructura y Tic del municipio el colegio, atendió el requerimiento expuesto en la primera visita, agendando una cita en su despacho en el palacio municipal, como resultado de esa reunión se consolido un frente de trabajo, en el cual se realizó la presentación de la Dra. Andrea Cetina Gerente de EMPUCOL ESP y el Ing. Jhon Bacca Secretario de Infraestructura y Movilidad del municipio. Gracias a esta reunión la Gerente de EMPUCOL realizo la invitación a un recorrido a la PTAR de la Victoria, la cual se encontraba programada y en esta se tomaría datos cartográficos para la elaboración de los planos de la PTAR.

Quedo aclarado en esta reunión que la Planta de Tratamiento de Aguas residuales fue construida en el año 2012 y desde esta fecha su operación y mantenimiento estuvo a cargo por 5 años (2012-2017) de la entidad EMPUCOL ESP y a partir del año 2018 hasta la fecha la operación de la PTAR a esta a cabeza de la secretaria de infraestructura del municipio.

Se Obtuvo por parte del Ingeniero Carlos Olivar Coordinador del Área Técnica de EMPUCOL ESP, información relevante sobre el Plan de Saneamiento y Control de Vertimientos PSMV, aprobado por la resolución 1058 del 09 de abril de 2010 expedida por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, en el cual se evidencia que la inspección la victoria para esa fecha contaba con 2 vertimientos, pero ya que la aprobación de este documento fue en año de 2010 y con la puesta en operación de la PTAR en el 2012, uno de estos vertimientos fue retirado, conformando un único efluente de las aguas residuales a la quebrada la campos.

El Plan Maestro de Alcantarillado PMA 2016, realizo un análisis general de los sistemas de alcantarillado de la inspección la victoria y del municipio en general, en que cual se revisó estado de la tubería, el cálculo de caudal máximo horario y caudal medio diario de aguas residuales para el año 2006, para el desarrollo de nuestra investigación tomaremos como datos iniciales esta información y posteriormente será proyectada según los parámetros establecidos en la resolución 0330 de 2017 (RAS).

Adicionalmente en el PMA realizaron la estimación de la cobertura real del sistema de alcantarillado, la cual se obtuvo en función de la longitud total de redes existentes y de las calles que carecen de infraestructura sanitaria, lo cual se evidencia en la siguiente tabla.

LONGITUD COLECTORES		COBERTURA REDES	
EXISTENTE (m)	A CONSTRUIR (m)	PORCENTAJE SIN REDES DE ALCANTARILLADO	PORCENTAJE CON REDES DE ALCANTARILLADO
3144.74 m	1.180.72	27%	73%

Tabla 9: Cobertura de redes de alcantarillado Inspección de la Victoria.

Fuente: Propia.

De la anterior tabla se puede concluir que la cobertura física de la infraestructura de alcantarillado es buena, tan solo el 27% del área total del Centro Poblado, no tiene cobertura de alcantarillado. Cabe anotar que la inspección tiene zonas como la carrera 1ª, la Carrera 1B, la Carrera 4, la Carrera 5, Calle 3, Calle 4, Calle 5 y la Calle 8 entre Carrera 2 y Carrera 6 que aun cuentan con lotes sin construir, de igual forma, dentro de la inspección existen viviendas que están construidas por debajo de la cota del alcantarillado existente, estas viviendas necesitan ser conectadas de manera urgente al sistema porque están generando descargas a los patios, causando serios problemas de contaminación en los predios vecinos y vectores de infección peligrosos para la vida humana.

A partir de los datos suministrados por EMPUCOL ESP y el PMA se pudo observar que de los 64 pozos sanitario que cuenta la red de alcantarillado 35 presentan conexiones domiciliarias inadecuadas, el sistema tiende a presentar altas fallas cuando se presentan altas lluvias las cuales se presurizan generando danos en los pozos y en las tapas, pero lo más importante colmatando los pozos con materiales de arrastre de las calles sin pavimentar, es por ello que desde la elaboración del plan Maestro de Alcantarillado se estableció la necesidad de separar el drenaje de aguas lluvia

En el PMA se calculó la dotación neta de agua potable por habitante y según el nivel de complejidad este se encuentra entre 80-150, con el cálculo realizado se determinó el valor de 135 l/hab/día, con un caudal de retorno de 0.8 según la tabla D.3.1. del RAS, según la información suministrada es posible definir el Caudal

9.3 Tercera visita Técnica a la PTAR La Victoria (19-03-2019)

En cumplimiento a la invitación realizada por la Dr. Andrea Cetina Gerente de la entidad EMPUCOL ESP, el día 19 de marzo se realizó el acompañamiento a los funcionarios de la entidad, que realizaron un levantamiento cartográfico para establecer la ubicación específica de la PTAR La Victoria ya que a la fecha este dato es aproximado. Gracias a esta visita se logró obtener un registro fotográfico del estado actual, y conocer detalles de su funcionamiento por parte del vigilante de la Hacienda Misiones y los funcionarios que se encontraban en ese momento en la planta de tratamiento.



Imagen 9. Estado Actual de la PTAR La Victoria.
Fuente: Propia.

A partir de la imagen 8 podemos evidenciar que el estado actual de la PTAR no es el óptimo, está rodeada de maleza y vegetación lo cual aporta humedad a la estructura, ocasionando erosión del concreto, uno de sus tanques de tratamiento evidencia que ha sido reparado de manera artesanal y no remplazado como debería ser correcto.

En el recorrido se contó con la asesoría del operario encargado de la operación y el mantenimiento de la PTAR en el periodo (2014-2017), el cual informo sobre el funcionamiento de la planta, los procesos llevados y demás inquietudes que surgieron en el desarrollo de la visita. El caudal de aguas residuales llega inicialmente a un tanque donde se retiran los grandes solidos que dificultan los procesos o podrían averiar la planta de tratamiento, así mismo en este tanque se tratan las grasas que pueda traer las aguas servidas, en el recorrido logramos evidencia que este tanque no se encuentra en óptimas condiciones, no cuentan con una tapa para evitar la proliferación de olores, su lavado debe ser realizado

por un operario y el día de lluvias tiende a superarse el caudal máximo, en la imagen 8 podemos observar su estado actual.



Imagen 10. Tanque de entrada de la PTAR La Victoria.
Fuente Propia.



Imagen 11. Tratamiento Primario Avanzado.
Fuente: Propia.

Después de tratamiento primario donde se retiran los sólidos y grasa, se efectúa un tratamiento físico mediante un proceso de Electrolisis, el cual constituye un Tratamiento Primario Avanzado, en el cual se oxidan y reducen los metales disueltos, bacterias, parásitos,

carga orgánica y carbonosa, el día del recorrido se evidencio que el tratamiento no se encuentra en funcionamiento actualmente, el filtro se encuentra con altos contenidos de oxido, sin ningún tratamiento o limpieza, lo cual afecta el funcionamiento de la PTAR.



Imagen 12. Tanques de digestión y procesos de tratamiento.
Fuente: Propia.

En la imagen 11 podemos observar que posterior al tratamiento primario avanzado, el agua ingresa en las etapas de Biodigestión Aeróbica, donde el agua residual pasa por los tanques de digestión y aireación secuencial, en esta etapa se realiza la inyección de enzimas y bacterias facultativas para catalizar los procesos, produciendo una mezcla oxigenada, este proceso es llevado a cabo gracias a la utilización de aireadores, con difusores de aire el cual es introducido de manera controlada a lo largo de cada digester.

El Fluido generado en la biodigestión y aireación se denomina Licor Mixto, el cual fluye por un segundo electrofloculador y posteriormente pasa por un clarificador sedimentador de alta tasa, donde un alto porcentaje de los microorganismos se adhieren a las paredes o se sedimentan dejando en la parte superior el agua clarificada, tiene un tiempo de decantación promedio de 15 minutos, la remoción de los sólidos sedimentados es realizada por una bomba sumergible que recircula los lodos a través de un separador hidrociclonico, compuesto por tres cámaras donde en forma selectiva separa los lodos estabilizados y recircula los no estabilizados al inicio del proceso.

En el mismo tanque se encuentra un compartimiento donde pasan las aguas clarificadas y son sometidas a un proceso de electrolisis, adicionalmente se encuentra un filtro primario compuesto de carbón, antracita, piedra y arena, en donde el agua circula en sentido descendiente reteniendo la materia en suspensión que aún se presente en el agua, después de filtrada el agua es conducida a una cámara de reserva de aguas de retrolavado en presencia

de aire, toma este nombre ya que en esta se reserva el agua tratada y está a su vez es utilizada para la limpieza de los filtros terciarios.



Imagen 13. Sistema de Tratamiento Terciario y Cloración.
Fuente: Propia.

Desde la cámara de reserva sale el agua en dirección al tren de filtración fino de grava, arena y antracitas. En esta etapa se da control final al agua tratada, por medio de las válvulas de retrolavado se logra invertir el sentido de circulación del agua en el filtro y con ello se expulsa al desagüe las materias filtradas, posteriormente el agua es sometida a un proceso de desinfección mediante hipoclorito de sodio por medio de una bomba dosificadora



Imagen 14. Bomba Dosificadora de Hipoclorito de Sodio.
Fuente: Propia.



Imagen 15. Salida de la PTAR La Victoria.
Fuente: Propia.

Desde la salida de la PTAR hasta el punto de vertimiento a la quebrada la Tribuna se conduce el agua por una tubería de PVC de 12 “ y una longitud de 350 metros aproximadamente, el día de la visita la planta de tratamiento no estaba realizando el vertimiento por la salida dispuesta, eso nos lleva a estimar que el día del recorrido no se estaba efectuando el tratamiento de las aguas residuales, según según información dada por el vigilante de la hacienda, la alcaldía municipal no está manteniendo un operario constante para la operación de la planta.



Imagen 16. Quebrada La Tribuna antes del vertimiento de la PTAR.
Fuente: Propia



Imagen 17. Vertimiento realizado por la PTAR a la Quebrada la Tribuna.
Fuente: Propia.

El vertimiento inicialmente es realizado a la quebrada la tribuna un afluente de la quebrada La Campos, desde el vertimiento hasta la desembocadura de la quebrada la tribuna se recorre la distancia de 1000 metros aproximadamente, el vertimiento se ve con un amplio caudal, la velocidad no nos permite observar el color y si aún se presentan partículas contaminantes.



Imagen 18. Quebrada la Tribuna después del vertimiento de la PTAR.
Fuente: Propia.

Después del vertimiento la quebrada toma un color y apariencia distinta al estado inicial antes de que la PTAR vierta sus efluentes a dicha fuente hídrica, es importante establecer las características después de realizar el vertimiento de las aguas en búsqueda de minimizar el impacto a la quebrada y a la población que se abastece aguas debajo de esta quebrada, en la Imagen 17 podemos observar el estado de la quebrada.

9.4 Cuarta visita Técnica a la PTAR La Victoria (30-04-2019)

El día 30 de abril del 2019 se realizó la vista para un análisis básico de las aguas residuales de la inspección la Victoria, se contó con el apoyo de un operador enviado por la secretaria de infraestructura, se logró observar que la planta de tratamiento no se encuentra en funcionamiento debido a problemas de contratación, por lo cual las aguas servidas del centro poblado son vertidas directamente a la quebrada sin ningún tratamiento.

Gracias a las gestiones adelantadas por el director de este proyecto de grado, fue posible llevar a campo kits de laboratorio para realizar la medición de algunas variables relevantes y realizar la toma de muestras para su posterior análisis en las instalaciones de los laboratorios de la Universidad Piloto de Colombia.



Imagen 19. Laboratorio aguas residuales en la PTAR.
Fuente: Propia.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes

PARÁMETRO	RESULTADO
Caudal	4,5 L/s
Temperatura	17,9 °C
Oxígeno Disuelto	5,5 mg/L
Alcalinidad P	0 mg/L
Turbiedad	2,2 UNT
Alcalinidad T	45 mg/L
Acidez	80 mg/L
Dureza	150 mg/L
pH	6.95
Conductividad	84.79 μ S/cm

Tabla 10. Resultados Laboratorios
Fuente: Propia.

Es importante resaltar que debido a que la PTAR no se encuentra en funcionamiento actualmente, no se realizó el análisis de las variables DQO5, DBO, SST ya que las aguas que ingresan a la planta son las mismas que salen ya que ninguno de los procesos se está llevando a cabo.

Se observa que la infraestructura de la PTAR se encuentra gravemente afectada por el cese de actividades, las cubiertas de los tanques presentan corrosión, por las fuertes épocas de lluvia que se han presentado en los últimos meses, adicionalmente como en los últimos meses no se han realizado los procesos de la planta, gran parte de los elementos necesarios para el tratamiento de las aguas residuales no se encuentra en las óptimas condiciones para su funcionamiento.

El señor Julio Rodríguez, vigilante y portero de la hacienda Misiones, en la cual se encuentra la PTAR de la Inspección la victoria, nos comenta que en algunas ocasiones cuando se presentan fuertes lluvias en el centro poblado, la planta tiende a desbordarse, lo cual aumenta significativamente los olores producidos en la planta y la calidad del efluente final.

CAPITULO III

10. ANALISIS DE RESULTADOS

10.1 Funcionamiento de la PTAR

La Primera Etapa inicia cuando se recibe el agua residual en el punto cero donde se instaló la planta, se inicia el tratamiento primario a través de una criba, la cual tiene como objetivo remover los sólidos de gran tamaño (sedimentables o flotantes) que puedan interferir o dañar los equipos de la planta y una trampa de grasas con el fin de retener y tratar grasas y aceites.

Segunda etapa, paso seguido en forma secuencial se inicia el tratamiento en etapas de Biodigestión aeróbica, el agua pasa a los tanques de digestión y aireación secuencial donde se realiza la inyección de enzimas y bacterias diariamente y esta operación es llevada a cabo por el operario de la planta, se produce una mezcla oxigenada mediante el método de aireación extendida.

9.4.1 Sedimentación de Alta Tasa

El licor mezclado fluye por un segundo electrofloculador y seguidamente a un clarificador sedimentador de alta tasa, donde un gran porcentaje de los microorganismos aeróbicos (bacterias) se adhieren a las paredes del medio y otras se sedimentan al fondo de la estructura, dejando en la parte alta el agua clarificada.

Estos sedimentadores se basan en un tiempo de detención o decantación de material sólido de aproximadamente 15 minutos, para la remoción de los lodos sedimentados, se encuentra una bomba tipo sumergible, que recircula los lodos a través de un separador hidrociclonico, compuesto por tres cámaras donde en forma selectiva separa los estabilizados (purga) y recircula los lodos no estabilizados al principio del proceso. Los sedimentados son retirados periódicamente por medio de una canastilla y usados como abono para los cultivos aledaños.

9.4.2 Filtración Primaria

Continuando con el proceso, el agua clarificada que sale del sedimentador clarificador pasa a un filtro primario con medio filtrante compuesto por carbón, antracita, piedra y sílice soportadas en un falso fondo.

El agua filtrada es conducida hacia una cámara de reserva de agua de retrolavado en presencia de aire, toma este nombre debido a que además de acumular agua filtrada, emplea parte de esta para realizar la limpieza del filtro a través de las válvulas dispuestas para ello.

9.4.3 Sistema Terciario Avanzado

Por último, se cuenta con un tratamiento terciario con un tren de filtración fino de grava, arena, antracita y desinfección. En esta etapa se da control final al agua tratada, estos filtros son rápidos y operan de forma automática.

9.5 Componentes del sistema de la PTAR

Las aguas residuales de la PTAR la victoria provienen de las actividades del centro poblado, las cuales llegan a un pozo sanitario inicial donde son retenidos los sólidos gruesos y se realiza la Electroflocculación, después por gravedad se conduce el agua a las trampas de grasas donde se produce una primera sedimentación de lodos y flotantes, después el agua continua su paso por cada una de las cámaras del reactor principal donde es sometida a ciclos intermitentes de aireación, luego continua al sedimentador y finalmente llega por bombeo al hidrociclón, los lodos estabilizados son llevados a la canastilla y los no estabilizados reingresados al inicio del proceso.

La planta cuenta con las unidades y elementos descritos a continuación

9.5.1 Cribado o retención de gruesos

El sistema de retención de gruesos en la entrada del agua residual, se retiene mediante una malla y/o criba los sólidos más pesados (piedras, plásticos, botellas, etc.), la criba permite ser retirada y de fácil mantenimiento, para extraer solidos no biodegradables y así evitar atascamientos y la colmatación de la planta.

<i>CARACTERÍSTICA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Material de Construcción	Acero Inoxidable
Largo	0,60 m
Ancho	0,60 m
Alto	0,60 m
Apertura de Malla	0,06 m

Tabla 11. Especificaciones de la Unidad de Cribado
Fuente: Dorleop Ltda.

9.5.2 Trampa de Grasas

Tanque especialmente diseñado para la retención y la degradación de las grasas, hidrolizándolas a través de los microorganismos, las grasas son retenidas al colocar trampas (mamparos), instalados con pasos inferiores y superiores, las cuales retienen grasas liquidas, para ser degradadas por los microorganismos, es importante retirar y limpiar diariamente.

<i>CARACTERÍSTICA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Material de Construcción	Concreto Reforzado
Largo	2,00 m
Ancho	0,60 m
Alto	2,00 m
Altura Efectiva	1.80 m
Tiempo de Retención	45 min

Tabla 12. Especificaciones de la Trampa de Grasas
Fuente: Dorleop Ltda.

9.5.3 Bombeo de Transferencia

La planta cuenta con una bomba sumergible que trabaja intermitente para prolongar su vida útil sin alterar el funcionamiento normal de la planta. La bomba se encuentra al final del tanque principal y su función es realizar el traspaso del agua cruda desde el tanque de homogenización al tanque de aireación.

<i>CARACTERÍSTICA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Tipo	Sumergible Inatascable
Modelo	Aguas Residuales
Marca	PEDROLLO
Representante en Colombia	PEDROLLO
Diámetro de Descarga	2" NPT

Tabla 13. Especificaciones de la bomba de Transferencia
Fuente: Dorleop Ltda.

9.5.4 Aireación

Esta unidad se encarga de la oxidación de la materia orgánica presente en el agua de DBO y DQO. Está constituida por un tanque de aireación extendida se aplica aire a presión en el lecho del agua cruda, a través de difusores especialmente diseñados con lo cual se produce la oxidación de la materia orgánica y consecuentemente la mayor remoción de DBO y DQO.

Una vez el agua se ha pasado por el tratamiento primario pasa al tanque de aireación en el cual está instalado un sistema de distribución de aire por medio de tuberías de PVC de diámetro 1" y difusores de burbuja.

Este sistema está instalado en las cuatro cámaras del reactor principal, el aire requerido para esta operación es suministrado por un soplador tipo Vortex.

<i>CARACTERÍSTICA</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
Tipo	Soplador
Modelo	RB50-520
Marca	HO HSING
Presión Máxima	220 mbar
Voltaje	220-240 A

Tabla 14. Especificaciones del Aireador

Fuente: Dorleop Ltda.

9.5.5 AquaMagnet

Es un sistema que acondiciona la dureza en el flujo realizando un pretratamiento que permite remover la dureza mucho más fácil, el agua tiene sales minerales comunes disueltas.

El sistema funciona por medio de unos imanes para el control de posición de los electrones, cuando las moléculas del agua pasan por el campo magnético generado por el AquaMagnet se garantiza que se estabiliza el pH, polariza y organiza las moléculas, impide el crecimiento de algas entre otras más.

9.5.6 Sedimentación

La planta de tratamiento maneja un proceso de sedimentación por flujo vertical tipo pistón, lo cual le permite manejar tiempos de retención hidráulica del orden de 60 minutos, manejando un gradiente del orden de 15 seg-1.

El agua ingresa a través de las bombas ubicadas al interior de la estructura principal, luego asciende a través de las placas que es donde efectivamente se sedimentan las partículas. El barro escurre hacia el fondo y el agua clarificada se recoge en la superficie mediante canaletas con vertederos laterales.

El sistema permite que la limpieza sea realizada cada 30 días y su desocupación total cada seis meses, maneja una red de distribución que permite garantizar la repartición de los flujos del agua floculada y clarificada permitiendo que el sistema opere con gran estabilidad.

9.5.7 Electroflocculacion

La planta cuenta con 2 equipos de Electroflocculación, el primero se encuentra al principio del proceso de tratamiento en la zona de cribado y el segundo al interior de modulo central en el filtro de lecho mixto antes de la desinfección final del agua, el funcionamiento es básico y consta de que el agua pasa por un electroflocculador el cual por medio de electrodos (ánodo de hierro, cátodo de cobre) produce una reacción de oxidación y reducción, generando la dilución del hierro, aluminio y produciendo oxígeno e hidrógeno, adicionalmente coagula los sólidos contenidos en el agua, reduciendo la cantidad de químicos y coagulantes a usar en los procesos.

9.1.1 Desinfección

La desinfección tiene como objetivo garantizar la calidad del agua desde el punto de vista microbiológico, asegurando la ausencia de microorganismos patógenos que puedan afectar la salud de la población que se abastece de los efluentes donde se vierten las aguas de la planta de tratamiento.

Esta etapa se realiza como último proceso, debido a que es indispensable que el agua contenga el mínimo contenido de partículas y microorganismos, la desinfección consiste en agregar un agente desde el punto de vista químico para destruir los microorganismos que puedan transmitir enfermedades utilizando el agua como vehículo pasivo.

10.2 Análisis microbiológico de la PTAR

Durante el periodo que la entidad EMPUCOL ESP tuvo el control de las operaciones en la PTAR se realizaron los laboratorios para caracterizar los vertimientos producidos, gracias al apoyo prestado a este proyecto de investigación fue posible acceder a los resultados de los años 2016 y 2017, en el anexo 1 podrán evidenciarse, la tabla de resultado de estos dos laboratorios, adicionalmente en la tabla 15 realizamos un análisis y comparación.

Es importante resaltar que observando los resultados realizados por la empresa H2O Es vida SAS en el informe 3617-17 para el año 2017, se realizó la comparación de los valores resultado del análisis microbiológico con la resolución 1594 de 1984, la cual, para la fecha de realización de este informe, ya no era la resolución vigente que controla los vertimientos puntuales y en el informe 2013-16 para el año 2016, si se realizó la comparación con la resolución 0631 de 2015.

**RESULTADOS DE CAMPO Y LABORATORIO
PTAR LA VICTORIA-MESITAS DEL COLEGIO
HACIENDA MISIONES- SECTOR ARCADIA**

PAÁMETRO	METODO	UNIDADES	ANÁLISIS 2016			ANÁLISIS 2017			RESOLUCIÓN 631 DE 2015
			FECHA ANÁLISIS	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	FECHA ANÁLISIS	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	
Caudal	Volumétrico	L/s	16/12/2016	1,151	1,074	21/12/2017	3,818	2,369	N. A
pH	SM 4500 H+B	Unidades de Ph	16/12/2016	7,31 - 8,97	6,89 - 7,11	21/12/2017	7,54 - 7,81	8,05-8,51	6,00-9,00
Temperatura	SM 2550 B	°C	16/12/2016	21,6 - 25,6	22,1 - 31,4	21/12/2017	19,4 - 22,3	19,7-22,9	N. A
Oxígeno Disuelto	SM 4500 0 G	mgO ₂ /L	16/12/2016	0,21 - 0,51	0,21-0,46	21/12/2017	0,1	0,1	N. A
DBO	SM 5210 B	mgO ₂ /L	17/12/2016	64	40	22/12/2017	209	103	90
DQO	SM 5220 C	mgO ₂ /L	17/12/2016	112	67	28/12/2017	378	269	180
SST	SM 2540 D	mgSST/L	26/12/2016	55	24	23/12/2017	73	21	90
Coliformes Totales	SM 9223 B	NMP/100 mL	20/12/2016	401100	685700	23/12/2017	6458000	980400000	N. A

Tabla 15. Análisis microbiológico de las aguas en la PTAR La Victoria.
Fuente EMPUCOL ESP

Para comparar la resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en específico el artículo 8 “Parámetros Fisicoquímicos y sus valores Máximos Permisibles en los vertimientos puntuales (ARD-ARnD) de los prestadores de servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales, con una carga menor o igual a 625 kg/día de DBO, en la tabla 16 realizamos la revisión del cumplimiento de los parámetros en la salida de la PTAR La Victoria, es relevante identificar de esta tabla que para el 2017 el caudal a la entrada de la PTAR era de 3,818 L/s muy cerca al máximo caudal de la planta el cual es 4 L/s.

PARÁMETRO	RESOLUCIÓN 631 DE 2015	2016	CUMPLIMIENTO	2017	CUMPLIMIENTO
		SALIDA PTAR		SALIDA PTAR	
<i>Caudal</i>	<i>N. A</i>	<i>1,074</i>	<i>N-A</i>	<i>2,369</i>	<i>N-A</i>
<i>pH</i>	<i>6,00-9,00</i>	<i>6,89 - 7,11</i>	<i>Cumple</i>	<i>8,05-8,51</i>	<i>Cumple</i>
<i>Temperatura</i>	<i>N. A</i>	<i>22,1 - 31,4</i>	<i>N-A</i>	<i>19,7-22,9</i>	<i>N-A</i>
<i>Oxígeno Disuelto</i>	<i>N. A</i>	<i>0,21-0,46</i>	<i>N-A</i>	<i>0,1</i>	<i>N-A</i>
<i>DBO</i>	<i>90</i>	<i>40</i>	<i>Cumple</i>	<i>103</i>	<i>No Cumple</i>
<i>DQO</i>	<i>180</i>	<i>67</i>	<i>Cumple</i>	<i>269</i>	<i>No Cumple</i>
<i>SST</i>	<i>90</i>	<i>24</i>	<i>Cumple</i>	<i>21</i>	<i>Cumple</i>
<i>Coliformes Totales</i>	<i>N. A</i>	<i>685700</i>	<i>N-A</i>	<i>980400000</i>	<i>N-A</i>

Tabla 16. Revisión de los parámetros analizados en las muestras del 2016 y 2017.

Fuente: Propia.

A partir de la tabla 16 podemos evidenciar que, en el año 2017 los vertimientos realizados por la PTAR de La Victoria no cumplían los parámetros DBO Y DQO, sin embargo, analizando los informes entrados para esta fecha, la empresa encargada de dicho análisis no realizó la correcta comparación de la norma y por ello no fue posible en su momento identificar que la planta no está funcionando correctamente.

Adicionalmente de la Tabla 15 es posible percibir, que el caudal a la entrada de la planta de tratamiento se acerca al caudal de diseño de la PTAR, lo cual nos demuestra que está próxima a saturar sus procesos debido a que no se encuentra diseñada para un mayor caudal

10.1 Estimación de la Población

Es esencial para establecer el estado actual de funcionamiento y proponer alternativas de mejoramiento estimar la población que actualmente realiza el vertimiento de sus aguas residuales a la red que alimenta la PTAR La Victoria, para ello tomaremos la información reflejada en la tabla 17 en donde se encuentran los censos realizados a la Inspección la victoria.

AÑO	Población Total	Población Cabecera Municipal	Población Inspección La Victoria
2005	20430	7636	1280
2006	20591	7716	1288
2007	20740	7792	1295
2008	20893	7868	1303
2009	21040	7941	1315
2010	21196	8018	1327
2011	21328	8084	1339
2012	21460	8151	1354
2013	21592	8216	1360
2014	21713	8277	1379
2015	21832	8336	1397

Tabla 17. Población entre el 2005 y 2015 en El Colegio.
Fuente: Secretaria de Planeación Municipal y Tic's

Existen varios métodos para estimar la proyección de la población futura, para el desarrollo de este proyecto de investigación emplearemos 3 métodos y a partir del cálculo se elegirá el más adecuado para continuar con el estudio.

10.2.1 Método lineal

El método lineal tiene algunas limitaciones ya que supone un crecimiento constante de la población, lo cual significa que una población X tiende a aumentar en el mismo número de personas en el transcurso de un tiempo en específico, es válido emplearlo para cortos periodos.

$$Pf = Puc + Ka (Tf - Tuc)$$

Ecuación 1. Estimación del crecimiento poblacional Método Lineal

Donde: Pf = Población futuro
Puc = Población último censo
Tf = Año de proyección
Tuc = Año último censo
Ka = Pendiente recta

$$Ka = \frac{Puc - Pci}{Tuc - Tci}$$

Ecuación 2. Pendiente recta Método lineal.

Donde: Pci = Población del censo inicial
Puc = Población último censo

Tuc = Año del último censo
 Tci = Año del censo inicial

Cálculo del Valor Ka

$$Ka = \frac{1397 - 1280}{2015 - 2005}$$

$$Ka = 11,7$$

Con el valor de la pendiente de la recta Ka se puede establecer la estimación de la población futura para el año se tome la proyección del estudio, en el caso particular de la inspección la victoria y el nivel de complejidad bajo, se tomó un periodo de diseño de 15 años, en la tabla 18 es posible apreciar los resultados para los años proyectados por el método lineal.

Año	2019	2020	2025	2030	2033
Población	1444	1456	1514	1573	1608

Tabla 18. Proyección de población Método lineal.

Fuente: Propia.

10.2.2 Método Geométrico o Exponencial

Un crecimiento de la población en forma geométrica o exponencial, supone que la población maneja una tasa de crecimiento constante, lo que significa que aumenta proporcionalmente lo mismo en cada período de tiempo.

$$Pf = Puc * (1 + r)^{(Tf - Tuc)}$$

Ecuación 3. Estimación de crecimiento poblacional Método Geométrico.

Donde: Pf = Población futuro
 Puc = Población último censo
 Tf = Año de proyección
 Tuc = Año último censo
 r = coeficiente

Cálculo del Coeficiente r

$$r = \left(\frac{Puc^{Tuc - Tci}}{Pci} \right) - 1$$

Ecuación 4. Coeficiente r Método geométrico.

Donde: Pci = Población del censo inicial
 Tci = Año del censo inicial

$$r = \left(\frac{1397^{\frac{1}{2015-2005}}}{1280} \right) - 1$$

$$r = 0,008785064$$

Con el valor del coeficiente r se puede establecer la estimación de la población futura para el periodo de diseño adoptado anteriormente, en la tabla 19 se puede apreciar la población futura proyectada por el método geométrico o exponencial.

Año	2019	2020	2025	2030	2033
Población	1447	1459	1525	1593	1635

Tabla 19. Proyección de población Método Geométrico.

Fuente: Propia.

10.2.3 Método Logarítmico

$$Pf = Pci * e^{kg(Tf-Tci)}$$

Ecuación 5. Estimación de crecimiento poblacional Método logarítmico.

Donde: Pf = Población futuro
Pci = Población del censo inicial
Tf = Año de proyección
Tci = Año del censo inicial
Kg = coeficiente

$$Kg = \frac{\ln Pcp - \ln Pca}{Tcp - Tca}$$

Ecuación 6. Coeficiente Kg Método logarítmico.

Donde: Pcp = Población censo posterior
Pca = Población censo anterior
Tcp = Año censo posterior
Tca = Año censo anterior

Cálculo del Coeficiente Kg

$$Kg = \frac{\ln(1397) - \ln(1280)}{2015 - 2005}$$

$$Kg = 0,008824856$$

Con el valor del coeficiente Kg se puede establecer la estimación de la población futura para el periodo de diseño adoptado anteriormente, en la tabla 20 se puede apreciar la población futura proyectada por el método logarítmico.

<i>Año</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2033</i>
<i>Población</i>	<i>1448</i>	<i>1461</i>	<i>1527</i>	<i>1596</i>	<i>1639</i>

Tabla 20. Proyección de población Método Logarítmico.
Fuente: Propia.

A partir de los datos calculados para las proyecciones de la población por los métodos lineal, geométrico y logarítmico, para establecer el valor de la población a trabajar se realizará un promedio de los valores estimados los cuales se evidencian en la tabla 21.

<i>Método</i>	<i>Año</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2033</i>
<i>Lineal</i>	<i>Población</i>	<i>1444</i>	<i>1456</i>	<i>1514</i>	<i>1573</i>	<i>1608</i>
<i>Método</i>	<i>Año</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2033</i>
<i>Geométrico</i>	<i>Población</i>	<i>1447</i>	<i>1459</i>	<i>1525</i>	<i>1593</i>	<i>1635</i>
<i>Método</i>	<i>Año</i>	<i>2019</i>	<i>2020</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2033</i>
<i>Logarítmico</i>	<i>Población</i>	<i>1448</i>	<i>1461</i>	<i>1527</i>	<i>1596</i>	<i>1639</i>
<i>Promedio</i>		<i>1446</i>	<i>1459</i>	<i>1522</i>	<i>1587</i>	<i>1627</i>

Tabla 21. Promedio de las Proyecciones de Población.
Fuente: Propia.

10.3 Caudal de Diseño

Para establecer el caudal de diseño se sigue los lineamientos interpuestos en el literal E.2.24, donde se define que el caudal de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales es el caudal máximo horario, que se calcula según los parámetros establecidos en la Resolución 0330 de 2017 (RAS), para calcular el QMH es necesario establecer el caudal de aguas residuales domésticas (Q_D), caudal de aguas residuales industriales (Q_I), caudal de aguas residuales comerciales (Q_C), caudal de aguas residuales institucionales (Q_{IN}) y el caudal de infiltración (Q_{INF}).

10.3.1 Caudal de Aguas Residuales Domesticas (Q_D)

Con el fin de llevar a cabo el cálculo del caudal de aguas residuales domésticas, es vital conocer o establecer el valor de la demanda de agua potable, adicionalmente es necesario establecer un coeficiente de retorno el cual puede ser revisado en la tabla 22 en la cual está relacionado el coeficiente de retorno y el nivel de complejidad del sistema. La demanda de agua potable fue establecida en el PMA la cual fue de 135 L/s.

<i>Nivel de Complejidad del Sistema</i>	<i>Coefficiente de retorno</i>
<i>Bajo y Medio</i>	<i>0,8</i>
<i>Medio Alto y Alto *</i>	<i>0,85</i>

**Puede ser definido por la persona prestadora del servicio público de alcantarillado*

Tabla 22. Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas.

Fuente: RAS.

Teniendo establecido el valor de la población a la fecha de diseño, el valor del coeficiente de retorno y la demanda neta de agua potable, es posible realizar el cálculo del caudal de aguas residuales domésticas, para ello emplearemos la siguiente ecuación.

$$Q_D = \frac{C_R * P * D_{NETA}}{86400}$$

Ecuación 7. Cálculo del Caudal de Aguas Residuales Domesticas.

Donde:

C_D = Caudal de aguas residuales domésticas (L/s).

C_R = Coeficiente de retorno (adimensional).

P = Número de habitantes proyectados al período de diseño (hab).

D_{NETA} = Demanda neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab/día)

Es importante definir el caudal de aguas domesticas tanto para el 2019 como para el periodo de diseño (2033), para esto nos basaremos en los valores calculados para la población futura.

Caudal de Aguas Residuales Domesticas para el 2019

$$Q_D = \frac{0,80 * 1446 \text{ hab} * 135 \frac{l}{s} * \text{hab}}{86400}$$

$$Q_D = 1.81 \frac{l}{s}$$

Caudal de Aguas Residuales Domesticas para el 2033

$$Q_D = \frac{0,80 * 1627 \text{ hab} * 135 \frac{l}{s} * \text{hab}}{86400}$$

$$Q_D = 2.1 \frac{l}{s}$$

Es de aclarar que en el Centro Poblado de la Inspección de la Victoria no existe zona de comercio, industria e instituciones claramente definidas, gran parte de estas están dentro del mismo espacio residencial debido al poco espacio territorial con el que cuenta la inspección,

es por esto que asumiremos un porcentaje del agua residual domestica para calcular el caudal aportado.

10.3.2 Caudal de Aguas Residuales Industriales (Q_I)

En la inspección la victoria se encuentra una empresa despulpadora de fruta, encargada en gran parte de la producción de mora y otros cultivos frutales que produce esta zona, adicionalmente se encuentra una microempresa productora de vino, es por ello que se considera importante calcular el caudal que estas microindustrias aportan a la red de alcantarillado, según cálculos de la secretaria de planeación municipal se estima que 0,3ha de la inspección son empleadas para fines industriales, para ello en la tabla 23 podemos observar los valores ya establecidos para pequeñas empresas en municipio donde no se tienen análisis de detalle de los vertimientos industriales.

<i>Nivel de Complejidad del Sistema</i>	<i>Contribución Industrial (L/s*ha_{ind})</i>
<i>Bajo</i>	<i>0,4</i>
<i>Medio</i>	<i>0,6</i>
<i>Medio Alto</i>	<i>0,8</i>
<i>Alto</i>	<i>1</i>

Tabla 23. Contribuciones de aguas residuales industriales para pequeñas industrias.
Fuente: RAS (2000)

$$Q_I = C_I * A_I$$

Ecuación 8. Cálculo del Caudal de Aguas Residuales Industriales.

Donde:

Q_I = Caudal de aguas residuales Industriales (L/s).

C_I = Contribución Industrial (L/s*ha_{ind}).

A_I = Área bruta de industria (ha).

$$Q_I = 0,4 \frac{L}{s} * ha_{ind} * 0,3 ha$$

$$Q_I = 0,12 \frac{l}{s}$$

Ya que actualmente las entidades municipales no cuentan con una proyección de la industria para el periodo de diseño adoptado en esta investigación asumiremos que las aguas residuales industriales serán el 10% de la contribución domestica proyectada al 2033, pensando en el posible crecimiento industrial en ese periodo de tiempo.

10.3.3 Caudal de Aguas Residuales Comerciales (Q_C)

En la Inspección la Victoria no se evidencia una zona específica donde se practique actividades comerciales, el comercio se ubica en la zona residencial y en la mayoría de casos son viviendas donde en el primer piso se encuentran las actividades comerciales y en pisos superiores actividades residenciales. Según el RAS en caso de que en el área objeto del proyecto existan zonas mixtas, comerciales y residenciales, los caudales comerciales deben

estimarse teniendo en cuenta la concentración comercial relativa a la concentración residencial, utilizando una contribución de caudal comercial correspondiente a 0,5 L/s por ha comercial. (Ministerio de Desarrollo Económico, 2017)

Para nuestro estudio y gracias a las visitas realizadas a la inspección podemos analizar que es muy dispendioso establecer una concentración relativa por ello estimaremos que el 15% del caudal proyectado para el periodo de diseño, teniendo en cuenta el posible aumento de la actividad comercial en ese lapso de tiempo.

10.3.4 Caudal de Aguas Residuales Institucionales (Q_{IN})

En la Inspección La Victoria solo se cuenta con una institución educativa departamental donde se presta la formación académica de básica primaria y secundaria, es una pequeña institución ubicada en una zona residencial, para el cálculo del caudal que esta aporta seguiremos los lineamientos del RAS donde establece que es posible estimar el valor en 0,5 l/s por ha institucional, según información suministrada por la administración municipal la institución educativa tiene un área de 0,43ha

$$Q_{IN} = C_{IN} * A_{IN}$$

Ecuación 9. Cálculo del Caudal de Aguas Residuales Institucionales.

Donde:

Q_{IN} = Caudal de aguas residuales Industriales (L/s).

C_{IN} = Contribución Institucional (L/s*ha_{ind}).

A_{IN} = Área bruta de institucional (ha).

$$Q_{IN} = 0,5 \frac{l}{s} * ha * 0,43 ha$$

$$Q_{IN} = 0,22 l/s$$

Debido a que no se cuenta con una proyección de la posible expansión de las instalaciones de la institución educativa tomaremos como constante este valor hasta la fecha del periodo de diseño establecido.

10.4 Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD})

El caudal medio diario de aguas residuales de (Q_{MD}) de una red de alcantarillado es la suma de los aportes domésticos, industriales e institucionales.

$$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN}$$

Ecuación 10. Cálculo del Caudal Medio Diario de Aguas Residuales.

Donde:

Q_{MD} = Caudal medio diario de aguas residuales (L/s).

- Q_D = Caudal de aguas residuales domésticas (L/s).
- Q_I = Caudal de aguas residuales industriales (L/s).
- Q_C = Caudal de aguas residuales comerciales (L/s).
- Q_{IN} = Caudal de aguas residuales institucionales (L/s).

Cálculo de Caudal Medio Diario para el 2019:

$$Q_{MD} = 1,81 \frac{L}{s} + 0,12 \frac{L}{s} + 0,181 \frac{L}{s} + 0,22 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MD} = 2,331 \frac{L}{s}$$

Cálculo del Caudal Medio Diario para el 2033

$$Q_{MD} = 2,1 \frac{L}{s} + 0,21 \frac{L}{s} + 0,315 \frac{L}{s} + 0,22 \frac{L}{s}$$

$$Q_{MD} = 2,845 \frac{L}{s}$$

10.5 Caudal Máximo Horario (Q_{MH})

Es el máximo caudal presentado en la red de alcantarillado, para estimarlo es necesario calcular un factor de mayoración el cual tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población, este factor tiende a disminuir a la medida que aumenta el número de habitantes de un municipio, para el cálculo del caudal máximo emplearemos la siguiente formula.

$$Q_{MH} = Q_{MD} * F$$

Ecuación 11. Cálculo del Caudal Máximo Horario.

Donde:

Q_{MH} = Caudal Máximo Horario (L/s).

Q_{MD} = Caudal Medio Diario (L/s).

F = Factor de Mayoración (Adimensional).

10.5.1 Cálculo del Factor de Mayoración.

Para calcular el factor de mayoración podemos emplear alguna de las siguientes alternativas.

Harmon: es utilizado para poblaciones mayores de 1.000 habitantes.

$$Q_{máxhorario} = Q_{MD} * \frac{18 + \sqrt{p}}{4 + \sqrt{p}}$$

Ecuación 12. Ecuación factor de mayoración por Harmon.

Flores: otro factor de mayoración recomendado por el RAS, para los niveles de complejidad bajo y medio es el de Flores (P, en miles):

$$F = \frac{3,5}{P^{0,1}}$$

Ecuación 13. Ecuación factor de mayoración por Flores.

Gaines: la fórmula es válida para caudales medios entre 0,28 L/s y 4250 L/s

$$F = \frac{3,114}{Q_{MD}^{0,062}}$$

Ecuación 14. Ecuación factor de mayoración por Gaines.

Analizaremos el valor de los factores posibles a aplicar, estos se evaluarán para el 2019 y para la fecha del periodo de diseño, lo cual podrá ser evidenciado en la tabla 24.

Método	2019	2033
<i>Harmon</i>	3,69	3,65
<i>Flores</i>	3,37	3,33
<i>Gaines</i>	2,95	2,92

Tabla 24. Valores calculados para el Factor de Mayoración.

Fuente: Propia.

Es preciso recalcar que en la resolución 0330 de 2017 (RAS) se establece que en general el valor de F debe ser mayor o igual que 1,4 y su valor máximo se encuentra limitado de acuerdo al número de población servida para el caso de la inspección la victoria el Factor de Mayoración Máximo es de 3,00. En este caso a partir de los valores obtenidos en la tabla 16 podemos definir que el factor de mayoración que será aplicado es el calculado por el método de Gaines.

Con los datos calculados es posible aplicar la ecuación 11 y establecer el valor del caudal máximo horario.

Cálculo de Caudal Máximo Horario para el 2019:

$$Q_{MH} = 2,331 * 2,95$$

$$Q_{MH} = 6,87 \frac{l}{s}$$

Cálculo de Caudal Máximo Horario para el 2033:

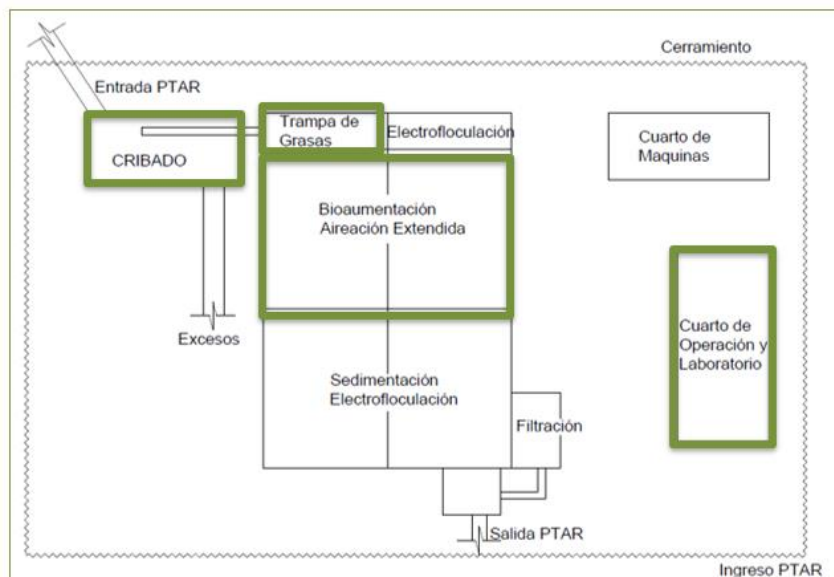
$$Q_{MH} = 2,845 * 2,92$$

$$Q_{MH} = 8,31 \frac{l}{s}$$

A partir de la información calculada podemos observar que la planta de tratamiento para el 2019 ya ha superado el caudal de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales la cual está capacitada para un caudal de 4 L/s.

11. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

En el siguiente esquema podremos evidenciar los puntos donde nos centraremos con la propuesta de mejoramiento de la PTAR, las cuales son: sistema de Cribado o retención de gruesos, Propuesta de una trampa de grasas, Implementación de las membranas en el tanque de Bioaumentación, construcción de una caseta de operaciones y conformación de un laboratorio.



**Propuesta de
Optimización de
la PTAR**

Imagen:20: Esquema general del mejoramiento propuesto
Fuente: Propia

Se logro evidenciar con las visitas de campo y el proceso investigativo, que la planta de tratamiento de aguas residuales de la Inspección La Victoria no se encuentra en funcionamiento actualmente, por lo cual los vertimientos del centro poblado están siendo vertidos directamente a la quebrada La campos, afectando seriamente la calidad del agua que abastece a acueductos veredales de El Colegio y Anapoima, por lo cual la primer medida para mejorar los procesos es poner a la PTAR nuevamente en funcionamiento, para lo cual recomendamos los siguientes procesos.

1. Realizar las reparaciones necesarias en la red eléctrica que abastece el panel de control de la PTAR, es esencial debido a que los procesos que se llevan a cabo son totalmente automatizados y requieren de un funcionamiento adecuado del panel de control.
2. Es necesario el mantenimiento de los sopladores encargados de la aireación de las aguas residuales, debido a que como estos llevan un periodo sin funcionamiento, nos es posible definir si su estado actual es el apropiado para garantizar el ambiente a las bacterias y enzimas.
3. Revisar la vida útil de los aparatos electrónicos usados en la planta de tratamiento debido a que varios de ellos ya han superado su vida útil y por consiguiente su funcionamiento no es el apropiado.
4. Las tapas de los compartimientos del panel central presentan un alto grado de corrosión debido a no se le han realizado un adecuado mantenimiento, es necesario realizar la respectiva limpieza y pintado para combatir la oxidación.
5. La zona aledaña a la PTAR se encuentra rodeada de maleza lo cual deteriora la infraestructura.

Gracias a las entrevistas y al recorrido guiado por funcionarios de la Secretaria de Infraestructura y al producto de investigación se logró evidenciar que el sistema de alcantarillado de la inspección la victoria es combinado lo cual agrava la situación de la PTAR debido a que la cercanía a la reserva natural “Cuchilla Penas Blanca”, aumenta la precipitación del sector. En épocas de altas lluvias la red de alcantarillado colapsa causando que la planta rebose y generando que emita olores desagradables, afectando la salud de la población que habita en las cercanías de la infraestructura y los que se abastecen de la fuente hídrica donde se vierten estos residuos. Por lo cual se propone para mitigar estos efectos aumentar las dimensiones del tanque de cribado, esto permitirá aumenta la capacidad de retención de aguas residuales que llegan a la planta y que esta pueda realizar el tratamiento a mayor cantidad de aguas residuales.

Durante el recorrido fue posible observar que el cerramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, presenta grandes fallas debido a que su construcción inicial no fue la adecuada y el muro no cuenta con una debida cimentación, afectando su resistencia y eficiencia, ya que la zona donde se encuentra construida la PTAR está en las cercanías de la falla geológica del Tequendama, adicionalmente en el último periodo de lluvias presentado, se evidencio un deslizamiento de una parte de la montaña ocasionando el colapso de una gran parte de uno de los muros. A partir de este análisis se propone construir estos muros de la manera correcta, cumpliendo con la norma NSR-10 y garantizando la efectividad del cerramiento.

Como complemento al cerramiento es esencial realizar la protección de la infraestructura, la cual se ve gravemente afectada por la temperatura y sus cambios (sol y lluvia), causando la erosión de la estructura central y la corrosión de la cubierta de la misma. Para lo cual se

propone aprovechar el nuevo cerramiento y construir una cubierta que permita proteger la infraestructura y prolongar su vida útil.

La PTAR no ha contado con un operario en los últimos meses lo cual ha generado que la maleza, hierva, pasto y demás crezcan alrededor de la infraestructura, desde lo investigado y analizado en el proyecto se recomienda erradicarla y realizar un relleno de gravilla para limitar el crecimiento de estas y proteger la estructura el mayor tiempo posible, el operario encargado del manejo de la planta no cuenta con las mínimas condiciones para cumplir con las funciones asignadas, en la planta no hay un punto de agua potable lo cual es necesario para desarrollar el lavado de diferentes elementos necesarios para el mantenimiento y operación de la planta y para el aseo básico del operario, es importante lo más pronto posible realizar las conexiones necesarias para garantizar este recurso tanto a la planta como al operario.

El operario debe contar con una capacitación más detallada de los procesos llevados en la PTAR y de los parámetros mínimos que debe cumplir los vertimientos realizados, ya que esto es vital para conocer si la operación de la planta está siendo realizada de la manera más optima y adecuada.

La verificación de los parámetros exigidos por la resolución 0631 de 2015 son verificados cada año aproximadamente, esto es insuficiente para garantizar el cumplimiento de estos estándares durante los meses del año, para lo cual se propone realizar la construcción de un laboratorio, en el cual el operario de la PTAR pueda realizar la medición de los parámetros básicos, en búsqueda de definir en cortos tramos de tiempo la eficiencia real del tratamiento empelado en la planta, adicionalmente aledaño a este laboratorio la construcción de una caseta donde el operador de la planta pueda realizar sus descansos y contar con un lavabo y una vajilla sanitaria.

Para garantizar el buen funcionamiento de la PTAR proponemos un mínimo de elementos de seguridad que deberán estar disponibles para la buena operación de la planta.

<i>ACTIVIDAD / USO</i>	<i>EQUIPO</i>	<i>UBICACIÓN</i>
Seguridad y control de incendios	1 extintor de 30 libras ABS	Área de tablero de control
Salud y primero auxilios	1 camilla 1 Botiquín de Primeros Auxilios Respiradores de Aire Detergentes, jabones y demás elementos de aseo	Caseta de Operaciones Propuesta
Comunicaciones	Radio o similar	Caseta de Operaciones Propuesta

Dotación Personal para el Desarrollo de las Actividades	Guantes y botas de caucho Monogafas de Seguridad Tapa Bocas Abrigo de caucho	Caseta de Operaciones Propuesta
Iluminación del Área de Trabajo	Linternas Batería y Cargador de Baterías	Caseta de Operaciones Propuesta

Tabla 25. Equipos básicos de seguridad para la operación y mantenimiento de la PTAR.
Fuente: Propia.

Es importante resaltar que ninguno de los elementos mencionados en la tabla 25 se encuentran actualmente en las instalaciones de la planta de tratamiento.

A partir de la información suministrada por el último operador de la PTAR, el cual acompañó la cuarta visita técnica realizada, nos informa que no se maneja una rutina en el proceso de operación de la planta lo cual dificulta sus actividades ya que de manera esporádica se realizan los procesos básicos que se requieren para una buena operación de la planta, es por ello que se propone adoptar la rutina semanal propuesta para la operación y mantenimiento de la PTAR.

<i>Franja am</i>		<i>Franja pm</i>	
<i>HORA</i>	<i>LUNES A DOMINGO</i>	<i>HORA</i>	<i>LUNES A DOMINGO</i>
8:00 - 8:30 am	Revisión Lista de Chequeo Diaria	1:00 - 2:00 pm	Mantenimiento General de la Infraestructura
8:30 - 9:00 am	Limpieza Canastilla de Lodos	2:00- 2:30 pm	Limpieza de Rejilla de Retención de Gruesos
9:00 - 9:30 am	Retrolavado de Filtros	2:30 - 3:00 pm	Retrolavado de Filtros
9:30 - 10:00 am	Limpieza de Rejilla de Retención de Gruesos	3:30 - 4:00 pm	Limpieza Canastilla de Lodos
10:30 - 11:00 am	Limpieza de la Trampa de Grasas	4:00 - 5:00 pm	Laboratorios Básicos Realizados en la Caseta de Operaciones
11:00 - 11:30 am	Limpieza Canastilla de Lodos		
11:30 - 12:00 am	Revisión Panel de Control y Limpieza General		

Tabla 26. Rutina de Operación y Mantenimiento Propuesta.
Fuente: Propia.

Es necesario realizar la propuesta a los acueductos veredales que se abastecen de la quebrada la campos, de que mejoren los procesos de potabilización de sus PTAP, ya que esto se logrará mitigar los efectos causados por los vertimientos de la PTAR, apoyando a la salud de la población que se abastece de estos acueductos, evitando el riesgo de ingerir virus, bacterias o protozoarios, entre las bacterias más comunes se encuentran salmonellas (tifi), shigellas

(disenterías), vibro Cholera (Colera), E. coli (diarreas). Son innumerables las pérdidas humanas que, a través de la historia se han perdido por deficiencias en el tratamiento y desinfección del agua o por ingerir agua contaminada y no tomar las precauciones necesarias.

A partir de los análisis realizados y de la información recopilada es posible observar que la capacidad de la planta se encuentra próxima a superar su límite de diseño y en los próximos años esta será insuficiente para las aguas servidas generadas por la inspección La Victoria, para ello gracias a que el funcionamiento de la PTAR es con un reactor biológico es posible la implementación del sistema de Membranas, una tecnología alternativa que nos permite aprovechar el sistema actual y optimizarlo para prolongar su capacidad.

(MBR) Reactor Biológico de Membrana, este proceso se basa en la combinación de los procesos de degradación de la materia orgánica que son llevados actualmente por la PTAR y la separación mediante el uso de membranas, las ventajas que presenta la implantación de esta tecnología son:

“La eliminación del decantador secundario, reduciendo de este modo el espacio requerido para su instalación, eliminación de los problemas derivados de la ocurrencia de sedimentaciones de lodo deficientes, obtención de efluentes de calidades equiparables a las obtenidas tras un tratamiento terciario, operación del reactor con elevadas concentraciones de sólidos (4-15 g SST/L) lo que hace reducir el espacio e incrementar las cargas volumétricas tratables, posibilidad de ampliación de plantas preexistentes sin necesidad de obra civil y gran estabilidad frente a vertidos de alta carga contaminante”
(MADRIDMASD, 2008)

Su funcionamiento consistirá en que el agua del tanque de Bioaumentación es filtrada pasando a través de las paredes de una membrana. El agua filtrada es extraída del sistema mientras que las bacterias, materia orgánica y los compuestos de tamaño superior al poro de la membrana quedan retenidos y permanecen o retornan al reactor biológico.

Por lo cual se propone la instalación de una membrana comercial de fibra hueca encargada de realizar el proceso de ultrafiltración, de esta manera es posible eliminar los tanques sedimentadores y ampliar la capacidad ya que se podría ampliar los tanques de Bioaumentación y permitir el ingreso de más aguas residuales a la PTAR, las membranas se sumergen en el tanque de aireación extendida en contacto directo con el licor mezcla

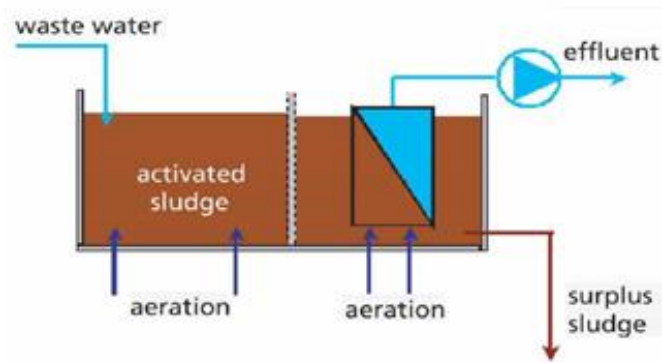


Imagen 21 Sistema de Aireación con membrana sumergida
 Fuente: <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2007/04/12/63351>

Una de las ventajas más relevante es que estas membranas son de naturaleza modular ya que permite la ampliación de plantas ya construidas disminuyendo la necesidad de obras.

En cuanto a su durabilidad estas membranas cuentan con una larga vida útil que permiten una durabilidad excepcional y alta resistencia a la rotura.

Adicionalmente permite que el proceso de oxidación y degradación de la materia orgánica sea efectuado con mayor calidad ya que permite una operación de la planta con mayores concentraciones de lodos.

Cuenta con un rendimiento alto ya que la duración de la membrana es de 25 años aproximadamente, cuenta con un tamaño de poro de $0.04 \mu\text{m}$ lo cual brinda una barrera física y la filtración de las aguas residuales, adicionalmente su permeabilidad es alta con un valor de $>900 \text{ lmh/bar}$.

Cuenta con una alta robustez con una resistencia elástica de la fibra de $> 600\text{N}$, lo cual permite la reducción en mantenimientos y prolongan la vida útil de la membrana.



Imagen 22. Membrana 500s de ZeeWeed
 Fuente: <https://www.lenntech.com/products/GE-Membranes/ZeeWeed-500-WW-Modules/ZeeWeed-500-WW-Modules/index.html>

RECOMENDACIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN

Con la finalidad de mejorar los procesos llevados en la planta de tratamiento y reducir el impacto en la salud de la población que se abastece, de la quebrada donde se vierten las aguas residuales de la Inspección La Victoria, se recomienda realizar los siguientes procesos.

- Como medida prioritaria es necesario unir esfuerzos tanto entre las entidades municipales como departamentales, en búsqueda de poner nuevamente en funcionamiento la planta de tratamiento de aguas residuales, su sistema de tratamiento y los procesos llevados son modernos y altamente tecnificados, por lo cual es vital que sea nuevamente operada, para cumplir con los parámetros establecidos por la resolución 0631 de 2015, es necesario contar con un operario fijo que pueda supervisar las labores básicas y mantener la infraestructura.
- Realizar un monitoreo fácil y sencillo, que permita al operario de la planta de tratamiento identificar las fallas en los procesos y poder solucionarlas a mayor brevedad, es importante resaltar que el proceso de tratamiento se realiza por medio de bacterias que requieren de un tiempo de funcionamiento bajo las condiciones adecuadas para estabilizarse, es importante en épocas donde se aumente significativamente la población flotante (fines de semana y festividades) dosificar las bacterias incluidas hasta un doble de la dosis adicionada en un día de regular funcionamiento.
- Es importante antes de iniciar el proceso de encendido de la planta de tratamiento, verificar el panel de control en búsqueda de que ninguno de los controles y testigos indiquen alguna falla, verificar que el protector de voltaje indique actividad normal al encontrarse el bombillo verde encendido, si se encuentra encendida la alarma de fallas, evitar la puesta en marcha de los procesos en búsqueda de la protección del sistema y del panel de control.
- Se deberá iniciar los procesos de ampliación, diseño y demás detalles requeridos y estipulados en la resolución 0330 de 2017 donde se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, para ampliar la capacidad de la PTAR de la Inspección La Victoria, debido que esta se encuentra operando a su máxima capacidad y en los próximos años esta será ineficiente para tratar las aguas servidas por la población.
- Realizar la actualización del manual de operaciones y mantenerlo actualizado, alimentando la información contenida en este con los resultados, tanto de los laboratorios como de los mejoramientos realizados en los periodos comprendidos.

12. CONCLUSIONES

- Actualmente la planta de tratamiento de aguas residuales no se encuentra en funcionamiento, lo cual afecta seriamente la calidad de vida de las personas que se abastecen aguas abajo de la quebrada efluente de la PTAR, es por ello que es importante realizar los trámites correspondientes para ponerla nuevamente en funcionamiento.
- Los vertimientos del centro poblado se están realizando sin tratamiento alguno, por consiguiente, no se cumple con la normativa vigente de vertimientos puntuales y a su vez el nivel de servicio prestado no es posible calcularlo, ya que la PTAR en estos momentos solamente está llena de aguas residuales olvidadas y se está desaprovechando la tecnología e infraestructura diseñada.
- Los procesos llevados a cabo en la PTAR adoptan tecnologías apropiadas para el tratamiento de las aguas residuales, la implementación de la Electrofloculación es acertada y permite la reducción de químicos y coagulantes.
- A partir de la evaluación de los procesos llevados se puede concluir que el diseño de la PTAR permite una remoción hasta el 95%, la sistematización con cual está dotada la planta, permite el control total de las operaciones llevadas a cabo, garantizando la edad de los lodos y la desinfección total de las aguas residuales.
- La implementación de tratamientos terciarios y la desinfección final del agua con cloro permite garantizar la calidad de los vertimientos. Adicionalmente gracias a este tratamiento es posible la reutilización de las aguas en diversos usos.
- A partir del análisis de los laboratorios realizados en los años 2016 y 2017 se logró evidenciar que en el 2017 los contenidos de DBO y DQO superaban los valores máximos establecidos en la resolución 0631 de 2015, esto nos demuestra que en la época de operación de la planta de tratamiento no se estaba cumpliendo con los parámetros mínimos y debido a una mala interpretación de la empresa realizadora de los ensayos no fue posible verificarlo a tiempo.
- Como aporte se analizó las aguas servidas de la PTAR con la resolución 2115 de 2007, ya que los vertimientos realizados por la Inspección La victoria actualmente no cuentan con ningún tratamiento y la quebrada donde se vierten las aguas es fuente de abastecimiento de varios acueductos veredales de El Colegio, Viotá y Anapoima.
- La implementación de nuevas tecnologías como las MBR es una buena alternativa debido a que es posible ampliar la capacidad de la planta sin necesidad de grandes obras, garantizando la calidad del tratamiento y el mejoramiento del proceso biológico llevado a cabo.

13. RECOMENDACIONES

- Una vez sea posible poner en funcionamiento la PTAR y poner en práctica las propuestas de mejoramiento propuestas, se deberá analizar las diversas variables fisicoquímicas y microbiológicas de los vertimientos con el fin de conocer la calidad del agua vertida.
- Considerando los cálculos de la proyección de población es importante iniciar los procesos de cálculo para determinar si con las tecnologías adoptadas es posible alargar por un largo periodo la vida útil o es necesario la ampliación de la infraestructura.
- Es esencial el monitoreo constante de las aguas tanto al ingreso como a la salida de la PTAR.
- Controlar las enzimas y bacterias adicionadas al sistema con el fin de garantizar que son las adecuadas para el tratamiento biológico.
- En la medida de lo posible iniciar las labores para la construcción de la red de alcantarillado pluvial en búsqueda de disminuir el caudal que llega a la planta de tratamiento y así mejorar su funcionamiento y operatividad.

14. BIBLIOGRAFIA

- AGUAMARKET. (26 de Abril de 2017). Obtenido de <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=45>
- Alcaldía El Colegio. (14 de Febrero de 2018). *Nuestro Municipio*. Obtenido de <http://www.elcolegio-cundinamarca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- AUAVIC . (19 de Febrero de 2016). *Nuestro Servicio*. Obtenido de <http://www.auavic.com/index.php/quienes-somos>
- Consejo Municipal El Colegio. (16 de Diciembre de 1999). *Acuerdo 043 de 1999*. Obtenido de http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/el%20colegio_no._043__ordenamiento_territorial.pdf
- Contraloría de Cundinamarca. (2016). *Auditoria Gubernamental*. El Colegio Cundinamarca: Contraloría de Cundinamarca.
- DORLEOP LTDA. (2013). *Manual de Operacion y mantenimiento PTAR La Victoria*. El Colegio : DORLEOP LTDA.
- EMPUCOL ESP. (2006). *Plan Maestro de Alcantarillado* . El Colegio: EMPUCOL ESP.
- ESCOBAR, S. R. (2016). *ZONAS POTENCIALES PARA EL FORTALECIMIENTO DEL SECTOR TURISMO*. Obtenido de <http://polux.unipiloto.edu.co:8080/00003279.pdf>
- Guía Cundinamarca. (15 de Mayo de 2013). *Colombia Turismo Web*. Obtenido de <http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/CUNDINAMARCA/MUNICIPIOS/EL%20COLEGIO/EL%20COLEGIO.htm>
- Ideam. (4 de Febrero de 2015). *Sentencia Rio Bogota*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/ocga/sentencia>
- Lopez Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseno para acureductos y alcantarillados*. Bogota D.C: Escuela Colombiana de Ingenieria.
- Lozano Rivas, W. A. (2012). *Fundamentos de Diseno de Plantas de Aguas Residuales*. Bogota D.C: sn.
- MADRIDMASD. (29 de Febrero de 2008). *Reactores Biológicos de Membrana (MBR), la solución compacta al tratamiento biológico de aguas*. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2008/02/29/85617>
- Metcalf y Eddy. (2013). *Ingenieria de Aguas Residuales*. España: MacGraw-Hill.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (17 de Marzo de 2015). *RESOLUCIÓN 631 DE 2015*. Obtenido de

https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf

- Ministerio de Desarrollo Económico. (2017). *Resolución 0330 de 2017*. Bogota D.C: Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico.
- Novoa, D. (1996). *Estatuto Zonificación y Usos del Suelo*. El Colegio Cundinamarca: CAR.
- Olivar, G. (20 de 02 de 2019). Información General. (J. Sanchez, Entrevistador)
- Orabo. (12 de Septiembre de 2016). Obtenido de Información Ambiental para la Gestión Integral de la Cuenca Hídrica del Río Bogotá: <http://orarbo.gov.co/es/sobre-el-observatorio>
- Ramirez Camperos, E. (12 de Febrero de 2004). *IDEAM*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/1Fundamentosdelprocesodelodosactivados.pdf>
- Rojas, J. A. (2000). *Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño*. Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Solís, I. M. (22 de Septiembre de 2012). *Serquimsa*. Obtenido de <http://www.serquimsa.com/sistemas-de-aireacion-en-tratamiento-de-agua-residual-industrial/>

15. ANEXOS

ANEXO 1



Fotografía del informe de caracterización de las aguas a la entrada y salida de la PTAR La Victoria realizada el 21 de diciembre de 2017 por la empresa H2O ES VIDA S.A.S

H ₂ O Es vida SAS		INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN			IDEAM LABORATORIO ACREDITADO NTC-GO/SC-1722 Resolución 03163/17 Resolución 9772/11			
Código: F01-PT04	Versión: 7	Fecha: 08/11/2017		Página 9 de 11				
10. TABLA DE RESULTADOS DE CAMPO Y LABORATORIO.								
A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis de campo y laboratorio de las muestras tomadas en ENTRADA Y SALIDA PTAR LA VICTORIA. Estos resultados se comparan con los límites establecidos en la Resolución 1594 de 1994 del Ministerio de Agricultura y Ministerio de Salud Artículo 72 todo vertimiento a cuerpo de agua.								
RESULTADOS DE CAMPO Y LABORATORIO PTAR LA VICTORIA - MESITAS DEL COLEGIO ENTRADA PTAR LA VICTORIA - MUESTRA CODIGO 3817-17 MESITAS DEL COLEGIO, CUNDINAMARCA - 21 DE DICIEMBRE DE 2017								
PARAMETRO	METODO	LC	UNIDADES	FECHA DE ANALISIS	ENTRADA PTAR	SALIDA PTAR	RESOLUCION 1594/1994	CUMPLIMIENTO
**Caudal	Volumétrico	N.A	L/s	21/12/17	3,818	2,369	N.A	N.A
**pH	SM 4500 H+B	0,1	Unidades de pH	21/12/17	7,54 - 7,81	8,06 - 8,51	6,0-9,0	Cump
**Temperatura	SM 2550 B	N.A	°C	21/12/17	19,4 - 22,3	19,7 - 22,9	<40	Cump
**Oxígeno Disuelto	SM 4500 O G	0,1	mgO ₂ /L	21/12/17	0,1	0,1	N.E	N.A
DBO	SM 5210 B	3	mgO ₂ /L	22/12/17	209	103	80%	69,4%
DQO	SM 5220 C	40	mgO ₂ /L	28/12/17	378	269	-	N.A
SST	SM 2540 D	5	mg SST/L	23/12/17	73	21	80%	82,2%
*Coliformes totales	SM 9223 B	1	NMP/100 mL	23/12/17	6488000	980400000	N.E	N.A

N.A - No Aplica N.R - No Reporta N.E - No Establecido

(*) Análisis sub contratados.
(**) Parámetros Medidos en Campo.

Fotografía del informe de caracterización de las aguas a la entrada y salida de la PTAR La Victoria realizada el 16 de diciembre de 2016 por la empresa H2O ES VIDA S.A.S

		INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN					
Código: F01-PT04		Versión: 5		Fecha: 01/09/2016		Laboratorio Acreditado NTC-ISO/IEC 17025 Resolución 07122016	
Página 9 de 11							



9. TABLA DE RESULTADOS DE CAMPO Y LABORATORIO.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los análisis de campo y laboratorio de las muestras tomadas en la entrada PTAR la Victoria. Estos resultados se comparan con los límites establecidos en la Resolución 0531 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, artículo 8 "de las aguas residuales (ARD-ARnD) de los prestadores de servicio público de alcantarillado a cuerpos de agua superficiales, con una carga menor o igual a 625,00 Kg/día de DBO₅"

RESULTADOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO PTAR LA VICTORIA								
Hacienda misiones-sector Arcadia								
Entrada PTAR Muestra 2012-16 y Salida PTAR - Muestra 2013-16								
El Colegio, Cundinamarca-16 de diciembre de 2016								
PARAMETRO	METODO	LC	UNIDADES	FECHA DE ANALISIS	RESULTADO ENTRADA	RESULTADO SALIDA	RESOLUCION 0531/2015	CUMPLIMIENTO
Caudal	Volumétrico	N.A.	(l/s)	12/16/2016	1,121	1,074	N.A.	N.A.
pH	SM 4500 H+G	N.A.	Unidades de pH	12/16/2016	7,31 - 8,97	6,89 - 7,71	6,0 - 9,0	Cumple
Temperatura	SM 2130 B	N.A.	°C	12/16/2016	21,6 - 25,6	20,8 - 23,9	<40	Cumple
Temperatura ambiente	SM 2150 B	N.A.	°C	12/16/2016	23,2 - 31,3	22,1 - 21,4	<40	Cumple
Oxígeno disuelto	SM 4500 O G	N.A.	mg O ₂ /L	12/16/2016	0,21 - 0,51	0,21 - 0,46	N.E.	N.A.
DBO ₅	SM 5210 B	3	mg O ₂ /L	12/17/2016	64	40	90	Cumple
DQO	SM 5220 C	40	mg O ₂ /L	12/17/2016	112	67	180	Cumple
SST	SM 2540 D	6	mg SST/L	12/26/2016	55	24	90	Cumple
*Coliformes Fecales Termotolerantes	SM 9223 B Modificado	1	NMP/100 mL	20/12/2016	401100	685700	N.A.	N.A.

(*) Análisis sub controladas N.A. - No Aplica N.H. - No Reporta N.E. - No Establecido

Especificación de los puntos donde se realizaron la toma de las muestras a la entrada y salida de la PTAR.

	INFORME DE MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN	 LABORATORIO ACREDITADO NTC-ISO/IEC-17025 Resolución 0316/2016
Código: F01-PT04	Versión: 5	Fecha: 01/09/2016

2.3 REGISTRO FOTOGRAFICO

Foto 1: Punto de toma – Entrada PTAR




Foto 1: Punto de toma – Salida PTAR

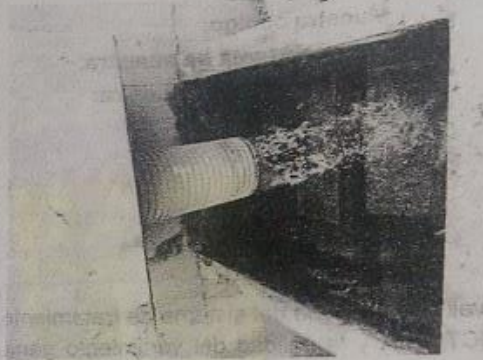


Foto 2: Panorámica

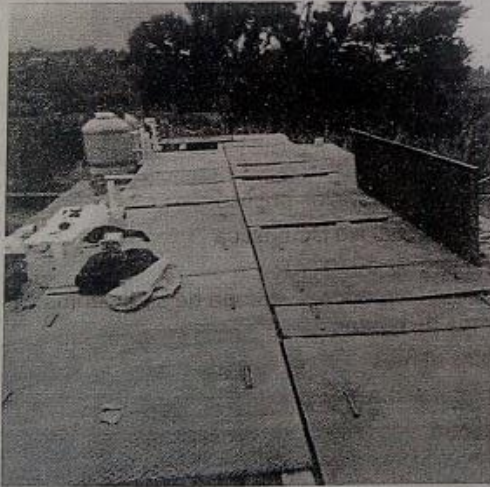


Foto 2: Panorámica

