

**ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE  
VERTIMIENTO (PSMV) DEL AREA URBANA DE AGUSTIN CODAZZI –CESAR**

**ESTHER ELENA ROSADO ORJUELA**

**MARIA JOSE SUAREZ CAMARILLO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS**

**INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR**

**2020**

**ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE  
VERTIMIENTO (PSMV) DEL AREA URBANA DE AGUSTIN CODAZZI –CESAR**

**ESTHER ELENA ROSADO ORJUELA**

**MARIA JOSE SUAREZ CAMARILLO**

**PROYECTO DE GRADO**

**Director**

**JOSE MAURICIO PEREZ ROYERO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS**

**INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR**

**2020**

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	11
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
3. JUSTIFICACIÓN	13
4. OBJETIVOS	14
4.1 OBJETIVO GENERAL	14
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
5. MARCO REFERENCIAL	15
5.1 ANTECEDENTES	15
5.2 MARCO TEORICO	17
5.3 MARCO CONCEPTUAL	19
5.4 MARCO CONTEXTUAL	21
5.4.1 Localización	21
5.5 MARCO LEGAL	22
6. METODOLOGIA	26
6.1 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	26
6.1.1 Análisis de Involucrados	26
6.1.2 Análisis de la Situación Actual	26
6.1.3 Plan de acción y fuentes de financiación.	36
6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
6.2.1 Resultados o productos esperados.	37

7.	RESULTADOS	38
7.1	ANALISIS DE INVOLUCRADOS	38
7.2	ÁMBITO NACIONAL	39
7.2.1	Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible	39
7.2.2	Comisión Reguladora de Agua Potable – CRA	40
7.2.3	Superintendencia de Servicios Públicos – SSPP	40
7.3	ÁMBITO REGIONAL	40
7.3.1	Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR.	41
7.4	ÁMBITO LOCAL	42
7.4.1	Alcaldía Municipal de Agustín Codazzi	42
7.5	DIAGNÓSTICO GENERAL DEL MUNICIPIO DE AGUSTIN CODAZZI	43
7.5.1	Características generales del municipio.	43
6.4	INFRAESTRUCTURA DE SERVICIO	48
7.5.2	Análisis de la situación actual	64
7.5.3	Sistema de alcantarillado	73
7.5.4	ANALISIS MULTITEMPORAL DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE Y EFLUENTE DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DE AGUSTIN CODAZZI	83
7.5.5	RESULTADOS DE ANALISIS DE LOS PARAMETROS FISICO QUIMICOS DE LA FUENTE RECEPTORA - CAÑO CULEBRAS (AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO)	92
7.5.6	PROYECCIÓN DE POBLACIÓN	101
7.5.7	PROYECCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE	102

7.6	SISTEMA DE TRATAMIENTO, PROGRAMAS Y ACTIVIDADES QUE PERMITAN DAR CUMPLIMIENTO A LA NORMATIVIDAD DE VERTIMIENTOS.	107
7.6.1	Ejes de la estrategia	109
7.7	DISEÑO DE NUEVAS METAS, OBJETIVOS DEL PSMV	110
7.7.1	Objetivos específicos o productos del PSMV (Objetivos de reducción)	111
7.7.2	Plan de acción y fuentes de financiación	113
7.8	SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PSMV	113
7.8.1	Consideraciones básicas para el sistema de monitoreo y evaluación	114
7.8.2	Algunos indicadores a utilizar	115
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
9.	BIBLIOGRAFIA	122

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Volúmenes de Muestra y Factor de Corrección .....	30
Tabla 2. Barrios área urbana .....	45
Tabla 3. División político Administrativa. Área Rural.....	46
Tabla 4. Datos demográficos .....	47
Tabla 5. Población étnica.....	47
Tabla 6. Infraestructura de servicio.....	48
Tabla 7. Escolaridad .....	49
Tabla 8. Descripción de la PTAP de Agustín Codazzi .....	66
Tabla 9. Caracterización física, química y microbiológica del agua cruda .....	70
Tabla 10. Caracterización física, química y microbiológica del agua tratada.....	71
Tabla 11. Diagnostico hidráulico .....	72
Tabla 12. Dimensiones de las estructuras de interconexión y de salida.....	79
Tabla 13. Dimensiones de las lagunas de oxidación .....	82
Tabla 14. DBO5 salida y entrada PTAR .....	85
Tabla 15. Análisis multitemporal de la caracterización del afluente y efluente de las aguas residuales del casco urbano de Agustín Codazzi.....	89
Tabla 16. DBO5 de aguas arriba y aguas debajo de la fuente receptora (caño Las Culebras) .....	95
Tabla 17. Parámetros físico, químicos y microbiológicos en la fuente receptora (Caño Las Culebras).....	100
Tabla 18. Proyección de población .....	101
Tabla 19. Proyección de las aguas residuales del casco urbano del municipio de Agustín Codazzi.....	104
Tabla 20. Proyección de carga contaminante de las aguas residuales Agustín Codazzi.....	106
Tabla 21. Objetivos de reducción de la contaminación.....	111

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del municipio de Agustín Codazzi-Cesar. ....	22
Figura 2. Descripción Oxitop.....	31
Figura 3. Análisis de los involucrados del PSMV .....	38
Figura 4. Ubicación del municipio de Agustín Codazzi-Cesar .....	44
Figura 5. Geología .....	57
Figura 6. Serranía del perija.....	59
Figura 7. Deficiencia en el funcionamiento y operatividad de la PTAP de la cabecera municipal de Agustín Codazzi.....	64
Figura 8. Planta de tratamiento de agua potable .....	65
Figura 9. Descripción de la planta de la PATP .....	66
Figura 10. Localización de la PTAR.....	75
Figura 11. Serie del Sistema Lagunar.....	76
Figura 12. Canaleta Parshall .....	76
Figura 13. Rejillas .....	77
Figura 14. Aliviadero .....	78
Figura 15. Cajas de Interconexión .....	79
Figura 16. Plano del sistema lagunar.....	80

## LISTA DE GRAFICA

Pág.

Gráfica 1. Variación de la concentración del trazador en la entrada tanque compensación (2) .....	68
---	----

## 1. INTRODUCCIÓN

La actualización del Plan de Saneamiento y el Manejo de Vertimiento del casco urbano del municipio de Agustín Codazzi, estará integrado por programas, proyectos, objetivos y actividades, que estarán fijados a niveles de cumplimiento de corto, mediano y largo plazo, en un horizonte de 10 años que con sus cronogramas e inversiones necesarias buscaran avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo una gestión desde la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, y la reducción de la contaminación en la fuente receptora, articulados con los objetivos y las metas de calidad fijadas por la Corporación Autónoma del Cesar- Corpocesar en el transcurso del horizonte del PSMV en materia de los parámetros con obligación de tasa retributiva (Resolución 1433 de 2004).

Las redes de alcantarillado son uno de los servicios básicos de saneamiento e indispensables en una comunidad, pero son muchas las zonas en el país que no cuentan con este servicio. El municipio de Agustín Codazzi hoy no cuenta con el alcantarillado pluvial. Es por ello que una de la puesta en marcha por las autoridades ambientales es darle prioridad en primera instancia a la adecuación de la red de suministro de agua potable, dejando en segundo plano y no menos importante el servicio de las redes de alcantarillado brindando una garantía para un desarrollo sostenible dentro de zona urbana del municipio.

En este estudio se plasmará la realidad actual del municipio de Agustín Codazzi en su casco urbano en materia sanitaria, sus necesidades y la manera adecuada de darle una solución acertada, de tal manera que este documento se convertirá en el eje orientador del municipio para desarrollar en los próximos 10 años un

mejoramiento de todos los sistemas e infraestructura que representan el andamiaje del saneamiento básico del municipio Agustín Codazzi.

En el desarrollo integral de este proyecto encontraremos el diagnóstico del municipio en materia de saneamiento básico, caracterización de sus aguas residuales, proyecciones de población, proyecciones de la carga de agua residual, planteamiento de los objetivos de reducción del número de vertimientos puntuales, al igual que programas de mejoramiento y financiación y por último indicadores para el seguimiento y monitoreo del PSMV. se hará necesario conocer y aplicar la normatividad vigente en especial la resolución 0631 de 2015 y el decreto 1076 de 2015, para determinar los parámetros y especificaciones técnicas que regirán un mejoramiento de las redes de alcantarillados existentes.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El aumento en la demanda del recurso hídrico en Colombia ha tenido como consecuencia un aumento en el volumen de los residuos líquidos o efluentes provenientes del sector productivo y domiciliario, presentándose importantes niveles de contaminación de los cuerpos de efluentes receptores, que afectan la disponibilidad del recurso hídrico (calidad) para sus diferentes usos, generando riesgo sobre la salud de la población, y deterioro en la calidad de los ecosistemas (Duque y Martínez, 2008).

La contaminación del recurso hídrico por factores antrópicos se constituye en el común denominador para la gran mayoría de las fuentes hídricas que existen a lo largo y ancho de nuestra geografía nacional, y especialmente aquellas que cruzan por centros poblados y municipios, los cuales no cuentan con los sistemas de tratamiento de aguas residuales adecuados, e incluso la ausencia de estos en la mayoría de los casos, convirtiendo las fuentes hídricas en receptores de desechos urbanos y aguas servidas domésticas e industriales que deterioran la calidad de los sistemas acuáticos (Velásquez, 2016).

Hoy el municipio de Agustín Codazzi en su área urbana cuenta para el tratamiento de sus aguas residuales con 2 lagunas primarias o anaerobias, 3 lagunas secundarias o facultativas y 2 lagunas terciarias o de maduración. Dentro de las cuales solo dos lagunas son las que están trabajando dentro del proceso de tratamiento del agua residual que entra a la planta, con un 28% de la planta en funcionamiento, lo que nos lleva a apreciar que los procesos de tratamiento no son eficientes y efectivos, conllevando a buscar alternativas de solución para su optimización (ya que esta presenta una remoción baja, una concentración alta de

eutrofización provocando de esta manera cortos circuitos , tampoco cuenta con un mantenimiento eficiente en el sistema debido a que no tiene un tratamiento preliminar que retenga los sólidos más gruesos presentes en estas aguas servidas), cabe destacar también que bajo el acuerdo 008 del 26 de abril de 2017 la Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar) establece para el municipio de Codazzi las metas globales e individuales de reducción de carga contaminante para el año 2018, para la cabecera municipal será de (156103 kg/año de DBO<sub>5</sub> y SST), actualmente para el año 2019 no hay metas globales e individuales de reducción de carga contaminante presentadas por la Corporación, por lo tanto seguiremos trabajando sobre las metas globales e individuales de reducción de carga del año 2018.

Para el área urbana uno de los principales problemas es la carencia de un adecuado sistema de recolección, transporte, tratamiento y disposición de las aguas negras; lo que ha permitido que muchos residentes hagan sus descargas directamente a cuerpos de aguas más cercanos, en muchos casos también a conexiones de los sistemas pluviales (canales) que no son los adecuados para la evacuación de estas aguas servidas.

## **2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Se hace necesario actualizar del plan de saneamiento y manejo de vertimiento (PSMV) del área urbana de Agustín Codazzi –Cesar?

### 3. JUSTIFICACIÓN

Evitando la descarga de las aguas negras sin un respectivo tratamiento y cumplimiento de la norma en calles, ríos y quebradas, se dejaría de contaminar los suelos y los mantos acuíferos, se reducirían las enfermedades y los criaderos de insectos.

Es por esto que en el marco de la Resolución 1433 de 2004, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, es un deber de la EPSPD, presentar ante la Autoridad Ambiental competente, el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, como un instrumento de planificación que permita definir programas, proyectos y actividades que promuevan el manejo adecuado de las aguas residuales con el fin de propender por el saneamiento de los cuerpos receptores, acorde con los Objetivos de Calidad, definidos por la Autoridad Ambiental.

En este orden de ideas, es evidente que la formulación del PSMV, es un proyecto prioritario para la administración Municipal, ya que pretende mitigar el impacto que el vertimiento de las aguas residuales domésticas municipales genera en las fuentes hídricas al ser dispuestas sin ningún tratamiento adecuado.

Para el municipio de Agustín Codazzi, actualizar su Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento y ajustarlo a la resolución 0631 de 2015, le traería beneficios económicos por la reducción en el pago por tasas retributivas, técnicos por el mejoramiento de su infraestructura y de sus procesos, a su vez sociales por brindar una mejor cobertura y prestación del servicio de alcantarillado y de saneamiento de una mejor calidad a sus habitantes y ambientales por la reducción de la contaminación a las fuentes receptoras de las agua servidas como es el Caño de las Culebras.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Actualizar el plan de saneamiento y manejo de vertimiento (PSMV) del área urbana de Agustín Codazzi –Cesar.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Realizar un diagnóstico mediante el cual, se brinde información general del municipio y se establezca el estado actual de los sistemas de recolección de las aguas residuales y las condiciones de las fuentes receptoras.
  
- ✓ Proponer un sistema de tratamiento, programas y actividades que permitan dar cumplimiento a la normatividad de vertimientos.
  
- ✓ Diseñar nuevas metas, objetivos y proyecto del plan de saneamiento y manejo del vertimiento del casco urbano del municipio Agustín Codazzi –Cesar.
  
- ✓ Establecer el seguimiento y monitoreo al plan de saneamiento y manejo de vertimientos del casco urbano del municipio Agustín-Codazzi-Cesar.

## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1 ANTECEDENTES

La selección de un sistema de tratamiento de aguas residuales municipales en cualquier país depende en gran medida de su economía, las condiciones sociales, incluso educativas que imperen en éste. Diferentes técnicas químicas, fisicoquímicas, biológicas y combinaciones de todas las anteriores han sido usadas en todos los países del mundo dependiendo de su economía particular con algunos resultados.

Dentro de los documentos analizados encontramos:

Cuello, A. y Sepúlveda, M. (2016). La presente investigación fue titulada Plan de saneamiento y manejo de vertimientos del barrio Lisboa (Bogotá).la cual fue desarrollada en la localidad de Suba en la ciudad de Bogotá, mediante programas y diferentes actividades que se propusieron para un tratamiento adecuado de los vertimientos incluyendo una gestión integral desde la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema de alcantarillado sanitario. Este plan fue desarrollado para definir futuras acciones para un manejo adecuado y saneamiento de las aguas residuales, las cuales se definieron en base a los objetivos y los índices de calidad definidos por la autoridad ambiental el cual permitió que los habitantes tengan una mejor calidad de vida. Los aportes a nuestra investigación fue la similitud en el cumplimiento de los objetivos y metas globales de calidad.

Velásquez, G. (2016). La presente investigación fue titulada Evaluación del manejo y saneamiento de vertimientos municipales basada en el marco del cumplimiento de la resolución 0631 del 17 de marzo de 2015- estudio de caso - departamento del

Tolima. Los investigadores realizaron un análisis del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, en donde sus avances y la información primaria que recopilaron de primera mano en campo, para cada uno de los municipios de la cuenca alta del Río Gualí, a su vez estimaron las cargas contaminantes de los vertimientos y por medio de caracterizaciones fisicoquímicas y las estimaciones de caudal vertido dentro de la ruta metodológica les resultó el planteamiento de un nuevo sistema de tratamiento, el cual busca cumplir con lo exigido por la normatividad ambiental vigente en cuanto a límites máximos permisibles. El aporte a nuestra investigación se basó en la caracterización fisicoquímica y los valores máximos permisibles de los parámetros en cumplimiento a la resolución 0631 del 2015

Chinchilla, Y. (2014). La investigación se tituló plan de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV) del municipio de Gamarra. Consistió en realizar seguimiento al PSMV; debido a que la Administración Municipal no tenía certeza del cumplimiento total de las actividades planteadas. El objetivo principal fue determinar el cumplimiento de los programas, proyectos, actividades del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos; así mismo las obligaciones impuestas por CORPOCESAR. El proyecto también tuvo como propósito ser una herramienta para las Acciones Correctivas, de Mejoras y Observaciones; todo esto fue para medir la eficiencia del Sistema de Alcantarillado del Municipio. El aporte a nuestra investigación contemplo la evaluación al sistema de tratamiento de las aguas residuales

Padilla, M. (2009). La investigación fue titulada Diseño de la red de alcantarillado sanitario y pluvial del corregimiento de la MESA – CESAR. La estructura de la investigación estuvo enmarcada en un análisis geográfico, económico y social del corregimiento que permitió determinar la necesidad real que tenía la población. El sistema diseñado está compuesto por una serie de tuberías y obras complementarias como pozos y sumideros, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia.

Con la construcción de estas redes, se buscó disminuir los riesgos de enfermedades por contacto de la población con las aguas servidas. Para nuestro caso de estudio pudimos obtener de la presente investigación información secundaria pertinente como el análisis y diseño de la propuesta de mejoramiento al saneamiento básico del casco urbano del municipio de AGUSTIN CODAZZI – CESAR

## **5.2 MARCO TEORICO**

El saneamiento básico es diseñado bajo una planificación teniendo en cuenta el desarrollo de los asentamientos humanos. Llevando consigo el planeamiento de servicios básicos de acueductos, alcantarillados, disposición de basuras, aseo, teléfono, electrificación, etc. Los sistemas para evacuar tanto las aguas residuales y las aguas lluvias son redes de colectores, conectado por pozos de inspección que se instalan en excavaciones a determinada profundidad en las vías públicas. Estas aguas están compuestas por contribución de las aguas de uso doméstico, industrial, comercial e institucional, lo cual hace que en su cuantificación se incluyan consideraciones pertinentes a los caudales de diseño del sistema de acueducto (Padilla, 2009).

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta las instalaciones depuradoras a través de tuberías, generalmente clasificadas según el tipo de agua residual que circule por ellas. Los sistemas que transportan tanto agua de lluvia como aguas residuales domésticas se llaman combinados. Generalmente funcionan en las zonas viejas de las áreas urbanas. Al ir creciendo las ciudades e imponerse el tratamiento de las aguas residuales, las de origen doméstico fueron separadas de las de los desagües de lluvia por medio de una red separada de tuberías. Esto resulta más eficaz porque excluye el gran volumen de líquido que representa el agua de escorrentía. Permite mayor flexibilidad en el trabajo de la planta depuradora y evita la contaminación originada por escape o desbordamiento

que se produce cuando el conducto no es lo bastante grande para transportar el flujo combinado (Urbieta, 2001).

Los componentes de una red de alcantarillado sanitario son:

Colectores terciarios. Son tuberías de pequeño diámetro (150 a 250 mm de diámetro interno, que pueden estar colocados debajo de las veredas, a los cuales se conectan las acometidas domiciliarias. Colectores secundarios. Son las tuberías que recogen las aguas del terciario y los conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, en las vías públicas. Colectores principales. Son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final. Pozos de inspección. Son cámaras verticales que permiten el acceso a los colectores, para facilitar su mantenimiento.

Conexiones domiciliarias: Son pequeñas cámaras, de hormigón, ladrillo o plástico que conectan el alcantarillado privado, interior a la propiedad, con el público, en las vías.

Estaciones de bombeo. Como la red de alcantarillado trabaja por gravedad, para funcionar correctamente las tuberías deben tener una cierta pendiente, calculada para garantizar al agua una velocidad mínima que no permita la sedimentación de los materiales sólidos transportados. En ciudades con topografía plana, los colectores pueden llegar a tener profundidades superiores a 4 - 6 m, lo que hace difícil y costosa su construcción y complicado su mantenimiento. En estos casos puede ser conveniente intercalar en la red estaciones de bombeo, que permiten elevar el agua servida a una cota próxima a la cota de la vía.

Líneas de impulsión. Tubería en presión que se inicia en una estación de bombeo y se concluye en otro colector o en la estación de tratamiento.

Estación de tratamiento de las aguas usadas o Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR). Existen varios tipos de estaciones de tratamiento, que por la calidad del agua a la salida de la misma se clasifican en: estaciones de tratamiento primario, secundario o terciario.

El plan de saneamiento y manejo de vertimiento de Agustín Codazzi-Cesar, es un instrumento que se estructuro de una forma realista y concreta, buscando el saneamiento y tratamiento de los vertimientos de las aguas residuales generadas en el municipio, con el propósito de ver las fuentes hídricas del municipio y con el fin de cooperar con el tratamiento de la descontaminación de las aguas receptoras. Para el plan se presentaron proyectos, programas y actividades con sus respectivas inversiones, necesarias para avanzar en la reducción de cargas contaminantes vertidas a los cuerpos receptores. El municipio de Agustín Codazzi, cuenta con un sistema de tratamiento de las aguas residuales, compuesto por 7 lagunas facultativas.

### **5.3 MARCO CONCEPTUAL**

**Aguas residuales.** Desecho líquido proveniente de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.

**Aguas residuales domésticas.** Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones.

**Alcantarillado.** Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales o de las aguas lluvias.

**Alcantarillado de aguas residuales.** Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales.

**Caudal de saturación.** Caudal que corresponde a las condiciones máximas de desarrollo.

**Conexión domiciliaria.** Tubería que transporta las aguas residuales y/o las aguas lluvias desde la caja domiciliar hasta un colector secundario. Generalmente son de 150 mm de diámetro para vivienda unifamiliar.

**Conexiones erradas.** Contribución adicional de caudal debido al aporte de aguas pluviales en la red de aguas sanitarias y viceversa.

**Consumo.** Volumen de agua potable recibido por el usuario en un periodo determinado.

**Cuerpo receptor.** Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del afluente final.

**Emisario final.** Colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales. En caso de aguas lluvias pueden ser colectores a cielo abierto.

**Red local de alcantarillado.** Conjunto de tuberías y canales que conforman el sistema de evacuación de las aguas residuales, pluviales o combinadas de una comunidad, y al cual desembocan las acometidas del alcantarillado de los inmuebles.

**Tubo o tubería.** Conducto prefabricado, o construido en sitio, de concreto, concreto reforzado, plástico, poliuretano de alta densidad, asbesto-cemento, hierro fundido, gres vitrificado, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

## **5.4 MARCO CONTEXTUAL**

### **5.4.1 Localización**

El Municipio de AGUSTÍN CODAZZI se encuentra en la parte Noreste del Departamento del CESAR, la posición Astronómica está determinada por las siguientes coordenadas: su cabecera está localizada a los 10° 02' 09" de latitud Norte y 73° 14' 20" de longitud Oeste. Dista de Valledupar 59 km. La cabecera municipal se encuentra a 132 metros de altura sobre el nivel del mar. Temperatura media 28°C. Posee un área de 1799,2 Km<sup>2</sup>, la cual corresponde al 7.8 % del total departamental.

Sus límites son:

Norte: Municipio de la Paz

Sur: Municipio de Becerril

Oriente: República de Venezuela

Oeste: Municipio de la Paz

El municipio hace parte del Área Metropolitana de Valledupar, la cual tiene como núcleo a la ciudad de Valledupar; sus otros miembros son: La Paz, Manaure Balcón del Cesar y San Diego. El municipio cuenta con una población total estimada por el DANE, de 50.829 habitantes (PDM, 2016).

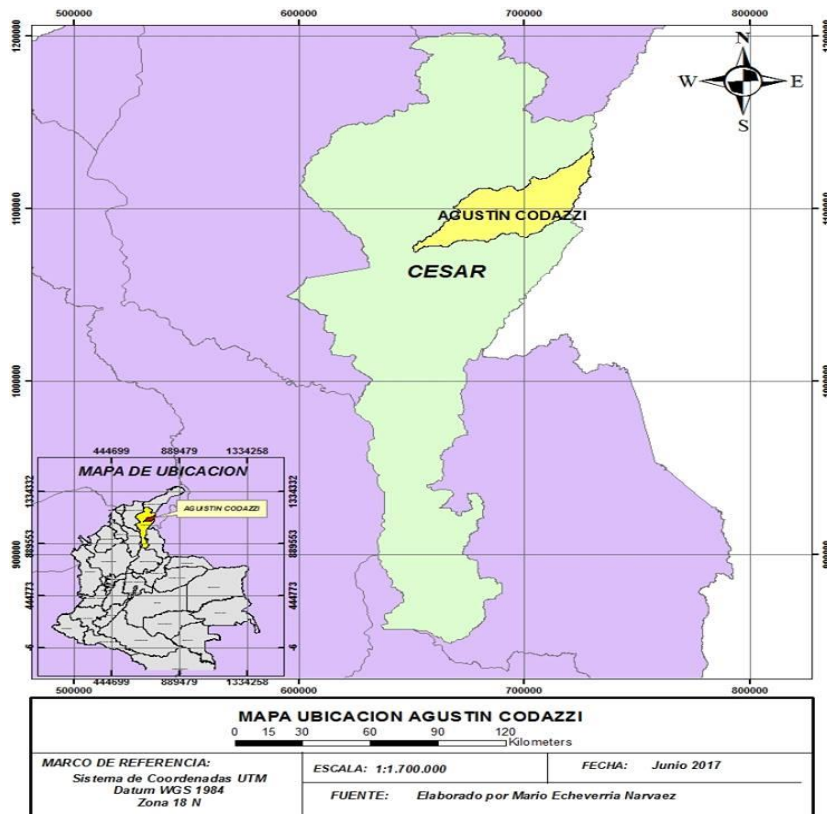


Figura 1. Ubicación del municipio de Agustín Codazzi-Cesar.

Fuente. Alcaldía municipio de Agustín Codazzi.

## 5.5 MARCO LEGAL

Para el manejo de las aguas residuales municipales Colombia cuenta con una amplia normativa, que permite regular las acciones de los actores institucionales que participan en la ampliación de los mecanismos económicos como la tasa retributiva y de planeación como el PSMV.

Dentro las normativas colombianas se encuentran las siguientes leyes y decretos.

**CONSTITUCIÓN POLITICA NACIONAL.** En los artículos 78,79 y 80 establece que el estado tiene el deber de proteger y conservar la diversidad e integridad ambiental,

fomentar la educación ambiental, prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación o mitigación de los daños ambientales.

**LEY 9 DE 1979.** Código nacional sanitario, establece los procedimientos y medidas para llevar a cabo la regulación y control de los vertimientos.

**LEY 99 DE 1993.** Reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, otorga a las autoridades ambientales regionales, en su calidad de máxima autoridad, la facultad de ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental del uso del agua, suelo, aire y los demás recursos naturales renovables.

**LEY 142 DE 1994.** Régimen de los servicios públicos domiciliarios. Establece la competencia de los municipios para asegurar la prestación del servicio domiciliario de alcantarillado, que incluye los tratamientos y disposición final de las aguas residuales. Además, define que las entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios deben proteger el ambiente cuando alguna actividad lo afecte, (cumplir con una función ecológica).

**LEY 715 DE 2001.** Establece el sistema general de participación constituido, por los recursos que la nación transfiere a las entidades territoriales. En propósito general se destinan recursos para el agua potable y saneamiento básico, con los cuales al municipio corresponde, promover y financiar proyectos de descontaminación de corrientes afectadas por vertimientos, así como programa de disposición, eliminación y reciclaje de residuos líquidos y sólidos, entre otros programas.

**DECRETO – LEY 2811 DE 1974.** Código sanitario nacional. Establece los recursos naturales y de protección al medio ambiente. Contiene las acciones de control y

prevención de la contaminación al recurso hídrico, para garantizar la calidad de agua para su uso posterior.

**DECRETO 1594 DE 1984.** Norma reglamentada del código nacional de recursos naturales y de la ley 9 de 1979, relaciona los aspectos del recurso del agua y los residuos líquidos, en cuanto al agua residual define los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y ambiental, permisos de vertimientos, tasas retributivas y métodos de análisis de laboratorio, y estudios de impacto ambiental.

**DECRETO 1729 DE 2002.** Por el cual se reglamenta la ordenación de las cuencas hidrográficas bajo el liderazgo de la autoridad ambiental competente, como un instrumento de planeación del uso y manejo sostenible de los recursos naturales, buscando un equilibrio entre aprovechamiento económico y social de los recursos naturales renovables y la conservación de las estructuras físicas biótica de las cuencas hidrográficas, particularmente del recurso hídrico.

**DECRETO 3930 DE 2010.** Derogado: decreto 1594 de 1984, salvo el artículo 20 que trae la lista de las sustancias que son considerada de interés sanitario y el artículo 21 el cual define que es un usuario de interés sanitario, estableciendo que es aquel en cuyo vertimiento se puede encontrar algunas de las sustancias listadas en el artículo 20.

**DECRETO 1076 DE 2015.** Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Es una compilación de las normas expedidas por el Gobierno Nacional en cabeza del Presidente de la República, en ejercicio de las facultades reglamentarias otorgadas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política.

**RESOLUCIÓN 372 DE 1998.** Establece los valores mínimos para la demanda Biológica de oxígeno (DBO) y solidos suspendidos totales (SST).

**RESOLUCIÓN 1096 DE 2000- REGLAMENTO TECNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANAMIENTO BASICO RAS. EI RAS.** es el documento técnico que fija los criterios básicos y requisitos mínimos que deben cumplir los proyectos del sector de agua potable y saneamiento básico. En el caso de sistemas de tratamientos de aguas residuales, tiene en cuenta procesos involucrados en la conceptualización, diseño, construcción, supervisión técnica, puesta en marcha, operación y mantenimiento.

**RESOLUCIÓN 081 DE 2001.** Por la cuales adopta un formulario para la información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos naturales.

**RESOLUCIÓN 1433 DE 2004.** Por el cual reglamenta el artículo 12 del decreto 3100 de 2003, sobre planes de saneamiento y manejo de vertimientos, PSMV y se adoptan otras determinaciones.

**RESOLUCIÓN 0631 DE 2015.** Por lo cual se establecen los parámetros y los valores límites máximo permisible en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

**CONPES 31787 DE 2002 – ACCIONES PRIORITARIAS Y LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACION DEL PLAN NACIONAL DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES (PMAR).** Define las acciones prioritarias y los lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales (PMAR) con el fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico y de la nación.

## **6. METODOLOGIA**

La actualización Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para el casco urbano del municipio de Agustín Codazzi; estará basada en un análisis detallado de los diferentes aspectos ambientales, sociales, económicos, técnicos y operativos que requiere este lugar para manejar, tratar y disponer sus aguas residuales de acuerdo a las exigencias normativas y ambientales que esto implica.

### **6.1 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA**

#### **6.1.1 Análisis de Involucrados**

Se identificarán los principales actores involucrados en la gestión del saneamiento ambiental y manejo de vertimientos líquidos del municipio de Agustín Codazzi, estableciendo claramente sus roles e intereses y los ámbitos de planificación, (formulación, financiamiento, ejecución, control y vigilancia) de cada uno.

#### **6.1.2 Análisis de la Situación Actual**

Se definirán las variables esenciales para entender la problemática de saneamiento y manejo de vertimientos del Municipio de Agustín Codazzi. Estas variables serán definidas por representantes de la comunidad, funcionarios de la administración municipal, de la Empresa de Acueducto y alcantarillado y por los autores de este trabajo de grado; teniendo en cuenta la siguiente información:

Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado: A partir del catastro de la red de alcantarillado existente se realizarán inspecciones de campo para verificar la capacidad de la red.

Identificación de vertimientos puntuales de aguas residuales y cuerpos receptores:

Se identificará la totalidad de los vertimientos puntuales de aguas residuales realizados a las corrientes receptoras (Caño de las culebras).

Cobertura Poblacional del Sistema de Alcantarillado:

Se calculará el porcentaje de cobertura del servicio de alcantarillado y de acueducto. Para ello se consultará el catastro de usuarios de EMCODAZZI y se estimará la población aferente para cada vertimiento. Para la proyección de la población se tomará un promedio de los métodos aritmético, geométrico y exponencial.

Caracterización de Vertimientos Directos:

Se caracterizará las aguas residuales a la entrada de la planta de tratamiento de agua residual y otra a la salida de la PTAR georreferenciadas (cabecera municipal).

La caracterización se realizara solo en el casco urbano del municipio de Agustín Codazzi, cabe destacar que las planta extractoras de palmas de aceite (la corporación autónoma regional del Cesar, le define sus propias metas globales bajo el acuerdo 008 del 26 de Abril del 2017 metas globales e individuales de las cargas contaminantes y el cumplimiento de la resolución 0631 de 2015 que define los diferentes valores máximos permisibles para ARD Y ARnD) no entraran al análisis debido a que estas realizan su propio tratamiento de aguas residuales (ARnD). Es por ello que los parámetros fisicoquímicos de Aceites y Grasas no se tendrán en cuenta en este estudio.

Los parámetros para analizar serán: DBO<sub>5</sub>, DQO, Caudal, Turbidez, SST, Coliformes (Totales y Fecales) y pH.

Calidad de las Fuentes Receptoras:

Se caracterizarán las corrientes receptoras antes y después de los vertimientos. Los parámetros evaluados serán: DBO<sub>5</sub>, DQO, Turbidez, SST, Coliformes (Totales y Fecales) y pH.

### **6.1.2.1 Procedimientos de obtención de parámetros físico, químicos y microbiológicos.**

#### **Determinación de la DQO**

1. Para la determinación de la DQO se empleará el método de reflujo cerrado (método titulométrico). Se usarán tubos de cultivo de borosilicato de 20 x 100 mm, con tapones de rosca.
2. Se adiciona en los tubos:
  - Para las muestras:
    - 1ml de solución de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) 0.0167M,
    - 3 ml de solución de ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) más sulfato de plata ( $Ag_2SO_4$ )
    - 2 ml de la muestra. (Si es necesario diluir la muestra, anotar el factor de dilución X).
  - Para el blanco:
    - 1ml de solución de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) 0.0167M,
    - 3 ml de solución de ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) más sulfato de plata ( $Ag_2SO_4$ )
    - 2 ml de agua destilada.
3. Sacudir levemente los tubos para homogenizar la mezcla y llevarlos al digestor de bloque de calentamiento o Termoreactor, que debe de estar precalentado a una temperatura de  $150 \pm 2^\circ C$ , los tubos son sometidos a reflujo durante dos (2) horas.
4. Transcurridas las dos (2) horas los tubos son retirados del digestor y son enfriados a temperatura ambiente.
5. Si las soluciones en los tubos presentan una coloración verdosa, repita el paso (2) para la muestra, realizando dilución y anotando el factor aplicado.
6. Si la muestra se mantiene amarilla, se retiran los tapones y se vierten en recipientes Erlenmeyer de 10 ml.

7. Se titulan empleando solución de ferroína 0.025M como indicador y solución de Sulfato de Amonio Ferroso (FAS) 0.10M como solución titulante, hasta que cambie de azul verdoso a rojizo.

3. Cálculos:

• Si la muestra no presenta dilución, el cálculo de la concentración de DQO en mg/L, en las muestras de agua residual se realiza empleando la siguiente ecuación:

$$DQO(mg/L) = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{ml \text{ de muestra}}$$

Donde:

*A: ml de FAS utilizados para el blanco,*

*B: ml de FAS utilizados para la muestra, y*

*M: molaridad del FAS*

• Si la muestra presento dilución se determina la concentración de DQO en mg/L, multiplicando la concentración determinada en el punto anterior por el factor de dilución.

### **Determinación de la DBO<sub>5</sub>**

1. Encienda el equipo Oxitop y ajuste la temperatura a 20 °C.
2. Remueva las cabezas amarillas y el tapón de hule color negro del cuello de las botellas oscuras para DBO<sub>5</sub>.
3. Determine aplicando el procedimiento descrito en la “Práctica #1 DETERMINACIÓN DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)”; con el valor obtenido para DQO y asumiendo la relación de DBO<sub>5</sub> = 0.5 DQO, establezca el rango de DBO<sub>5</sub> (mg/L) para la Tabla 1, y escoja el volumen de muestra (ml) a

utilizar, midiendo este en un balón o probeta, teniendo en cuenta que se forme un menisco convexo.

Tabla 1. Volúmenes de Muestra y Factor de Corrección

Volumen de Muestra (mL)	Rango de DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Factor
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50
22,7	0-4000	100

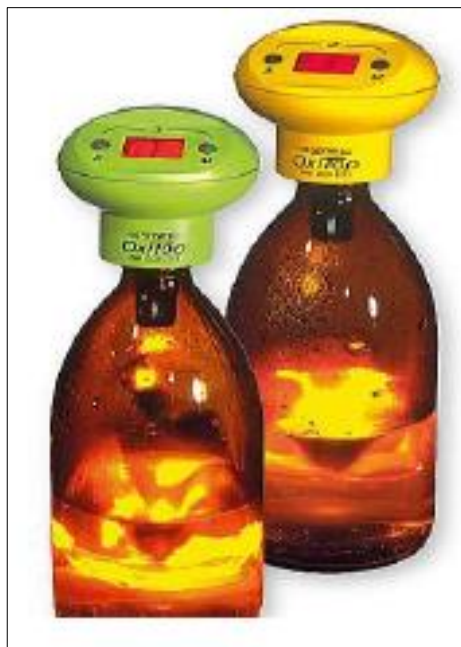
Fuente. Laboratorio de procesos químicos y biológicos, Hernando Oñate (2019)

4. Ponga el volumen de muestra medido con el balón o la probeta dentro de la botella oscura.

- Si la muestra corresponde a un efluente residual sin tratamiento, se presume baja formación bacteriana por lo que la formación de bacterias nitrificantes se desprecia y no es necesario agregar inhibidor de nitrificación.
- Si la muestra corresponde a un efluente residual de un sistema de tratamiento de aguas residuales, se presume formación bacteriana y posible presencia de bacterias nitrificantes, para evitar la influencia de estas últimas, se adicionan de 5 a 10 gotas de inhibidor de nitrógeno.

Introduzca el agitador magnético.

Figura 2. Descripción Oxitop



Fuente. Laboratorio de procesos químicos y biológicos, Hernando Oñate (2019)

5. En el tapón de hule color negro coloque 3 pastillas de NaOH con una pinza. Con el cuidado de no tocarlas directamente con las manos, ni permitir que entren en contacto con la muestra. El NaOH reaccionara con el CO<sub>2</sub> formado y evitara un incremento en la presión de la botella.
6. Coloque la cabeza amarilla y cierre la botella.
7. Ponga la botella dentro del equipo Oxitop.
8. Para iniciar y calibrar las cabezas, se oprimen los botones “S” y “M” al mismo tiempo por 2 segundos, hasta que aparezca 0.0 en la lectura.
9. Después que la temperatura de incubación se ha alcanzado, el equipo iniciará automáticamente la medición de consumo de oxígeno (Tiempo que tarda 2 h).
10. El botón “S” al presionarlo durante 1 segundo muestra el valor de oxígeno consumido para el día 1, 2, 3, 4 y 5.
11. El botón “M” al presionarlo durante 1 segundo señala el valor de oxígeno consumido el ultimo día.

12. Al transcurrir cinco días, lea la lectura final (DBO Experimental) y multiplique ese valor por el factor de dilución que aparece en la Tabla 1, expresándola como mg/L de DBO<sub>5</sub>

$$\text{mg/L DBO}_5 = (\text{DBO Experimental} * \text{Factor})$$

### **Determinación de sólidos totales, (ST)**

1. Lave la capsula de porcelana o crisol de 50 ml, enjuáguela con agua destilada interior y exteriormente.
2. Séquela y de aquí en adelante manéjela únicamente con las pinzas. Colóquela en la mufla a 600° C durante 10 a 15 minutos.
3. Retírela de la mufla y déjela enfriar ligeramente al aire. Colóquela en el desecador y déjela allí hasta cuando adquiera la temperatura del ambiente del cuarto de la balanza.
4. Transfiérala a la balanza analítica y registre su peso vacío hasta la décima de miligramo. (P1)
5. Mida un volumen de la muestra (Vm) bien agitada y deposítela en la capsula o crisol ya tarada (lavado, secado y pesado), el volumen de muestra utilizado es inversamente proporcional a la concentración de sólidos que se identifiquen en ella. (volumen recomendado para una muestra de agua cruda de 10 a 30 mL)
6. Evapore el volumen de agua presente en la muestra utilizando un mechero, coloque la capsula o crisol sobre el trípode protegido con la malla, teniendo el cuidado que no se derrame ni se presenten salpicaduras que ocasionen perdida de muestra.
7. Al terminar de evaporar la muestra, transfiera la capsula o crisol al horno eléctrico (que esté previamente a la temperatura de 103° - 105° C), déjela secar a peso constante durante 1 hora. Al manipular la capsula o crisol debe tenerse el cuidado de no retirar con las pinzas sólidos depositados sobre las paredes; por esa razón no debe llenarse más de ¾ partes del volumen de la capsula durante la evaporación. A mayor cantidad de sólidos en la capsula debe darse mayor tiempo de secamiento.

8. Pase la capsula o crisol al desecador y déjela enfriar hasta que adquiera la temperatura ambiente del cuarto de la balanza.
9. Transfírela a la balanza analítica y registre su peso de la capsula con los sólidos secos hasta la décima de miligramo. (P2)
10. Exprese el contenido de sólidos totales en la muestra en mg/L o ppm, aplicando la formula correspondiente a sólidos totales

### **Determinación de Sólidos Fijos (SF) y Volátiles (SV) a 550 ± 50 °C.**

1. Desarrollar los pasos para sólidos totales del 1 al 10.
2. Coloque la capsula con los sólidos secos en la mufla a 550 °C, déjela incinerar hasta obtener peso constante en tiempo no menor de 5 minutos, a mayor cantidad de sólidos depositados en la capsula debe darse mayor tiempo de incineración.
3. Retire la capsula de la mufla y déjela enfriar ligeramente al aire. Colóquela en el desecador y déjela allí hasta cuando adquiera la temperatura del ambiente del cuarto de la balanza.
4. Transfírela a la balanza analítica y registre su peso de la capsula o crisol con los sólidos calcinados hasta la decima de miligramo. (P3)
5. Exprese el contenido de sólidos fijos y volátiles en la muestra en mg/L o ppm, aplicando la formula correspondiente a sólidos fijos y volátiles.

Cálculos.

$$\text{Sólidos Totales (mg/L)} = [(P2 - P1) / Vm] \times 10^6$$

$$\text{Sólidos Fijos (mg/L)} = [(P3 - P1) / Vm] \times 10^6$$

$$\text{Sólidos Volátiles (mg/L)} = [(P2 - P3) / Vm] \times 10^6$$

P1= Peso en gramos del crisol seco a (103 - 105 °C).

P2= Peso en gramos del crisol + muestra, secos a (103 - 105 °C).

P3= Peso en gramos del crisol + muestra, calcinado a (550 ± 50 °C).

Vm = Volumen de muestra en mL.

$10^6$  = Factor de conversión de gr/mL a mg/L.

### **Determinación de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Sólidos Disueltos (SD).**

1. Teniendo el montaje de filtración, enjuague el papel filtro de fibra de vidrio con 25 ml de agua destilada.
2. Retírelo del soporte del papel con mucho cuidado para que no se rompa (Utilizar pinzas), colóquelo sobre la capsula de aluminio, manipulándolo de aquí en adelante únicamente con las pinzas. Coloque en la mufla la capsula con el papel filtro a  $550 \pm 50^\circ \text{C}$  durante 5 minutos.
3. Retire la capsula con el papel de la mufla y déjela enfriar ligeramente al aire. Colóquela en el desecador y déjela allí hasta cuando adquiera la temperatura del ambiente del cuarto de la balanza.
4. Transfiera la capsula con el papel a la balanza analítica y registre su peso seco hasta la décima de miligramo. (P1)
5. Con el uso de las pinzas retire el papel de filtro de la capsula y colóquelo nuevamente en el montaje de filtración.
6. Mida un volumen de la muestra ( $V_m$ ) bien agitada teniendo en cuenta que el volumen de muestra utilizado es inversamente proporcional a la concentración de sólidos que se identifiquen en ella. (Volumen recomendado para una muestra de agua cruda de 10 a 30 mL, para lodos de 10 a 15 mL)
7. Vierta el volumen de muestra medido en la tolva de filtración teniendo el cuidado de que no caiga directamente en el papel para que no lo rompa, deje filtrar el tiempo que sea necesario hasta que no se identifique humedad sobre el papel.
8. Al terminar la filtración de la muestra, retire el papel del montaje de filtración con mucho cuidado haciendo uso de las pinzas, transféralo a la capsula correspondiente y posteriormente al horno eléctrico (que esté funcionando a  $103^\circ - 105^\circ \text{C}$ ), deje secar a peso constante durante 1 hora. A mayor cantidad de sólidos en el papel debe darse mayor tiempo de secamiento.

9. Pase la capsula con el papel al desecador y déjela enfriar hasta que adquiera la temperatura ambiente del cuarto de la balanza.
10. Transfiera la capsula con el papel a la balanza analítica y registre su peso como papel filtro + sólidos suspendidos secos hasta la décima de miligramo. (P2)
11. Exprese el contenido de Sólidos Suspendidos Totales en la muestra en mg/L o ppm, aplicando la formula correspondiente a Sólidos Suspendidos Totales.

**Determinación de Sólidos Suspendidos Fijos (SSF) y Volátiles (SSV) a 550 ± 50 °C.**

1. Desarrollar los pasos para Sólidos Suspendidos Totales del 1 al 11.
2. Coloque la capsula con el papel que contiene los sólidos suspendidos secos en la mufla a 550 +/- 50 °C, déjela incinerar hasta obtener peso constante no menos de 5 minutos, a mayor cantidad de sólidos depositados en el papel debe darse mayor tiempo de incineración.
3. Retire la capsula con el papel de la mufla y déjela enfriar ligeramente al aire. Colóquela en el desecador y déjela allí hasta cuando adquiera la temperatura del ambiente del cuarto de la balanza.
4. Transfírela a la balanza analítica y registre su peso como los sólidos calcinados hasta la décima de miligramo. (P3)
5. Exprese el contenido de Sólidos Suspendidos Fijos y Volátiles en la muestra en mg/L o ppm, aplicando la formula correspondiente.

Cálculos.

$$\text{Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)} = [(P2 - P1) / Vm] \times 10^6$$

$$\text{Solidos Disueltos Totales (mg/L)} = \text{Sol. Totales} - \text{Sol. Suspendidos Totales}$$

$$\text{Sólidos Suspendidos Fijos (mg/L)} = [(P3 - P1) / Vm] \times 10^6$$

$$\text{Sólidos Suspendidos Volátiles (mg/L)} = [(P2 - P3) / Vm] \times 10^6$$

P1= Peso en gramos del papel filtro de fibra de vidrio seco a (550 +/- 50 °C).

P2= Peso en gramos del papel filtro + muestra, secos a (103 - 105 °C).

P3= Peso en gramos del papel filtro + muestra, calcinado a (550 ± 50 °C).

Vm = Volumen de muestra en mL.

10<sup>6</sup> = Factor de conversión de gr/mL a mg/L.

### **Determinación de Sólidos Sedimentables (SS).**

1. Con un cono de filtración imhoff, lave y séquelo para retirar cualquier residuo adherido a sus paredes laterales internas.
2. Coloque el cono en su soporte, verificando que quede totalmente vertical.
3. Mida un volumen de 1 L de la muestra bien agitada y viértalo suavemente dentro del cono de sedimentación.
4. Deje sedimentar durante 1 hora, teniendo el cuidado de golpear suavemente las paredes externas del cono para facilitar la sedimentación de aquellos sólidos que se queden adheridos en la parte interna del cono.
5. Pasado el tiempo de sedimentación (1 hora), mida el volumen de sólido sedimentado según la escala de graduación del cono, expresándolo en ml de Sólido Sedimentado por litro de muestra.

$$\text{Sólidos Sedimentables (ml/L)} = \text{Volumen de Sólido Sedimentado/Vm}$$

#### **6.1.3 Plan de acción y fuentes de financiación.**

Se plantearán actividades y programas que instruyan acerca de la adecuada recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales con el fin de contribuir a su buen manejo. Además, se darán recomendaciones para el manejo de puntos críticos.

- Se formulará el plan de acción definiendo las actividades a desarrollar para el logro de cada uno de los objetivos.
- Se calcularán los recursos necesarios para la ejecución del plan asignando las fuentes de financiación respectivas, a corto, mediano y largo plazo.
- Se establecerán los indicadores de monitoreo y evaluación que harán posible la verificación del cumplimiento de los objetivos en el tiempo de ejecución del PSMV, esto incluye las metas de reducción de carga contaminante.

## **6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Se realizarán bajo los logros alcanzados y el cumplimiento de los objetivos establecidos en el presente proyecto.

### **6.2.1 Resultados o productos esperados.**

#### A nivel científico:

- Un documento de las condiciones físico químicas y de las aguas servidas para el cumplimiento de la normatividad legal vigente.
- Una propuesta que sirva de guía a la empresa de servicio público domiciliarios del municipio de Agustín Codazzi.

#### Estrategia de divulgación.

Se determinará conforme al consolidado de la propuesta del PSMV como herramienta de organización del saneamiento básico en la cabecera municipal. Que tendrá de responsable a la empresa de servicio público domiciliaron EMCODAZZI.

## 7. RESULTADOS

Para el cumplimiento de los objetivos, se desarrolló la descripción metodológica, dando los siguientes resultados.

### 7.1 ANALISIS DE INVOLUCRADOS

A continuación, se presentan las principales instituciones y/o entidades públicas involucradas en la gestión de saneamiento ambiental y manejo de vertimientos, Estas se concentran en tres ámbitos bien definidos: nacional, regional y local.

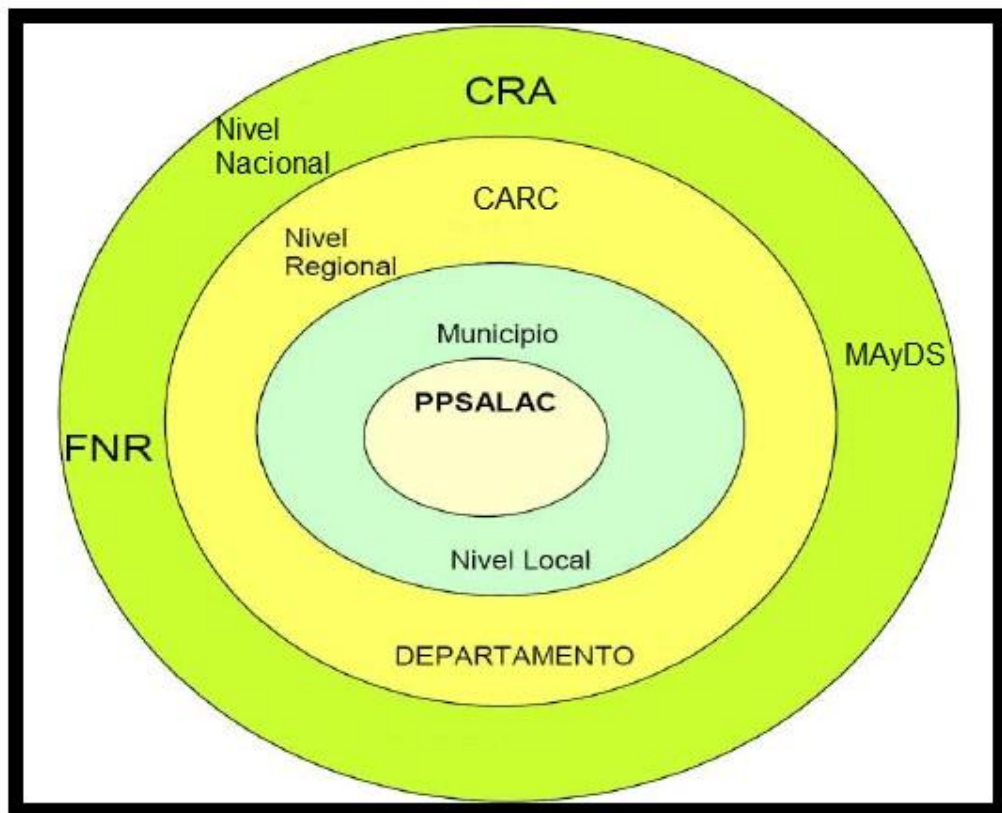


Figura 3. Análisis de los involucrados del PSMV

Fuente. Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible (2018)

## **7.2 ÁMBITO NACIONAL**

### **7.2.1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible**

El ministerio ejerce sus roles de planeador, coordinador y regulador en materia ambiental, saneamiento básico, controlador y vigilante de la implementación de políticas y normas de los servicios públicos domiciliarios de agua potable, saneamiento básico y ambiental; y capacitador y/o asistente técnico de organismos regionales y locales prestadores de los servicios de agua potables y saneamiento básico y ambiental.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible tiene dentro de sus funciones las siguientes:

- ✓ Diseñar, desarrollar e implementar planes, programas y proyectos para la gestión eficiente de los prestadores de los servicios de agua potable, saneamiento básico y ambiental y desarrollar y divulgar las herramientas e instrumentos necesarios para tal fin.
- ✓ Realizar seguimiento de la implementación de la política y normas para la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable, saneamiento básico y ambiental, así como para la protección, conservación y recuperación de los recursos naturales renovables que sean utilizados en la captación, transporte, tratamiento y disposición final de tales servicios.

Es el ministerio quien a través de la resolución 1433 de 2004 y apoyado en el documento CONPES 3177, reglamentó el artículo 12 del decreto 3100 del 2003 “Meta de reducción para los usuarios prestadores del servicio de alcantarillado”.

### **7.2.2 Comisión Reguladora de Agua Potable – CRA**

Es el regulador de la prestación de los servicios públicos domiciliarios de agua potable y saneamiento básico.

Para cumplir con dicha función expiden metodologías tarifarias aplicables a los servicios públicos antes mencionados. Estas metodologías deben ser aplicadas por todas las empresas de acueducto, alcantarillado y aseo. Cada empresa obtendrá su tarifa de acuerdo con sus costos de referencia.

Dentro de sus funciones se encuentran las siguientes:

- Regulación de Monopolios Naturales y Competencia Económica
- Regulación Tarifaria
- Regulación de la Calidad del Servicio
- Regulación de la Gestión Empresarial

### **7.2.3 Superintendencia de Servicios Públicos – SSPP**

La Superintendencia de servicios públicos es un organismo de carácter técnico creado por la Constitución de 1.991 para que por delegación del Presidente de la República ejerza el control, la inspección y la vigilancia de las entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios.

## **7.3 ÁMBITO REGIONAL**

El nivel regional cuenta con las Autoridades Ambientales Regionales - AAR2 y los Departamentos, entidades encargadas de participar en los procesos de planeación, y consolidarlos en el ámbito regional, así como de brindar asistencia financiera, técnica y administrativa a los municipios para la ejecución de las acciones

resultantes de implementar las políticas nacionales definidas para el manejo de las aguas residuales municipales.

### **7.3.1 Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR.**

Corresponde a CORPOCESAR, liderar los procesos de Ordenación de las cuencas hidrográficas prioritarias de su jurisdicción, en desarrollo y aplicación del Decreto 1076 de 2015, y de Ordenación del Recurso Hídrico establecido en el Decreto 3930 de 2010. Como resultado del proceso, establecer la visión de cuenca que determine usos, objetivos de calidad y metas ambientales para el recurso hídrico, contando con una activa participación de todos los actores involucrados en el uso del recurso hídrico y en la calidad ambiental de la cuenca o humedal hidrográfica.

Adicionalmente, CORPOCESAR debe aplicar el Decreto 3100 de 2003, por el cual se establece la Tasa retributiva por vertimientos puntuales, es decir, la que cobrará a las personas naturales o jurídicas, de derecho público o privado, por la utilización directa del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales y sus consecuencias nocivas, originados en todo tipo de actividades desarrolladas por el hombre.

Por ello, corresponde a CORPOCESAR elaborar el diagnóstico de la calidad de las corrientes o cuerpos de agua receptores de los vertimientos de aguas residuales; establecer los objetivos de calidad de los cuerpos de agua de acuerdo a su uso a partir de los Planes de Ordenamiento del Recurso, o de las evaluaciones disponibles de calidad del recurso hídrico; identificar los usuarios que realizan vertimientos en cada cuerpo de agua y que están sujetos al pago de la tasa; revisar y aprobar los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV elaborados y presentados por los municipios o las personas prestadoras del servicio de alcantarillado de aguas residuales.

## **7.4 ÁMBITO LOCAL**

### **7.4.1 Alcaldía Municipal de Agustín Codazzi**

El nivel local está representado en primer lugar por el Municipio, a quien corresponde la ejecución de las actividades previstas para la gestión y manejo de las aguas residuales, y muy específicamente la responsabilidad de la prestación de servicios público domiciliario, alcantarillado y sus actividades complementarias, sea de manera directa o a través de operadores especializados.

El Municipio de Agustín Codazzi es el responsable de garantizar la prestación eficiente de los servicios públicos a nivel local, de la misma manera sirve de financiador o cofinanciador de la Gestión de los PSMV.

También corresponde al municipio fortalecer la vinculación y participación de los usuarios y en general de las comunidades, como estrategia de sostenibilidad social para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico, y la prestación del servicio de alcantarillado y del tratamiento de las aguas residuales municipales

En segundo lugar por la “Empresa de Servicios Públicos y Alcantarillado EMCODAZZI del Municipio de Agustín Codazzi .En tercer lugar corresponde al Concejo Municipal como Corporación administrativa del municipio y control político, reglamentar las funciones y eficiente prestación de los servicios a cargo del municipio; adoptar los correspondientes planes y programas de desarrollo económico y social y de obras públicas; dictar las normas orgánicas del presupuesto y expedir anualmente el presupuesto de rentas y gastos; crear, a iniciativa del alcalde, establecimientos públicos y empresas industriales o comerciales y autorizar la constitución de sociedades de economía mixta; dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio.

## **7.5 DIAGNÓSTICO GENERAL DEL MUNICIPIO DE AGUSTIN CODAZZI**

### **7.5.1 Características generales del municipio.**

#### **7.5.1.1 Ubicación**

El Municipio de AGUSTÍN CODAZZI se encuentra en la parte Noreste del Departamento del CESAR, la posición Astronómica está determinada por las siguientes coordenadas: su cabecera está localizada a los 10° 02' 09" de latitud Norte y 73° 14' 20" de longitud Oeste. Dista de Valledupar 59 km. La cabecera municipal se encuentra a 132 metros de altura sobre el nivel del mar. Temperatura media 28°C. Posee un área de 1799,2 km<sup>2</sup>, la cual corresponde al 7.8 % del total departamental.

Sus límites son:

Norte: Municipio de la Paz

Sur: Municipio de Becerril

Oriente: República de Venezuela

Oeste: Municipio de la Paz

El municipio hace parte del Área Metropolitana de Valledupar, la cual tiene como núcleo a la ciudad de Valledupar; sus otros miembros son: La Paz, Manaure Balcón del Cesar y San Diego. El municipio cuenta con una población total estimada por el DANE, de 50.829 habitantes<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> ALCALDIA MUNICIPAL DE AGUSTIN CODAZZI. (2016). Plan de Desarrollo Municipal 2016 – 2019 – Codazzi con futuro, 2016. 284 p.

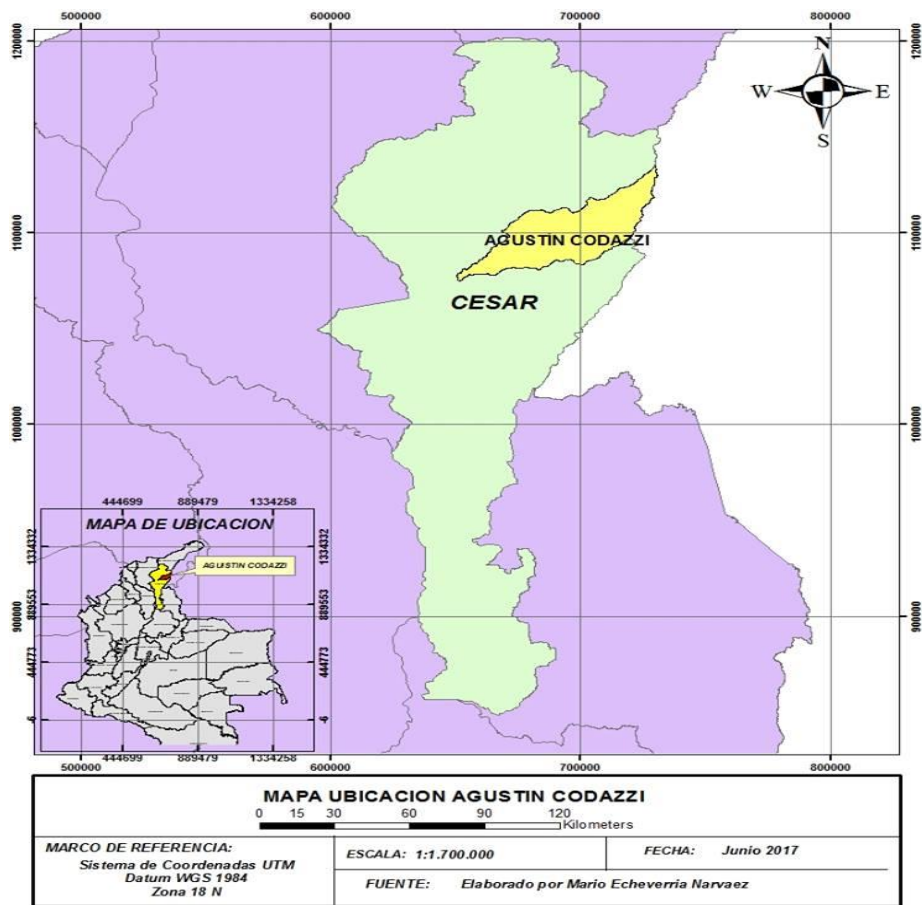


Figura 4. Ubicación del municipio de Agustín Codazzi-Cesar

Fuente. Alcaldía Municipal Agustín Codazzi, 2016

### 7.5.1.2 Límites

Latitud norte 10°02' n

Longitud 73°15'o

Norte: Municipio de la Paz

Sur: Municipio de Becerril

Oriente: República de Venezuela

Oeste: Municipio de la Paz

### 7.5.1.3 División administrativa

La cabecera municipal se encuentra conformada por la zona centro y los Barrios:

Tabla 2. Barrios área urbana

NO.	NOMBRE DEL BARRIO	NO.	NOMBRE DEL BARRIO
1	Barrio Nuevo	24	Trujillo
2	La frontera	25	Primero de mayo
3	San Vicente	26	Las Flores
4	Obrero	27	15 de noviembre
5	La Tranquilidad	28	Policarpa Salavarrieta
6	El Bosque	29	el juguete
7	Machiques	30	Antillana
8	El Centro	31	5 de noviembre
9	Las Delicias	32	Santa Rita
10	Ramón Fernández	33	El Estadio
11	José Galán	34	Camilo Torres
12	San José	35	La Pista
13	La Lucha	36	El Tesoro
14	Villa Esther	37	José a Galán
15	Las margaritas	38	Divina Pastora
16	Urb. las margaritas	39	El Socorro
17	Fátima	40	Las Palmas
18	San Martín	41	Los Laureles
19	Martínez Barbosa	42	La Victoria
20	Atanasio Giraldo	43	El Sena
21	El Carmen	44	El Estadio
22	Hernán Gómez	45	Los Laureles
23	Buenos Aires		

**Fuente.** Planeación Municipal Agustín Codazzi, 2016

Tabla 3. División político Administrativa. Área Rural

Corregimientos	Veredas
Casacará,	Duda, Bolemo, Las Vegas, Milagro, Caño Frío, Sicarare
Llerasca,	Medio, Buenos Aires, Guardapolvo, Begonia, Los Manguitos, Alto Sicarare, Candela, Guamal, Sicarare
San Jacinto	Bajo, Sabana Alta, Europa, Terranova, Siete de Agosto, Agua Bonita, Buena Vista, Loma Fresca, Platanal, San Miguel, Las Rocas, Iberia I, Iberia II, El Pozón, Arroyo
Sicarare.	Seco, La Aguacatera, San Miguel, La Roca, Nueva Ventura, Mayusa, Guaraní, Ave María, Candela Baja, La Esperanza, El Progreso, Fernambuco Alto, Santa Rita, Las Mercedes, La Sonora, San Jacinto, Nueve de Abril, Zorro Cuco, La Palizada.

Fuente: DNP – Cesar en cifras. Departamento del Cesar

#### 7.5.1.4 Estructura demográfica y dinámica

Según cifras del DANE, se estima la población actual del municipio en 50.829 habitantes, con una distribución correspondiente a 38.727 habitantes en la zona urbana (76,19% del total de la población) y 12,102 en la zona rural (23,81% del total de la población)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> ALCALDIA MUNICIPAL DE AGUSTIN CODAZZI. (2016). Plan de Desarrollo Municipal 2016 – 2019 – Codazzi con futuro, 2016. 284 p.

Tabla 4. Datos demográficos

Total población en el municipio	50.829
Porcentaje población municipal del total departamental	4,9%
Total población en cabeceras	38.727
Total población resto	12.102
Total población hombres	25.003
Total población mujeres	25.826
Población (>15 o < 59 años) - potencialmente activa	28.726
Población (<15 o > 59 años) - población inactiva	22.103
Primera infancia - entre 0 a 5 años	6.896
Adolescencia - entre 12 a 17 años	6.766
Juventud - entre 18 a 29 años	6.516
Adulto - entre 30 a 59 años	14.649
Adultos mayores - mayores a 60 años	4.909

Fuente. DANE, 2015

Tabla 5. Población étnica

Total población indígena	3.679
Población en Resguardos Indígenas	3.337
Total población negro, mulato o afrocolombiana	5.505

Fuente. DANE, 2015

## 6.4 INFRAESTRUCTURA DE SERVICIO

### 7.5.1.5 Infraestructura de servicio

Tabla 6. Infraestructura de servicio

Grupos de edad	Total	Hombres	Mujeres
	<b>53.402</b>	<b>27.118</b>	<b>26.284</b>
0-4	6.709	3.384	3.325
5-9	6.767	3.378	3.389
10-14	6.690	3.368	3.322
15-19	5.863	3.136	2.727
20-24	4.279	2.198	2.081
25-29	3.584	1.783	1.801
30-34	3.227	1.549	1.678
35-39	3.211	1.541	1.670
40-44	3.031	1.522	1.509
45-49	2.460	1.281	1.179
50-54	1.927	989	938
55-59	1.618	883	735
60-64	1.311	717	594
65-69	1.022	511	511
70-74	790	392	398
75-79	468	257	211
80 Y MÁS	445	229	216

Fuente: Bases de datos del SISBEN

### 7.5.1.6 Escolaridad

#### Escolaridad.

El análisis de la cobertura bruta de educación según la estimación de la razón de proporciones y sus intervalos de confianza al 95% se realizó tomando como referencia para el municipio los indicadores del departamento del Cesar, encontrando que los indicadores analfabetismo y cobertura bruta de Educación categoría Primaria, secundaria y media del municipio de Agustín Codazzi no presentan diferencias<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> ALCALDIA MUNICIPAL DE AGUSTIN CODAZZI. (2016). Plan de Desarrollo Municipal 2016 – 2019 – Codazzi con futuro, 2016. 284 p.

Tabla 7. Escolaridad

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C.E. ALTO SICARARE	12	35	37	24	20	19	16	15	11	8	8	9
C.E. INDIGENA IROKA	6	16	37	46	39	27						
C.E. INDIGENA LA PISTA	1	32	46	32	29	17						
C.E. SAN JACINTO	23	43	62	53	47	55	20	32	29	16		
C.E. SIETE DE AGOSTO	6	12	26	11	12	14	14	21	10	12	9	6
C.E. TUTACHE	77	125	113	107	74	51	3	10	7	6	3	
I. E. SAN RAMON	25	39	67	71	88	63	79	54	49	38	16	26
I.E. DIVINO NIÑO	35	35	22	43	40	29	27	20	27	14		
I.E. SIMON BOLIVAR	44	62	69	67	69	52	43	21	25	23	22	18
INST. EDU. AGUSTIN CODAZZI	256	326	369	349	381	348	421	398	315	323	254	230
INST. EDU. ANTONIO GALO LAFAURIE C		151	166	122	108	95	57	98	55	50	33	50
INST. EDU. F. DE P. SANTANDER	94	254	202	203	174	170	208	191	149	143	120	104
INST. EDU. LAS FLORES	93	163	206	194	180	137	236	178	157	128	99	57
INST. EDU. LUIS GIRALDO	81	83	109	121	116	108	123	117	122	67	64	64
<b>Total General</b>	<b>753</b>	<b>1376</b>	<b>1531</b>	<b>1443</b>	<b>1377</b>	<b>1185</b>	<b>1247</b>	<b>1155</b>	<b>956</b>	<b>828</b>	<b>628</b>	<b>564</b>
												<b>13.051</b>

Fuente. SIMAT, 2.016

Pero la administración del municipio ha invertido de manera prospera para la educación de los habitantes del municipio. Enfocándose de manera directa en los niños. Se han culminado proyectos que venían en desarrollo obteniendo resultados favorables para los habitantes del municipio.

### 7.5.1.7 Cultura

En el municipio de Agustín Codazzi es un territorio multicultural dada la confluencia de personas de todo el país desde sus orígenes, con la presencia de pueblos originarios como los indígenas Yukpas descendientes de los caribes, al asentamiento de población Afrocolombiana y todo ese mestizaje que enriquece el entorno.

Como un aporte a la cultura del departamento y la región anualmente se celebra el Festival Vallenato en guitarras y se celebran fiestas patronales en los diferentes barrios y corregimientos. Sin embargo, se identificaron las siguientes situaciones problemáticas.

- Ausencia de programas de protección del patrimonio cultural
- Inexistencia de una política pública en materia formación artística y cultural
- Falta de espacios culturales en las áreas rurales y los corregimientos
- Debilidad institucional en el manejo cultural y poca participación ciudadana en los espacios que brinda la ley.

#### **7.5.1.8 Deporte**

Se encuentra en este sector las siguientes problemáticas.

- Falta de infraestructura deportiva en las áreas rurales y corregimientos
- Debilidad institucional en el manejo del deporte y la recreación
- Concentración de la actividad en áreas urbanas del municipio
- Mal estado de los escenarios deportivos en las áreas rurales
- Falta de planificación, inclusión y coordinación de los eventos deportivos
- Baja promoción de las diferentes disciplinas deportivas diferentes a futbol.

#### *Estado de los parques y escenarios deportivos.*

- Cancha el estadio - regular estado.
- Parque el quince de noviembre - buen estado.
- Cancha las palmeras - regular estado.
- Parque los laureles - regular estado.
- Parque el socorro - buen estado.
- Parque el tesoro - buen estado.
- Cancha camilo torres - regular estado.
- Polideportivo el Líbano - (tres canchas de futbol en regular estado, cuatro canchas poli funcional en mal estado, sin tableros, una cancha para tejo en mal estado, una cancha de BEISBOL Y SOFTBOL en pésimo estado).

- Parque y cancha la antillana - regular estado.
- Parque Atanasio Girardot (instituto) - buen estado.
- Cancha del Martínez Barboza - en remodelación.
- Parque del san José – buen estado.
- Parque nueva esperanza - buen estado.
- Parque simón Bolívar - buen estado-
- Parque Machiques - buen estado.
- Parque obrero - regular estado.
- Parque las flores - regular estado.
- Parque y cancha Aida quintero - buen estado.
- Parque y cancha primero de mayo - buen estado.
- Cancha de IDEMA - mal estado.
- Cancha la frontera - regular estado.

#### **7.5.1.9 Línea base ambiental**

En el municipio de Agustín Codazzi, se tiene gran interés en la preservación de la fauna y flora de nuestro municipio, no obstante, hay pocas campañas relacionadas con la preservación de las afluentes del río Magiriaimo el cual en sus torrentes genera un ecosistema rico de diversas especies.

#### **7.5.1.10 Síntesis biofísica**

El municipio Agustín Codazzi, en lo biofísico, cuenta con un gran potencial geológico e hidrogeológico, que de una parte le hace una región rica en carbón térmico y de otra parte posee una gran riqueza hidrogeológica, apta para ser explotada para consumo humano y las principales actividades agropecuarias. La problemática actual de los bosques en el municipio, gira alrededor de la deforestación, dado que esta ha traído como consecuencia los cambios de la vegetación (pérdida de la

diversidad genética) y el suelo, debilitando la capacidad del ecosistema para producir y recuperarse. El deterioro de los bosques trajo como consecuencia el alejamiento general de la fauna de mamíferos, reptiles e incluso de las aves. La práctica cultural de quemar para eliminar rastrojos, con el fin de habilitar las áreas para cultivos transitorios, es otra problemática ambiental que afecta los bosques pues genera una grave desprotección del suelo, la cual hace más rápida la presencia de erosión (CORPOCESAR PNUD, 2012).

#### **7.5.1.11 Amenazas naturales**

##### *Hidro- meteorológicas*

La cabecera municipal sufre inundaciones periódicas cuando se presenta incremento en el caudal del río Magiriaimo, originado por el aumento en la intensidad, duración y frecuencia de las lluvias, superando la cota de desborde y generando daños en las viviendas y afectando la salud de sus habitantes. Estas inundaciones son propicias en los meses de septiembre, octubre, noviembre, muchas veces alcanzando el mes de diciembre, y afectan casi en su totalidad la cabecera municipal a excepción de un sector del barrio el Centro ubicado en la parte alta, por falta de desagües que permitan la canalización de las aguas. Además, presenta alto riesgo de inundación, debido al desbordamiento del río Magiriaimo, a su paso por las cabeceras de los corregimientos, cuando se presenta una máxima de afluente. En el municipio la amenaza por desgaste de los suelos es baja; las áreas que presentan erosión de tipo laminar ligera a moderada se identifican en la región nororiental del municipio. En este sector el principal agente erosivo es el agua, donde se presenta arrastre poco perceptible de las capas delgadas del suelo por láminas de agua o redes de surquillos, proceso conocido como escurrimiento superficial<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Ibíd., pág. 98.

La amenaza alta por erosión involucra los procesos de escurrimiento superficial y formación en cárcavas en las zonas con escasa vegetación y pendientes fuertes donde los materiales parentales son altamente susceptibles de meteorizarse o alterarse.

*Amenaza por desbordamientos de cauces de ríos y ola invernal.*

Los indicadores Hídricos de sostenibilidad – realizados por el IDEAM señalan que el municipio tiene una vulnerabilidad media por disponibilidad de agua, Las zonas planas del territorio presentan uno de los mayores índices de déficit de agua en el Departamento, los cuales están presentes en el suelo durante más de seis meses al año. Esta situación sumada al acelerado proceso de deforestación, especialmente en las zonas de nacimiento de los ríos coloca al municipio en una posición de riesgo para la disponibilidad hídrica de los próximos años<sup>5</sup>.

*Amenaza antrópica*

Amenaza de contaminación con agroquímicos Existe un alto riesgo por amenaza de contaminación con agroquímicos al existir una amplia zona dedicada a cultivos de tipo semestral como algodón, café, maíz, palma africana, se generan problemas de contaminación por la dispersión eólica de los pesticidas utilizados en el control de las plagas y por el efecto residual de los mismos en el suelo y en las aguas. Estas plantaciones se encuentran principalmente en la zona del alto Sicarare, y en los corregimientos de Llerasca y Casacará.

---

<sup>5</sup> Ibíd., pág. 99.

### **7.5.1.12 Cambio climático y gestión del riesgo**

El documento CONPES 3700 de 2011, “Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático”, estipula que “el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático busca incidir en los procesos de planificación ambiental, territorial y sectorial, de tal manera que se tomen decisiones de manera informada, teniendo en cuenta las determinantes y proyecciones climáticas, reduciendo así efectivamente la vulnerabilidad tanto en poblaciones, ecosistemas y sectores productivos a este fenómeno, y aumentando la capacidad social, económica y ecosistemita para responder ante eventos y desastres climáticos”. En tal dirección se encontró que para Agustín Codazzi se presenta un riesgo alto por la contaminación producida por aguas servidas, en el corregimiento de Casacará, la cual está directamente relacionada con la carencia y deficiencias en los servicios públicos de aseo y alcantarillado. El inconveniente de la disposición de basuras directamente al medio y las descargas de aguas residuales sin ningún tratamiento a las fuentes naturales, están afectando la calidad del recurso hídrico por el aumento de carga orgánica. También se presenta un alto riesgo por la amenaza del río Casacará, debido al socavamiento de las márgenes y sedimentación. Esta amenaza es causada por el impacto y la fuerza de la corriente en donde continuamente se produce el arrastre de materiales de la ribera y del fondo para luego depositarlos<sup>6</sup>.

Se presenta un riesgo alto por la contaminación producida por aguas servidas, en el corregimiento de Casacará, la cual está directamente relacionada con la carencia y deficiencias en los servicios públicos de aseo y alcantarillado. El inconveniente de la disposición de basuras directamente al medio y las descargas de aguas residuales sin ningún tratamiento a las fuentes naturales, están afectando la calidad del recurso hídrico por el aumento de carga orgánica.

---

<sup>6</sup> Ibíd., pág. 100.

### **7.5.1.13 Gestión del Riesgo**

Actualmente no se cuenta con una política pública de gestión del riesgo tal como lo ordena la ley 1523 de 2012, aunque se encuentren formulados el Plan Municipal de Gestión y el Plan para el manejo del fenómeno del niño, está en construcción el Sistema Municipal de Gestión del riesgo y se ha venido avanzando en la Conformación del Consejo Municipal de gestión del riesgo. En materia de conocimiento del riesgo hay una grave falencia porque no se conoce la actualización del Plan Básico de Ordenamiento Territorial donde deben estar identificadas claramente las zonas de riesgos en el Municipio. En reducción del riesgo se han venido haciendo algunas obras, tales como la canalización de acequias y la protección de la bocatoma del acueducto municipal. Para el manejo del riesgo en la práctica sólo se cuenta con el Cuerpo de Bomberos Voluntarios.

### **7.5.1.14 Gestión ambiental de los residuos sólidos**

El municipio de Codazzi, formulo su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), en Julio de 2007 para dar cumplimiento a la Resolución 0477 del 2.004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Actualmente la administración del municipio ha optado por realizar la disposición controlada de los residuos sólidos en el Relleno Sanitario en el corregimiento “Los Corazones” en el Municipio de Valledupar, el cual cumple con los requerimientos técnicos, ambientales y sanitarios para el manejo controlado de los residuos que se originan en sistemas domiciliarios, comerciales e industriales. Por otra parte el municipio de Agustín Codazzi, cuenta dentro de su estructura de gestión ambiental con un SGAM, el cual proyecta la siguiente serie de programas<sup>7</sup>:

- Programa de manejo y ordenamiento del recurso hídrico.

---

<sup>7</sup> Ibíd., pág. 101.

- Programa de recuperación de las áreas forestales afectadas.
- Programa de recuperación de áreas intervenidas
- Programa de sensibilización, capacitación y educación ambiental.

#### **7.5.1.15 Geología**

En el municipio se pueden distinguir dos tipos de unidades orográficas, la montañosa y la de tierras bajas, la primera representada por la serranía del Perijá y la segunda por el valle del Río Cesar, denominado en esta zona, el valle de Codazzi. Las formaciones montañosas de la serranía del Perijá, están constituidas por depósitos sedimentarios del mesozoico, con pliegues que alcanzan alturas hasta de 3.600 m.s.n.m, en esta zona la serranía se constituye en la divisoria de aguas de la gran cuenca de Maracaibo y el Valle del río Cesar. El departamento del Cesar tiene las más grandes reservas de carbón a nivel nacional, estas ascienden a 1280 millones de toneladas, de las cuales una parte aun no explotada se encuentra en el área del Municipio de Agustín Codazzi, también se encuentran otros yacimientos de interés aun no explotados de hierro y caliza<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Ibíd., pág. 31.

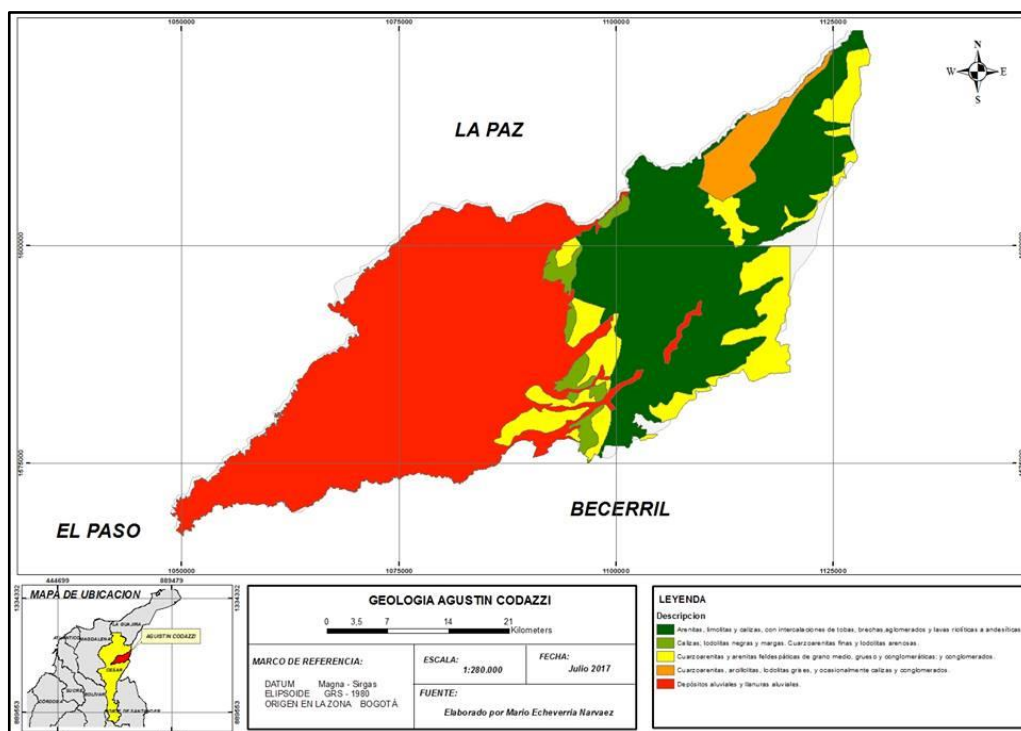


Figura 5. Geología

Fuente. PDM, 2016

El 76% del territorio municipal se clasifica como suelos de producción y 24% como suelos de protección. Entre los primeros 25% corresponden a suelos para producción forestal y agroforestal, ubicados en el piedemonte principalmente, mientras que el 51% restante corresponden a las partes planas al occidente del municipio. Los suelos de protección se ubican principalmente a la Serranía de Perijá, El 40% de los suelos del municipio están clasificados para uso agropecuario intensivo, a los que se le suma 11% de suelos para uso agropecuario semintensivo, es un caso excepcional en Colombia, por lo que su productividad agropecuaria puede considerarse una de las mayores potencialidades del Municipio. La zona urbana presenta suelos limo-arenosos (Clasificación U.S.C SM, A.A.S.H.TO A-4,), color café, con limite liquido menor de 20 y bajo índice de plasticidad (< 5), en la mayor parte del área presenta alto contenido de gravas, cantos rodados y rocas de hasta 0.50 m<sup>3</sup>.

#### **7.5.1.16 Pliegues**

Los pliegues generales se localizan en la región serranía del Perijá. En un sentido amplio se considera que la sierra es un anticlinorio cuyo núcleo está formado por rocas paleozoicas y flancos por sedimentos rojos mesozoicos y rocas cretáceas.

El anticlinal de Agustín Codazzi es una estructura en el subsuelo, que se presenta al oeste de la jagua de Ibirico y se prolonga hasta el norte de todo este municipio, el núcleo de esta estructura lo constituyen rocas cretáceas, (García, C., 1.990).

#### **7.5.1.17 Sistemas de fallas NE-SW**

El sistema de fallas NE – SW, controla el drenaje de la zona montañosa del Cesar y es muy notoria en las imágenes de satélite, fotografías aéreas y mapas topográficos. En la serranía del Perijá, se incluye todos los lineamientos a lo largo de los ríos Magiriaimo y Casacará.

#### **Serranía del Perijá**

La serranía del Perijá está situada al norte de Colombia, en los departamentos del Cesar, La Guajira y Norte Santander y es el límite con el Estado de Zulia en Venezuela. Es la parte septentrional de la cordillera Oriental que en el macizo de Santander se divide en dos ramales: la rama occidental conserva la dirección original de la cordillera y forma la serranía del Perijá; y la rama oriental entra a Venezuela y forma los Andes de Mérida. Esta serranía tiene una importancia biológica por los recursos naturales de flora y fauna. Contiene bosques húmedos, secos y páramos cubiertos de pajonales, matorrales y frailejones.

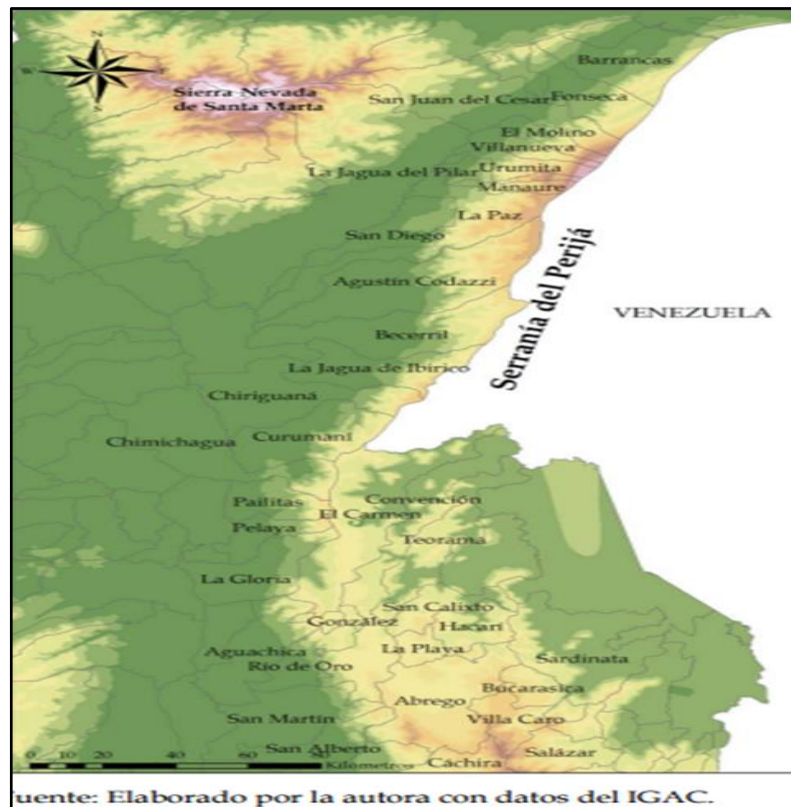


Figura 6. Serranía del perija

Fuente. IGAC, 2015

Los bienes y servicios que ellos producen benefician directamente a la población de los municipios de los tres departamentos en donde se encuentra este ecosistema. Además, es un patrimonio para el país y la humanidad por los servicios ambientales como la producción de agua, sumidero de carbono y hábitat de muchas especies de fauna y flora. Sus cuencas hidrográficas nutren las arterias fluviales de los departamentos que cruzan y en el Cesar alimentan a la Ciénaga de Zapatosa, el cuerpo de agua dulce más extenso de Colombia (Viloria, 2011).

#### 7.5.1.18 Geomorfología

El análisis geomorfológico tiene como propósito evaluar el comportamiento de los diferentes estratos morfoestructurales, incorporando al estudio los procesos

geomorfodinámicos que suceden en el municipio, que igualmente sirven de apoyo para la posterior caracterización de las unidades de suelos presentes, como el estado de la erosión dominante.

La temática previamente fijada evaluar, está directamente relacionada con el objetivo y escala cartográfica de presentación de resultados, comprendiendo los siguientes aspectos.

- **modelado del terreno.** es decir, las formas generales del paisaje, con relación a los grupos litológicos y su relieve dominante. se presentan modelados de orden mayor y de orden menor.
- **geología y litología.** relacionando con la naturaleza y origen de las rocas subyacentes.
- **tectónica.** en cuanto a la presencia de fallas o fracturas y disposición de los estratos (plegamientos)

**nota:** las caracterizaciones anteriores, adicionadas con el análisis de pendientes, permiten evaluar de manera general el comportamiento geomorfológico.

- **tipos o clases de erosión.** Se identificaron en el área cinco tipos o clases de erosión que se describen y analizan a continuación.
- **erosión nula o imperceptible.** comprende aquellas áreas que no presentan evidencias marcadas de procesos erosivos, localizadas por lo general en terrenos con una buena protección vegetal, en climas con periodos de lluvias reguladas y en áreas planas u onduladas de manera general coinciden con las áreas de los bosques intervenidos y de galería existentes en la zona, además

de las riberas de los ríos Cesar y parte baja de Calenturitas. Su extensión total de 34.162.3 ha que representan un porcentaje de 27.6% con respecto al área rural.

- **erosión ligera.** esta referida a las áreas con presencia de remoción o pérdida de una lámina delgada de suelo, más o menos uniforme, sin que se presenten claramente escurrimientos marcados, como podría ser la formación de pequeños canales de desagüe.

Este tipo de erosión se encuentra distribuido en todo el municipio, presentando un área de cubrimiento de 27.685.6ha, que representan el 22.3% de su extensión total.

- **erosión moderada.** constituya un proceso o etapa más avanzada de la erosión laminar, observándose una mayor remoción del suelo, con presencia de pequeños canales formados por el escurrimiento difuso intenso o concentrado que se refleja en la formación de surcos, lo cual ocurre en suelos poco permeables independiente de la clase de relieve, sometidos a aguaceros intensos.

De otra parte, dado que este tipo de erosión representa un estado actual de desgaste o deterioro del recurso, en las áreas planas del municipio, igualmente está influenciado por la acción del viento, es decir que la acción eólica acompañando los procesos de desgaste y arrastre de la capa superficial del suelo libremente expuesta ante la escasa cobertura vegetal. Presenta un cubrimiento de 46.077.9 ha, que representa el 37.2% del área total

### **7.5.1.19 Hidrología**

El análisis de la red hidrográfica del municipio, señala como unidad principal a la cuenca mayor del río Cesar, cuya extensión total es de 11.593 Km cuadrado (Cesar-Guajira).

El río Cesar nace en la parte oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y recorre el departamento en la dirección noroeste-sureste, desembocando en el río Magdalena, formando la depresión Momposina, considerada como una de las más grandes del país. Tiene un recorrido de 280 Km y su caudal anual es del orden de 1.607 Mm<sup>3</sup> aguas abajo de la confluencia con el río Guatapurí. Este caudal aumenta a 942 Mm<sup>3</sup> a la altura de Chiriguana.

### **7.5.1.20 Cuencas hidrográficas**

Dentro del municipio, esta cuenca se divide en “Cesar Medio I margen izquierda” conformada por dos (2) subcuencas o unidades hidrográficas menores.

#### *Río Magiraimo*

Localizado en el extremo norte del municipio de Agustín Codazzi, posee una cuenca angosta, pero alargada, su curso principal nace en la línea fronteriza, a 3400 metros de altura, hasta la parte (cota 100) hace un recorrido de 114 Km y a la desembocadura en el río Cesar el recorrido total es de 114 Km. La mayor parte de su cuenca está dentro del área sustraída por el INDERENA (acuerdo 46-75) y en su margen izquierda se halla la reserva especial Yukos de Iroka, creada por el INCORA. A él con fluye, dentro del área de estudio, importantes corrientes entre las que se encuentran: quebradas el Paujil y Eroca; arroyos las Nieves, las Pavas, el Pino, San José, Boquete, Candela; Zanja, Toluca, los tintos, pachos entre otros de menor importancia. Dentro del área y montañosa y plana del municipio, se

encuentran otras fuentes menores que caben resaltar por su importancia en la red hidrográfica del municipio como son los arroyos del roncón, yoba drenante del río maracas, el tomasucal y caño mocho principalmente se caracteriza por ser corto, de poca profundidad y caudal intermitente.

Para el análisis hidrológico del municipio se utilizó la estación limnetica del rio maracas por el buen grado de confiabilidad en la información suministrada las estaciones limnetica cuenta únicamente con una mira topográfica para las observaciones del nivel del agua cada día para el registro de los eventos máximos durante el periodo comprendido entre las visitas de la comisión IDEAM.

*Su morfología se divide en dos áreas:*

La parte plana que comprende el casco urbano de Agustín Codazzi y sus alrededores, cuyo paisaje deja apreciar terraza aluviales complejos de orillares, entre otros. Esta planicie acumula sedimento fluvial del cuaternario. Sus suelos son aptos para la agricultura y la ganadería. Existen pastos naturales con alternancia de cultivos, vegetación de tipo arbustivo, bosque de galería, rastrojo entre otros.

El área montañosa, que corresponde a la serranía del Perijá, donde predominan rocas sedimentarias del mesozoico y rocas paleozoicas. Los suelos desarrollados en la ladera quebrada, son en general pobre en bases, pero aptos para cultivos permanentes y semipermanentes. Alberga un paisaje de disección con valles profundos, depresiones intramontaña, gargantas, entre otras. Existen sedimentos de origen marinos, bosques, rastrojo, pasto natural entre otros.

## 7.5.2 Análisis de la situación actual

### 7.5.2.1 Sistema de acueducto

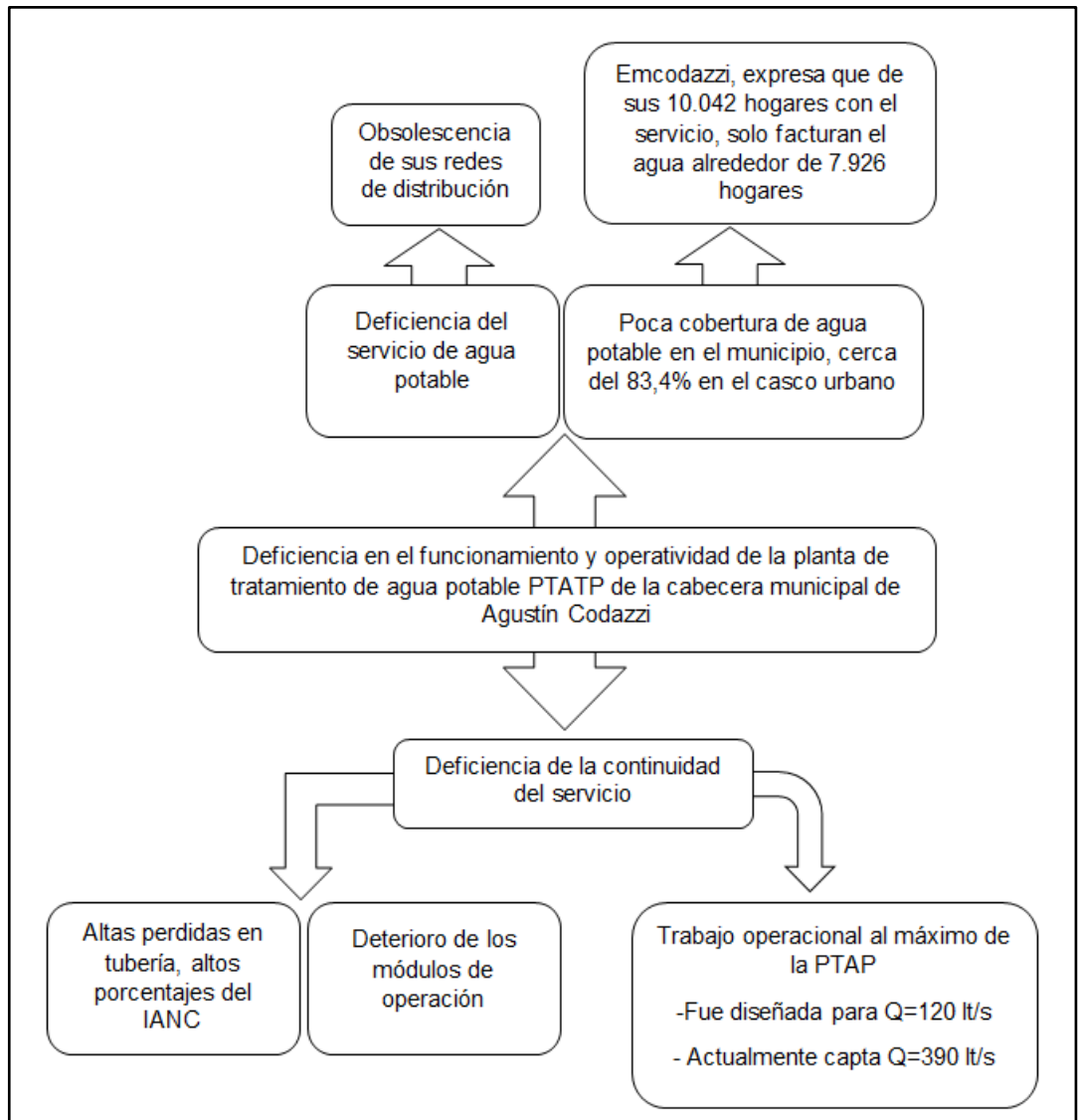


Figura 7. Deficiencia en el funcionamiento y operatividad de la PTAP de la cabecera municipal de Agustín Codazzi

Fuente. Autores (2019)

Según la figura anterior, esta describe, que la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Agustín Codazzi, presenta grandes deficiencias, una cobertura del 83,4%, es decir que, de los 12.053 hogares, la continuidad del servicio de acueducto se ha convertido en el más grave de los problemas para los Codacenses, también hay obsolescencia de las redes de distribución, deterioro de algunos módulos de operación.



Figura 8. Planta de tratamiento de agua potable

Fuente. EMCODAZZI (2019)

La planta de tratamiento del acueducto de Agustín Codazzi fue diseñada para recibir y tratar aproximadamente 120 L/s, para suministrar agua a una población futura de 20.000 habitantes. Actualmente la PTAP maneja un caudal promedio de agua potable de 390 L/s. Este desfase hace que la planta trabaje tres veces a su capacidad de diseño conllevando al deterioro de las unidades de tratamiento, lo que hace que los costos de operación se incrementen.

La planta de tratamiento de agua potable del municipio de Agustín Codazzi, se encuentra ubicada en la calle 13 vía al corregimiento de San Ramón a 2 kilómetros del casco urbano, con una altitud de 198 m.s.n.m., la cual se abastece del río Magiriaimo que cuenta con un caudal de 2300L/s, la planta actualmente procesa 390 L/s. es una planta mixta, tecnología apropiada con decantadores acelerados de

placas paralelas convencionales, la conducción es por gravedad. La planta está compuesta por una bocatoma lateral, un canal rectangular, (1) canaleta Parshall, (1) desarenador, (4) floculadores, (4) sedimentadores, (8) filtros de tasa declinante y un tanque de cloración.



Figura 9. Descripción de la planta de la PATP

Fuente. Autores (2019)

Tabla 8. Descripción de la PTAP de Agustín Codazzi

<p><u>Nombre de Planta:</u> No tiene</p> <p>- <u>Departamento:</u> CESAR</p> <p>- <u>Dirección de la Planta:</u> calle 13 vía San Ramón</p> <p>- <u>Distancia de la Capital:</u> 2 km</p> <p>- <u>Altitud:</u> 198 msnm</p> <p>- <u>Coordinador:</u> José Guillermo Herrera</p>
<p>FUENTES DE ABASTECIMIENTO - Rio MAGIRIAIMO</p> <p>CAPTACIÓN: - <u>Tipo de toma:</u> Bocatoma Lateral</p> <p>CONDUCCIÓN</p> <p>- <u>Conducción de agua Cruda:</u> Gravedad</p> <p>CARACTERISTICAS DE LA PLANTA</p>

- Caudal de la Planta: 260 l/s
- Caudal de proyecto: 355 l/s
- Caudal máximo con el que opera la planta: 260 l/s

El caudal máximo de la planta se alcanza durante las temporadas de lluvia, es decir en los meses lluviosos (abril, mayo, septiembre, octubre).

#### TIPO DE PLANTA

Filtración rápida completa.

- La planta es mixta: Tecnología apropiada con decantadores acelerados de placas paralelas convencionales.
- Año en que se diseñó: 1965 por Infopal
- Año en que fue optimizada: 2006

#### DESCRIPCIÓN

- Medidor de caudal: Canaleta Parshall
- Mezcla rápida: Canaleta Parshall
- Tipo: Hidráulico

#### DOSIFICACIÓN

- Punto de aplicación: resalto hidráulico.
- Coagulante: sulfato de aluminio
- Polímero: Poli cloruro de aluminio

#### FLOCULADORES

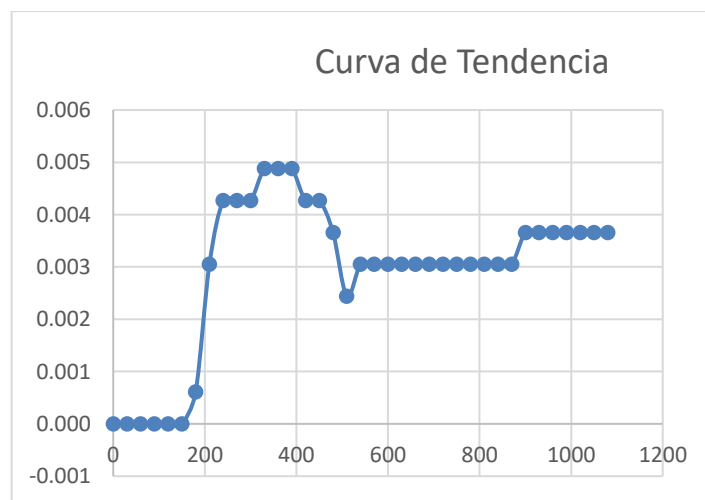
Los floculadores que actualmente presenta la PTAP del municipio de Agustín Codazzi son tipo Alabama, cuenta con 4 unidades y 3 tramos por Floculador

### **Cloración**

Durante la evaluación de esta operación unitaria, se pudo observar que no existe una estructura hidráulica que garantice el tiempo mínimo de contacto entre el cloro y el agua (cámara de contacto). Por otra parte, la caseta donde se controla la dosificación no reúne las características mínimas requeridas, las cuales tiene que ver estrictamente con la ventilación, y por lo tanto se requiere mejorar las condiciones de ventilación de este lugar.

Cuando se observó esta unidad, se encontró que no se cuenta con una unidad de dosificación que permita aplicar con precisión la dosis optima de cloro; actualmente están aplicando el cloro en estado gaseoso.

El presente estudio consideró evaluar el tiempo viaje del agua desde el momento que se aplica cloro hasta el tanque de compensación (tanque 2). El cloro está siendo aplicado en el vertedero de salida del agua filtrada, cuya estructura no posee tapa y por lo tanto está cubierta con restos de láminas de eternit y metálicas, que no brindas las condiciones mínimas de seguridad.



Gráfica 1. Variación de la concentración del trazador en la entrada tanque compensación (2)

Fuente. Autores (2019)

En la evaluación hidráulica realizada sobre la operación de cloración mediante el método de curva de tendencia, permitió concluir lo siguiente:

- El tiempo de arriba del trazador al tanque (2) es de aproximadamente 3 min.
- El tiempo medio, correspondiente al paso del 50% de la cantidad total de trazador.
- Finalmente no se está garantizando el tiempo mínimo requerido (20 – 30 min) para llevar a cabo la desinfección total

#### **7.5.2.2 Análisis de la calidad de agua**

Se realizó la caracterización del agua cruda y dichos resultados se compararon con los valores máximos permisibles otorgado por la resolución 2115 de 2007 en consumo humano.

Tabla 9. Caracterización física, química y microbiológica del agua cruda

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método analítico</b>	<b>Muestre o</b>	<b>Valor máximo permisible, resolución 2115 de 2007</b>
Color aparente	UPC	Espectrofotometría	34	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable		aceptable	aceptable
Turbiedad	NTU	Nefelómetro	340	2
Conductividad	ms/cm	SM 2510 - B	470	1000
PH	OH-	Potenciómetro	8,4	6,5-9
Nitratos	mg/L	Espectrofotometría	0,4	10
Nitritos	mg/L	Espectrofotometría	0,007	0,1
Sulfatos	mg/L	SM 4500 (SO4)-2 - E	45	250
Dureza	mg/L	Volumetría	280	300
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	Titulometrico	110	200
Calcio	mg/L	Volumetría	50	60
Cloruros	mg/L	SM 4500 Cl - B	7	250
Fosfatos	mg/L	Colorimetría	0,57	0,5
Coliformes totales	UFC/100ml	Método de recuento por dilución	230	0

**Fuente.** Autores (2018)

Se puede apreciar en la tabla 19 que algunos parámetros están por fuera de los valores máximos permisibles por la resolución 2115 de 2007, la cual regula el agua apta para el consumo humano, dentro de estos parámetros encontramos el color, la turbiedad y Coliformes totales, pero estos pueden ser mitigados por procesos unitarios que le den el valor aceptable para el consumo humano.

Tabla 10. Caracterización física, química y microbiológica del agua tratada

Parámetro	Unidades	Método analítico	Muestreo	Valor máximo permisible, resolución 2115 de 2007
Color aparente	UPC	Espectrofotometría	5	15
Olor y sabor	Aceptable o no aceptable		aceptable	aceptable
Turbiedad	NTU	Nefelómetro	3	2
Conductividad	ms/cm	SM 2510 - B	434	1000
PH	OH-	Potenciómetro	8,2	6,5-9
Nitratos	mg/L	Espectrofotometría	0,4	10
Nitritos	mg/L	Espectrofotometría	0,007	0,1
Sulfatos	mg/L	SM 4500 (SO <sub>4</sub> )-2 - E	34	250
Dureza	mg/L	Volumetría	200	300
Alcalinidad total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	Titulometrico	110	200
Calcio	mg/L	Volumetría	40	60
Cloruros	mg/L	SM 4500 Cl - B	7	250
Fosfatos	mg/L	Colorimetría	0,57	0,5
Coliformes totales	UFC/100ml	Método de recuento por dilución	12	0

Fuente. Autores (2018)

Se puede apreciar que los Coliformes totales (12 UFC/100ml) y la turbiedad de 3 NTU están por fuera del rango establecido por la norma, se deben tomar medidas de solución al respecto.

### 7.5.2.3 Diagnostico hidráulico de las estructuras

Tabla 11. Diagnostico hidráulico

PARÁMETRO	CRITERIO DE EVALUACIÓN
Coagulantes	Los coagulantes que se emplean en la ptap son: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Sulfato de aluminio y Policloruro de aluminio-</li> </ul> (RAS C.4.5.1.1)
Mezcladores hidráulicos como la canaleta Parshall	<p>1. Resalto hidráulico</p> <p>Cuenta con una canaleta Parshall</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· La velocidad mínima en la garganta es aproximadamente de 1.5 m/s.</li> <li>· La velocidad mínima del efluente debe ser aproximadamente 1 m/s.</li> <li>· El número de Froude es de 2.9</li> </ul> <p>El Punto de aplicación del coagulante no es el indicado y se hace de manera puntual (RAS TÍTULO C.4.5.2.1)</p>
Floculadores de flujo horizontal y flujo vertical	<p>1. Tiempo de detención y gradiente de velocidad</p> <p>Consta de 4 floculadores, los cuales el 1 y 4 son los que tienen pocas zonas muertas alrededor de 5 y 9%, mientras el 2 y 3 presentan zonas muertas en un 28% de sus procesos.</p> <p>Los floculadores que mejor desempeño tienen son el floculador (1 y 4) ya que estos floculadores cumplen con el gradiente en dos de los tres tramos que tienen cada uno, cuyos valores están dentro del rango (<math>70</math> a <math>20\text{ s}^{-1}</math>). mientras que los floculadores (2 y 3), solo cumple con el gradiente en un solo tramo</p> <p>(RAS TÍTULO C.5.5.1)</p>

Sedimentador (RAS TÍTULO C.6.5.1.1)	<p>Consta de 4 sedimentadores, (3) de tipo placa y (1) de panal.</p> <p>En los cuatros se presentan corto circuitos, y ninguno cumple con la carga superficial que debe estar entre 120 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>.- día) y 185 (RAS TITULO A.11.2.7)</p>
Filtración rápida	<p>La Tasa de filtración es declinante, cuenta con 8 filtros distribuidos en 2 baterías (A.11.2.8)</p> <p>Con lechos de arena y antracita, pero el lecho actualmente no cuenta con antracita: máximo 120 a 150 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/día</p> <p>Se evidencia que los filtros de la batería (1) no cumplen con los rangos a máximo caudal, y cuando están a caudal habitual ninguna batería está en el rango óptimo.</p> <p>La expansión del lecho filtrantes esta alrededor del 76%, cuando debe estar 25 y 35%.</p>
Cloración	<p>Para la desinfección se emplea Cloro gaseoso, pero no se cuenta con una cámara de contacto, lo cual no se permite aplicar con precisión la dosis óptima de Cloro. También no se está garantizando el tiempo requerido de contacto (20 y 30 minutos). Y no se aplica cloro permanente.</p>

Fuente. Autores (2018)

### 7.5.3 Sistema de alcantarillado

El sistema de alcantarillado del municipio de Codazzi, se construyó una parte en el año 1992, la mayor parte de la red existente está instalada en material de Gres, el sistema de alcantarillado sanitario del municipio posee una gran área aferente y un solo emisario final hacia las lagunas de oxidación que genera contra flujos en las zonas lejanas al emisario final. Por esta razón la empresa realizara una inversión para la optimización del sistema de alcantarillado de todo el municipio, donde se pretende solucionar en gran parte el problema de alcantarillado que ha aquejado por muchos años los habitantes de Codazzi.

**Colectores y emisarios:** La mayor parte del sistema fue construido el año 1997 cuando se instalaron 59.224 metros de tubería. Existen calles y carreras en ciertos barrios de la población que no cuentan con el sistema de alcantarillado, lo cual estimamos en un orden del 5 al 10%.

#### **7.5.3.1 Tratamiento de aguas residuales**

La información brinda herramientas para que no se inicie desde cero a conocer los procesos de la planta de tratamiento de agua residual con la que cuenta la empresa de servicios públicos EMCODAZZI., con el fin de evitar traumatismos a futuro. Se establecen además los procedimientos y recomendaciones que deben seguirse y los criterios básicos a tener en cuenta para la implantación de un sistema de tratamiento de aguas residuales efectivo.

#### **7.5.3.2 Sistema de Tratamiento de las aguas residuales**

Para el tratamiento de aguas residuales del municipio de Agustín Codazzi, EMCODAZZI ESP utiliza lagunas anaerobias, facultativas y de maduración, en las combinaciones y número de unidades que se detallan en el “*Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico*”; (RAS – 2012), Sección II; Título E, Tratamiento De Aguas Residuales.

### Localización

Se encuentra ubicada al sur-oeste del casco urbano vía a la llanerita, a 2 kilómetros aproximadamente de la zona urbana, cumpliendo con recomendaciones, que dicen que el área debe estar lo más alejada posible de urbanizaciones con viviendas ya existentes, superior a los 1000 metros para este tipo de tratamiento.

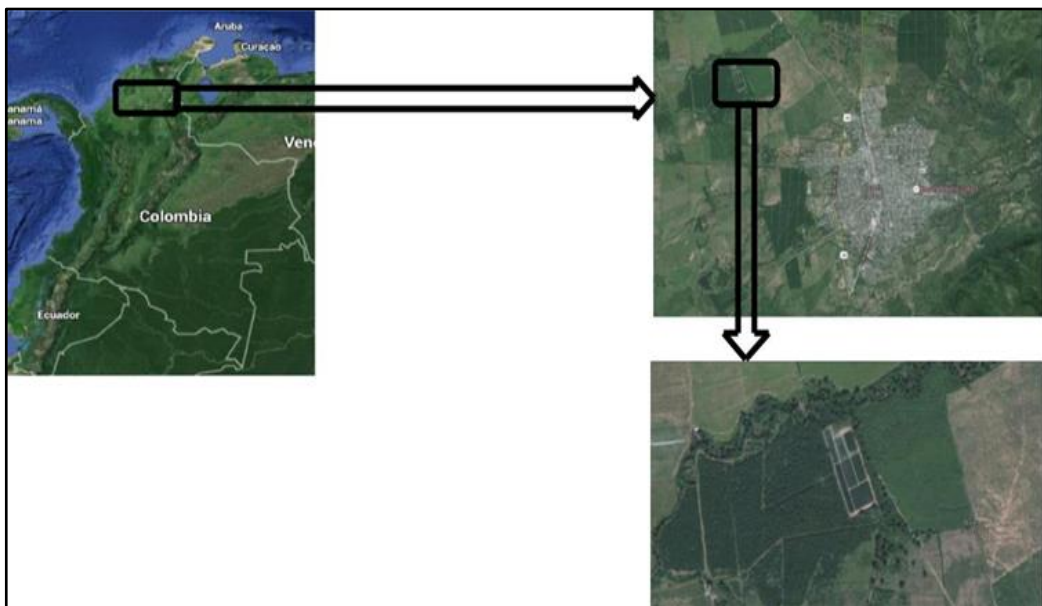


Figura 10. Localización de la PTAR

**Fuente:** Adaptado de [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com) 10°03'04.3"N; 73°15'49.2"W 2015

### Diagrama de Flujo

En la planta de tratamiento del municipio de Agustín Codazzi, se usa la serie anaerobia, facultativa y de maduración; como se ilustra en la figura siguiente.

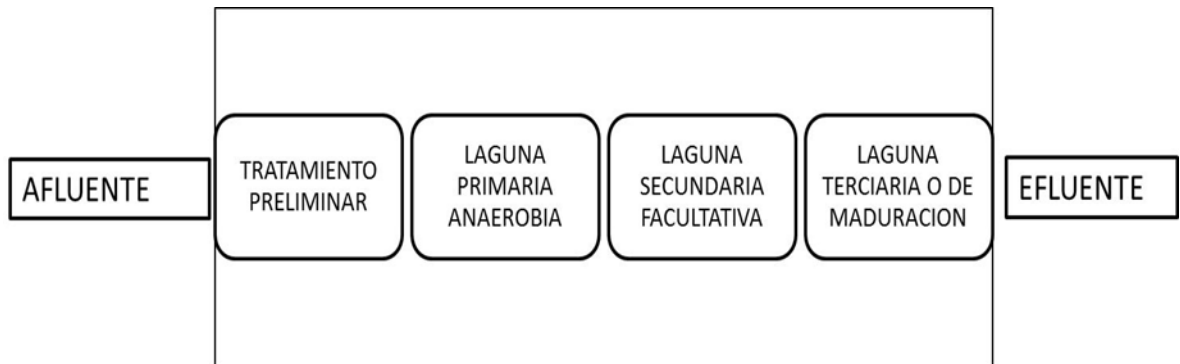


Figura 11. Serie del Sistema Lagunar

Fuente. Autores (2019)

### 7.5.3.3 Medición de caudal

Se encuentra ubicada una canaleta Parshall a la llegada del emisario final, el agua es recibida con una tubería de 27", fue construida como sistema de medición de caudal, teniendo como caudal de diseño 128 litros por segundo.



Figura 12. Canaleta Parshall

Fuente. Autores (2019)

#### 7.5.3.4 Pretratamiento



Figura 13. Rejillas

**Fuente.** Autores (2019)

Cuenta con 2 rejillas, cuyo objetivo es retener sólidos gruesos que floten o que se encuentren suspendidos en el agua, como papel, trapos, frascos, trozos de madera, cáscaras de frutas, latas, tapones de botellas, productos de higiene femenina, cepillos, cadáveres de animales y otros objetos que usualmente son transportados por la red de alcantarillado, con el fin de proteger la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. El sistema además cuenta con un aliviadero y ductos que, en caso de sobrepasar el caudal de diseño en las lagunas, las aguas residuales son conducidas directamente hacia el caño las culebras.



Figura 14. Aliviadero

Fuente. Autores (2019)

#### **7.5.3.5 Estructuras de interconexión**

La laguna primaria nueva (anaeróbica) se comunican con las 2 lagunas secundarias optimizadas (facultativas), a través de una estructura hidráulica que consta de ocho cajillas recolectoras construidas en concreto con vertederos en madera, y a su vez estas 2 lagunas con cuatro cajillas recolectoras cada una, alimentan a las 2 lagunas terciarias optimizadas (maduración).



Figura 15. Cajas de Interconexión

Fuente. Autores (2019)

La laguna primaria también se comunica con la segunda laguna primaria nueva a través de una estructura hidráulica que consta de siete cajillas recolectoras y esta a su vez esta se comunica con la tercera laguna secundaria nueva a través de cuatro cajillas recolectoras. En el siguiente cuadro se especifican las dimensiones de las estructuras de interconexión.

Tabla 12. Dimensiones de las estructuras de interconexión y de salida

	ANCHO(M)	LARGO(M)	PROFUNDIDAD(M)
ESTRUCTURAS DE INTERCONEXIÓN Y DE SALIDA	0,50	1,20	0,60

Fuente. Autores (2019)

El sistema se encuentra conformado por doce cajillas (cuatro para cada módulo) recolectoras de las mismas especificaciones que las de interconexión; cada cajilla de interconexión como de salida posee un colector en PVC de 6" de diámetro.

Además de las cajillas el sistema de salida se encuentra conformado por nueve pozos de inspección que son los que reciben en ultimas las aguas residuales tratadas por medio de las tuberías en PVC de 6" de diámetro, para su posterior vertimiento. Los pozos se encuentran comunicados entre sí mediante tuberías de Gres de 18" de diámetro.

Además, el sistema se encuentra conformado por los siguientes componentes:

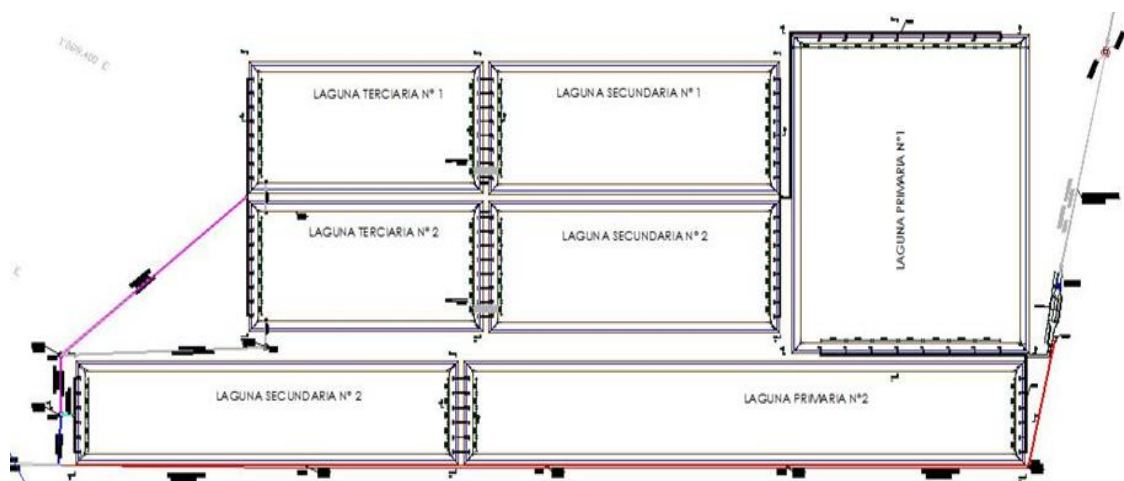


Figura 16. Plano del sistema lagunar

Fuente. Autores (2019)

### 7.5.3.6 Lagunas Anaerobias

Son dos lagunas, también llamadas lagunas primarias; debido a las elevadas cargas orgánicas que soportan, dominan condiciones de ausencia de oxígeno, proliferando las bacterias anaerobias. La profundidad de estas lagunas es de 1,8 metros, y dimensiones de 131,2 metros de ancho y 109,9 metros de largo par la laguna

primaria #1 y 31,4 metros de ancho y 265,6 metros de largo para laguna primaria #2.

Un factor que influye en el comportamiento de las lagunas anaerobias es la temperatura. Las bacterias anaerobias crecen mejor cuanto mayor es la temperatura, con un intervalo óptimo de crecimiento entre 30-35° C. Por tanto, las lagunas anaerobias presentan una actividad muy elevada en la región, lo que puede comprobarse fácilmente observando la cantidad de burbujas que aparecen en superficie.

El objetivo primordial de estas lagunas es la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica del agua residual, y no la obtención de un efluente de alta calidad. Por esta razón, las lagunas anaerobias operan en serie con lagunas facultativas y de maduración.

#### **7.5.3.7 Lagunas Facultativas**

El sistema cuenta con tres lagunas facultativas o también llamadas secundarias, las características principales de estas lagunas son la relación entre las algas y bacterias en el estrato superior y la descomposición anaerobia de los sólidos sedimentados en el fondo.

El objetivo perseguido en las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes. La luz es fundamental, como hemos visto, para la actividad fotosintética, esta actividad se ve reflejada en la coloración verde intensa, esta depende no sólo de la luz que alcanza la superficie del agua, sino de la que penetra en profundidad, por ello las profundidades de estas lagunas son de 1,6 metros, y dimensiones de 57,8 metros

de ancho y 145,8 metros de largo para las lagunas secundarias #1 y #2; además de 33,6 metros de ancho y 77,2 metros de largo para laguna secundaria #3.

### 7.5.3.8 Lagunas de Maduración

Las lagunas de maduración tienen como objetivo primordial la eliminación de bacterias patógenas, sobre todo las que vienen de los procesos anteriores y ya no necesitamos en el proceso. También conocidas como lagunas terciarias o de complemento. Sus dimensiones son de 1,6 metros, y dimensiones de 57,8 metros de ancho y 117,0 metros de largo para las dos lagunas de maduración existentes.

En resumen, las 7 lagunas cuentan con geomembranas, que evita que se infiltren las aguas residuales y puedan contaminar aguas subterráneas, y todas tienen las siguientes características dimensionales:

Tabla 13. Dimensiones de las lagunas de oxidación

<b>Laguna</b>	<b>Ancho (M)</b>	<b>Largo (M)</b>	<b>Profundidad(M)</b>
<b>Primaria #1</b>	131,2	109,9	1,8
<b>Primaria #2</b>	31,4	265,6	1,8
<b>Secundaria #1</b>	57,8	145,8	1,6
<b>Secundaria #2</b>	57,8	145,8	1,6
<b>Secundaria #3</b>	33,6	77,2	1,6
<b>Terciaria #1</b>	57,8	117,0	1,6
<b>Terciaria #2</b>	57,8	117,0	1,6

Fuente. Autores (2019)

### **7.5.3.9 Fuente Receptora**

El efluente de la laguna se conduce a través de una tubería en asbesto Cemento de 27” de diámetro, hasta la fuente receptora el Caño Las Culebras. Cabe resaltar que parte del agua tratada es utilizada para el riego de un cultivo de palmas que se encuentra ubicado al lado del predio de las lagunas.

### **7.5.4 Análisis multitemporal de la caracterización del afluente y efluente de las aguas residuales del casco urbano de Agustín Codazzi**

El análisis multitemporal se desarrollará en un tiempo histórico de 10 años, donde se analizarán todos los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados en el afluente y efluente del vertimiento puntual de la PTAR al caño Las Culebras, del casco urbano de Agustín Codazzi, desde el año 2009 hasta el año 2019, dentro del lapso de tiempo histórico de diez (10) años.

Para la realización de este análisis, se tomaron muestreos realizados para las fechas muestreo 1 (19 de octubre de 2016), muestreo 2 (10 de enero de 2018), muestreo 3 (20 de agosto de 2019). Cabe destacar que el muestreo 3 fue realizado en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y sanitaria de la Universidad Popular del Cesar, los demás muestreos fueron realizados por el laboratorio Nancy Flórez como lo muestra la tabla 15 (Ver Anexos).

Dentro del protocolo de muestreo aplicado se realizó:

Tipo de muestreo: El muestreo realizado fue de forma manual, con obtención de muestras por cada lapso de tiempo (intervalos de tiempos de 1 hora) en la entrada y salida de la PTAR bajo muestreo de tipo compuesto.

Frecuencia del muestreo: Las muestras tomadas se realizaron en intervalos de tiempo de 1 hora, con una duración de 8 horas. El horario de muestreo fue desde las 8:00am hasta las 4:00pm. El muestreo fue realizado el día 19 de agosto de 2019.

Descripción del muestreo: Para la recolección de las muestras fue utilizado recipiente de 5 litros, una para las muestras a la entrada y otro para la salida de la PTAR, con el fin de garantizar las condiciones del estudio. Estos recipientes fueron almacenados en una caba de icopor con hielo para mantener la temperatura optima y no alterar los parámetros, la cual fue llevada hasta el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar, para su respectivo análisis. El parámetro de Temperatura fue tomado In Situ. La georreferencia fue tomado con un GPS In Situ.

Georreferencia: Las coordenadas de entrada de la PTAR (latitud 10,05344 y longitud -73,265583) y la salida de la PTAR (latitud 10,05324 y longitud -73,265482).

Para la obtención de los resultados de los parámetros de DQO, DBO5, SST, SD, SOLIDOS TOTALES, TURBIDEZ y pH en el muestreo 3. Se realizó el siguiente procedimiento.

#### **7.5.4.1 Resultados de análisis de los parámetros físico químicos de la PTAR (entrada y salida)**

##### **DQO**

$$DQO (ENTRADA PTAR) = \frac{(1,9ml - 1,5ml) * (0,10M) * (8000)}{2ml} = 160mg/l$$
$$\frac{160mg}{l} * 6 = 960mg/l$$

6= factor de dilución

$$DQO (SALIDA PTAR) = \frac{(1,9ml - 1,8ml) * (0,10M) * (8000)}{2ml} = 40mg/l$$

$$\frac{40mg}{l} * 6 = 240mg/l$$

6= factor de dilución

### DBO<sub>5</sub>

$$DBO_5(entrada) = 0,5 * \frac{960mg}{l} = 480mg/l$$

$$DBO_5(salida) = 0,5 * \frac{240mg}{l} = 120mg/l$$

Para los datos de entrada se tomó 97ml de muestra para los 5 días en el Oxitop, y para los datos de salida se tomó 250ml de muestra para los 5 días en el Oxitop.

Tabla 14. DBO5 salida y entrada PTAR

DÍA	ENTRADA	SALIDA
1	00	00
2	00	00
3	00	1,2
4	9,4	4,5
5	10,75	7,0

Fuente. Autores (2019)

EL factor de dilución para la entrada es de 20 y para la salida es de 5 según tabla 1.

$$\frac{mg}{L} DBO5(entrada) = (10,75 * 20) = 215mg/l$$

$$\frac{mg}{L} DBO5(salida) = (7 * 5) = 35mg/l$$

## SOLIDOS TOTALES Y SOLIDOS VOLATILES

### ENTRADA

Se lavó con agua destilada el crisol de 50ml, luego se secó y se llevó a la mufla por 15 minutos, posteriormente fue sacado y pesado en una balanza el arrojo como peso  $P1=48,55603g$ . Se usó un volumen de muestra de 25ml, luego se agregó el volumen de muestra en el crisol y fue llevado al horno por 1 hora, posteriormente fue sacado y llevado para tomar su peso, el cual nos dio  $P2=48,5987g$ . Para finalizar la misma capsula o crisol fue llevado por 5 minutos nuevamente a la mufla, el cual fue retirado y enfriado, fue llevado a la balanza y se tomó su peso nuevamente, el cual nos resultó  $P3=48,5827g$ .

$$ST(ENTRADA) = \left[ \frac{(P2 - P1)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(48,5987 - 48,55603)}{25} \right] x 10^6 = 1708mg/l$$

$$SV(ENTRADA) = \left[ \frac{(P2 - P3)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(48,5987 - 48,5827)}{25} \right] x 10^6 = 640mg/l$$

### SALIDA

Se lavó con agua destilada el crisol de 50ml, luego se secó y se llevó a la mufla por 15 minutos, posteriormente fue sacado y pesado en una balanza el arrojo como peso  $P1=48,5335g$ . Se usó un volumen de muestra de 25ml, luego se agregó el volumen de muestra en el crisol y fue llevado al horno por 1 hora, posteriormente fue sacado y llevado para tomar su peso, el cual nos dio  $P2=48,5592g$ . Para finalizar la misma capsula o crisol fue llevado por 5 minutos nuevamente a la mufla, el cual fue retirado y enfriado, fue llevado a la balanza y se tomó su peso nuevamente, el cual nos resultó  $P3=48,5576g$ .

$$ST(ENTRADA) = \left[ \frac{(P2 - P1)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(48,5592 - 48,5335)}{25} \right] x 10^6 = 1708mg/l$$

$$SV(ENTRADA) = \left[ \frac{(P2 - P3)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(48,5592 - 48,5576)}{25} \right] x 10^6 = 64mg/l$$

## **SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES**

### **ENTRADA**

Se enjuago el papel filtro con agua destilada, el papel fue llevado a la mufla por 5 minutos y luego fue retirado y dejado a temperatura ambiente, se llevó a la balanza analítica y se tomó lectura P1=1,8920g, posteriormente se agregan los 25 ml de volumen de muestra y es llevado a la mufla por 1 hora, nuevamente se saca y se deja enfriar y es pesado en la balanza arrojando un peso de P2=1,8951

$$SST \left( \frac{mg}{L} \right) = \left[ \frac{(P2 - P1)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(1,8951 - 1,8920)}{25} \right] x 10^6 = 124mg/l$$

### **SALIDA**

Se enjuago el papel filtro con agua destilada, el papel fue llevado a la mufla por 5 minutos y luego fue retirado y dejado a temperatura ambiente, se llevó a la balanza analítica y se tomó lectura P1=1,8962g, posteriormente se agregan los 25 ml de volumen de muestra y es llevado a la mufla por 1 hora, nuevamente se saca y se deja enfriar y es pesado en la balanza arrojando un peso de P2=1,897g.

$$SST \left( \frac{mg}{L} \right) = \left[ \frac{(P2 - P1)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(1,897 - 1,8962)}{25} \right] x 10^6 = 32mg/l$$

## **SOLIDOS SEDIMENTABLES**

### **ENTRADA**

Se tomó 1Litro de muestra agitada y se agregó al cono imhoff por 1 hora, luego se tomó lectura en la escala de graduación del cono, dándonos como resultado 1,4ml/L.

### **SALIDA**

Se tomó 1Litro de muestra agitada y se agregó al cono imhoff por 1 hora, luego se tomó lectura en la escala de graduación del cono, dándonos como resultado 0,03ml/L.

## **PH, TURBIDEZ Y TEMPERATURA**

La turbidez a la entrada fue de 76,2NTU y en la salida fue de 42NTU, esta fue tomada en volúmenes de muestra de 50ml. Para la medición del pH se tomó un volumen de muestra de 40ml y con un Phmetro se tomó lectura dando como resultado 6,8 en la muestra representativa de la entrada y 7,43 a la muestra representativa de la salida. La temperatura se tomó In Situ, para la entrada 28,5 °C y salida 32,5°C.

Tabla 15. Análisis multitemporal de la caracterización del afluente y efluente de las aguas residuales del casco urbano de Agustín Codazzi

PARAMETRO	UNIDADES	MUESTREOS						NORMA (RESOLUCIÓN 0631 DE 2015, ART 8)	OBSERVACIONES
		MUESTREO 1		MUESTREO 2		MUESTREO 3			
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA		
DBO5	mg O2/L	250	75,3	232	26	215	35	90	
DQO	mg O2/L	376	164	301	160	960	240	180	
FOSFORO TOTAL	mg P/L	5,39	4,91	4,23	4,15	-	-	Analisis y reporte	
GRASAS Y ACEITES	mg/L	18	<10,0	47,8	<10	-	-	20	
NITRATOS	mg N-NO3/L (A)	<0,02	<0,02	<0,2	<0,2	-	-	Analisis y reporte	
NTK	mg N/L	35,6	35,6	41,4	35,7	-	-	Analisis y reporte	
OD	mg O2/L	-	-	0,57	3,2	-	-	>5	
PH	unidades de pH	6,74	6,61	7,4	7,5	6,8	7,43	6,00 a 9,00	
SOLIDOS SEDIMENTABLES	m/L	-	-	1,6	0,1	1,4	0,03	5	
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	228	116	144	141	124	32	90	
SOLIDOS TOTALES	mg/L	550	356	-	-	1708	1030,8	200	
TEMPERATURA	°C	28,9	28,5	29,2	31,8	28,5	32,5	40	
TURBIDEZ	-	-	-	-	-	76,2	42	Analisis y reporte	
COLIFORMES FECALES	NMP /100 mL	76000	26000	4800000	200000	-	-	5000	Decreto 1076 de 2015, art 2.2.3.3.9.5. paragrafo 1
COLIFORMES TOTALES	NMP /100 mL	10112000	4352000	35000000	200000	-	-	1000	

Fuente. Autores (2019)

La DBO<sub>5</sub> para los muestreos 1, 2 y 3 está por encima de la norma 0631 de 2015 en la entrada de la PTAR, y en la salida de la PTAR para los 3 muestreos está por debajo de la norma, lo que nos lleva a apreciar que la remoción de la materia orgánica biodegradable se está desarrollando dentro de lo normal con eficiencias del 70%, 89% y 84% respectivamente para los tres muestreos, el Decreto 1076 de 2015 para uso agrícola, artículo 2.2.3.3.9.14 establece remociones >80% de DBO<sub>5</sub>.

La DQO se encuentra por encima de lo establecido por la resolución 0631 de 2015, a pesar que en el muestreo 2 se obtuvieron valores por debajo en comparación del muestreo 1 y 3, lo que nos conlleva a pensar que la remoción de este parámetro no se viene realizando en el sistema de tratamiento de las aguas residuales actualmente y en el transcurrir del tiempo. La materia no biodegradable no se está removiendo y los procesos no vienen siendo efectivo, contrario a la DBO<sub>5</sub>.

El fósforo total en el muestreo 1 y 2 tuvo un descenso en su concentración, quiere decir que se viene removiendo parte de este contaminante, no se pudo realizar el muestreo 3 por no tener materiales para su obtención.

Para grasas y aceites los muestreos estuvieron por debajo del valor permitido por la resolución 0631 de 2015, a excepción en la entrada del muestreo 2, pero se puede entender que las aguas están cumpliendo bajo este parámetro.

Los nitratos en los muestreos 1 y 2 no son significativos, están casi por debajo de la detección del método de obtención, y los NTK tienen un leve crecimiento entre el muestreo 1 y 2, no se desarrolló la obtención para el muestreo 3 por no tener materiales.

El pH está dentro de la norma legal vigente para los tres muestreos, obteniendo resultados satisfactorios para la supervivencia de bacterias y microorganismos que desarrollan la degradación de la materia orgánica.

Los sólidos sedimentables están cumplimiento el valor permisible de la resolución 0631 de 2015, por debajo de los 5ml/L, lo que conlleva a inferir que el tratamiento para la remoción de estos solidos es óptimo bajo el análisis de los tres muestreos.

Para los sólidos suspendidos totales están por encima de la norma, tanto los muestreos 1 y 2, solo en el muestreo 3 en la salida se observa que están por debajo de los 90 mg/L que exige la resolución 0631 de 2015. Quiere decir que a pesar que muchos solidos se sedimentan gran parte de los que se presentan en el afluente no son removidos por la PTAR.

Los sólidos totales están por encima de la resolución 0631 de 2015 y tienen poca remoción dentro de los muestreos 1 y 3, las variaciones entre entrada y salida son muy bajas 30% muestreo 1 y 40% para el muestreo 2. Cuando dentro del Decreto 1076 de 2015, art 2.2.3.3.9.5. Para uso agrícola exige un 80% de remoción.

La temperatura está dentro de la norma legal vigente para los tres muestreos, y es la apta para que los microorganismos desarrollen la descomposición de la materia y la autodepuración del efluente y la garantía para el uso agrícola aguas debajo de la PTAR.

Los Coliformes totales y fecales están por encima de la norma, ocasionando una contaminación alta en el cuerpo receptor y para el uso aguas abajo (agrícola), conociendo que estas aguas son utilizadas para el riego de cultivos de palma, valores que están por encima del Decreto 1076 de 2015, art 2.2.3.3.9.5. Parágrafo

1

### **Análisis dentro de los objetivos de calidad**

Los objetivos planteados por la Corporación Autónoma Regional del Cesar CORPOCESAR en el acuerdo 008 del 26 de abril de 2017, estableció para el casco urbano de Agustín Codazzi las metas globales e individuales de reducción de carga contaminante para el año 2018, para la cabecera municipal será de (156103 kg/año de DBO<sub>5</sub> y SST), actualmente para el año 2019 no hay metas globales e individuales de reducción de carga contaminante presentadas por la Corporación, por lo tanto seguiremos trabajando sobre las metas globales e individuales de reducción de carga del año 2018.

Basados en el análisis multitemporal al proyectar los resultados obtenidos de DBO<sub>5</sub> y SST dentro del muestreo 3 en la salida (215mg/L de DBO<sub>5</sub> y 124mg/L SST) y un caudal en la entrada de 70L/s la carga fue de (19775,7 kg/año de DBO<sub>5</sub> y 11405,52kg/año SST). Cumpliendo con lo establecido por las metas planteadas para el 2017, pero cabe destacar que eso sería para un horizonte a corto plazo (los dos primeros años) y las normas se vuelven más exigente en el transcurso del tiempo y obliga a las empresas prestadoras del servicio público de alcantarillado y el manejo de las aguas residuales a tomar medidas que mitiguen los impactos causados por estas fuentes de contaminación.

#### **7.5.5 Resultados de análisis de los parámetros físico químicos de la fuente receptora - caño Las Culebras (aguas arriba y aguas abajo)**

Dentro del protocolo de muestreo aplicado se realizó:

Tipo de muestreo: El muestreo realizado fue de forma manual, con obtención de muestras por cada lapso de tiempo (intervalos de tiempos de 1 hora) 30 metros aguas arriba y 30 metros aguas abajo del punto de referencia la descarga o efluente de la PTAR. El muestreo fue de tipo compuesto.

Frecuencia del muestreo: Las muestras tomadas se realizaron en intervalos de tiempo de 1 hora, con una duración de 8 horas. El horario de muestreo fue desde las 8:00am hasta las 4:00pm. El muestreo fue realizado el día 20 de Octubre de 2019.

Descripción del muestreo: Para la recolección de las muestras fue utilizado recipiente de 5 litros, uno para la muestra de aguas arriba y otro para la muestra aguas abajo, con el fin de garantizar las condiciones del estudio. Estos recipientes fueron almacenados en una caba de icopor con hielo para mantener la temperatura optima y no alterar los parámetros, la cual fue llevada hasta el laboratorio de la Universidad Popular del Cesar, para su respectivo análisis. El parámetro de Temperatura fue tomado In Situ (Ver Anexos).

Georreferencia: Las coordenadas de aguas arriba (latitud 10,04277 y longitud -73,25876) y de aguas abajo (latitud 10,04289 y longitud -73,259012).

Para la obtención de los resultados de los parámetros de DQO, DBO5, SST, SD, SOLIDOS TOTALES, TURBIDEZ y pH, se realizó el respectivo procedimiento en el laboratorio de ingeniería ambiental y sanitaria.

#### **7.5.5.1 Resultados de análisis de los parámetros físico químicos fuente receptora, aguas arriba y aguas abajo del punto de referencia o efluente de la PTAR.**

##### **DQO**

Para la determinación de la DQO se empleó el método de flujo cerrado, se realizó el procedimiento plasmado dentro de la metodología del presente proyecto obteniendo los siguientes resultados.

$$DQO \text{ (Aguas arriba)} = \frac{(0,7ml - 0,3ml) * (0,10M) * (8000)}{2ml} = 160mg/l$$

$$\frac{160mg}{l} * 6 = 960mg/l$$

6= factor de dilución

$$DQO \text{ (Aguas abajo)} = \frac{(0,7ml - 0,4ml) * (0,10M) * (8000)}{2ml} = 120mg/l$$

$$\frac{120mg}{l} * 6 = 720mg/l$$

6= factor de dilución

### **DBO<sub>5</sub>**

$$DBO_5 \text{ (Aguas arriba)} = 0,5 * \frac{960mg}{l} = 480mg/l$$

$$DBO_5 \text{ (Aguas abajo)} = 0,5 * \frac{720mg}{l} = 360mg/l$$

Para los datos de aguas arriba se tomó 97ml de muestra para los 5 días en el Oxitop, y para los datos de aguas abajo se tomó 164ml de muestra para los 5 días en el Oxitop.

Tabla 16. DBO5 de aguas arriba y aguas debajo de la fuente receptora (caño Las Culebras)

DÍA	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO
1	12	09
2	13	10
3	10	08
4	10	11
5	09	10

Fuente. Autores (2019)

EL factor de dilución para aguas arriba es de 20 y para aguas abajo es de 10 según tabla 1.

$$\frac{mg}{L} DBO5(\text{aguas arriba}) = (9 * 20) = 180mg/l$$

$$\frac{mg}{L} DBO5(\text{aguas abajo}) = (10 * 10) = 100mg/l$$

## **SOLIDOS TOTALES Y SOLIDOS VOLATILES**

### **AGUAS ARRIBA**

Se lavó con agua destilada el crisol de 50ml, luego se secó y se llevó a la mufla por 15 minutos, posteriormente fue sacado y pesado en una balanza el arrojo como peso P1=48,427g. Se usó un volumen de muestra de 25ml, luego se agregó el volumen de muestra en el crisol y fue llevado al horno por 1 hora, posteriormente fue sacado y llevado para tomar su peso, el cual nos dio P2=48,8573g. Para finalizar la misma capsula o crisol fue llevado por 5 minutos nuevamente a la mufla.

El cual fue retirado y enfriado, fue llevado a la balanza y se tomó su peso nuevamente, el cual nos resultó P3=48,7634g.

$$ST(A. ARRIBA) = \left[ \frac{(P2 - P1)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(48,8573 - 48,427)}{25} \right] x 10^6 = 17212mg/l$$

$$SV(A. ARRIBA) = \left[ \frac{(P2 - P3)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(48,8573 - 48,7634)}{25} \right] x 10^6 = 3756mg/l$$

### AGUAS ABAJO

Se lavó con agua destilada el crisol de 50ml, luego se secó y se llevó a la mufla por 15 minutos, posteriormente fue sacado y pesado en una balanza el arrojo como peso P1=48,423g. Se usó un volumen de muestra de 25ml, luego se agregó el volumen de muestra en el crisol y fue llevado al horno por 1 hora, posteriormente fue sacado y llevado para tomar su peso, el cual nos dio P2=48,9178g. Para finalizar la misma capsula o crisol fue llevado por 5 minutos nuevamente a la mufla, el cual fue retirado y enfriado, fue llevado a la balanza y se tomó su peso nuevamente, el cual nos resultó P3=48,8775g.

$$ST(A. ABAJO) = \left[ \frac{(P2 - P1)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(48,9178 - 48,423)}{25} \right] x 10^6 = 19792mg/l$$

$$SV(A. ABAJO) = \left[ \frac{(P2 - P3)}{Vm} \right] x 10^6 = \left[ \frac{(48,9178 - 48,8775)}{25} \right] x 10^6 = 1612mg/l$$

### SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

#### AGUAS ARRIBA

Se enjuago el papel filtro con agua destilada, el papel fue llevado a la mufla por 5 minutos y luego fue retirado y dejado a temperatura ambiente.

Se llevó a la balanza analítica y se tomó lectura  $P1=2,8586g$ , posteriormente se agregan los 25 ml de volumen de muestra y es llevado a la mufla por 1 hora, nuevamente se saca y se deja enfriar y es pesado en la balanza arrojando un peso de  $P2=2,8687g$ .

$$SST \left( \frac{mg}{L} \right) = \left[ \frac{(P2 - P1)}{Vm} \right] \times 10^6 = \left[ \frac{(2,8687 - 2,8586)}{25} \right] \times 10^6 = 404mg/l$$

### AGUAS ABAJO

Se enjuago el papel filtro con agua destilada, el papel fue llevado a la mufla por 5 minutos y luego fue retirado y dejado a temperatura ambiente, se llevó a la balanza analítica y se tomó lectura  $P1=2,8584g$ , posteriormente se agregan los 25 ml de volumen de muestra y es llevado a la mufla por 1 hora, nuevamente se saca y se deja enfriar y es pesado en la balanza arrojando un peso de  $P2=2,8657g$ .

$$SST \left( \frac{mg}{L} \right) = \left[ \frac{(P2 - P1)}{Vm} \right] \times 10^6 = \left[ \frac{(2,8657 - 2,8584)}{25} \right] \times 10^6 = 292mg/l$$

### SOLIDOS SEDIMENTABLES

#### AGUAS ARRIBA

Se tomó 1Litro de muestra agitada y se agregó al cono imhoff por 1 hora, luego se tomó lectura en la escala de graduación del cono, dándonos como resultado 0,5ml/L.

## AGUAS ABAJO

Se tomó 1 Litro de muestra agitada y se agregó al cono imhoff por 1 hora, luego se tomó lectura en la escala de graduación del cono, dándonos como resultado 0,002ml/L.

## PH, TURBIDEZ Y TEMPERATURA

La turbidez aguas arriba fue de 52,2NTU y aguas abajo fue de 21,3NTU, esta fue tomada en volúmenes de muestra de 50ml. Para la medición del pH se tomó un volumen de muestra de 40ml y con un Phmetro se tomó lectura dando como resultado 7,57 en la muestra representativa de aguas abajo y 7,61 a la muestra representativa aguas arriba. La temperatura se tomó In Situ, para aguas abajo 28,8 °C y aguas arriba 35,3°C.

## Análisis de los parámetros físico, químicos y microbiológicos de la fuente receptora

Se puede apreciar que los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO, SOLIDOS SUSPENDIDO TOTALES, SOLIDOS TOTALES están por encima de los valores permisibles de la resolución 0631 de 2015, y la no garantía del cumplimiento de la misma, tanto para aguas arriba como para aguas abajo.

Se evidencia que los parámetros de pH, SOLIDOS SEDIMENTABLES, temperatura, están cumpliendo con lo establecido por la resolución 0631 de 2015, tanto para aguas arriba como para aguas abajo.

El parámetro de Turbidez a pesar que se denota que está siempre alto para consumo humano, no se puede comparar con la norma, pero se puede inferir que

debido al uso agrícola de las aguas después de la PTAR (aguas abajo) están dentro de la tolerancia para el riego de los cultivos.

Tabla 17. Parámetros físico, químicos y microbiológicos en la fuente receptora (Caño Las Culebras)

PARAMETRO	UNIDADES	MUESTREOS		DECRETO 1076 DE 2015		NORMA (RESOLUCIÓN 0631 DE 2015, ART 8)	OBSERVACIONES
		CAÑO LAS CULEBRAS		Criterios de calidad para uso agrícola (ARTÍCULO 2.2.3.3.9.5)	Tratamiento convencional y criterios de calidad para consumo humano y doméstico (ARTÍCULO 2.2.3.3.9.3.)		
		AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO				
DBO5	mg O2/L	180	100	-	-	90	Por encima de la RES. 0631
DQO	mg O2/L	960	720	-	-	180	Por encima de la RES. 0631
FOSFORO TOTAL	mg P/L	-	-	-	-	Analisis y reporte	
GRASAS Y ACEITES	mg/L	-	-	-	-	20	
NITRATOS	mg N-NO3/L (A)	-	-	-	10	Analisis y reporte	
NTK	mg N/L	-	-	-	-	Analisis y reporte	
OD	mg O2/L	-	-	-	-	>5	
PH	unidades de pH	7,57	7,61	4,5-9,0	5,0 - 9,0	6,00 a 9,00	Cumple las normas
SOLIDOS SEDIMENTABLES	m/L	0,5	0,002	-	-	5	Cumple las normas
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	404	292	-	-	90	Por encima de la RES. 0631
SOLIDOS TOTALES	mg/L	17212	19792	-	-	200	Por encima de la RES. 0631
TEMPERATURA	°C	28,8	35,3	-	-	40	Cumple las normas
TURBIDEZ	UNT	52,2	21,3	-	10	Analisis y reporte	Estan bastante altas
COLIFORMES FECALES	NMP /100 mL	-	-	1000	1000	1000	
COLIFORMES TOTALES	NMP /100 mL	-	-	5000	20000	5000	

Fuente. Autores (2019)

## 7.5.6 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

La población fue proyectada por tres métodos de proyección. Método aritmético, método geométrico y el método exponencial, donde se pudo encontrar que las diferencias significativas eran mínimas, donde posteriormente fue promediado la población para encontrar una representativa y ajustada al contexto real, las tasas de crecimiento fueron calculadas con respecto a los censos poblacionales desarrollados por el DANE. Cabe destacar que fue proyectada la población desde el último censo (año 2005) hasta el año presente (2019), y luego proyectado a 30 años, horizonte que es calculado la mayoría de obras de sistema de alcantarillado bajo el reglamento técnico de agua potable RAS 2010.

La población al año de horizonte fue de 85933 habitante, el cual nos lleva a predecir que, dentro del año de horizonte de la red de alcantarillado, el nivel de complejidad del sistema es ALTO.

Tabla 18. Proyección de población

CABECERA POBLACIÓN									
Método Aritmético			Método Geométrico			Método Exponencial			Promedio
Población	PF	P+PF	Población	PF	P+PF	Población	PF	P+PF	Población
[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]	[Hab.]
38565	6942	45507	38565	6942	45507	38565	6942	45507	45507
39125	7043	46168	39185	7053	46238	39180	7052	46232	46213
39685	7143	46828	39815	7167	46982	39806	7165	46971	46927
40245	7244	47489	40456	7282	47738	40442	7280	47722	47650
40805	7345	48150	41106	7399	48505	41088	7396	48484	48380
41365	7446	48811	41768	7518	49286	41744	7514	49258	49118
41925	7547	49472	42440	7639	50079	42411	7634	50045	49865
42485	7647	50132	43122	7762	50884	43088	7756	50844	50620
43045	7748	50793	43816	7887	51703	43776	7880	51656	51384
43605	7849	51454	44521	8014	52535	44475	8006	52481	52156
44165	7950	52115	45237	8143	53380	45186	8133	53319	52938
44725	8051	52776	45965	8274	54239	45907	8263	54170	53728
45285	8151	53436	46704	8407	55111	46641	8395	55036	54528

45845	8252	54097	47455	8542	55997	47386	8529	55915	55336
46405	8353	54758	48219	8679	56898	48142	8666	56808	56155
46965	8454	55419	48994	8819	57813	48911	8804	57715	56982
47525	8555	56080	49783	8961	58744	49692	8945	58637	57820
48085	8655	56740	50583	9105	59688	50486	9087	59573	58667
48645	8756	57401	51397	9251	60648	51292	9233	60525	59525
49205	8857	58062	52224	9400	61624	52112	9380	61492	60393
49765	8958	58723	53064	9552	62616	52944	9530	62474	61271
50325	9059	59384	53918	9705	63623	53789	9682	63471	62159
50885	9159	60044	54785	9861	64646	54648	9837	64485	63058
51445	9260	60705	55666	10020	65686	55521	9994	65515	63969
52005	9361	61366	56562	10181	66743	56408	10153	66561	64890
52565	9462	62027	57472	10345	67817	57309	10316	67625	65823
53125	9563	62688	58396	10511	68907	58224	10480	68704	66766
53685	9663	63348	59335	10680	70015	59154	10648	69802	67722
54245	9764	64009	60290	10852	71142	60099	10818	70917	68689
54805	9865	64670	61260	11027	72287	61059	10991	72050	69669
55365	9966	65331	62245	11204	73449	62034	11166	73200	70660
55925	10067	65992	63247	11384	74631	63025	11345	74370	71664
56485	10167	66652	64264	11568	75832	64031	11526	75557	72680
57045	10268	67313	65298	11754	77052	65054	11710	76764	73709
57605	10369	67974	66348	11943	78291	66093	11897	77990	74751
58165	10470	68635	67415	12135	79550	67148	12087	79235	75806
58725	10571	69296	68500	12330	80830	68221	12280	80501	76875
59285	10671	69956	69602	12528	82130	69310	12476	81786	77957
59845	10772	70617	70721	12730	83451	70417	12675	83092	79053
60405	10873	71278	71859	12935	84794	71542	12878	84420	80164
60965	10974	71939	73015	13143	86158	72685	13083	85768	81288
61525	11075	72600	74190	13354	87544	73845	13292	87137	82427
62085	11175	73260	75383	13569	88952	75025	13505	88530	83581
62645	11276	73921	76596	13787	90383	76223	13720	89943	84749
63205	11377	74582	77828	14009	91837	77440	13939	91379	85933

Fuente. Autores (2019)

## 7.5.7 PROYECCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE

Las proyecciones de carga contaminante se realizaron para el corto plazo, contado desde la presentación del PSMV hasta el segundo año; mediano plazo, contado

desde el segundo año al quinto año, y el largo plazo, contado desde el quinto año hasta el décimo año, de acuerdo con lo estipulado en la resolución 1433 de 2004, para un horizonte de planeación de 10 años.

Los parámetros de análisis para la elaboración de las proyecciones de carga contaminante, serán las de objeto de cobro por tasas retributivas, es decir, DBO<sub>5</sub> y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

El nivel de complejidad del sistema es ALTO, La dotación por habitantes para un clima cálido es de 135 L/hab-día. La densidad es de 85 hab/Ha. El coeficiente de retorno es de 0,8. Caudal residual comercial (0,5L/s-ha), Caudal doméstico industrial (1,5 L/s-ha), Caudal doméstico institucional (0,5 L/s-ha). Para la proyección de la carga contaminante tomaremos el resultado de los SST y DBO<sub>5</sub> del muestreo 3 en la entrada y salida de la PTAR.

Tabla 19. Proyección de las aguas residuales del casco urbano del municipio de Agustín Codazzi

PROYECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE AGUSTIN CODAZZI													
AÑO	Promedio	Dotación (L/hab- día)	Densidad (hab/ha)	Caudal doméstico residual (L/s)	Caudal residual comercial (L/s-ha)	Caudal doméstico industrial (L/s-ha)	Caudal doméstico institucional (L/s-ha)	Qmd (L/s)	Factor de Mayoración	QMH (L/s)	Caudal Conexiones erradas (L/s-ha)	Caudal Infiltración (L/s-ha)	Caudal diseño (L/s)
	Población [Hab.]												
2005	45507	135	85	56,88	0,50	1,50	0,50	59,38	1,064	63,05	0,2	0,3	63,55
2006	46213	135	85	57,77	0,50	1,50	0,50	60,27	1,064	63,96	0,2	0,3	64,46
2007	46927	135	85	58,66	0,50	1,50	0,50	61,16	1,063	64,88	0,2	0,3	65,38
2008	47650	135	85	59,56	0,50	1,50	0,50	62,06	1,063	65,81	0,2	0,3	66,31
2009	48380	135	85	60,47	0,50	1,50	0,50	62,97	1,063	66,75	0,2	0,3	67,25
2010	49118	135	85	61,40	0,50	1,50	0,50	63,90	1,062	67,71	0,2	0,3	68,21
2011	49865	135	85	62,33	0,50	1,50	0,50	64,83	1,062	68,67	0,2	0,3	69,17
2012	50620	135	85	63,28	0,50	1,50	0,50	65,78	1,061	69,64	0,2	0,3	70,14
2013	51384	135	85	64,23	0,50	1,50	0,50	66,73	1,061	70,63	0,2	0,3	71,13
2014	52156	135	85	65,20	0,50	1,50	0,50	67,70	1,060	71,62	0,2	0,3	72,12
2015	52938	135	85	66,17	0,50	1,50	0,50	68,67	1,060	72,63	0,2	0,3	73,13
2016	53728	135	85	67,16	0,50	1,50	0,50	69,66	1,059	73,65	0,2	0,3	74,15
2017	54528	135	85	68,16	0,50	1,50	0,50	70,66	1,059	74,68	0,2	0,3	75,18
2018	55336	135	85	69,17	0,50	1,50	0,50	71,67	1,059	75,72	0,2	0,3	76,22
2019	56155	135	85	70,19	0,50	1,50	0,50	72,69	1,058	76,77	0,2	0,3	77,27
2020	56982	135	85	71,23	0,50	1,50	0,50	73,73	1,058	77,84	0,2	0,3	78,34
2021	57820	135	85	72,28	0,50	1,50	0,50	74,78	1,057	78,91	0,2	0,3	79,41
2022	58667	135	85	73,33	0,50	1,50	0,50	75,83	1,057	80,00	0,2	0,3	80,50
2023	59525	135	85	74,41	0,50	1,50	0,50	76,91	1,056	81,11	0,2	0,3	81,61
2024	60393	135	85	75,49	0,50	1,50	0,50	77,99	1,056	82,22	0,2	0,3	82,72
2025	61271	135	85	76,59	0,50	1,50	0,50	79,09	1,056	83,35	0,2	0,3	83,85
2026	62159	135	85	77,70	0,50	1,50	0,50	80,20	1,055	84,49	0,2	0,3	84,99
2027	63058	135	85	78,82	0,50	1,50	0,50	81,32	1,055	85,65	0,2	0,3	86,15

2028	63969	135	85	79,96	0,50	1,50	0,50	82,46	1,054	86,82	0,2	0,3	87,32
2029	64890	135	85	81,11	0,50	1,50	0,50	83,61	1,054	88,00	0,2	0,3	88,50
2030	65823	135	85	82,28	0,50	1,50	0,50	84,78	1,054	89,20	0,2	0,3	89,70
2031	66766	135	85	83,46	0,50	1,50	0,50	85,96	1,053	90,41	0,2	0,3	90,91
2032	67722	135	85	84,65	0,50	1,50	0,50	87,15	1,053	91,64	0,2	0,3	92,14
2033	68689	135	85	85,86	0,50	1,50	0,50	88,36	1,053	92,88	0,2	0,3	93,38
2034	69669	135	85	87,09	0,50	1,50	0,50	89,59	1,052	94,14	0,2	0,3	94,64
2035	70660	135	85	88,32	0,50	1,50	0,50	90,82	1,052	95,41	0,2	0,3	95,91
2036	71664	135	85	89,58	0,50	1,50	0,50	92,08	1,052	96,70	0,2	0,3	97,20
2037	72680	135	85	90,85	0,50	1,50	0,50	93,35	1,051	98,00	0,2	0,3	98,50
2038	73709	135	85	92,14	0,50	1,50	0,50	94,64	1,051	99,32	0,2	0,3	99,82
2039	74751	135	85	93,44	0,50	1,50	0,50	95,94	1,050	100,65	0,2	0,3	101,15
2040	75806	135	85	94,76	0,50	1,50	0,50	97,26	1,050	102,01	0,2	0,3	102,51
2041	76875	135	85	96,09	0,50	1,50	0,50	98,59	1,050	103,38	0,2	0,3	103,88
2042	77957	135	85	97,45	0,50	1,50	0,50	99,95	1,049	104,76	0,2	0,3	105,26
2043	79053	135	85	98,82	0,50	1,50	0,50	101,32	1,049	106,17	0,2	0,3	106,67
2044	80164	135	85	100,20	0,50	1,50	0,50	102,70	1,049	107,59	0,2	0,3	108,09
2045	81288	135	85	101,61	0,50	1,50	0,50	104,11	1,048	109,03	0,2	0,3	109,53
2046	82427	135	85	103,03	0,50	1,50	0,50	105,53	1,048	110,49	0,2	0,3	110,99
2047	83581	135	85	104,48	0,50	1,50	0,50	106,98	1,048	111,97	0,2	0,3	112,47
2048	84749	135	85	105,94	0,50	1,50	0,50	108,44	1,047	113,46	0,2	0,3	113,96
2049	85933	135	85	107,42	0,50	1,50	0,50	109,92	1,047	114,98	0,2	0,3	115,48

Fuente. Autores (2019)

Tabla 20. Proyección de carga contaminante de las aguas residuales Agustín Codazzi

PROYECCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE DE LAS AGUAS RESIDUALES AGUSTIN CODAZZI										
AÑO	Promedio	QMH (L/s)	ENTRADA PTAR				SALIDA PTAR			
	Población		SST (mg/l)	DBO5 (mg/l)	SST (Kg/día)	DBO5 (Kg/día)	SST (mg/l)	DBO5 (mg/l)	SST (Kg/día)	DBO5 (Kg/día)
	[Hab.]									
2005	45507	63,05	124	215	675,47	1171,18	35	32	190,66	174,31
2006	46213	63,96	124	215	685,23	1188,11	35	32	193,41	176,83
2007	46927	64,88	124	215	695,11	1205,23	35	32	196,20	179,38
2008	47650	65,81	124	215	705,10	1222,55	35	32	199,02	181,96
2009	48380	66,75	124	215	715,19	1240,04	35	32	201,87	184,56
2010	49118	67,71	124	215	725,39	1257,74	35	32	204,75	187,20
2011	49865	68,67	124	215	735,71	1275,63	35	32	207,66	189,86
2012	50620	69,64	124	215	746,13	1293,70	35	32	210,60	192,55
2013	51384	70,63	124	215	756,68	1311,99	35	32	213,58	195,27
2014	52156	71,62	124	215	767,34	1330,47	35	32	216,59	198,02
2015	52938	72,63	124	215	778,13	1349,18	35	32	219,63	200,81
2016	53728	73,65	124	215	789,03	1368,08	35	32	222,71	203,62
2017	54528	74,68	124	215	800,06	1387,21	35	32	225,82	206,47
2018	55336	75,72	124	215	811,22	1406,55	35	32	228,97	209,35
2019	56155	76,77	124	215	822,50	1426,11	35	32	232,16	212,26
2020	56982	77,84	124	215	833,91	1445,89	35	32	235,38	215,20
2021	57820	78,91	124	215	845,45	1465,91	35	32	238,64	218,18
2022	58667	80,00	124	215	857,13	1486,15	35	32	241,93	221,19
2023	59525	81,11	124	215	868,94	1506,64	35	32	245,27	224,24
2024	60393	82,22	124	215	880,90	1527,37	35	32	248,64	227,33
2025	61271	83,35	124	215	892,99	1548,33	35	32	252,05	230,45
2026	62159	84,49	124	215	905,23	1569,55	35	32	255,51	233,61
2027	63058	85,65	124	215	917,61	1591,01	35	32	259,00	236,80
2028	63969	86,82	124	215	930,13	1612,73	35	32	262,54	240,03
2029	64890	88,00	124	215	942,81	1634,72	35	32	266,12	243,31
2030	65823	89,20	124	215	955,65	1656,97	35	32	269,74	246,62
2031	66766	90,41	124	215	968,63	1679,47	35	32	273,40	249,97
2032	67722	91,64	124	215	981,77	1702,26	35	32	277,11	253,36
2033	68689	92,88	124	215	995,07	1725,33	35	32	280,87	256,79
2034	69669	94,14	124	215	1008,54	1748,67	35	32	284,67	260,27
2035	70660	95,41	124	215	1022,16	1772,30	35	32	288,51	263,78
2036	71664	96,70	124	215	1035,96	1796,22	35	32	292,41	267,35

2037	72680	98,00	124	215	1049,92	1820,43	35	32	296,35	270,95
2038	73709	99,32	124	215	1064,06	1844,95	35	32	300,34	274,60
2039	74751	100,65	124	215	1078,38	1869,77	35	32	304,38	278,29
2040	75806	102,01	124	215	1092,86	1894,89	35	32	308,47	282,03
2041	76875	103,38	124	215	1107,54	1920,34	35	32	312,61	285,82
2042	77957	104,76	124	215	1122,40	1946,10	35	32	316,81	289,65
2043	79053	106,17	124	215	1137,44	1972,18	35	32	321,05	293,53
2044	80164	107,59	124	215	1152,68	1998,60	35	32	325,35	297,47
2045	81288	109,03	124	215	1168,11	2025,35	35	32	329,71	301,45
2046	82427	110,49	124	215	1183,73	2052,44	35	32	334,12	305,48
2047	83581	111,97	124	215	1199,56	2079,88	35	32	338,59	309,56
2048	84749	113,46	124	215	1215,59	2107,67	35	32	343,11	313,70
2049	85933	114,98	124	215	1231,82	2135,81	35	32	347,69	317,89

Fuente. Autores (2019)

Para hacer las proyecciones de la DBO<sub>5</sub>, se utilizó los resultados obtenidos por la caracterización realizadas al sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Agustín Codazzi, muestreo 3, entrada y salida de la PTAR. Para las proyecciones de carga contaminante se utilizó el caudal máximo horario proyectado.

## **7.6 SISTEMA DE TRATAMIENTO, PROGRAMAS Y ACTIVIDADES QUE PERMITAN DAR CUMPLIMIENTO A LA NORMATIVIDAD DE VERTIMIENTOS.**

En el análisis de opciones de estrategias, siendo concordante con la metodología para la formulación del PSMV, se intervendrá prioritariamente las variables activas ya que tienen efectos importantes sobre los componentes del sistema. Es de entender que las variables reactivas se emplean como indicadores de cambio y eficiencia.

De acuerdo al análisis de la situación actual y a un sistema de tratamiento, programas y actividades que cumpla con la normatividad legal vigente, podemos proponer mejoramientos en los siguientes componentes y procesos:

### Variables activas

- Tipo de alcantarillado
- Cobertura del sistema de alcantarillado
- Aporte de contaminación doméstica

Las variables reactivas que se utilizan como indicadores de cambio y eficiencia de las intervenciones, actúan como variables de control; las variables de esta clase definidas son:

- Objetivos de Calidad de la fuente receptora
- Usos de la fuente receptora
- Calidad de la fuente receptora

De acuerdo al análisis se consideran variables de alto riesgo, la siguiente:

- Capacidad del sistema de tratamiento de agua residual

Las variables indiferentes sirven de ámbito de experimentación, puesto que cualquier intervención sobre ellas no generara mayor efecto sobre el sistema.

La recolección solo de las aguas residuales domesticas se realiza por medio de un sistema de alcantarillado sanitario. En este sentido, traslada y vierte las aguas residuales recogidas al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas, a través de lagunas anaeróbicas, facultativas y de maduración, sigue vertiendo finalmente sus aguas residuales con tratamiento que garantiza la remoción de las cargas contaminantes en el Caño de Las Culebras. Lo que se refleja en el costo de pago de sus tasas retributivas por vertimientos puntuales.

La eficiencia en el tratamiento de los vertimientos líquidos urbanos, aunque esta truncado, se espera la optimización del sistema de lagunas, también la cobertura del alcantarillado sanitario para el sector urbano que no ha alcanzado el 100%.

### **7.6.1 Ejes de la estrategia**

Para lograr el objetivo se deben determinar las áreas de intervención, en este sentido las variables activas se constituyen en los pilares de la estrategia y los ámbitos donde habría que actuar primero y de manera conjunta.

En nuestro caso corresponden:

**Tipo de alcantarillado:** Para el tipo de alcantarillado se tiene previsto la construcción del sistema de alcantarillado pluvial.

**Cobertura del sistema de alcantarillado:** En el municipio se tiene una cobertura de alcantarillado del 80%; y debido a que gran parte de las viviendas continúan utilizando pozos sépticos para la evacuación de las aguas residuales pese a contar con colectores donde podrían conectarse. Se hace necesario prestar apoyo a los suscriptores para realizar las conexiones y alcanzar así por lo menos el 90% de cobertura. Para el alcantarillado pluvial se espera alcanzar un 100% de cobertura en el casco urbano en los próximos 5 años.

**Aporte de contaminación doméstica:** Se plantea un programa de disminución de conexiones erradas de las aguas de esorrentías al sanitario. Se plantea la estructuración de un programa completo de mantenimiento y reparación de las redes de alcantarillado.

## 7.7 DISEÑO DE NUEVAS METAS, OBJETIVOS DEL PSMV

Los objetivos son el estado futuro que a través de la implementación de cualquier ejercicio de planificación (Plan, Programa o proyecto), se quiere lograr. Estos se pueden formular como el efecto generado a nivel de un grupo preciso de beneficiarios en un tiempo determinado, o como el cambio que se aspira a lograr en un sistema o ambiente natural, o social.

**Finalidad del PSMV.** El Caño de las Culebras que sirve de receptor al sistema de alcantarillado urbano del municipio de Agustín Codazzi, previo paso por el sistema de tratamiento, no tiene la capacidad necesaria para sustentar los usos y aportar de reducción de los parámetros establecidos por la resolución 0631 de 2015 y el mantenimiento en el tiempo del mejoramiento de las metas y objetivos de calidad definidos por CORPOCESAR, ya que en algunos parámetros físico químicos y microbiológicos la eficiencia del sistema de Lagunas de Oxidación es deficiente al no operar de manera adecuada.

### 7.7.1 Objetivos específicos o productos del PSMV (Objetivos de reducción)

Tabla 21. Objetivos de reducción de la contaminación

<b>OBJETIVOS</b>	<b>CORTO PLAZO (0-2 años)</b>	<b>MEDIANO PLAZO (2-5 años)</b>	<b>LARGO PLAZO (5-10 años)</b>	<b>INVERSIÓN (\$)</b>
P1. Objetivo de reducción de los vertimientos puntuales sobre el caño Las Culebras correspondiente al casco urbano de Agustín Codazzi	Reducción en un 50% los vertimientos puntuales sobre el caño Las Culebras	Eliminar todo los vertimientos puntuales sobre el Caño Las Culebras.	Optimizar la red de alcantarillado para que se dé un adecuado funcionamiento.	320.000.000
P2. Fortalecimiento de la empresa EMCODAZZI	El sistema de acueducto del municipio cuenta con sistema de macromedición	La cobertura del sistema de alcantarillado sanitario será del 90% para el mediano plazo	El sistema de acueducto del municipio cuenta con sistema de micromedición en el 100% del casco urbano	2.200.000.000

P3. Programa de ahorro y uso eficiente del agua según Ley 373 de 1997 en el año 2009	Sensibilizar en un 10% la población directa.	Sensibilizar en un 50% la población directa con el programa.	Mantener el proceso con mejora continua.	300.000.000
P4. Puesta en marcha del sistema alcantarillado pluvial	Diseño del sistema de alcantarillado de aguas lluvias al 100%	Construcción del sistema de alcantarillado de aguas lluvias al 100%	Desarrollo de programas de mantenimiento y reparaciones de redes del sistema de alcantarillado cada dos años.	3.400.000.000

Fuente. Autores (2019)

### 7.7.2 Plan de acción y fuentes de financiación

El plan operativo y de acción teniendo en cuenta los objetivos específicos, el periodo de ejecución, los costos de inversión, indicadores de acción y fuentes de financiación:

Se incorporarán las fuentes de recursos financieros que apliquen, como pueden ser:

- Tarifas cobradas a los usuarios.
- Aportes de la Nación por Audiencias (según Ley 812 de 2003).
- Aportes de la Gobernación sistema general de participaciones
- Recursos de CORPOCESAR (Tasa Retributiva).
- Fondo Nacional de Regalías
- Otras (Cooperación internacional, canje de deuda por inversión ambiental, exenciones tributarias, entre otros aportes).

### 7.8 SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PSMV

**Establecimiento de indicadores.** Los indicadores son los parámetros acordados para medir el grado de logro de los productos (objetivos específicos), del objetivo y de la finalidad, así como el cumplimiento de las actividades. Deben ser objetivamente verificables, es decir, varias personas, independientemente, siguiendo las instrucciones de medición establecidas, llegan al mismo resultado.

**Las fuentes de verificación.** Son los medios con los que se reúnen los datos necesarios para medir los indicadores. Pueden describir el tipo de datos, las fuentes de información o los métodos de recopilación. Las fuentes de verificación indican donde encontrar la prueba de que el objetivo ha sido alcanzado.

**El monitoreo.** El Monitoreo es el examen continuo de la ejecución de las actividades para asegurar que progresen de acuerdo con la planificación trazada,

analizando el logro de los productos esperados; la realización de las actividades de acuerdo con ciertas pautas establecidas; el cumplimiento de las responsabilidades; la aplicación eficiente y oportuna de los recursos y el cumplimiento de los cronogramas de trabajo. El monitoreo identifica la necesidad de medidas correctivas a corto plazo, en caso de desviaciones de la planificación.

La evaluación. Es el examen sistemático de un propósito planificado (plan, programa, proyecto), con el objetivo de formarse una opinión fundamentada sobre sus efectos. Se ocupa de qué, quién o qué grupo se ha beneficiado (o ha sido adversamente afectado), en qué cuantía (en comparación con la situación imperante antes de la intervención), de qué manera (directa o indirectamente) y por qué (estableciendo en la medida de lo posible las relaciones causales entre las actividades y los resultados), y reconoce el contexto del propósito planificado. La evaluación abarca principalmente una revisión de los efectos del propósito planificado y con ellos de la estrategia.

### **7.8.1 Consideraciones básicas para el sistema de monitoreo y evaluación**

Para la implementación del Sistema de Monitoreo y Evaluación se deben coordinar acciones y actividades conjuntas entre CORPOCESAR y la Secretaria de Planeación, Obras públicas municipal y EMCODAZZI.

La Persona prestadora del servicio de alcantarillado debe monitorear y evaluar el desarrollo del Plan de Acción, el alcance de los objetivos específicos, y monitorear la finalidad. La autoridad ambiental – CORPOCESAR debe evaluar todo el Plan, complementar de ser necesario el monitoreo de la finalidad, y debe montar un modelo para definir el objetivo de calidad de la corriente, tramo o cuerpo de agua receptor del vertimiento, pudiendo con él y apoyada en el Sistema de Monitoreo y Evaluación, predecir y evaluar el comportamiento de la calidad del agua.

## **7.8.2 Algunos indicadores a utilizar**

### **7.8.2.1 Indicadores de Impacto:**

A. Demanda Bioquímica de Oxígeno Total – DBO<sub>5</sub>T.

B. Potencial de Asimilación de Carga Orgánica Biodegradable en corrientes superficiales.

C. Déficit de Oxígeno Disuelto en corrientes superficiales.

D. Carga Orgánica Total de SST y DBO<sub>5</sub> (Toneladas) con cobro de tasa retributiva por sectores productivos. Indicador No. 10 de la Guía de Implementación, Indicadores Mínimos de Gestión, Resolución No. 0643 de 2004.

E. Índice de Calidad del Agua. Este indicador está actualmente en construcción con el liderazgo del IDEAM. Será función de los usos del agua previstos en el decreto 1076 de 2015 y de los parámetros más significativos allí previstos.

### **7.8.2.2 Indicadores de Efecto**

Se encargan de medir el logro del objetivo del PSMV:

Para este caso se formulan los indicadores basados en las cargas de contaminación para DBO<sub>5</sub> y SST vertidas al río Magiriaimo declaradas por EMCODAZZI. En el Formulario de Autodeclaración y Registro de Vertimientos dispuesto por CORPOCESAR.

Reducción de carga contaminante de origen doméstico vertida al cuerpo de agua receptor (Caño Las Culebras) calculada para DBO<sub>5</sub>, y SST, con una periodicidad de un año.

$$Cci = \frac{(Ccio - Ccif)}{Ccio} \times 100$$

Cci: % de reducción de la carga contaminante vertida al cuerpo receptor del parámetro i.

Ccio: Carga contaminante anual, inicial o de año base del parámetro i.

Ccif: Carga contaminante anual, final o del año en evaluación del parámetro i.

EMCODAZZI es la responsable del seguimiento y monitoreo del indicador. La periodicidad es semestral.

### **7.8.2.3 Indicadores de Producto**

Miden el logro de los objetivos específicos propuestos en el capítulo de Prospectiva.

#### Cobertura de Alcantarillado Sanitario

$$Casi = \frac{(Psasi)}{Pti} \times 100$$

Dónde:

Casi: % de cobertura del alcantarillado sanitario para el año de interés i.

Psasi: Población servida con alcantarillado sanitario el año de interés i.

Pti: Población total en el área de servicio de la PPSALAC en el año de interés i.

EMCODAZZI es la responsable del seguimiento y monitoreo del indicador. La periodicidad es anual.

### Cobertura de Alcantarillado Pluvial

$$Capi = \frac{(Psasi)}{Pti} \times 100$$

Dónde:

Capi: % de cobertura del alcantarillado pluvial para el año de interés i.

Psapi: Población servida con alcantarillado pluvial en el año de interés i.

Pti: Población total en el área de servicio de la PPSALAC en el año de interés i.

### Eficiencia de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

$$eptar = \frac{(Ccai - Ccei)}{Ccai} \times 100$$

Dónde:

eptar: % de remoción de carga de la sustancia de interés i.

Ccai: Carga contaminante del afluente para la sustancia de interés i.

Ccei: Carga contaminante del efluente para la sustancia de interés i.

La PPSALAC es la responsable del seguimiento y monitoreo del indicador. La periodicidad es semestral.

#### **7.8.2.4 Indicadores básicos**

Dichos indicadores son necesarios para calcular los otros tres tipos de indicadores.

#### Carga Contaminante:

$$Cci = Qi \times Ci$$

Dónde:

Cci: Carga contaminante de la sustancia i.

Qi: Caudal medido en campañas de muestreo y medición de caudales, que se realizaran mínimo dos veces al año, en todo caso deben hacerse en los periodos de invierno y verano.

Ci: Concentración medida de la sustancia de interés i, en la muestra recolectada en las campañas de muestreo y medición.

La PPSALAC es la responsable del indicador. La periodicidad es mínimo semestral, o cada vez que se necesite.

#### Volumen Total de Agua Residual Generada en el casco urbano del municipio

$$V_{targ} = Q_t \times T_{ti} \times 86400$$

Dónde:

V<sub>targ</sub>: Volumen Total de Agua Residual Generada.

Q<sub>t</sub>: Caudal total sanitario producido en el área de servicio de la PPSALAC, se calcula de acuerdo con la sección D.3.2 del RAS 2012.

T<sub>i</sub>: Tiempo en días.

La PPSALAC es la responsable del indicador. La periodicidad es mínimo semestral, o cada vez que se necesite.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Se realizó el diagnóstico dentro del cual se pudo obtener las condiciones generales del municipio, como lo es división política, estrato socioeconómico, vivienda, servicios públicos, demográfica, relieve, geomorfología, suelo, entre otros, los cuales nos mostraron una visión de cómo está estructurado el municipio de Agustín Codazzi, a su vez se realizó la recopilación de información del estado actual del sistema de acueducto, alcantarillado, y saneamiento básico. Donde al desarrollar un estudio o análisis multitemporal en diferentes momentos se pudo obtener resultados a través del tiempo de cómo se ha venido comportando el sistema de tratamiento de las aguas residuales del casco urbano del municipio, la caracterización se desarrolló en la entrada y salida de la PTAR, y a su vez aguas arriba y aguas abajo del caño Las Culebras como fuente receptora. resultando algunos parámetros por encima de la norma legal vigente como la resolución 0631 de 2015 y el Decreto 1076 de 2015. Dentro de los parámetros obtenidos por encima de los valores permisibles obtuvimos DQO, SST, SÓLIDOS TOTALES, COLIFORMES TOTALES Y FECALES.

Se plantea un sistema de tratamiento basado en programas y actividades encaminados al desarrollo del mejoramiento en la infraestructura actual, con variables activas, variables reactivas y variables de alto riesgo, que enmarcan tipo de alcantarillado, cobertura del sistema de alcantarillado y aporte de contaminación doméstica.

Se plantearon 4 objetivos: P1. Objetivo de reducción de los vertimientos puntuales sobre el caño Las Culebras correspondiente al casco urbano de Agustín Codazzi, P2. Fortalecimiento de la empresa EMCODAZZI, P3. Programa de ahorro y uso eficiente del agua según Ley 373 de 1997 en el año 2009 y P4. Puesta en marcha del sistema alcantarillado pluvial. Que buscan darle una solución a la problemática planteada y el mejoramiento del sistema en el corto, mediano y largo plazo, con un horizonte de 5 años.

Dentro del seguimiento y monitoreo se plantearon indicadores de impacto, de efecto, de producto e indicadores básicos.

### Recomendaciones

Basado en el análisis multitemporal se recomienda que el municipio siga realizando estos estudios con el objetivo de que se pueda tener una apreciación real de cómo se está comportando la PTAR y así poder mejorar en los componentes o fases que integran el proceso y estar dentro de los valores máximos permisibles por la legislación ambiental y el cumplimiento de las metas y objetivos establecidos por Corpocesar.

Se debe buscar que las entidades involucradas en el proceso del plan de saneamiento y manejo de vertimiento pongan la apuesta en viabilizar este plan de actualización que conlleve al mejoramiento del sistema del saneamiento básico en materia de aguas residuales y la garantía de la salud pública del casco urbano del municipio de Agustín Codazzi.

Los objetivos planteados están en una suma de \$6.220 millones de pesos, reto que debe asumir el municipio para su mejoramiento dentro de sus infraestructura, buscando soluciones de financiamiento dentro de las alianzas de lo público-privado APP, para que se le brinde una excelente garantía de salubridad y un excelente

servicio a la comunidad en general dentro del casco urbano del municipio de Agustín Codazzi, a su vez realizando un seguimiento y monitoreo a las metas bajo indicadores que lleven a una afectiva y eficientes gestión ambiental en la adecuación, construcción y operación del sistema de saneamiento básico plasmado en el presente plan de saneamiento y manejo de vertimiento del casco urbano del municipio de Agustín Codazzi.

Que se sigan adelantando estos estudios en todo el departamento del Cesar, para que se pueda tener una buena planificación y asertiva gestión en materia de saneamiento en los diferentes municipios.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- ALCALDIA MUNICIPAL DE AGUSTIN CODAZZI. (2016). Plan de Desarrollo Municipal 2016 – 2019 – Codazzi con futuro, 2016. 284 p.
  
- CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR (CORPOCESAR). 2017. acuerdo 008 del 26 de abril de 2017. Se establecen las metas individuales y grupales de las cargas contaminantes para los parámetros DBO5 y SST en los tramos en la jurisdicción de CorpoCESAR. Cesar. 25 p.
  
- CORPORACIONASURBE. (2018). Construcción de alcantarillados. Tomado de: [http://www.corporacionasurbe.com/main-servicio-id-3073-q-construccion\\_de\\_alcantarillados.htm#.Wu3T14iFPIU](http://www.corporacionasurbe.com/main-servicio-id-3073-q-construccion_de_alcantarillados.htm#.Wu3T14iFPIU)
  
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2004). Resolución 1433 DE 2004. Por la cuales adopta un formulario para la información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos naturales. Bogotá D.C., 5 p.
  
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2015). Resolución 0631 DE 2015. Por la cuales adopta un formulario para la información relacionada con el cobro de la tasa retributiva y el estado de los recursos naturales. Bogotá D.C., 62 p.

- PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS MUNICIPIO DE TUCHÍN. Secretaria de planeación. Municipio de Tuchin. Departamento de Córdoba. 80 pág.
- PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTO (PSMV). (2017). EMCODAZZI. Empresa de servicios públicos. Agustín Codazzi, Cesar. 36 p.
- RAS. Reglamento técnico del sector de agua Potable y saneamiento básico. Título A, B y D Colombia, 2000. 154 p.
- URBIETA, J. (2001). Contaminación y purificación del agua. Tomado de: <http://www.monografias.com/trabajos12/conpurif/conpurif2.shtml>
- VELASQUEZ, G. (2016). Evaluación del manejo y saneamiento de vertimientos municipales basados en el marco del cumplimiento de la resolución 631 del 17 de marzo de 2015- estudio de caso - departamento del Tolima. Universidad Nacional de Colombia. 2016. 159 p.