

**Formulación de las mejoras en el tratamiento de agua residual del municipio de Santa Bárbara - Santander que permitan alcanzar los porcentajes de remoción de fósforo, compuestos Nitrogenados y Tensoactivos.**

**Yuri Paola Jaimes Rodríguez**

**Marisela Jaimes Riaño**

**Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Ambiental**

**Directora**

**Maria Fernanda Dominguez Amorocho**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia**

**Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

**Ingeniería Ambiental**

**CEAD Centro Oriente**

**Bucaramanga**

**2019**

### **Dedicatoria**

*“A los grandes sacrificios, las mayores recompensas”, dedicatoria primeramente a Dios por guiarme en esta etapa de mi vida, a mi madre, por enseñarme que no hay obstáculo y que todo puede ser posible, a mi padre, hombre incansablemente trabajador, perseverante, a mi hermanita por su apoyo incondicional, a mi hijo y a mi esposo, por pintarme la vida de colores.*

***Yuri Paola Jaimes Rodríguez***

*A Dios por haberme dado la oportunidad y fortaleza para llegar a este punto, a mis padres por formarme en un hogar con principios, valores, reglas y amor que me impulsaron a seguir mis objetivos y cumplir mis metas, a mis hermanos por apoyarme desde el primer momento en el que se inició este largo camino, a mis sobrinos por llenar mi vida de alegría y amor, a mis cuñados(a) por ser parte fundamental de nuestra familia, a todos y cada uno de aquellos que en algún momento con una palabra o un acto acompañaron este proceso.*

***Marisela Jaimes Riaño***

### **Agradecimientos**

A Dios por permitirnos culminar los estudios, dándonos la sabiduría y guiándonos en el trascurso de la carrera, a nuestros compañeros de quienes aprendimos que cada persona hace la diferencia, a los docentes por brindarnos sus conocimientos, a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, por establecer metodologías que nos permitieron realizar nuestra carrera de forma virtual sin abandonar las responsabilidades laborales y familiares.

A la directora de proyecto quien, con su conocimiento y experiencia, nos orientó para desarrollar nuestro proyecto de grado.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
1. Planteamiento del problema.....	10
2. Objetivos.....	14
2.1 Objetivo general.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. Antecedentes.....	15
4. Marco referencial.....	17
4.1 Marco Teórico.....	17
4.1.1 Ubicación.....	17
4.1.2 Limites.....	18
4.1.3 Clima.....	18
4.1.4 Hidrografía.....	18
4.1.5 Precipitación.....	19
4.1.6 Demografía.....	19
4.1.7 Servicios públicos.....	19
5. Marco conceptual.....	27
6. Marco del estado del arte.....	31
7. Marco legal.....	34
8. Metodología.....	36

8.1 Desarrollo de la metodología .....	37
8.1.1 Recopilar información sobre el proceso de tratamiento y los posibles factores que están interviniendo en la baja remoción de los parámetros requeridos en la planta de tratamiento de agua residual del Municipio Santa Bárbara – Santander, mediante visitas a la planta, registros fotográficos y elaborando de bitácoras de las visitas realizadas.....	37
8.1.2 Indagar sobre otros procesos que se hayan implementado en las plantas de tratamiento de agua en la región y que presenten resultados favorables en el proceso de remoción de los parámetros en estudio. ....	45
8.1.3 Plantear las posibles medidas de mejoras para el proceso de tratamiento del agua residual del municipio de santa Bárbara que permitan el cumplimiento de los porcentajes establecidos en la resolución 0631 de 2015.....	51
9. Conclusiones .....	69
10. Recomendaciones .....	71
Referencias Bibliográficas .....	72
Anexos .....	76

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Monitoreo de las variables fisicoquímicas en el afluente y vertimiento de la PTAR ...	12
<i>Figura 2.</i> Ubicación geográfica Municipio de Santa Bárbara .....	17
<i>Figura 3.</i> Casco urbano Santa Bárbara .....	37
<i>Figura 4.</i> Criba.....	38
<i>Figura 5.</i> Criba.....	39
<i>Figura 6.</i> Criba PVC.....	40
<i>Figura 7.</i> Material filtrante .....	40
<i>Figura 8.</i> Plano PTAR Municipio Santa Bárbara.....	41
<i>Figura 9.</i> Pozo sistema de alcantarillado.....	42
<i>Figura 10.</i> Entrada PTAR.....	42
<i>Figura 11.</i> PTAR .....	43
<i>Figura 12.</i> PTAR .....	44
<i>Figura 13.</i> Acceso tanque de tratamiento. ....	44
<i>Figura 14.</i> Rejillas .....	55
<i>Figura 15.</i> Desarenador .....	56
<i>Figura 16.</i> Trampa de grasas .....	57
<i>Figura 17.</i> Lecho de secados .....	59
<i>Figura 18.</i> Buchones.....	67

*Figura 19.* Canal de salida ..... 68

*Figura 20.* Canal de salida corte Transversal ..... 68

## Resumen

La contaminación de las fuentes hídricas por vertimientos de aguas residuales es una problemática ambiental a nivel mundial, como lo es el caso del municipio de Santa Bárbara el cual se ubica en la región de la provincia de García Rovira a una distancia de la capital santandereana aproximadamente a 53 kilómetros, el municipio durante la vigencia 2014 – 2015 construyó la planta de tratamiento de aguas residuales la cual está conformada estructuralmente por la red de recolección de aguas residuales en tubería de PVC novaflex tipo corrugado en diferentes diámetros con cobertura del 100% en el casco urbano, una criba de 2 metros de ancho por 1 metro de largo donde su función es retener los residuos sólidos gruesos y un tanque séptico en concreto reforzado dividido en dos fases cada una de tres compartimientos donde se realizan los procesos de sedimentación y filtración.

Tomando como insumos la caracterización de los vertimientos realizados en la vigencia 2017 por la alcaldía municipal se evidencia que en el afluente y en el vertimiento algunas concentraciones de unos contaminantes se mantienen en niveles similares, es por ello que en el presente documento bajo la modalidad de proyecto aplicado línea de profundización del programa gestión y manejo ambiental, se formulan las mejoras de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Santa Bárbara – Santander, con el fin de lograr el saneamiento del cuerpo receptor y el cumplimiento de la normatividad en nuestro caso de estudio la resolución 0631 del 2015 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

**Palabras claves:** planta de tratamiento, aguas residuales, vertimiento.

### Abstract

The contamination of water sources by wastewater discharges is a global environmental problem, as is the case of the municipality of Santa Bárbara which is located in the region of the García Rovira province at a distance from the capital of Santander approximately at 53 kilometers, the municipality during the 2014-2015 period built the wastewater treatment plant which is structurally made up of the network of sewage collection in corrugated novaflex PVC pipe in different diameters with 100% coverage in the urban area, a 2 meter wide by 1 meter long screen where its function is to retain thick solid waste and a reinforced concrete septic tank divided into two phases each of three compartments where sedimentation and filtration processes are carried out.

Taking as inputs the characterization of the discharges made in the 2017 validity by the municipal mayor's office it is evidenced that in the tributary and in the discharge some concentrations of some pollutants are maintained at similar levels, that is why in this document under the modality of project applied to the deepening of the environmental management and management program, the improvements of the wastewater treatment plant of the Municipality of Santa Barbara - Santander are formulated, in order to achieve the sanitation of the receiving body and compliance with the regulations in our Case study Resolution 0631 of 2015 of the Ministry of Environment and Sustainable Development.

**Keywords:** treatment plant, wastewater, dumping.

## 1. Planteamiento del problema

El vertimiento de agua residual es una problemática ambiental que se vive a nivel mundial y es objeto de preocupación de los entes gubernamentales, donde a través del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible busca velar por el cumplimiento a lo requerido en la resolución 0631 del 2015 “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”.

La construcción de sistemas de tratamientos de aguas residuales en Colombia es una práctica relativamente reciente y con un sin número de falencia ya que los sistemas de alcantarillado y las conducciones de agua en las viviendas es obsoleto dificultando la posibilidad de implementar un sistema eficiente. Según lo señala Maryluz Mejía de Pumarejo, presidente ejecutiva de Acodal al periódico El Tiempo (2017) “El 29 por ciento de los sistemas existentes es de tipo primario (remoción de sólidos gruesos, sedimentables, arenas, grasas) y no se conoce la eficiencia de estos”.

Según El Espectador (2014), actualmente en Colombia se trata el 10% de las aguas residuales a pesar de contar con una capacidad instalada que alcanzaría el 20% cifras bastante alarmantes teniendo en cuenta el grado de contaminación que existe y que ya no hay tiempo de revertir la situación ambientalmente hablando, según Galeano Nieto & Rojas Ibarra (2016), un

estudio de Unicef, menos de la cuarta parte de los municipios de 21 departamentos analizados cuentan con una planta de tratamiento de aguas residuales.

Cifras bastante desoladoras, y más aún cuando el gobierno nacional mediante el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (1974) establece el Código Nacional de los recursos naturales y protección al medio ambiente Decreto/Ley 2811 de 1974, con el fin de cuidar y proteger los recursos naturales en Colombia. Pero esta no fue la única medida establecida ya que la contaminación del agua no solo afecta el medio ambiente sino también la salud de los seres vivos por lo anterior en 1979, el Congreso de la República de Colombia reglamenta la Ley 09 por la cual dicta las medidas sanitarias para la protección del medio ambiente.

Desde el año 2000 se cuenta con el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico que enmarca los manuales para los sistemas de acueducto, potabilización, alcantarillados, tratamiento de aguas residuales, aseo urbano y aspectos complementarios de obras civiles. ( Reglamento técnico del sector de Agua Potable y saneamiento Básico RAS 2000, 2000).

Por lo anterior uno de los objetivos del departamento de Santander como lo establece en el plan de desarrollo de Santander; “Santander Nos Une 2016-2019” dentro de su eje temático “Nuestros principales Retos de desarrollo” incluye el tema de “agua potable y saneamiento básico”, donde por medio de la ejecución de los Planes Maestros de cada municipio se busca construir plantas de tratamiento de aguas residuales u optimización de las existentes.

El Municipio de Santa Bárbara cuenta con una planta de tratamiento de agua residual que actualmente no está cumpliendo en su totalidad con la remoción de los contaminantes, ya que en la caracterización de los vertimientos realizados en el año 2017 por la alcaldía municipal a través del laboratorio Siana Ltda (Servicios Integrados para la Industria del Agro, Minero – Energética y el Medio Ambiente), se evidencia que la concentraciones de fosforo total, compuestos nitrogenados, y tensoactivos se mantienen en niveles similares en el afluente y vertimiento (ver figura 1), lo que genera la necesidad de plantear mejoras en el proceso del tratamiento con el ánimo de cumplir la normatividad ambiental y la disminución de los impactos negativos generados en las fuentes hídrica.

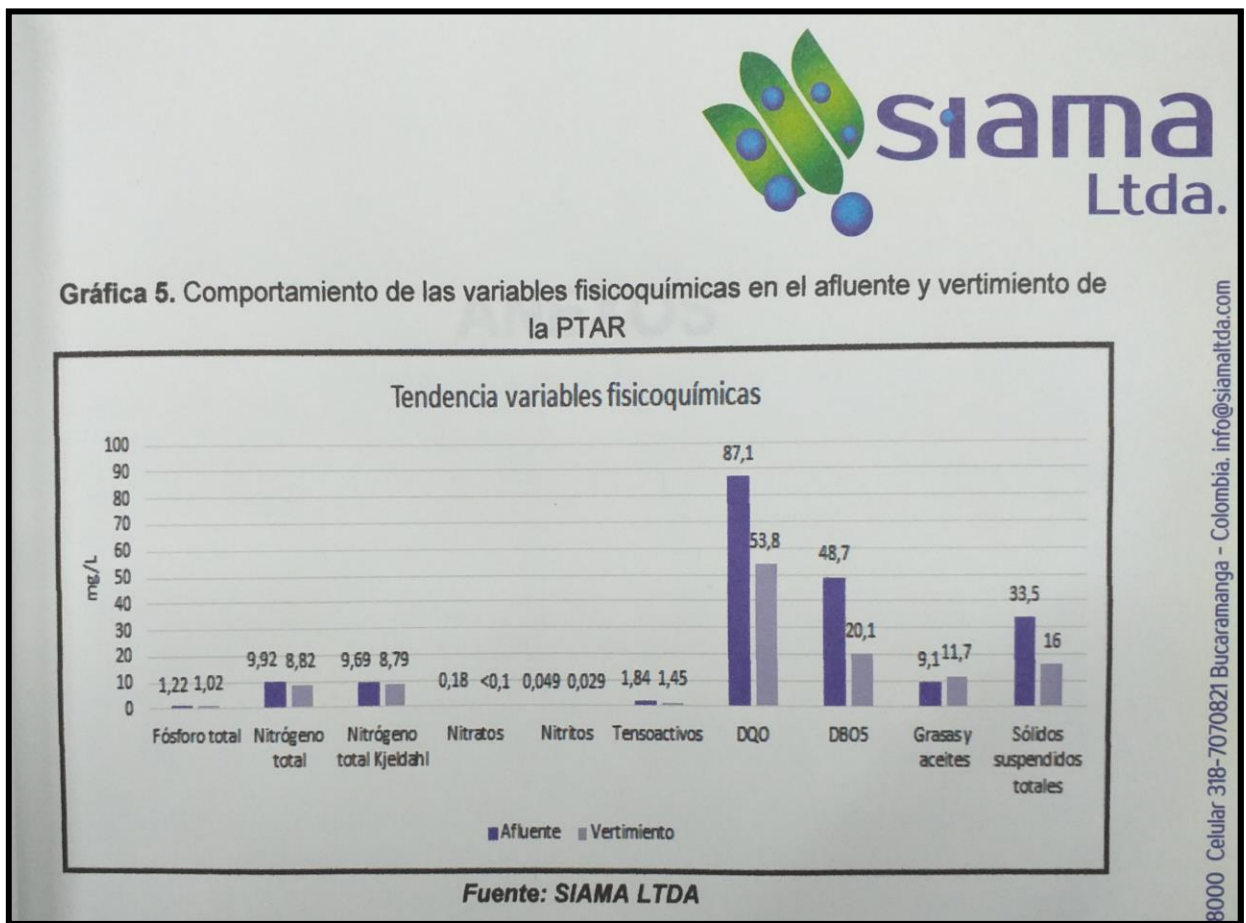


Figura 1. Monitoreo de las variables fisicoquímicas en el afluente y vertimiento de la PTAR  
Fuente. Siana Ltda.

En la grafica según el análisis y reporte del laboratorio SIAMA se identifica el comportamiento de las variables fisicoquímicas en dos barras, siendo el color violeta oscuro el afluente y el color violeta claro el vertimiento para los contaminantes en estudio se identifican las siguientes concentraciones, fósforo total 1,22 mg/l en el afluente y 1,02 mg/l en el vertimiento, nitrógeno total 9,92 mg/l en el afluente y 8,82 mg/l en el vertimiento, nitrógeno total kjeidahl 9,69 mg/l en el afluente y 8,79 mg/l en el vertimiento y tensoactivos para el afluente 1,84 mg/l y para el vertimiento 1,45 mg/l, lo que nos indica que los niveles de remoción son bajos.

Debido a las características que presenta Colombia en cuanto aspectos sociales, económicos, climatológicos y geográficos, al momento de seleccionar tecnologías para el tratamiento de aguas residuales, se busca implementar sistemas de fácil operación y de bajo costo, debido a que estos sistemas son los más utilizados como tratamiento al saneamiento del agua en la mayoría de los municipios de los departamentos.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Formular un plan de mejora en el proceso de tratamiento de la planta de aguas residuales del Municipio de Santa Bárbara – Santander, con el fin de aumentar los porcentajes de remoción de fósforo, compuestos nitrogenados y Tensoactivos.

### 2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar y evaluar las condiciones de funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Santa Bárbara – Santander.
- Proponer las mejoras en el proceso de tratamiento del agua residual del Municipio de Santa Bárbara – Santander con el fin de dar cumplimiento al reglamento técnico de agua potable y saneamiento básicos RAS 2000 y la resolución 0631 de 2015 del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

### 3. Antecedentes

En relación a la problemática de contaminación presentada en la cuenca del río Umpala de la cual hace parte la subcuenca de la quebrada Las Salinas del Municipio de Santa Bárbara, alrededor de 50 años atrás se ha visto afectada por el uso de actividades domésticas, vertimientos sin ningún tipo de tratamiento, expansión de áreas de uso agrícola y ganaderas, quemas indiscriminadas que generan fenómenos de remoción en masa y problemas de erosión las cuales han conllevado a procesos de pérdida de vegetación y deterioro potencial del recurso agua. Con llevando a la toma de medidas sancionatorias y acciones operativas en el uso racional de los recursos naturales.

Dentro de los intereses del gobierno nacional frente a temas ambientales como lo es cumplir con el saneamiento básico ambiental por medio del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, mediante la normatividad, decreto 1076 del 2015, resolución 0631 del 2015 (Resolución 631 DE 2015, 2015), decreto 3930 de 2010, resolución 1433 de 2004, ras 2000 (Reglamento tencico del sector de Agua Potable y saneamiento Basico RAS 2000, 2000) y sus actualizaciones, orienta y regula el ordenamiento ambiental, con el fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes.

El Municipio de Santa Bárbara sumado a las estrategias del gobierno nacional de ejecutar acciones que mejoren las condiciones sanitarias y que a su vez se haga uso sostenible de los

recursos naturales ejecuta durante la vigencia 2012 – 2015 el plan maestro de alcantarillado donde se realizó la reposición total del sistema de redes públicas y la construcción de la planta de tratamiento de agua residual, todo esto enmarcado dentro del plan de desarrollo “Santa Bárbara con oportunidad para todos”. El sistema es de tipo sanitario, compuesto por diferentes estructuras hidráulicas que permiten la recolección y transporte de las aguas servidas a la planta de tratamiento donde se realiza el proceso de remoción de los contaminantes y finalmente se realiza la entrega al vertimiento.

## 4. Marco referencial

### 4.1 Marco Teórico

#### 4.1.1 Ubicación

Santa Bárbara, es un municipio localizado en la provincia de soto, en el departamento de Santander, geográficamente se encuentra a  $6^{\circ} 59' 34''$  en latitud norte y  $72^{\circ} 54' 37''$  en longitud oeste, esta municipalidad cuenta con una extensión de 22.431,65 hectáreas, donde se distribuyen las trece (13) veredas que conforman su territorio. Ver figura 2. (Alcaldía Municipal de Santa Barbara, 2007). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Santa Bárbara.

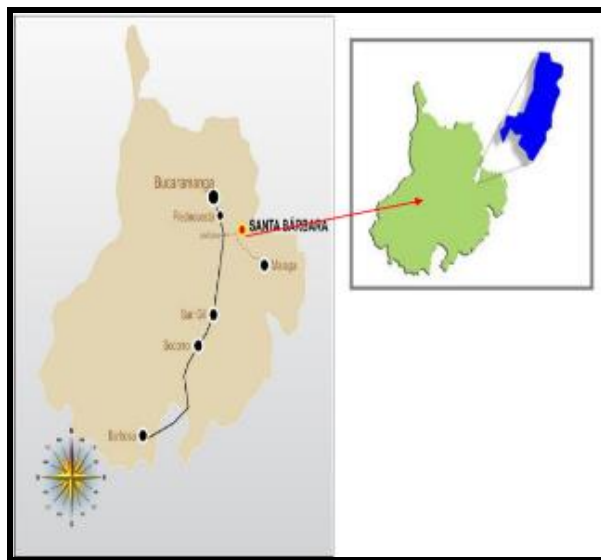


Figura 2. Ubicación geográfica Municipio de Santa Bárbara

Fuente: “Santa Bárbara con oportunidad para todos. Plan de desarrollo 2012 – 2015”

#### **4.1.2 Límites**

Los límites de este Municipio se encuentran al Norte con el Municipio de Tona y el Departamento de Norte de Santander, al este con el Municipio de Guaca, al sur con los Municipios de Guaca y Piedecuesta y al oeste con el Municipio de Piedecuesta. (Alcaldía Municipal de Santa Barbara, 2007). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Santa Bárbara.

#### **4.1.3 Clima**

La temperatura es de 18°C. Santa Bárbara está ubicado en la región alto andino, con una variedad de microclimas, ideales para el desarrollo de las diferentes actividades agrícola y pecuarias, su reserva forestal e hídrica, hacen único a este Municipio donde abunda la diversidad de fauna y flora refugio para las especies que habitan la región. (Alcaldía Municipal de Santa Barbara, 2007) Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Santa Bárbara.

#### **4.1.4 Hidrografía**

Debido a la condición del ecosistema estratégico de paramo, subparamo y alto andino el Municipio tiene una alta capacidad hídrica, dando origen a cuerpos de agua, donde su disponibilidad para el consumo y el uso agropecuario es permanente. (Alcaldía Municipal de Santa Barbara, 2007) Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Santa Bárbara.

#### **4.1.5 Precipitación**

Esta se conforma en un ciclo bimodal con dos periodos secos y dos húmedos, los cuales se denominan invierno o verano, en el Municipio de Santa Bárbara la precipitación tiene similitud a la de la región andina colombiana, donde el periodo seco va desde diciembre hasta mita de marzo, se presentan en abril y mayo los meses lluviosos disminuyen en los meses de junio y julio, a partir del mes de agosto inicia el periodo segundo de lluvias el cual va hasta noviembre. (Alcaldía Municipal de Santa Barbara; 2007). Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Santa Bárbara.

#### **4.1.6 Demografía**

De acuerdo con la base certificada del Sistema de Selección de Beneficiarios para programas sociales SISBEN, a corte de octubre del 2018, el Municipio de Santa Bárbara tiene una población total de 2189 habitante, de los cuales 939 son mujeres y 1124 son hombres. (Alcaldía Municipal Santa Barbara, 2018). Sisben Municipio.

#### **4.1.7 Servicios públicos**

El Municipio de Santa Bárbara – Santander, es prestador directo, a través de la unidad administrativa de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, cuenta con 176 usuarios los cuales se distribuyen en los tres servicios. (Alcaldía Municipal de Santa Barbara, 2018). Información oficina de servicios públicos municipio.

#### ***4.1.7.1 Acueducto***

La infraestructura de la planta de tratamiento se encuentra en óptimas condiciones, cuenta con dos captaciones, un desarenador, tres tanques de almacenamiento y la planta de tratamiento con sistema de filtrado y desinfección. (Alcaldía Municipal de Santa Bárbara, 2018).  
Información oficina de servicios públicos municipio.

#### ***4.1.7.2 Alcantarillado***

La red de alcantarillado del Municipio de Santa Bárbara tiene una longitud de 2.002 metros con tubería instalada en tubo PVC novaflex corrugado de diámetro 6", 8", 10" y 12", el sistema tiene cobertura del 100% en el casco urbano con 35 pozos de inspección a una profundidad entre los 1,20 metros a 4 metros construidos en concreto reforzado y ladrillo con pañete. El tipo de agua que recoge el sistema es doméstica conducida por gravedad a la planta de tratamiento.

**Saneamiento básico:** El saneamiento básico es el conjunto de estrategias que se plantean para garantizar los niveles de salubridad de las comunidades, el cual comprende el manejo de agua potable, agua residual, clasificación y manejo de residuos los sólidos garantizando condiciones de higiene que reduzcan el riesgo en la salud y la contaminación ambiental, (Minisalud, 2015)

**Aguas residuales:** El agua residual es toda aquella agua que ha sido usada en actividades domésticas, industriales, agrícolas o allí sufrido un proceso de interacción con otras partículas o

materiales con componentes químicos, algunas pueden llegar a ser altamente peligrosas tanto para salud como para el medio ambiente eso está sujeto a la fuente o uso que allá tenido. (Reglamento tencico del sector de Agua Potable y saneamiento Basico RAS 2000, 2000)

**Agua residual industrial (ARI):** Estas aguas residuales son las derivadas de los procesos industriales, el grado de contaminación depende directamente del tipo de fuente emisora del líquido. (Ideam, 2014).

**Aguas lluvias (ALL):** Son las aguas provenientes de las precipitaciones que entran al sistema de por medio de la escorrentía, generalmente arrastran sólidos y llegan directamente a los sistemas de alcantarillado o a las fuentes hídricas. (Ideam, 2014)

**Aguas residuales agrícolas (ARA):** Estas aguas presentan características especiales ya que están contaminadas no solo con heces fecales si no también con residuos químicos provenientes del control de plagas y enfermedades en los cultivos y de los animales, pueden llegar hacer muy perjudiciales para la salud del ser humana. (Castillo, sf)

En general el agua residual es aquella que sufre un cambio en su estado natural y que puede llegar a afectar drásticamente la salud del hombre y la vida de las especies que se encuentren dentro del área de influencia del afluente contaminado. (Orellana, 2005)

Las aguas residuales presentan características fisicoquímicas y microbiológicas las cuales arrojan el grado de contaminación al que está sometido el recurso hídrico y donde la norma exige remover o disminuir los según los rangos establecidos para cada uno. (Orellana, 2005)

**Características fisicoquímicas:**

- **Materia orgánica:** son sólidos procedentes de residuos de alimentos, materia orgánica del ser humano y de los animales. (Orellana, 2005)
- **Oxígeno disuelto:** es la cantidad de oxígeno presente en un cuerpo de agua, en aguas residuales es la medida que determina la concentración del oxígeno disuelto en el agua. (Orellana, 2005)
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** es la cantidad de oxígeno requerido para la descomposición de la materia orgánica, (Orellana, 2005)
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** se entiende como la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica, (Orellana, 2005)
- **Sólidos:** existen varios sólidos presentes en el agua residual, se clasifican dependiendo de su naturaleza y se analizan como sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos suspendidos. (Orellana, 2005)
- **Potencial de hidrógeno (pH):** es el parámetro que permite verificar la cantidad de iones de hidrógeno, en otras palabras, poder saber el grado de acidez del agua residual. (Orellana, 2005)
- **Nitrógeno:** es un componente químico perjudicial para los organismos vivos permite el crecimiento de organismos fotosintéticos (Universidad y Salud, 2013)
- **Fósforo:** es un nutriente que se convierte en uno de los mayores generadores de la eutrofización, generando uno de los problemas más complejos a la hora de tratar el agua residual. (Orellana, 2005).

**Características microbiológicas:**

- **Bacterias:** las bacterias cumplen una labor muy importante en el agua residual ya que son las encargadas de descomponer la materia orgánica, además, son indicadores de contaminación. (Orellana, 2005).
- **Hongos:** son usados en el tratamiento del agua residual debido a que requieren bajos niveles de nitrógeno, pueden vivir en sitios muy ácidos, se usan principalmente en el tratamiento de agua industrial. (Bejarano Novoa & Escobar Carvajal, 2015).
- **Protozoos:** usados en las etapas finales del tratamiento, son aerobias se alimentan de bacterias y materia orgánica. (Bejarano Novoa & Escobar Carvajal, 2015).

**Etapas del tratamiento de aguas residuales:** los tipos de tratamiento de agua residuales se dividen en tratamiento preliminar o primario, secundario y terciario, dependiendo del caudal tratado, la población y la normatividad, cada planta tiene su infraestructura para realizar el tratamiento. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000).

**Tratamiento preliminar o primario:** en esta etapa se eliminan los sólidos gruesos, arenas y flotantes, estas pueden contar con procesos “físicos y/o mecánicos, como rejillas o cribado, desarenadores y trampas de grasa, dispuestos convencionalmente de modo que permitan la retención y remoción del material extraño presente en las aguas negras y que pueda interferir los procesos de tratamiento”. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000).

**Rejillas o cribado:** es la primera etapa en el proceso del tratamiento de las aguas residuales, como su nombre lo indica consisten en rejas metálicas para separar los residuos más grandes del agua, su mantenimiento se puede realizar de forma manual. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000).

**Desarenador:** la cámara desarenadora está diseñada para separar por medio de gravedad los sólidos minerales que arrastra el agua residual, deben localizarse después de rejillas y antes del proceso secundario de tratamiento de las aguas residuales, el número de desarenadores es característico a cada diseño, el RAS 2000 recomienda un mínimo de dos unidades en cualquiera de los niveles de complejidad cada uno debe tener la capacidad para operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad está en limpieza. El RAS 2000 recomienda que los desarenadores con un caudal inferior a 50 L/s sean limpiados manualmente. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000).

- **Trampa de grasas:** son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. Recibe nombres específicos según al tipo de material flotante que vaya a removerse. (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico , 2000).

**1. Domiciliar:** normalmente recibe residuos de cocinas y está situada en la propia instalación predial del alcantarillado.

**2. Colectiva:** son unidades de gran tamaño y pueden atender conjuntos de residencias e industrias. (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000).

**3. Sedimentadores:** son unidades adaptadas en los sedimentadores (primarios en general), las cuales permiten recoger el material flotante en dispositivos convenientemente proyectados, para encaminarlo posteriormente a las unidades de tratamiento de lodos. (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico Colombia, 2000).

**Tratamiento secundario:** los procesos biológicos, o secundarios, se emplean para convertir la materia orgánica fina coloidal y disuelta en el agua residual en floc biológico sedimentable y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación. Estos procesos se emplean junto con procesos físicos y químicos para el tratamiento preliminar y primario del agua residual. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000).

El objetivo del tratamiento secundario es remover la DBO soluble que escapa del tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos suspendidos; en otras palabras, esta fase busca reducir la carga orgánica de los sólidos. Estas remociones se efectúan fundamentalmente por medio de procesos biológicos. (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, sección II, título E, tratamiento de aguas residuales. (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico , 2000).

**Tratamiento terciario:** En estos se busca eliminar la carga orgánica residual que no fue posible eliminar en el tratamiento secundario como son los compuestos de fósforos y nitrógenos

con el fin de evitar la eutrofización del agua. (Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000)

## 5. Marco conceptual

Dentro de las condiciones humanas y atendiendo la demanda de desarrollo que se ha venido viviendo presentando en los últimos tiempos, el agua representa el recurso natural más indispensable para el desarrollo de todas las actividades de sostenibilidad, pretendiéndose solventar con este recurso el goce de una mejor calidad de vida y el avance en desarrollo significativo dentro de una sociedad, en razón a esto y utilizando el agua como principal herramienta de negocio por parte de políticas económicas, se ha venido presentando un uso indiscriminado del recurso a nivel mundial, causado principalmente por la contaminación con residuos contaminantes, pérdida de zonas de protección de nacimientos y pérdida social de cultura ambiental, esto trayendo consigo múltiples enfermedades en la salud humana, extinción de especies y conflictos políticos por uso del agua, desconociendo que es principio fundamental de vida y que todas las gestiones en materia del agua giran en torno al consumo como medio de preservación de la vida.

No obstante, en el transcurrir del tiempo hemos sido partícipes de los intentos masivos por impulsar el desarrollo humano y detener la degradación de nuestro medio ambiente, a través de tratados que sustentan políticas de preservación y buen uso de nuestros recursos especialmente el agua. La primera reunión sobre el agua se llevó a cabo en la conferencia de las naciones celebrada en Mar de Plata (Argentina) en el año 1977, donde se objetó como prioridad conseguir

que todos los seres humanos accediesen a un agua sana, quedando este objeto solo en medios escritos de cumplimiento indefinido.

Teniendo como prioridad que el agua es una necesidad humana de supervivencia se ve la opción de crear políticas con principios prácticos de implementación de buen uso y distribución equitativa de aprovechamiento del recurso, con metas a corto plazo donde se refleje que los procesos tecnológicos van encaminados a preservar los recursos naturales, sin llegar a su extinción definitiva. De la misma manera se ve la necesidad de implementar alternativas para generar en cada sociedad la cultura de utilización adecuada del agua y su incidencia en la disminución de enfermedades de salubridad pública ya que bien es cierto que toda persona educada en el hogar representa un problema menos para la sociedad.

La asamblea general de las Naciones Unidas proclamo en la resolución no 55/196, de 20 de diciembre de 2000, el año 2003 como año internacional del agua dulce, y en la resolución No 58/217, de 23 de diciembre de 2003, estableció que el 22 de marzo de 2005, es el día mundial del agua. En definitiva, la proclamación de las mejores intenciones para la solución de problemas referentes al agua potable y el ser humano mediante el desarrollo de objetivos en las diferentes cumbres y tratados son una constante insistencia efectiva en beneficio de la misma vida, que de alguna manera ayudan a solucionar la crisis del agua, pero que se requiere mayor atención y desempeño en el tema. Por su parte también señalando específicamente el estado colombiano la constitución política en su artículo 365 promulga “los servicios públicos son inherentes a la finalidad del estado.es deber del estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional...” que si bien nos damos cuenta somos un país donde existen un sin número

de normas que pretenden mejorar nuestra democracia pero que se ven reflejadas en actos contrarios.

En muchas zonas del país la población más vulnerable tiene acceso a agua no apta para consumo humano a causa del uso de métodos inadecuados en su prestación, malas actitudes y comportamientos gubernamentales poco aceptables dentro de un estado social de derecho. Sin embargo, si bien es cierto la problemática del agua potable radica entre otras cosas al aumento demográfico, el desarrollo industrial, la expansión de los cultivos de regadío, tecnologías inapropiadas, contaminación creciente de fuentes hídricas, el desperdicio y el cambio climático.

A pesar de los fuertes esfuerzos realizados por el gobierno nacional a través de la expedición de normas tendientes a prestar de manera eficaz y eficiente los servicios básicos de saneamiento, como es el caso de la puesta en marcha en el año 1994 de la ley 142 cuyos principios fundamentales radican en la igualdad, equidad y solidaridad, en la prestación de los servicios domiciliarios, de igual manera la resolución 2115 emanada por el ministerio de la protección social fija los parámetros mínimos para suministrar agua potable, mecanismo que ha frenado las entidades prestadores de servicios a fin de anudar esfuerzos de estricto cumplimiento que beneficien la población más vulnerable, no se ha logrado que ni siquiera la mitad de la población goce de agua potable.

Con las expectativas de querer que con este análisis todos y cada uno de nosotros optemos por colaborar conjuntamente en la conservación de nuestro preciado líquido y a su vez obedecer la misma vida, quien nos enseña que nosotros giramos entorno al mismo planeta y somos partícipes de lo que suceda aquí dentro, sea para mantenernos o extinguirnos me parece muy

acorde concluir y estar de acuerdo con Sven Lindqvist quien afirma... “tú ya sabes lo suficiente. Yo también lo sé. No es conocimiento lo que nos falta. Lo que nos falta es el coraje suficiente para darnos cuenta de lo que ya sabemos y sacar conclusiones”. (Informe sobre desarrollo humano 2007-2008 del programa de naciones unidas para el desarrollo).

En conclusión las aguas residuales es una problemática de contaminación ambiental que genera impactos negativos sobre los cuerpos receptores y de allí se desprende un sin número de afectaciones a los ecosistemas, para el caso del Municipio de Santa Bárbara a pesar de contar con la infraestructura de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) se presentan falencias en el tratamiento lo cual en el presente estudio del caso se formulan mejoras para lograr la remoción de los contaminantes y así verter las aguas depuradas al cuerpo receptor, teniendo en cuenta factores y parámetros tales como el sistema de alcantarillado, el vertimiento, la criba, el tanque séptico, los compuestos nitrogenados, el fósforo, los tensoactivos, las plantas macrófitas flotantes entre otros.

## 6. Marco del estado del arte

Las plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia son los sistemas más utilizados para el saneamiento del agua, con una cobertura aproximada de 48,2% a nivel nacional, siendo Cundinamarca el mayor Departamento con estos sistemas, seguido por Antioquia, Boyacá, Cauca, Tolima, Vichada y Guanía. En zonas como el Amazonas aún no se encuentran estos tipos de infraestructura para la remoción de los contaminantes que generan las aguas residuales (La República, 2018)

A nivel de Santander los municipios de California y Surata usan la tecnología UASB (anaerobia de flujo ascendente con manto de lodos), tiene como objetivo de gradar los contaminantes presentes en el agua residual en ausencia de oxígeno, la tecnología de este reactor permite separar internamente el efluente tratado, la biomasa y el biogás. “Estas plantas de tratamiento que ponemos al servicio de la comunidad, cuentan con una tecnología UASB que es utilizada en Brasil, es tecnología de punta que queremos incorporar en saneamiento básico en la región”. (Chaguala, 2015).

Una de las universidades que cuenta con la planta de tratamiento de aguas residuales propia es la Pontificia Bolivariana ubicada en el municipio de Piedecuesta, Santander, su infraestructura está compuesta por el tratamiento preliminar, reactores, tratamiento secundario y canaletas con plantas acuáticas.

**Tratamiento preliminar:** se divide en tres secciones, la primera se compone por una criba de barras o canastillas, donde su función es separar los sólidos gruesos (papeles, lapiceros, ganchos, toallas higiénicas), luego pasa a una segunda sección donde quedan sólidos gruesos pero de menor tamaño, por último pasa a la tercera sección que es un vertedero donde quedan residuos sólidos pero de menor tamaño, y finalmente pasa a una última sección que es la trampa de grasas “es la decantación del tratamiento que se le hace a la planta para tratar lo que sólidos gruesos. (Información visita operativo PTAR. Universidad Pontificia Bolivariana).

**Reactores:** Los reactores en su parte interna están contruidos de cuatro secciones, en cada una de las secciones existen cajas plásticas, que son el soporte de las bacterias, es decir, donde las bacterias se mantendrán, si no existieran las cajas cuando se presenta abundante caudal se corre el riesgo de presentarse arrastre de las bacterias. (Información visita operativo PTAR. Universidad Pontificia Bolivariana).

**Funcionamiento de los reactores:** en la parte baja cuenta con una tubería, la cual cuenta con una válvula conectada a los lechos de secado, su función permite realizar las purgas cuando en el reactor se presenta saturación de sólidos. (Información visita operativo PTAR. Universidad Pontificia Bolivariana).

**Lodos:** estos se dejan en el lecho de secados durante un tiempo de 4 a 5 horas, luego son pasados a otros lechos, donde se trabajan con microorganismos para el compostaje. (Información visita operativo PTAR. Universidad Pontificia Bolivariana).

**Sistema secundario:** el sistema se encuentra a campo abierto donde se divide en tres tramos y en cada tramo se encuentra un vertedero lo que facilita contar con sedimentadores en todo el sistema y el lodo queda ahí, las bacterias aerobias se multiplican, en este sistema se encuentran remociones del 40% hasta el 60%. Continuando el proceso el agua llega a una retención hidráulica donde se deja por 48 horas, el cual es el tiempo que retiene las bacterias y las plantas absorben los nutrientes para ayudar a depurar el agua. Finalmente, el agua sale por una canaleta para realizar su vertimiento. (Información visita operario PTAR. Universidad Pontificia Bolivariana).

**Canaletas con plantas acuáticas:** las plantas acuáticas se encuentran dispuestas en la canaletas, estas ayudan a depurar el agua por su sistema radicular, pueden absorber el nitrógeno y el fósforo, estos nutrientes ayudan al mantenimiento y crecimiento de esta planta, ayudan a que los microorganismos se mantengan vivos dentro del agua residual estos se adhieren a las raíces de la planta siendo un soporte físico dentro del sistema, esta planta se multiplica con facilidad, cada ocho días se deben retirar las plantas más grandes, dejando las más pequeñas ya que entre más pequeñas es el mejor tratamiento para el agua residual. (Información visita operario PTAR. Universidad Pontificia Bolivariana).

## 7. Marco legal

**Resolución 0631 del 2015** (Oficial, 2015) "Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones". Para los contaminantes en estudio fosforo total, nitrógenos y tensoactivos.

### **Reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000**

#### Titulo E- Tratamiento de Aguas residuales

En el titulo D, se especifican las normas de diseño de los Sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales.

En el título I, se establece el componente ambiental para los Sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo. En dicho título, además de las definiciones relacionadas con el sistema de alcantarillado, se especifican y clasifican las obras en tres (3) tipos y para cada uno de éstos se establecen los requisitos Ambientales.

**Ley 142 de 1994** (Empresas Publicas de Palermo, 2018). "Por el cual establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones".

**Resolución 1433 de 2004.** Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.

**Decreto 1594 de 1984.** “Usos del agua y residuos líquidos”.

## 8. Metodología

Para el desarrollo del planteamiento de las mejoras del proceso de tratamiento de aguas residuales se estableció la siguiente metodología.

- Recopilar información sobre el proceso de tratamiento y los posibles factores que están interviniendo en la baja remoción de los parámetros requeridos en la planta de tratamiento de agua residual del Municipio Santa Bárbara – Santander, mediante visitas a la planta, registros fotográficos y elaborando de bitácoras de las visitas realizadas.
- Indagar sobre otros procesos que se hayan implementado en las plantas de tratamiento de agua en la región y que presenten resultados favorables en el proceso de remoción de los parámetros en estudio.
- Plantear las posibles medidas de mejoras para el proceso de tratamiento del agua residual del municipio de santa Bárbara que permitan el cumplimiento de los porcentajes establecidos en la resolución 0631 de 2015.

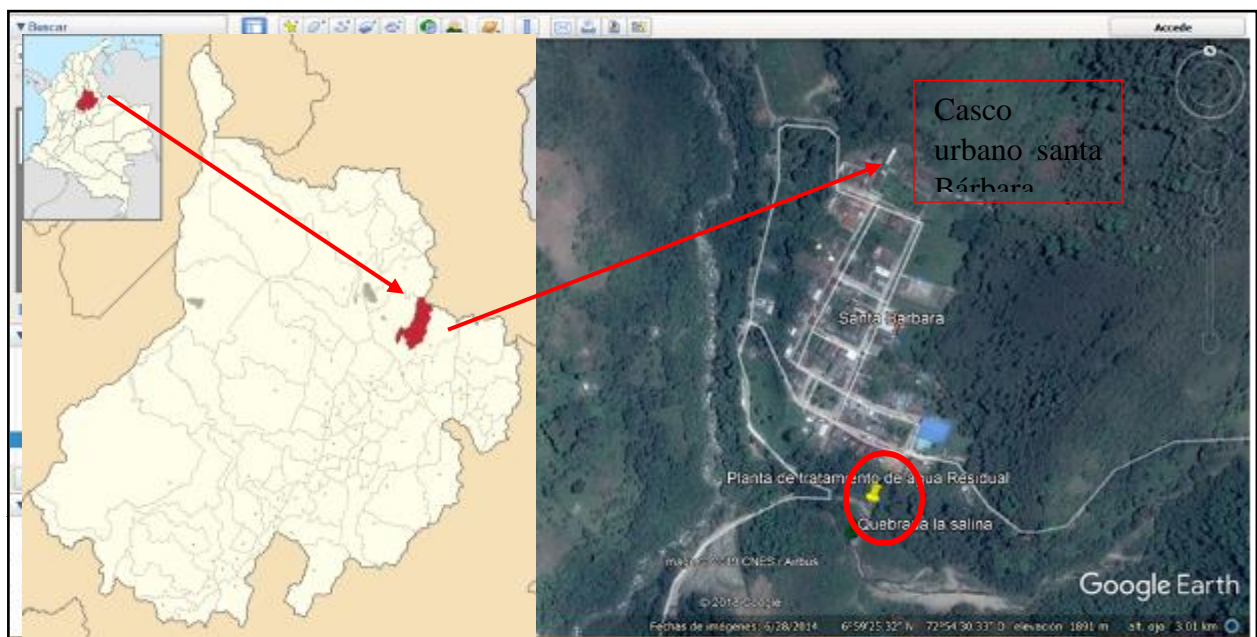
## 8.1 Desarrollo de la metodología

**8.1.1 Recopilar información sobre el proceso de tratamiento y los posibles factores que están interviniendo en la baja remoción de los parámetros requeridos en la planta de tratamiento de agua residual del Municipio Santa Bárbara – Santander, mediante visitas a la planta, registros fotográficos y elaborando de bitácoras de las visitas realizadas.**

**Descripción y ubicación de la planta de tratamiento de agua residual de Santa Bárbara:**

- **Ubicación:**

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales se encuentra ubicada en la parte baja del casco urbano, al margen derecho de la Quebrada Salinas, en las coordenadas N 6° 59' 19,08" E 72° 54' 25,92" a 1886 m.s.n.m, ocupando un área de 300 m<sup>2</sup>, aproximadamente a quinientos metros del casco urbano, como se muestra en la figura 3.



Fuente (Shadowxfox, 2012)

- **Descripción de la planta.**

La infraestructura de la planta está construida en concreto reforzado, cuenta con sistema de cribado para sólidos gruesos y las respectivas cámaras de filtrado, sedimentación y pulimento final. A continuación, se relaciona las etapas del tratamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio de Santa Bárbara:

**Criba:** sus medidas son de 2 metros de ancho por 1 metro de largo cumple la función de retener los sólidos gruesos su limpieza se hace de forma manual cada 15 días máximo. Toda el área debe ser limpiada cuidadosamente con chorro de agua, en caso de que el material en el contenedor desprenda mal olor, puede ser minimizado mediante la aspersión de hipoclorito de sodio. (Fuente manual de operación PTAR Santa Bárbara). Ver figura 4 y 5.



*Figura 4.* Criba

Fuente: Unidad de Servicios públicos Municipio de Santa Bárbara



*Figura 5. Criba*

Fuente: Unidad de Servicios públicos Municipio de Santa Bárbara

**Tanque séptico:** sus medidas son de 15,20 metros de largo por 2,50 metros de ancho por 3,15 metros de alto compuesto por seis compartimientos dividido en dos fases cada una de tres compartimientos funciona alternando el flujo de forma ascendente y descendente (ver figura 08), en la primera fase se recogen los lodos gruesos iniciando el proceso de sedimentación, en la segunda fase los compartimientos en su interior tienen una criba en PVC y material filtrante (ver figura 6 y 7) donde la función es realizar filtración y lograr que los lodos más finos queden, para finalmente realizar la entrega en tubería de PVC de 6" al cuerpo receptor.



*Figura 6. Criba PVC*

Fuente: Unidad de Servicios Públicos Municipio de Santa Bárbara



*Figura 7. Material filtrante*

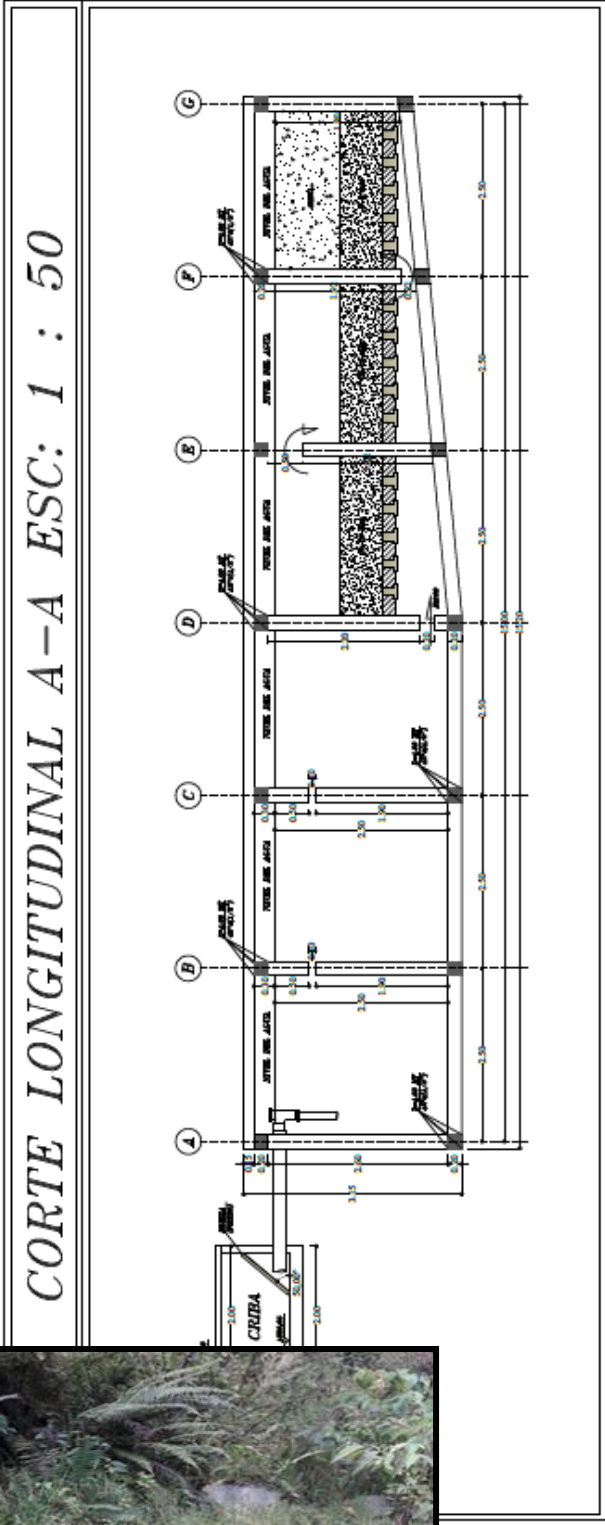
Fuente: Unidad de Servicios Públicos Municipio de Santa Bárbara

Figura 8. Plano PTAR Municipio S  
Fuente: Unidad de Servicios Públc

**Visita planta de tratamiento.**

En la visita a la planta se pudo

1. El último pozo del sistem rebosado. Ver figura 9.



se encuentra



*Figura 9.* Pozo sistema de alcantarillado

2. La planta de tratamiento de agua residual del municipio de Santa Bárbara no se encuentra delimitada como se observa en la figura 10. Entrada a la PTAR.



*Figura 10.* Entrada PTAR

En la figura 11 y 12 se observa el área de la planta de tratamiento de agua residual, se identifica la estructura del tanque de tratamiento y evidencia que se encuentra sin mantenimiento, es decir con hierbas y arbustos hasta en la parte superior del tanque, evitando la identificación de las instalaciones de las fases del tratamiento.



*Figura 11. PTAR*

3. Se observa que el tanque de tratamiento esta rebosado o colmatado de lodos aflorando agua en la parte superior, donde se evidencia el crecimiento de plantas. Ver figura 13.



*Figura 12.* PTAR

4. El acceso a la planta no está claro y se encuentra en inadecuadas condiciones para su ingreso como se observa en la figura 13. Acceso al tanque de tratamiento.



*Figura 13.* Acceso tanque de tratamiento.

5. Se identifica la presencia de olores en la zona.

6. Se observa la proliferación de vectores alrededor de las instalaciones de la planta de tratamiento.
7. No se evidencia presencia de personal al servicio de la planta de tratamiento de agua residual.
8. Por lo anterior se podría decir que la planta actualmente no está en funcionamiento.

De acuerdo a lo identificado mediante las visitas en campo en las instalaciones de la planta se pudo identificar una serie de falencias que son las causantes de la deficiencia del tratamiento, dentro de ellas y de las más relevantes es la falta de personal técnico constante en la planta ya que la falta de mantenimiento y supervisión en las diferentes etapas del proceso de tratamiento permitiendo que se encuentre en riesgo constante de una falla en el proceso de tratamiento.

#### **8.1.2 Indagar sobre otros procesos que se hayan implementado en las plantas de tratamiento de agua en la región y que presenten resultados favorables en el proceso de remoción de los parámetros en estudio.**

Siendo el manejo de las aguas residuales una de las mayores preocupaciones de diferentes entes ya sean de carácter público o privado, se han venido planteando diferentes estrategias para manejar estos residuos líquidos y que han mostrado procesos efectivos que dan cumplimiento a lo requerido por la norma, los cuales se describen a continuación, como base informativa para la propuesta de mejora de la planta de tratamiento de agua residual.

### *8.1.2.1 Planta de tratamiento de aguas residuales Universidad Pontificia Bolivariana.*

La planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Pontificia Bolivariana, ha venido funcionando por más de 14 años, contando con la siguiente infraestructura:

**Sistema preliminar:** se divide en tres secciones, la primera se compone por una criba de barras o canastillas, donde su función es separar los sólidos gruesos (papeles, lapiceros, ganchos, toallas higiénicas), luego pasa a una segunda sección donde quedan sólidos gruesos pero de menor tamaño, por último pasa a la tercera sección que es un vertedero donde quedan residuos sólidos pero de menor tamaño, y finalmente pasa a una última sección que es la trampa de grasas “es la decantación del tratamiento que se le hace a la planta para tratar lo que sólidos gruesos. (Información visita Universidad Pontificia Bolivariana).

**Tanque de almacenamiento:** en este tanque se encuentran dos electrobombas de succión, el cual conduce el agua a una caja distribuidora que desvía el agua al reactor 1 o el 2. “contamos con dos reactores anaerobios, bacterias anaerobias, que no requieren oxígeno”. (Información visita Universidad Pontificia Bolivariana).

**Reactores:** Los reactores en su parte interna están contruidos de cuatro sesiones, en cada una de las secciones existen cajas plásticas, que son el soporte de las bacterias, es decir, donde las bacterias se mantendrán, si no existieran las cajas cuando se presenta abundante caudal se corre el riesgo de presentarse arrastre de las bacterias. (Información visita Universidad Pontificia Bolivariana).

- **Funcionamiento de los reactores:** en la parte baja cuenta con una tubería, la cual cuenta con una válvula conectada a los lechos de secado, su función permite realizar las purgas cuando en el reactor se presenta saturación de sólidos.
- **Lodos:** estos se dejan en el lecho de secados durante un tiempo de 4 a 5 horas, luego son pasados a otros lechos, donde se trabajan con microorganismos para el compostaje.

**Sistema primario y secundario:** el agua llega a un tanque de igualación donde se almacena, mediante la refragación hidráulica, es conducida por gravedad a unas canaletas en forma de laberinto donde se genera la sedimentación. (Información visita Universidad Pontificia Bolivariana).

**Canaletas y planta acuática:** las plantas acuáticas se encuentran dispuestas en la canaleta, estas ayudan a depurar el agua por su sistema radicular, pueden absorber el nitrógeno y el fósforo, estos nutrientes ayudan al mantenimiento y crecimiento de esta planta, ayudan a que los microorganismos se mantengan vivos dentro del agua residual estos se adhieren a las raíces de la planta siendo un soporte físico dentro del sistema, esta planta se multiplica con facilidad, cada ocho días se deben retirar las plantas más grandes, dejando las más pequeñas ya que entre más pequeñas es el mejor tratamiento para el agua residual. (Información visita Universidad Pontificia Bolivariana).

**Sistema secundario:** el sistema se encuentra a campo abierto donde se divide en tres tramos y en cada tramo se encuentra un vertedero lo que facilita contar con sedimentadores en todo el sistema y el lodo queda ahí, las bacterias aerobias se multiplican, en este sistema se encuentran

remociones del 40% hasta el 60%. Continuando el proceso el agua llega a una retención hidráulica donde se deja por 48 horas, el cual es el tiempo que retiene las bacterias y las plantas absorben los nutrientes para ayudar a depurar el agua. Finalmente, el agua sale por una canaleta para realizar su vertimiento. (Información visita Universidad Pontificia Bolivariana).

### ***8.1.2.2 Los Municipio de California y Surata.***

Los Municipio de California y Surata cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales, usan la tecnología UASB (anaerobio de flujo ascendente con manto de lodos), dicho proceso busca degradar los contenidos del agua residual por medio de la falta de oxígeno, el proceso permite que la materia orgánica se convierta en biomasa y compuestos orgánicos.

La implementación de este sistema de tratamiento de agua residual se viene utilizando hace muchos años principalmente en las aguas Industriales, pero se han venido incluyendo en el tratamiento de las aguas residuales municipales. La tecnología UASB tiene los siguientes beneficios y funcionamiento, así lo describen las fichas técnicas de dichos elementos.

#### **Beneficios:**

- Eficiente, soportan altas cargas orgánicas en el afluente y son relativamente tolerante a variaciones en las concentraciones de contaminantes.
- Sostenible, bajos costos de inversión y operación por m<sup>3</sup> de agua tratada.
- Operación sencilla, no es necesario contar con personal especializado para su funcionamiento.

- Bajo consumo eléctrico, viables para funcionar por acción de gravedad que demanda un bajo o nulo gasto de energía, no requiere equipos electromecánicos de aireación.
- Producción de biogás susceptible de aprovechamiento energético.
- Versátiles, capaz de combinarse con otros procesos aerobios.
- Mínima generación de lodos, con mayor grado de mineralización, concentración y fácil deshidratación.
- Reducida emisión de olores gracias a su diseño de reactores cerrados.

**Funcionamiento:**

- El reactor UASB se conforma de dos secciones principales: el manto de lodos y el separador gls (gas, líquido y sólidos).
- El afluente ingresa desde al fondo del tanque y atraviesa el manto de lodos constituido por microorganismos que llevan a cabo la degradación de los contaminantes orgánicos.
- En la parte superior se encuentra el separador de tres fases que tiene la función de colectar el biogás producido por las bacterias.
- De manera simultánea, promueve la sedimentación de los sólidos.
- Finalmente, el agua tratada sale por la parte superior del reactor.
- Finalmente, el agua tratada sale por la parte superior del reactor.
- Los lodos en exceso generados, son purgados por el fondo del reactor.

El sistema puede alcanzar buena eficiencia de remoción de materia orgánica que van del 70% al 80% para BDO al tratar agua residual municipal. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000).

### *8.1.2.3 Planta de agua residual Municipio de Gramalote*

La planta de tratamiento de agua residual del municipio de Gramalote fue construida en los últimos años debido a la ola invernal que afectó al municipio causando la destrucción del casco urbano, fue entonces compromiso del gobierno nacional reconstruir el casco urbano siendo la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) uno de los primeros proyectos en iniciar.

Esta planta está ubicada en la vereda bajo Miraflores del municipio Nuevo casco urbano de Gramalote, tiene una capacidad para recibir un caudal de dieciocho litros por segundo, pero por el momento solo recibe tres litros por segundo debido a que en este momento no están habitadas todas las viviendas y aún hay otras que faltan por construir. El proyecto de la construcción de nuevo Gramalote trajo algunas consecuencias positivas ya que como se diseñó el municipio desde el inicio se separaron desde la fuente las aguas de escorrentía de las aguas domésticas y residuales, característica que optimiza mejor el tratamiento y permite una mayor eficacia en el tratamiento ya que no se presentaran exagerados aumentos de caudal que ocasionen colapso de la capacidad de la planta y con esto la apertura de las válvulas permitiendo el paso del agua sin tratamiento como suele suceder en otras plantas de tratamiento en el país.

La primera etapa de la planta está dada por un sistema preliminar modular de sedimentación y de limpieza, que cuenta con dos entradas que facilitan la limpieza y mantenimiento, cuenta con reglillas para medir el caudal y así facilitar el control del caudal de llegada del agua residual a la planta, posteriormente pasa al tratamiento anaeróbico por medio de cuatro reactores UASB, los

gases emitidos en esta fase son conducidos a la chimenea para su quemado; posteriormente y a través de motobombas es conducido a la etapa de aerobia por medio de filtros percoladores de polietileno donde recircula el agua y permite la remoción de material particulado y bacteriano, dicho tratamiento es novedoso en el país, posterior a dicha fase es pasado a los pozos aeróbicos y ser conducida por tubería a la fuente hídrica donde se deposita después de tratada.

Los lodos obtenidos son llevados a los lechos de secado para hacer abono que puede ser usado para plantas ornamentales por el momento es recogido por aseo urbano (Información visita Planta de tratamiento de Aguas Residuales Gramalote).

### **8.1.3 Plantear las posibles medidas de mejoras para el proceso de tratamiento del agua residual del municipio de santa Bárbara que permitan el cumplimiento de los porcentajes establecidos en la resolución 0631 de 2015.**

La planta de tratamiento de agua residual del municipio de Santa Bárbara Santander, como se ha venido analizando presenta en la actualidad varias falencias, que no permiten obtener los resultados que establece la normatividad ambiental colombiana en la resolución 0631 del 2015 y el reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico - RAS 2000, generando la necesidad de implementar algunos cambios en el proceso de tratamiento que permitan aumentar la remoción de los contaminantes del agua, así lo describe la actualización del plan de saneamiento y manejo de vertimientos del municipio de santa bárbara (Barbara, 2017) donde plantean una tercera etapa.

A continuación, se describen las posibles medidas de manejo ambiental a implementar en la planta para mejorar el proceso de acuerdo a las visitas realizadas en las plantas de tratamiento de agua residual, a la normatividad y a la literatura.

#### ***8.1.3.1 Plan de mantenimiento:***

Toda planta de tratamiento de agua residual, requiere de un plan de mantenimiento de acuerdo a su tamaño, estableciendo una frecuencia y el alcance de los trabajos a realizar, así como lo instaura el RAS 2000 en el capítulo 6 del título E donde reza que “Una planta de tratamiento de aguas residuales solo puede cumplir su objetivo, si se opera en forma apropiada y se efectúa un mantenimiento periódico, por medio de personal calificado.” (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000)

Por lo anterior y en vista de que la planta de tratamiento de agua residual del municipio de Santa Bárbara no cuenta con el personal que realice dichos mantenimientos, se debe establecer un plan de mantenimiento que permitan el óptimo funcionamiento de la misma, con personal idóneo para el desarrollo de las actividades.

#### ***8.1.3.2 Delimitación y señalización de la planta.***

Las plantas de tratamiento de agua residuales deben cumplir con una serie de normas de seguridad teniendo en cuenta que son fuente de riesgos como: riesgo biológico, sanitario, químico entre otros, el agua residual es una fuente potencial de enfermedades al estar expuestos

al contacto o inhalación ya que en el medio se encuentran bacterias, hongos, parásitos y virus. Otro de los principales riesgos a los que se puede estar expuesto es al químico ya que para el tratamiento del agua residual se requiere del uso de compuestos químicos que pueden llegar a ser muy agresivos para el ser humano.

Todo lo anterior genera la necesidad de que el área de la planta cuente con una delimitación de la zona para evitar el ingreso de personal no autorizado, el área también debe contar con señalización preventiva, con un equipo anti incendios, un equipo para emergencias, rutas de evacuación y áreas seguras; el personal que trabaje o esté dentro del área debe contar con los elementos adecuados como se establece en el manual básico de seguridad e higiene en plantas de tratamiento de aguas residuales.

### ***8.1.3.3 Tratamiento preliminar.***

Para mejorar el proceso de tratamiento de aguas residuales, se plantea la construcción de una etapa preliminar que permita la separación de la mayor cantidad de contaminantes que por naturaleza o tamaño puedan llegar a generar problemas, en esta fase se busca remover los sólidos gruesos, arenas y flotantes principales.

La fase preliminar, así como lo establece el Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico (RAS-2000, Pag 56), debe contar con procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, desarenadores y trampas de grasa, dispuestos convencionalmente de modo que permitan la retención y remoción del material extraño presente en las aguas negras y que pueda interferir los procesos de tratamiento.



- **Rejillas.**

Teniendo en cuenta la magnitud de la planta, se sugiere que las rejillas a usar sean las de limpieza manual las cuales se sugiere un espacio en las barras de 15 a 20 mm, la velocidad mínima entre barras y de aproximación para garantizar el área de acumulación debe estar entre 0,3 y 0,6 m/s, todo lo anterior estará sujeto concepto técnico del diseñador. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000). Ver figura 14.

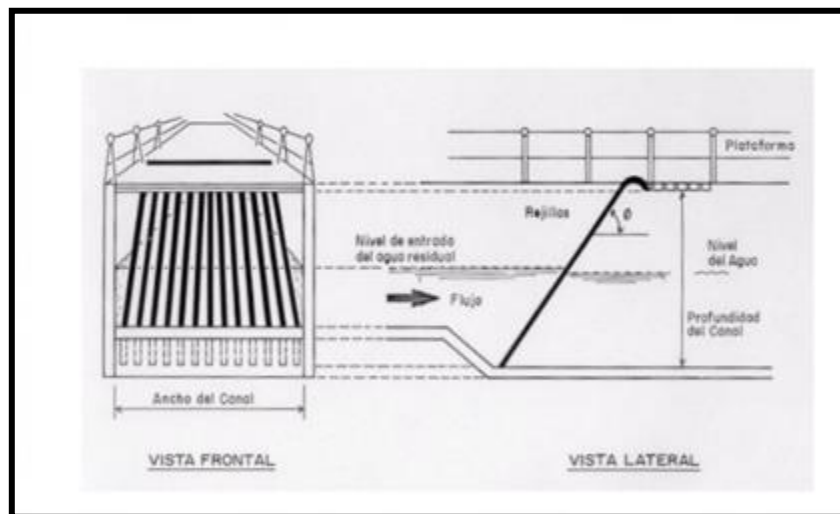


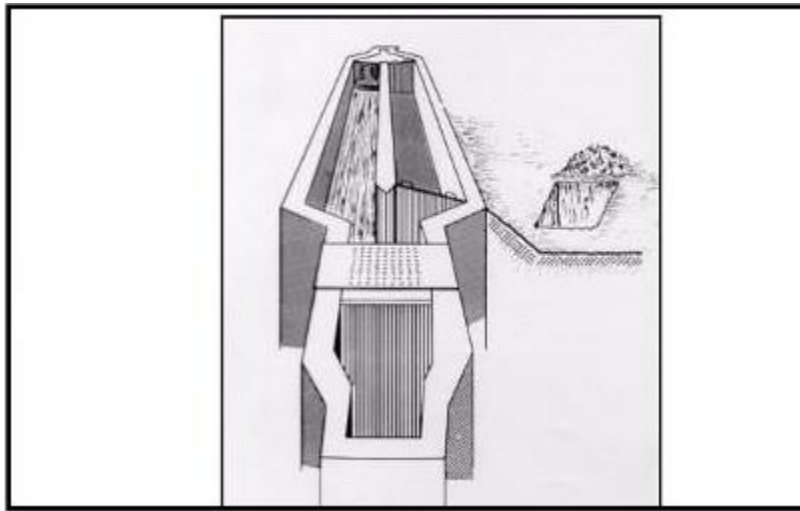
Figura 14. Rejillas

Recuperado de (Isique Barrera , 2016)

- **Desarenador**

La Cámara desarenadora está diseñada para separar por medio de gravedad los sólidos minerales que arrastra el agua residual, deben localizarse después de rejillas y antes del proceso secundario de tratamiento de las aguas residuales, el número de desarenadores es característico a cada diseño, el Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-

2000, recomienda un mínimo de dos unidades en cualquiera de los niveles de complejidad cada uno debe tener la capacidad para operar con los caudales de diseño cuando la otra unidad está en limpieza, además sugiere que los desarenadores con un caudal inferior a 50 L/s sean limpiados manualmente, por tal motivo siguiendo estos lineamientos sería el caso para la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de santa Bárbara. Ver figura 15.



*Figura 15.* Desarenador

Recuperado de (Isique Barrera , 2016)

- **Remoción de grasas.**

Son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie y es retenida mientras el agua aclara, sale por una descarga inferior no lleva partes mecánicas el diseño debe realizarse de acuerdo a las características propias y a el caudal a tratar, para el caso del Municipio de Santa Bárbara se plantea una estructura rectangular de funcionamiento mecánico de tres sectores

separados por pantallas en concreto o mampostería, su limpieza se debe determinar con base en la observación. Ver figura 16.

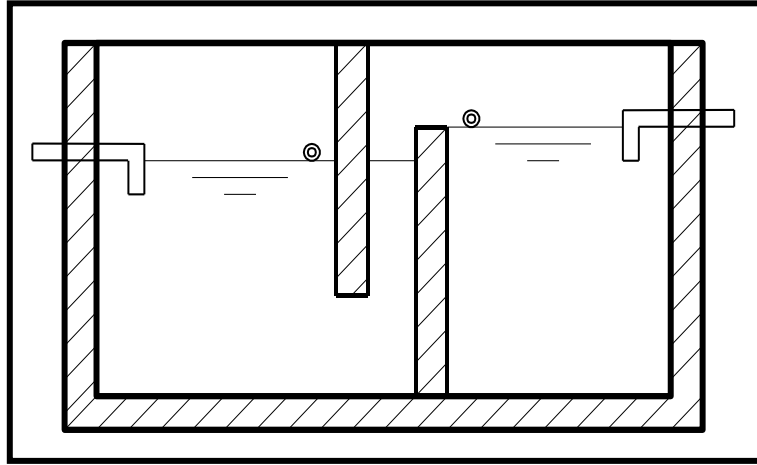


Figura 16. Trampa de grasas

#### 8.1.34 Tratamiento de Lodos.

La planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de santa Bárbara cuenta con un sistema tratamiento de lodos (Lecho de secados), que no tiene el tamaño adecuado para la demanda de la planta y a esto se le suma la falta de mantenimiento al proceso, lo cual está generando de igual forma un impacto negativo a los recursos naturales.

Por lo anterior se plantea, la construcción de un sistema de tratamiento de lodos que permitan solucionar la situación, para lo cual se plantea construir un lecho de secado de lodos más grande y que permitan darle continuidad al proceso de tratamiento de los residuos líquidos.

- **Lechos de secado**

Los lechos de secado son según los descrito en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000, dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de los lodos para que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %. La operación de un lecho de secado de arena es una función de:

- La concentración de sólidos del lodo aplicado.
- Profundidad del lodo aplicado.
- Pérdidas de agua a través del sistema de drenaje grado y tipo de digestión suministrada.
- Tasa de evaporación (la cual es afectada por muchos factores ambientales).
- Tipo de método de remoción usado,
- Método de disposición última utilizado. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000).

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas del municipio de santa Bárbara y las descripciones hechas por la norma es recomendable que el lecho de secados tenga cubierta, es importante establecer un manual de mantenimiento que contemple el control de los olores, control de lodos influentes, control de las dosificaciones, operación bajo condiciones de carga mínima y máxima, programa de inspección, control d crecimiento de plantas y insectos en la zona, control de muestreo de laboratorio. (Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS-2000).

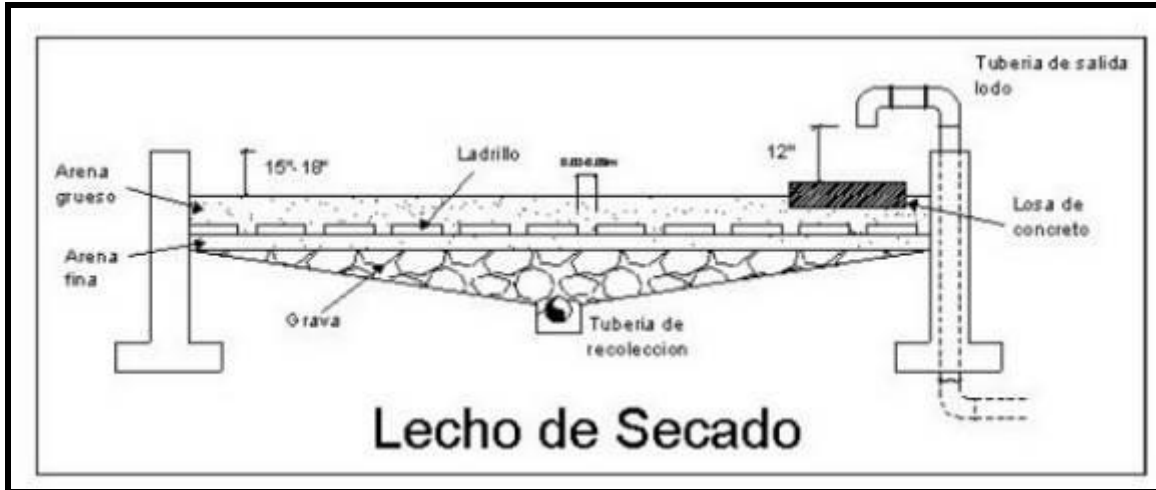


Figura 17. Lecho de secados

Recuperado de (Gallegos , 2011)

#### 8.1.3.5 Remoción del Fosforo.

El fosforo en el agua residual se encuentra en tres formas principalmente ortofosfatos solubles, polifosfatos inorgánicos y fosfatos orgánicos, de los cuales el ortofosfato es el más fácil de asimilar por los microorganismos y se utiliza como un parámetro de control en los procesos biológicos de eliminación de fósforo.

La presencia de algas en el agua puede ser un indicador de presencia de fosforo y compuestos nitrogenados, de allí la importancia de remover estos compuestos del agua ya que disminuyen el oxígeno y a largo plazo genera importantes consecuencias ambientales. Dentro de las principales fuentes que aportan el fosforo al agua residual son los detergentes y productos de limpieza, excreciones humanas y de animales y fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento. Para la remoción del fosforo durante el proceso de depuración de la planta de tratamiento

existen dos métodos para llevar esto a cabo: Precipitación química de Fosfato y la eliminación biológica (Zuñiga, sf).

**Precipitación química de Fosfato:** con la precipitación química se busca eliminar las formas inorgánicas del fosfato mediante la adición de sales formando precipitados de fosfatos menos solubles, las sales más comunes son calcio, aluminio y hierro.

Esta forma de tratamiento para la remoción del fósforo requiere de tener en cuenta una serie de factores importantes tales como cantidad de fósforo y alcalinidad del agua con el fin de determinar la cantidad de sales requerida para el tratamiento.

**Eliminación biológica:** la eliminación biológica es una de las más usadas por su bajo costo, este proceso consiste en la eliminación de los fosfatos con uso de bacterias o microorganismos en unos medios anaerobios y aerobios. Es decir que la desfosfatación biológica parte del hecho de que bacterias bajo condiciones especiales llegan a absorber fosfatos del agua en cantidades superiores a las necesarias para el funcionamiento de su metabolismo entre estas tenemos las *Acinetobacter*.

**Fase anaerobia:** en esta fase las bacterias utilizan su energía para metabolizar los ácidos volátiles y convertirlos en sustratos carbonoso y liberando fosfatos al agua.

**Fase aerobia:** en la fase aerobia las bacterias asimilan el fosfato presente en el agua para convertirlo el polifosfatos liberando su acumulación de sustratos carbonoso acumulando así

fosfatos a este efecto se le conoce como “Luxury uptake”, las bacterias además sufren un proceso de multiplicación.

En los procesos de eliminación del fósforo por medio de la precipitación química suele ser más costosa que la biológica ya que se genera un aumento en el tratamiento de lodos, convirtiendo la biológica en una de las más factibles, de acuerdo a las condiciones del proyecto en el municipio de Santa Bárbara, el tratamiento biológico sería una buena opción para aumentar la remoción del fósforo.

#### ***8.1.3.6 Remoción de compuestos Nitrogenados.***

El nitrógeno es un elemento esencial en los diferentes procesos metabólicos de los seres vivos, además de su abundancia en el aire, agua y suelo con una gran complejidad química ya que puede tomar diferentes formas de oxidación.

Encontrar compuestos Nitrogenados se debe a causas naturales y antropogénicas como el uso doméstico o industrial así como la deposición atmosférica producto de la contaminación, el nitrógeno en sus distintas formas está regulado por un ciclo de seis procesos, que se han visto afectados por las diferentes actividades humanas como el uso de combustibles fósiles y la fabricación de fertilizantes nitrogenados, suplementos alimenticios, animales, adhesivos, tintas, cosméticos y papel, entre otros, que han aumentado casi al doble la concentración de nitrógeno fijado anualmente en la biosfera (Universidad y Salud, 2013).

Entre las principales afectaciones ambientales por la presencia de nitrógeno en el agua son el aumento en la acidez, eutrofización y aumento en los niveles tóxicos, además de afectar las especies acuáticas y riesgo en la salud del ser humano.

Para la remoción del Nitrógeno durante el proceso de depuración de la planta de tratamiento existen diversos métodos de tratamiento desde nitrificación hasta desnitrificación describimos algunos.

**Proceso físico:** los compuestos nitrogenados, principalmente los nitratos pueden ser depurados del agua residual por medio de ósmosis inversa, proceso que se basa en el paso de un solvente a través de una membrana impermeable a un soluto, donde se requiere del uso de membranas especializadas por contaminante. Sin embargo, este proceso no es tan usado ya que requiere una gran selectividad por el nitrato.

**Procesos químicos:** es el intercambio iónico, que radica en pasar el agua a través de un lecho de resina que da lugar al reemplazo de un ion por otro; método que presenta inconvenientes ya que no existen resinas con una alta y exclusiva selectividad por el nitrato, de igual manera se hace complicado restaurar y sustituir las resinas utilizadas en el proceso.

**Proceso biológico:** la eliminación del nitrógeno del agua residual se basa principalmente en una nitrificación y una desnitrificación, proceso que puede ser realizado de forma convencional a continuación relacionamos las formas de tratamiento biológico:

- **Asimilación:** la asimilación permite el crecimiento de nuevas bacterias, lo que genera un manejo de la biomasa producida, esto hace que los procesos biológicos no asimilativos

como la nitrificación y la desnitrificación se constituyan en una alternativa efectiva, sostenible y económicamente factible de eliminación de nitrógeno de las Aguas Residuales.

- **Nitrificación y desnitrificación:** la nitrificación – desnitrificación son reacciones que permiten una conversión biológica de nitrógeno activado a nitratos y posteriormente los nitratos a nitrógeno molecular; estas transformaciones son realizadas por las bacterias y su proceso metabólico en medios aerobios y los otros anóxicos.

Nitrificación. Es la transformación aerobia de nitrógeno a nitrato, por medio de bacterias quimioautótrofas que toman la energía de la oxidación de compuestos inorgánicos. La velocidad de crecimiento de las Nitrobacter es mayor que el de las Nitrosomonas, por ello la conversión de amonio a nitrito se considera el paso limitante del proceso de nitrificación.

Desnitrificación. Consiste en la eliminación completa del Nitrógeno para ello se requiere que el nitrato pase al estado elemental del Nitrógeno, ello se presenta en condiciones anóxicas con la acción de una población de bacterias heterotróficas desnitrificantes que usan los productos de degradación orgánica como fuentes de carbono y energía, y el nitrato como un aceptor de electrones, convirtiendo el nitrato por la vía nitrito- óxido nítrico y óxido nitroso a Nitrógeno gaseoso elemental, el cual sale del medio acuático a la atmósfera, siendo así finalmente removido”. (Universidad y Salud , 2013).

De acuerdo a las condiciones del proyecto en el municipio de santa Bárbara, el tratamiento biológico sería una buena opción para aumentar la remoción del nitrógeno.

#### ***8.1.3.7 Remocion de Tensoactivos***

Son compuestos que se concentran en la parte superficial reduciendo la tension superficial, se encuentran presentes en el agua proveninetes del uso de jabones, limpiadores, emulsionantes, entre otros, los tensoactivos son uno de los mayores generadores de incoventinetes en el tratamiento del agua residual ya que afecta la sedimentacion primaria porque engloba las particulas haciendo la sedimentacion mas lenta, aumenta el PH (Cubillos Alarcón & Moncada Fuentes, 2006).

Para la remocion de los tensoactivos en aguas residuales, se han empelado diferentes alternativas tecnologicas las cuales relacionaremos a continuacion:

#### **Tratamiento biologico:**

Para este tipo de tratamiento se tiene:

- **Tratamientos biologicos aerobicos:** se usan comunmentes en el sistema de lodos activados, reactores secuanciales y lodos activados por aireacion extendida, este tratamiento resulta adecuado cuando se tratan tensoactivos debido a la incorporacion mecánica de oxígeno.

- **Bioremediación:** en este proceso cumplen un lugar muy importante las bacterias ya que son las encargadas de transformar los tensoactivos en biomasa, gas carbonico y otros.

**Tratamiento Químico:** unos de los tratamientos mas usado para la remoción de los tensoactivos son:

- **Oxidación:** para este tipo de proceso de oxidación los mas usados son Cloro, Ozono, Peroxido de Hidrogeno, estos componentes oxidan los contaminantes para convertirlos en otros mas biodegradables.
- **Oxidación por ozono:** el ozono descompone gran parte de los tensoactivos biodegradables y no biodegradables convirtiendolos en estructuras más simples.

**Tratamientos Físicos:** para este tipo de tratamiento se plantea que apartir de la absorción, los compuestos tensoactivos se pueden absorver sobre una serie de materiales como carbón activado, resinas poliméricas sintéticas y biopolímeros, aunque es un proceso bastante eficiente su principal desventaja es el alto costo de tratamiento.

Para la planta de tratamiento del Municipio de Santa Bárbara y la remoción de los tensoactivos se sugiere el tratamiento fisico por el método de absorción con carbón activado.

#### 8.1.3.8 Tratamiento con Macrófitas flotantes

Las macrófitas flotantes son plantas que se han venido usando en el tratamiento de aguas residuales desde los años setenta más o menos, convirtiéndose en objeto de estudio por diferentes profesionales y universidades, tal como lo hizo “la Universidad de la Florida, Harvey y Fox ensayaron con *Lemna minor* en la remoción de nutrientes, obteniendo resultados de 89 % y 67 % para nitrógeno y fosforo respectivamente” (Martelo & Lara Borrero, 2012), tales estudios se han venido complementado con el pasar de los años convirtiendo el uso de las plantas acuáticas un método complementario en el tratamiento de aguas residuales.

Las macrofitas tienen la habilidad para asimilar los contaminantes presentes en el agua transformarlos y removerlos de los efluentes industriales y domésticos por medio de sus raíces además de controlar los olores, estas plantas se caracterizan principalmente porque que habitan en lechos acuáticos e inundables, se adaptan con facilidad permitiendo su crecimiento y desarrollo normal, dentro de las plantas más comunes en el tratamiento de agua residual es el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) (Agrociencia, 2012) es una de las plantas con mejor crecimiento y reproducción, es una planta invasora conocida como la plaga de los canales de agua.



*Figura 18.* Buchones

Recuperado de (Agua org, 2017)

Por todo lo anteriormente se plantea para la planta de tratamiento de agua residual del municipio de Santa Bárbara construir una nueva fase que involucre las plantas acuáticas como mecanismo de purificación del agua después de salir del pozo séptico, este planteamiento se basa en que son mecanismos con buenos porcentajes de remoción y que podrían complementar de una manera adecuada el proceso de tratamiento del recurso.

#### 8.1.3.8.1 Diseño

Para el uso de este tipo de mecanismos existen diversidad de diseños, con múltiples esquemas de tratamiento, para estos casos el más usado el lirio acuático uno de los más usados en Colombia siendo pionero en los antecedentes de macrófitas en Colombia obteniendo buenos resultados de remoción (Martelo & Lara Borrero, 2012).

Se plantea la construcción de un canal desde la salida del pozo séptico hasta un estanque, con una profundidad variable que permitirá el desarrollo natural de las macrófitas, posteriormente saldrá por una tubería al tanque de toma de muestras para después ser vertida en la fuente hídrica por medio de tubería.

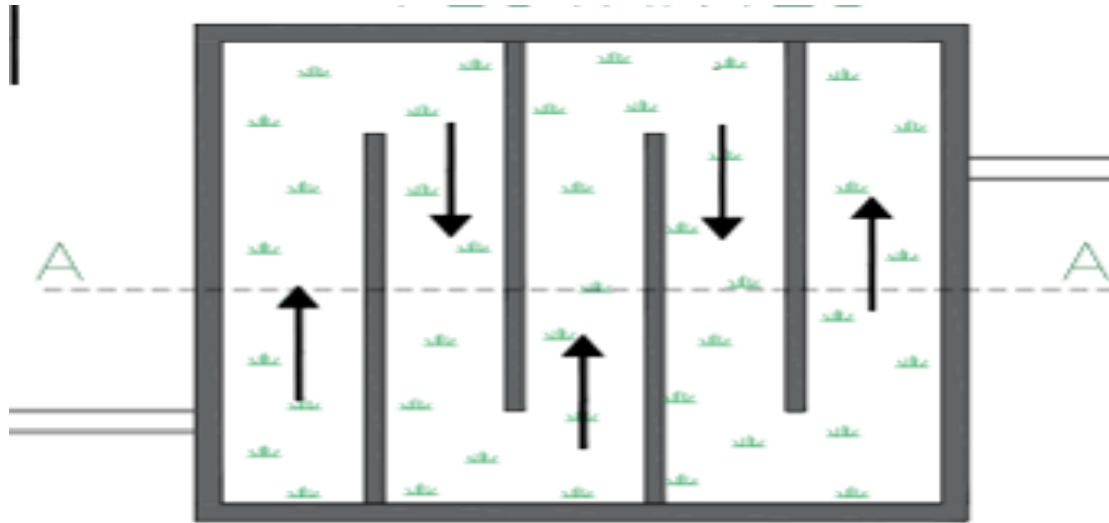


Figura 19. Canal de salida

Fuente elaboración Propia

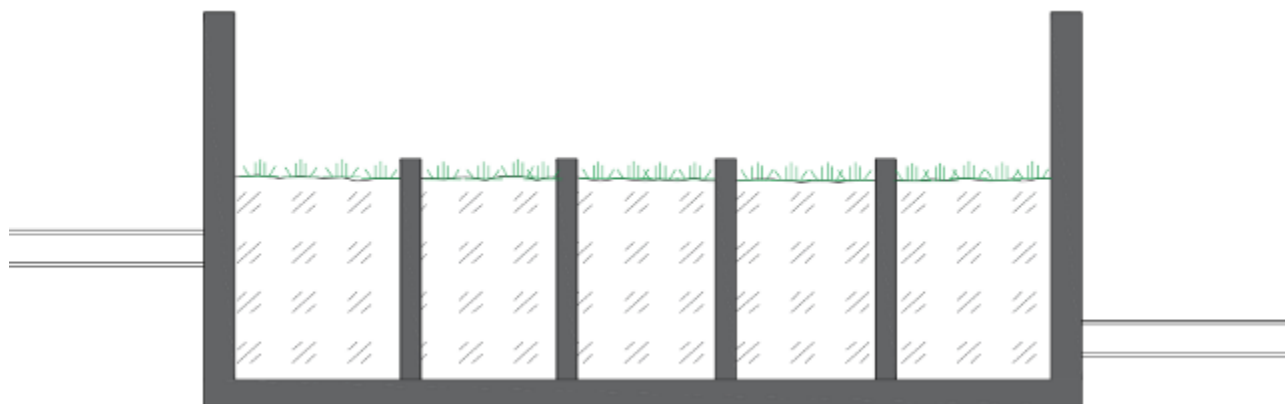


Figura 20. Canal de salida corte Transversal

Fuente elaboración Propia

## 9. Conclusiones

A partir de la información recopilada de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Santa Bárbara – Santander, se plantean realizar nuevas fases en el tratamiento de las aguas residuales que permitan aumentar los porcentajes de remoción con el fin de lograr el saneamiento del cuerpo receptor y dar cumplimiento al reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 y la resolución 0631 de 2015 en donde se establece el análisis y reporte para los parámetros en estudio.

Los tratamientos biológicos para los compuestos nitrogenados y fosfatos se realizan mediante el uso de bacterias o microorganismos en medios anaerobios y aerobios por su bajo costo y efectividad donde se concluye que esta es la alternativa para realizar la remoción de los contaminantes en estudio de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Santa Bárbara.

Existen diversidad de tratamientos para los tensoactivos los cuales están sujetos al plan de desarrollo del Municipio, para la planta de tratamiento de Santa Bárbara se propone el tratamiento físico por el método de absorción con carbón activado por su capacidad de adsorción y eficiencia en el proceso de remoción.

Las macrófitas flotantes son plantas que se adaptan con facilidad, tiene un sistema de fitorremediador que remueven sustancias orgánicas como nutrientes y metales pesados, su

porcentaje de remoción es alto y completan los procesos en las plantas de tratamiento de aguas residuales, para el caso del municipio de Santa Bárbara se plantea la construcción de un canal a la salida del tanque de tratamiento que permita el establecimiento de las plantas y a su vez sea una fase aerobia antes de realizar el vertimiento.

### **10. Recomendaciones**

- Separar las aguas residuales de las aguas lluvias a través de la formulación y ejecución del plan maestro de alcantarillado de aguas lluvias.
- Realizar campañas educativas de sensibilización sobre el uso de las redes domiciliarias del sistema de alcantarillado, abordando temas como el uso adecuado de los residuos sólidos que no se pueden arrojar a estos sistemas de recolección de aguas residuales.
- Sembrar árboles de especies tales como galán de la noche y eucalipto alrededor de la planta con el fin de crear una barrera ambiental para la neutralización de los olores.

### Referencias Bibliográficas

- Carrión, C., Ponce, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M., & Vanegas, C. (Agosto/Septiembre de 2012). *Aprovechamiento potencial del lirio acuático*. Obtenido de Agrcociencia: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000600007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000600007)
- Reglamento tencico del sector de Agua Potable y saneamiento Basico RAS 2000. (Noviembre de 2000). Tratamiento de aguas residuales . Colombia . Obtenido de [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710\\_ras\\_titulo\\_e\\_.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf)
- Alcaldia Municipal de Santa Barbara . (2018). *Base de datos servicio Publicos* . Santa Barbara .
- Alcaldia Municipal de Santa Barbara. (2007). *Esquema de Ordenamiento Territorial de santa Barbara*. Alcaldia Municipa Santa Barbara , Santander , Santa Barbara. Recuperado el Febrero de 2019
- Alcaldia Municipal Santa Barbara . (2018). *Base certificado* . Santa Barbara .
- Barbara, A. M. (2017). *Actualizacion de plan de saneaminto y manejo de vertimientos del municipio de santa Barbara* . Santa Barbara .
- Bejarano, M., & Escobar, M. (Junio de 2015). *Eficiencia del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas residuales domesticasen una planta de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18014/41091011\\_2015.pdf](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18014/41091011_2015.pdf)
- BossTech. (07 de Mayo de 2018). *Diferencia y tratamiento de aguas grises y negras*. Obtenido de BossTech: <https://bosstech.pe/blog/diferencia-y-tratamiento-de-aguas-grises-y-negras/>
- Castillo , I. (sf). *Lifeder.com*. Obtenido de Aguas agrícolas: características, contaminantes principales: <https://www.lifeder.com/aguas-agricolas/>
- Cdmb. (05 de Mayo de 2015). *California y Surata cuentan con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de Cdmb: <http://www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/prensa/noticias/item/3403-california-y-surata-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Chaguala, F. (5 de 5 de 2015). *CDMB* . Obtenido de <http://www.cdmb.gov.co/web/ciudadano/prensa/noticias/item/3403-california-y-surata-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales>

- Cruz , A. (27 de Diciembre de 2017). *México: Diseñan proceso para utilizar lirio en limpieza de agua con hidrocarburos (Crónica)*. Obtenido de Agua org : <https://agua.org.mx/mexico-disenan-proceso-utilizar-lirio-en-limpieza-agua-hidrocarburos-cronica/>
- Cubillos, D. R., & Moncada, J. (2006). *Evaluacion a nivel de Laboratorio de un sistema de remocion*. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14837/T41.06%20C891e.pdf;jsessionid=6A12F44FC2A0EEA43A2472250E3BF2A5?sequence=1>
- Decreto 1594 DE 1984. (26 de Junio de 1984). Diario Oficial No. 36.700. Colombia . Obtenido de [http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec\\_1594\\_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f](http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f)
- Decreto 3100 DE 2003. (30 de Octubre de 2003). Diario Oficial No. 45.357. *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo*. Colombia . Obtenido de <https://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-3100-de-2003.pdf>
- Decreto Ley 2811 de 1974. (18 de Diciembre de 1974). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Colombia. Obtenido de Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible: <https://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Decreto-Ley-2811-de-1974.pdf>
- El Espectador . (4 de Noviembre de 2014). Colombia trata únicamente el 10% de sus aguas residuales. *El Espectador*, págs. <http://blogs.elespectador.com/actualidad/el-rio/colombia-trata-unicamente-el-10-de-sus-aguas-residuales>.
- El Tiempo. (22 de Marzo de 2017). Siete de cada diez municipios no tratan sus aguas residuales. *El Tiempo*. Obtenido de EL TIEMPO: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/tratamiento-de-aguas-residuales-en-colombia-69962>
- france, Inter pro. (s.f.). *Manual basico de seguridad e higiene en plantas de tratamiento de aguas residuales*. Obtenido de <https://www.h2ointerpro.com.mx/img/media/manual-seguridad.pdf>
- Galeano Nieto, L., & Rojas Ibarra , V. (Noveimbre de 2016). *Propuesta de diseño de una ptar para el municipio de Velez - Santander* . Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13930/4/PROPUESTA%20DE%20DISE%20C3%91O%20DE%20UNA%20PTAR%20PARA%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20VELEZ%20-SANTANDER..pdf>
- Galvis, S. (17 de Diciembre de 2015). *Legislacion de servicios publicos*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/legislaciondeserviciospublicos/resolucion-1433-de-2004>
- Galvis, S. (11 de Diciembre de 2015). *Legislacion Servicios Publicos* . Obtenido de <https://sites.google.com/site/legislaciondeserviciospublicos/decreto-302-de-2000>

- Garzon Z, M. A. (sf). *Remocion de Nitrogeno y Fosforo*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018834/MEMORIAS2004/CapituloII/6Remociondenitrogenoyfosforo2.pdf>
- Ideam. (2014). *Hidrologia* . Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/hidrologia>
- Ingenieria y ciencia . (Enero y Junio de 2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revision del estado del arte* . Obtenido de Ingeniería y Ciencia: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>
- La Republica. (16 de Marzo de 2018). Solamente 48,2% de los municipios cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales. *La Republica*. Obtenido de Solamente 48,2% de los municipios cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales: <https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-482-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155>
- Ley 1333 de 2009. (21 de Julio de 2009). Diario Oficial 47.413. Colombia . Obtenido de <https://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Ley-1333-de-2009.pdf>
- Ley 142 DE 1994. (11 de Julio de 1994). Diario Oficial No. 41.433 de 11 de julio de 1994. Colombia. Obtenido de [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0142\\_1994.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html)
- Ley 373 DE 1997 . (11 de Junio de 1997). Diario Oficial No. 43.058 . *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Colombia . Obtenido de [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley\\_0373\\_1997.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0373_1997.pdf)
- Ley 9 de 1979. (5 de Febrero de 1979). Diario Oficial . Colombia . Obtenido de [http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/ley\\_9\\_1979.Codigo%20Sanitario%20Nacional.pdf](http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/ley_9_1979.Codigo%20Sanitario%20Nacional.pdf)
- Ley 99 del 1993. (22 de Diciembre de 1993). Diario Oficial No. 41.146. Colombia . Obtenido de [https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia\\_99-93.pdf](https://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/colombia/colombia_99-93.pdf)
- Martelo, J., & Lara Borrero, J. (Junio de 2012). *Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revision del estado del arte*. Obtenido de [https://www.academia.edu/7819533/Macr%C3%B3fitas\\_flotantes\\_en\\_el\\_tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales\\_una\\_revisi%C3%B3n\\_del\\_estado\\_del\\_arte](https://www.academia.edu/7819533/Macr%C3%B3fitas_flotantes_en_el_tratamiento_de_aguas_residuales_una_revisi%C3%B3n_del_estado_del_arte)
- Minisalud. (9 de Julio de 2015). *Abece del agua y saneamiento Básico*. Obtenido de Subdirección de Salud Ambiental: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/abc-agua.pdf>
- Orellana , J. (2005). *Características de los líquidos residuales*. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_08\\_Caracteristicas\\_de\\_Liquidos\\_Residuales.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_08_Caracteristicas_de_Liquidos_Residuales.pdf)

- Organizacion Mundial de la Salud. (sf). *Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud*. Recuperado el 2019, de Organizacion Mundial de la Salud: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/mdg1/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/)
- Pulido , S. P., Miranda , V. A., Guzman , M., & Molano , E. (sf). *PTAR uniminuto*. Obtenido de Origen y Características de las aguas residuales: <https://sites.google.com/site/ptaruniminuto/origen-y-caracteristicas-de-las-aguas-residuales>
- Resolucion 631 de 2015. (17 de Marzo de 2015). Diario Oficial No. 49.486. Colombia . Obtenido de [https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R\\_MADS\\_0631\\_2015.pdf](https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf)
- Resolucion 631 DE 2015. (18 de Abril de 2015). Diario Oficial No. 49.486. Colombia . Obtenido de [https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R\\_MADS\\_0631\\_2015.pdf](https://docs.supersalud.gov.co/PortalWeb/Juridica/OtraNormativa/R_MADS_0631_2015.pdf)
- Sandoval, J. (Mayo de 2012). *Plan de desarrollo 2012 – 2015*. Obtenido de Alcaldia Municipal de santa Barbara: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/santab%C3%A1rbarasantan derpd20122015.pdf>
- Shadowxfox. (23 de 05 de 2012). *Wikipedia* . Obtenido de File:Colombia - Santander - Santa Bárbara.svg: [https://www.google.com/search?q=santa+barbara+santander&rlz=1C1GCEA\\_enCO748CO748&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjcm52CnKHgAhWJxFkKHXA YDFIQ\\_AUIDygC&biw=1366&bih=657#imgcr=k8xyRhFiY02SpM:](https://www.google.com/search?q=santa+barbara+santander&rlz=1C1GCEA_enCO748CO748&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjcm52CnKHgAhWJxFkKHXA YDFIQ_AUIDygC&biw=1366&bih=657#imgcr=k8xyRhFiY02SpM:)
- Univerisdad y Salud. (7 de Junio de 2013). *Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública*. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072013000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007)

## Anexos

### Anexo A. Registro fotográfico

- **Visita 26 de noviembre del 2018.**



Figura 1. Acceso PTAR

Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 2. Ultimo pozo  
Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 3. Acceso a criba  
Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 4. Tanque de tratamiento colmatado de lodos  
Fuente: Unidad de servicios públicos

- **Visita 18 de diciembre del 2018.**



Figura 5. Mantenimiento PTAR  
Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 6. Mantenimiento PTAR  
Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 7. Mantenimiento PTAR  
Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 8. Mantenimiento PTAR  
Fuente: Unidad de servicios públicos

- **Visita 31 de enero del 2019**



Figura 9. Tanque de tratamiento PTAR  
Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 10. Criba

Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 11. Conducción de salida PTAR

Fuente: Unidad de servicios públicos



Figura 12. Tratamiento secado de lodos  
Fuente: Unidad de servicios públicos