

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>	<b>Código</b>	FO-SB-12/v0
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>	<b>Página</b>	1/1

**RESUMEN TRABAJO DE GRADO**

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): WILLIAM APELLIDOS: SÁNCHEZ SÁNCHEZ

NOMBRE(S): CATHERINE APELLIDOS: VIVEROS SALAZAR

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JUAN CARLOS APELLIDOS: SAYAGO ORTEGA

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y CONTAMINACIÓN DE ESTAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PUERTO SANTANDER, NORTE DE SANTANDER

RESUMEN

Este proyecto trata acerca de un diagnostico del manejo de las aguas residuales y contaminación de estas en el área urbana del municipio de puerto Santander, Norte de Santander. Para ello, se realizó una investigación cuantitativa determinando los vertimientos de aguas residuales existentes actualmente y con base en los saberes adquiridos durante la formación en el programa de ingeniería civil. La recolección de información se obtuvo a través del reconocimiento del área de estudio (área urbana del municipio de Puerto Santander) y de los estudios técnicos que se realizaron como las pruebas de laboratorio que se practicaron al vertimiento y al cuerpo receptor. La población y muestra esta conformada por el área urbana del municipio de Puerto Santander que genera aguas residuales. Se logró, evaluar el manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander y el efecto contaminante de estas. Seguidamente, se identificaron los factores que inciden el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander. Posteriormente, se analizaron los factores identificados que inciden en el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander. Finalmente, se realizó un balance de masas y proponer un sistema para el óptimo manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander.

PALABRAS CLAVE: Agua residual, Vertimiento, Balance de masas, tratamiento.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 78 PLANOS:      ILUSTRACIONES:      CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
<b>Fecha</b>	24/10/2014	<b>Fecha</b>	05/12/2014	<b>Fecha</b>	05/12/2014

COPIA NO CONTROLADA

DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y CONTAMINACIÓN DE  
ESTAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PUERTO SANTANDER, NORTE DE  
SANTANDER

WILLIAM SÁNCHEZ SÁNCHEZ  
CATHERINE VIVEROS SALAZAR

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y CONTAMINACIÓN DE  
ESTAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PUERTO SANTANDER, NORTE DE  
SANTANDER

WILLIAM SÁNCHEZ SÁNCHEZ  
CATHERINE VIVEROS SALAZAR

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director

JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2020

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 19 DE JUNIO DE 2020 HORA: 10:00 a. m.

LUGAR: VIDEO CONFERENCIA GOOGLE MEET

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y  
COONTAMINACION DE ESTAS EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO  
DE PUERTO SANTANDER, NORTE DE SANTANDER".

JURADOS: ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES  
ING. FABIAN ALBERTO PRATO DUARTE

DIRECTOR: INGENIERO JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA.

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
WILLIAM SANCHEZ SANCHEZ	2110076	4,1	CUATRO, UNO
CATHERINE VIVEROS SALAZAR	2110013	4,1	CUATRO, UNO

# APROBADA

ING. EDGAR VILLEGAS PALLARES

ING. FABIAN ALBERTO PRATO DUARTE

Vo. Bo.

JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS  
Ciudad

Cordial saludo:

**WILLIAM SANCHEZ SANCHEZ**, identificado con la **C.C. N° 13.305.989** de Puerto Santander, **CATHERINE VIVEROS SALAZAR** identificada con la **C.C. N° 1.094.347.567** de san cayetano autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado **DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y CONTAMINACIÓN DE ESTAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PUERTO SANTANDER, NORTE DE SANTANDER**, presentado y aprobado en el año **2020** como requisito para optar al título de **INGENIERO CIVIL**; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

William Sanchez Sanchez  
cc. 13 305 989 de Puerto Santander

catherine viveros salazar  
1094347567 san cayetano

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción	15
1. Problema	16
1.1 Título	16
1.2 Formulación del Problema	17
1.3 Sistematización del Problema	17
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 Justificación	18
2. Marco de Referencial	20
2.1 Antecedentes	20
2.1.1 Empíricos	20
2.1.2 Bibliográfica	20
2.2 Marco Teórico	21
2.3 Marco Espacial	24
2.4 Marco Temporal	24
2.5 Marco Legal	25
2.5.1 Bases legales generales	25
2.5.2 Bases legales específicas	25
3. Diseño Metodológico	26
3.1 Tipo de Estudio	26
3.2 Método de Investigación	26

3.3 Fuentes y Técnicas para la Recolección de Información	26
3.4 Tratamiento de la Información	27
3.5 Población	27
3.6 Muestra	27
4. Características del Municipio Puerto Santander	28
4.1 Localización y Límites	28
4.2 Vías de Comunicación	30
4.3 Actividad Económica	31
4.4 Hidrografía y Clima	32
4.5 Sistema de Acueducto	34
4.5.1 Empresa prestadora	34
4.5.2 Fuente de abastecimiento	35
4.5.3 Captación	35
4.5.4 Aducción.	36
4.5.5 Desarenador	36
4.5.6 Planta de tratamiento	37
4.5.7 Almacenamiento	38
4.5.8 Red de distribución	38
4.6 Sistema de Alcantarillado	39
4.6.1 Red de recolección	39
4.6.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales	39
4.6.3 Vertimientos	40
4.7 Población	40
4.7.1 Población y demanda	40

4.7.2 Proyección y demanda	41
4.8 Riesgo y Amenaza	43
5. Diagnostico aguas Residuales del Área Urbana del Municipio Puerto Santander	44
5.1 Sistema de Alcantarillado de tipo Sanitario	44
5.2 Trabajo de Campo	44
5.3 Puntos de Vertimiento	45
5.4 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	52
6. Identificación y Análisis de los Factores que Inciden en el Manejo de las aguas Residuales del área Urbana del Municipio de Puerto Santander	53
6.1 Factores que Inciden en el Manejo de las Aguas Residuales	53
6.2 Análisis de los Factores que Inciden en el Manejo de las Aguas Residuales	54
6.2.1 Población del área urbana del municipio de Puerto Santander	54
6.2.2 Dotación neta	54
6.2.3 Disponibilidad del sistema de alcantarillado	55
6.2.4 Cobertura del sistema de alcantarillado	55
6.2.5 Número de vertimientos del sistema de alcantarillado	55
6.2.6 Sistema de tratamiento de aguas residuales	55
6.2.7 Condiciones del terreno	55
7. Manejo de Aguas Residuales en el área Urbana del Municipio de Puerto Santander	56
7.1 Balance de Masas	56
7.1.1 Modelo para determinar la desoxigenación	58
7.1.2 Modelo para determinar la reaireación	58
7.2 Propuesta Sistema de Tratamiento de aguas Residuales del Municipio de Puerto Santander	60

8. Conclusiones	65
9. Recomendaciones	66
Referencias Bibliográficas	67
Anexos	69

## Lista de Figuras

	<b>pág.</b>
Figura 1. Localización General del Municipio de Puerto Santander	28
Figura 2. Localización General del Municipio de Puerto Santander	30
Figura 3. Caudal medio del rio la Grita	32
Figura 4. Escorrentías que drenan a Puerto Santander	33
Figura 5. Localización Vertimientos	46
Figura 6. Vertimiento 1	47
Figura 7. Vertimiento 2	47
Figura 8. Vertimiento 3	48
Figura 9. Vertimiento 4	48
Figura 10. Vertimiento 5	49
Figura 11. Vertimiento 6	49
Figura 12. Vertimiento 7	50
Figura 13. Vertimiento 8	50
Figura 14. Vertimiento 9	51
Figura 15. Vertimiento 10	51
Figura 16. Vertimiento 11	52

## Lista de Tablas

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Proyección de Población y Demanda	41
Tabla 2. Áreas por uso casco urbano de puerto Santander	42
Tabla 3. Parámetros caudal aguas residuales casco urbano de puerto Santander año 2045	42
Tabla 4. Factores que Inciden en el Balance de Oxígeno	57
Tabla 5. Balance de Masas en Vertimiento de Aguas Residuales	59
Tabla 6. Pre dimensionamiento Laguna de Oxidación para Tratamiento de Aguas Residuales de Puerto Santander	63

## Lista de Anexos

	<b>pág.</b>
Anexo 1. Proyecciones de Población	70
Anexo 2. Población y Caudal Aguas Residuales	71
Anexo 3. Análisis de Aguas	72
Anexo 4. Evidencia Fotográfica	74
Anexo 5. Propuesta de Emisario Interceptor para Reducir a un Vertimiento	78

## **Resumen**

Este proyecto trata acerca de un diagnóstico del manejo de las aguas residuales y contaminación de estas en el área urbana del municipio de Puerto Santander, Norte de Santander. Para ello, se realizó una investigación cuantitativa determinando los vertimientos de aguas residuales existentes actualmente y con base en los saberes adquiridos durante la formación en el programa de ingeniería civil. La recolección de información se obtuvo a través del reconocimiento del área de estudio (área urbana del municipio de Puerto Santander) y de los estudios técnicos que se realizaron como las pruebas de laboratorio que se practicaron al vertimiento y al cuerpo receptor. La población y muestra esta conformada por el área urbana del municipio de Puerto Santander que genera aguas residuales. Se logró, evaluar el manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander y el efecto contaminante de estas. Seguidamente, se identificaron los factores que inciden el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander. Posteriormente, se analizaron los factores identificados que inciden en el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander. Finalmente, se realizó un balance de masas y proponer un sistema para el óptimo manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander.

## **Abstract**

This project deals with a diagnosis of wastewater management and contamination of these in the urban area of the municipality of Puerto Santander, Norte de Santander. To do this, a quantitative investigation was carried out determining the currently existing wastewater discharges and based on the knowledge acquired during the training in the civil engineering program. The collection of information was obtained through the recognition of the study area (urban area of the municipality of Puerto Santander) and the technical studies that were carried out as the laboratory tests that were carried out on the discharge and the receiving body. The population and sample is made up of the urban area of the municipality of Puerto Santander that generates wastewater. It was possible to evaluate the management of wastewater in the urban area of the municipality of Puerto Santander and the polluting effect of these. Next, the factors that influence the proper management of wastewater in the urban area of the municipality of Puerto Santander were identified. Subsequently, the identified factors that influence the proper management of wastewater in the urban area of the municipality of Puerto Santander were analyzed. Finally, a mass balance was carried out and a system was proposed for the optimal adequate management of wastewater in the urban area of the municipality of Puerto Santander.

## Introducción

En el municipio de Puerto Santander los servicios públicos domiciliarios de agua potable, captación, transporte y vertimiento de las aguas residuales y recolección, transporte y disposición final de los residuos solidados a la población del área urbana del municipio son prestados directamente por el municipio a través de la unidad de servicios públicos, creada el 12 de junio de 1998 mediante acuerdo municipal No. 98. El manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander, parte de la captación y transporte de las aguas residuales de origen doméstico a través de un sistema de alcantarillado de tipo sanitario que inicialmente fue construido por la comunidad en la década de 1980, en 1997 se diseñó un plan maestro de alcantarillado y con base en este el sistema se fue extendiendo en la proporción en que creció su población, el sistema de alcantarillado de tipo sanitario funciona a gravedad y presenta problemas de reboce en algunos de sus tramos en épocas de fuerte invierno. En general el sistema tiene dos vertimientos a los ríos La Grita y Zulia. El municipio de Puerto Santander no dispone de sistemas de tratamiento de aguas residuales y tampoco de sistema de alcantarillado pluvial, en épocas de fuerte invierno se ha visto afectado por las inundaciones por su ubicación alrededor de los ríos La Grita y Zulia. Esta investigación pretende realizar un balance de masas para determinar si los cuerpos de agua tienen capacidad de absorber la carga contaminante y de ser necesario proponer un sistema de tratamiento de las aguas residuales antes de ser vertidas a las escorrentías superficiales. La metodología de investigación será cuantitativa, con nivel de profundidad descriptiva con base en la información obtenida del estudio del terreno, la población y los cuerpos de aguas.

## **1. Problema**

### **1.1 Título**

DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LAS AGUAS RESIDUALES Y CONTAMINACIÓN DE ESTAS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PUERTO SANTANDER, NORTE DE SANTANDER.

El sistema de alcantarillado fue construido en la década de 1980 en paralelo con el sistema de acueducto por la comunidad inicialmente y luego apoyado por el estado, en 1997 se diseñó un plan maestro de alcantarillado que es la herramienta con la que se ha ido extendiendo las redes de los colectores, la topografía del área urbana del municipio de Puerto Santander es muy plana y no se disponen de pendientes que permitan un mejor funcionamiento del sistema, las aguas residuales se vierten directamente a los ríos sin ningún tipo de tratamiento.

Analizando que el pago de tasa retributiva se observa que cada año es mayor y que los parámetros que miden la contaminación tiende a aumentar según el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Puerto Santander (P.S.M.V. 2008) y sus actualizaciones anuales, es oportuno hacer un estudio con base en la resolución 631 de 2015 del M.V.C.T. y la resolución 330 de 2017 Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico que proponga una solución al manejo adecuado de las aguas residuales que genera la comunidad del área urbana del municipio de Puerto Santander.

## 1.2 Formulación del Problema

¿No disponer de un manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander afecta significativamente al medio ambiente?

## 1.3 Sistematización del Problema

¿Cuáles factores inciden en el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander?

¿Cuál sería la propuesta de para el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander?

## 1.4 Objetivos

**1.4.1 Objetivo general.** Evaluar el manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander y el efecto contaminante de estas.

**1.4.2 Objetivos específicos.** Identificar los factores que inciden el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander.

Analizar los factores identificados que inciden en el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander.

Hacer un balance de masas y proponer un sistema para el óptimo manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander.

## **1.5 Justificación**

### **Justificación Teórica:**

El sistema de alcantarillado del área urbana del municipio de Puerto Santander presenta problemas, el primero es el relacionado con varios tramos de colectores que no cumplen con los parámetros mínimos establecidos en el RAS 2017, esto se debe que en la época en que se construyó el sistema no estaba vigente el marco jurídico, sin embargo, el sistema funciona y presta el servicio en condiciones aceptables. El segundo inconveniente que se presenta es que los emisarios finales descargan las aguas residuales a los ríos que la bordean en once puntos diferentes sin ningún tipo de tratamiento ni estudio que demuestre si hay resiliencia de los cuerpos de agua receptores, afectando a la comunidad en general.

Según la secretaria departamental de aguas de Norte de Santander los vertimientos de las aguas residuales de las poblaciones que se encuentran en la cuenca del río Zulia han venido afectando en forma creciente los cuerpos de agua escorrentía que abastecen al río Zulia, afectando sus condiciones naturales en los aspectos físico, químico y biológico por esta razón es indispensable que se realicen estudios técnicos para mitigar la contaminación de los cuerpos de agua.

### **Justificación Metodológica:**

Se realizará una investigación cuantitativa con base al caudal de aguas residuales generado por la población del área urbana del municipio de Puerto Santander y el caudal del cuerpo receptor ríos La Grita y El Zulia y se hará un análisis del balance de masas para determinar las condiciones críticas del vertimiento y así proponer de ser necesario una solución al problema del

manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio.

### **Justificación Práctica:**

El desarrollo del presente anteproyecto será de gran importancia para la unidad de servicios públicos de Puerto Santander, ya que con los resultados obtenidos se dispondrá de una herramienta técnica y científicamente elaborada para tomar decisiones sobre las aguas residuales del municipio.

Con la elaboración de este trabajo de investigación se pondrán en práctica los diferentes conocimientos adquiridos durante el transcurso del programa de ingeniería civil; dando así muestra clara que nuestra profesión es integral y está encaminada a lograr objetivos técnicos, ambientales y sociales.

La realización de esta investigación nos motiva para contribuir con la prestación óptima del servicio público de aguas residuales de la unidad de servicios públicos del municipio de Puerto Santander. consciente de las implicaciones económicas, sociales y ambientales que acarrea la no disposición de un buen manejo de las aguas residuales, logrando así hacer un aporte a las comunidades menos favorecidas y al medio ambiente

## 2. Marco de Referencial

### 2.1 Antecedentes

**2.1.1 Empíricos.** Contemplando la problemática que causa la contaminación se realizó entrevistas para observar cual es la vivencia de los habitantes bajo este riesgo, incluyendo en ella si son conscientes de los daños que están ocasionando para consigo mismos y además el daño que le hacen al ecosistema; la conclusión a la cual se llegó con esta entrevista es que “es necesario buscar una forma con la cual se pueda controlar el riesgo que puede producir el canal hacia los habitantes del sector” (Gallo, 2016, p.12).

**2.1.2 Bibliográfica.** Naciones Unidas (1992), Tratado de Kyoto. El agua es un recurso hídrico natural que nos concierne a todos, por tal motivo nuestro compromiso es cuidar y administrar este recurso natural valioso. El agua es origen, esencia y sustento de vida, es el elemento primordial de la creación; necesario para las especies vivientes y la humanidad.

En la tierra no podría haber vida sin agua. De la cultura, el respeto al valor infinito del agua, dependerá la supervivencia de las futuras generaciones y especies del planeta. Muchos problemas ambientales están relacionados por la falta de este vital líquido, después de todo un 70 % de la superficie del planeta es agua. Sabemos que el agua es esencial para la vida.

El agua potable además de la importancia como sustento de vida también es garantía de salud, porque esta se ha tratado para garantizar que quien consume esta bebida no afecta su salud, teniendo en cuenta que en el agua cruda (natural) pueden estar presentes sustancias indeseables, deletéreas, nocivas o tóxicas.

El acceso de toda la población sin diferencia alguna al agua potable es un derecho humanitario, de supervivencia y constitucional en la república de Colombia; en la práctica para llegar a cumplir este derecho se debe prestar en condiciones óptimas por parte de las empresas responsables de la prestación del servicio.

Vega & Leonel (2001), Gestión Ambiental sistémica – Panamericana formas e impresiones S.A. Es un nuevo enfoque funcional y organizacional para el fortalecimiento de la gestión ambiental pública, empresarial y ciudadana en el ámbito estatal.

Romero (s,f), Calidad del Agua. Conceptos fundamentales de química general; Análisis físico del agua; Análisis químico del agua; Análisis bacteriológico del agua; Coagulación química del agua; Desinfección; Ablandamiento; Remoción de hierro y manganeso.

## **2.2 Marco Teórico**

### **Historia del Tratamiento de las Aguas Residuales:**

El Tratamiento de aguas residuales cobró importancia progresivamente desde principios de la década de 1970 como resultado de la preocupación general expresada en todo el mundo sobre el problema, cada vez mayor, de la contaminación humana del medio ambiente, desde el aire a los ríos, lagos, océanos y aguas subterráneas, por los desperdicios domésticos, industriales, municipales y agrícolas.

Los métodos de depuración de residuos se remontan a la antigüedad y se han encontrado instalaciones de alcantarillado en lugares prehistóricos de Creta y en las antiguas ciudades asirias. Las canalizaciones de desagüe construidas por los romanos todavía funcionan en nuestros días. Aunque su principal función era el drenaje, la costumbre romana de arrojar los desperdicios a las

calles significaba que junto con el agua de las escorrentías viajaban grandes cantidades de materia orgánica. Hacia finales de la edad media empezaron a usarse en Europa, primero, excavaciones subterráneas privadas y, más tarde, letrinas. Cuando éstas estaban llenas, unos obreros vaciaban el lugar en nombre del propietario. El contenido de los pozos negros se empleaba como fertilizante en las granjas cercanas o era vertido en los cursos de agua o en tierras no explotadas.

Unos siglos después se recuperó la costumbre de construir desagües, en su mayor parte en forma de canales al aire o zanjas en la calle. Al principio estuvo prohibido arrojar desperdicios en ellos, pero en el siglo XIX se aceptó que la salud pública podía salir beneficiada si se eliminaban los desechos humanos a través de los desagües para conseguir su rápida desaparición. Un sistema de este tipo fue desarrollado por Joseph Bazalgette entre 1859 y 1875 con el objeto de desviar el agua de lluvia y las aguas residuales hacia la parte baja del Támesis, en Londres. Con la introducción del abastecimiento municipal de agua y la instalación de cañerías en las casas llegaron los inodoros y los primeros sistemas sanitarios modernos. A pesar de que existían reservas respecto a éstos por el desperdicio de recursos que suponían, por los riesgos para la salud que planteaban y por su elevado precio, fueron muchas las ciudades que los construyeron.

A comienzos del siglo XX, algunas ciudades e industrias empezaron a reconocer que el vertido directo de desechos en los ríos provocaba problemas sanitarios. Esto llevó a la construcción de instalaciones de depuración. Aproximadamente en aquellos mismos años se introdujo la fosa séptica como mecanismo para el tratamiento de las aguas residuales domésticas tanto en las áreas suburbanas como en las rurales. Para el tratamiento en instalaciones públicas se adoptó primero la técnica del filtro de goteo. Durante la segunda década del siglo, el proceso del lodo activado, desarrollado en Gran Bretaña, supuso una mejora significativa por lo que empezó

a emplearse en muchas localidades de ese país y de todo el mundo. Desde la década de 1970, se ha generalizado en el mundo industrializado la cloración, un paso más significativo del tratamiento químico.

El sistema de alcantarillado ya sea de agua residual y/o pluvial, se puede identificar como un problema para la sociedad porque si no se tiene una evacuación del agua se puede causar un caos ambiental todo eso se puede remediar mediante la realización de un diseño o el mejoramiento de su calidad.

### **Sistema De Recolección y Transporte De Agua Residuales y/o Lluvias:**

Los nuevos sistemas de recolección y transporte de aguas residuales y/o lluvias deben ser de tipo convencional y separado. La implementación de un sistema diferente a los convencionales separados debe contar con los estudios económicos suficientes que permitan concluir sobre la bondad de los sistemas alternativos propuestos.

### **Sistema Convencionales De Alcantarillado:**

Los sistemas de alcantarillado separados son la primera opción para el diseño y construcción de sistemas de recolección de aguas residuales y lluvias en el territorio nacional. Estos sistemas son los tradicionalmente utilizados para la recolección y el transporte de las aguas residuales y las aguas lluvias desde su generación hasta las plantas de tratamiento de las mismas o hasta los sitios de vertimiento.

### **Selección De Alcantarillados De Agua Residual:**

Se deben adoptar en aquellos casos en que en el municipio o localidad no exista ningún sistema de recolección y/o evacuación de aguas residuales. Su adopción requiere una justificación

técnica, económica, financiera y ambiental, que incluya consideraciones de tratamiento y disposición de las aguas residuales, para lo cual es recomendable hacer estudios de modelación de la calidad de agua del cuerpo receptor en donde se demuestre que los impactos generados por las descargas del alcantarillado de aguas residuales, permiten cumplir con los usos asignados a dicho cuerpo. (Titulo D - MinVivienda)

### **2.3 Marco Espacial**

La investigación se realizará en el marco espacial del área urbana del municipio de Puerto Santander del departamento Norte de Santander, la extensión es de 0.29 km<sup>2</sup>.

### **2.4 Marco Temporal**

El municipio de Puerto Santander Fue creado el 20 de diciembre de 1993 por ordenanza 80 de la Asamblea departamental.

La unidad de servicios públicos fue creada mediante acuerdo 98 del 12 de junio de 1998.

En Colombia con la constitución de 1991 se abrió espacio al campo social y con la ley 142 de 1994 se formalizó la participación ciudadana en los servicios públicos domiciliarios entre ellos el de agua potable. Con base en este análisis se considera coma marco temporal desde la década del noventa hasta la actualidad.

## 2.5 Marco Legal

**2.5.1 Bases legales generales.** Como se muestra a continuación:

**Nacional.** Constitución Política de Colombia de 1991. Artículo 11, 12, 49 y 366.

Ley 99 de 1993, ley del medio ambiente.

**2.5.2 Bases legales específicas.** Resolución 3930 de 2010, Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Resolución 631 de 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.

Resolución 330 de 2017, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, El cual fija los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces.

### **3. Diseño Metodológico**

#### **3.1 Tipo de Estudio**

El nivel de profundidad de la investigación será explicativo, donde se abordará las aguas residuales como un factor contaminante de los cuerpos de aguas de escorrentía.

Se pretende identificar y analizar los factores que inciden en el manejo de las aguas residuales y en el servicio de alcantarillado que opera la unidad de servicios públicos de Puerto Santander y proponer un sistema de tratamiento.

#### **3.2 Método de Investigación**

Con base en el análisis realizado del problema que se estudiara y con la información disponible, se determinó que el desarrollo de la investigación mediante un método cuantitativo determinando los vertimientos de aguas residuales existentes actualmente y con base en los saberes adquiridos durante la formación en el programa de ingeniería civil con el apoyo y experiencia del ingeniero Sayago Ortega director del proyecto de grado evaluar las aguas residuales y su efecto contaminante, el método será deductivo.

#### **3.3 Fuentes y Técnicas para la Recolección de Información**

Las fuentes primarias de la investigación serán obtenidas del reconocimiento del área de estudio (área urbana del municipio de Puerto Santander) y de los estudios técnicos que se realizarán como las pruebas de laboratorio que se practicarán al vertimiento y al cuerpo receptor. Las fuentes secundarias son el apoyo de la oficina de planeación municipal facilitando información técnica como el esquema de ordenamiento territorial (E.O.T. 2000) y el estudio disponible de aguas residuales plan de manejo de vertimientos de Puerto Santander (P.S.M.V.

2008).

### **3.4 Tratamiento de la Información**

La escasa y desactualizada información obtenida del manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander (EOT 2000 y PSMV 2008), se analizó ajusto a las condiciones actuales, por no disponerse de estudios actualización del PSMV ni estudios de las cargas contaminantes de vertimientos, se tomaron muestras del vertimiento más significativo y del cuerpo receptor para hacer un balance de masas.

### **3.5 Población**

La población es la del área urbana del municipio de Puerto Santander.

### **3.6 Muestra**

La población es la del área urbana del municipio de Puerto Santander que genera aguas residuales.

#### 4. Características del Municipio Puerto Santander

A continuación, se presenta un breve resumen de las características y aspectos físicos y económicos del Municipio.

##### 4.1 Localización y Límites

El Municipio de Puerto Santander está situado en el Noreste del país a 55 km de Cúcuta capital del Departamento. En la Figura siguiente se presenta la localización general del municipio en el Departamento de Norte de Santander y en Colombia.



**Figura 1. Localización General del Municipio de Puerto Santander**

Fuente: Departamento de Norte de Santander, 2019.

El municipio de Puerto Santander limita al Norte con la República Bolivariana de Venezuela (Estado Táchira, Parroquia Boca de Grita), al sur con el municipio de Cúcuta-Colombia, al oriente con la República Bolivariana de Venezuela (Estado Táchira), y al occidente con la República Bolivariana de Venezuela (Estado Zulia) y el municipio de Tibú República de Colombia.

**Extensión total:** 42 Km<sup>2</sup>

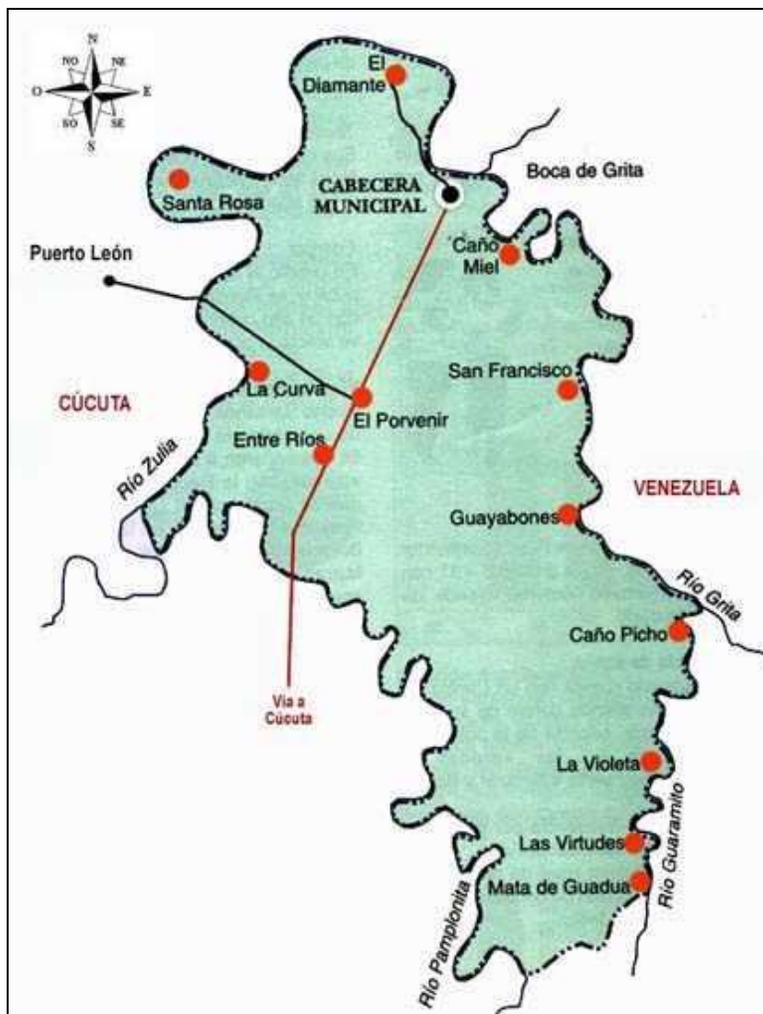
**Extensión área urbana:** 3 Km<sup>2</sup>

**Extensión área rural:** 39 Km<sup>2</sup>

**Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar):** 60

**Temperatura media:** 29° C

**Distancia de referencia:** a 55 km de Cúcuta



**Figura 2. Localización General del Municipio de Puerto Santander**

Fuente: Municipio de Puerto Santander, 2019.

#### **4.2 Vías de Comunicación**

El sistema vial del municipio se encuentra pavimentado y en regular estado debido a las características del medio físico– geográfico, las comunicaciones entre las diferentes veredas y la cabecera municipal se realiza fácilmente.

La carretera primaria que conduce a la capital Cúcuta, se encuentra totalmente pavimentada y con una distancia de 55 Km, de los cuales 48 se encuentran en buen estado y 8 en pavimentación regular. Se comunica, además, con la República de Venezuela a través del puente internacional Unión García de Hevia que sirve de paso para vehículos livianos.

Dentro de las relaciones espaciales región-nación, Puerto Santander es el más importante por su ubicación estratégica en desarrollo regional y ello va acompañado de la gestión que la dirigencia realice en cuanto a su vinculación a la Zona Metropolitana de Cúcuta, pues allí se gestionan los proyectos metropolitanos nacionales y binacionales, los cuales se estructuran hacia el futuro de la siguiente manera:

Dos alternativas de tren o ferrocarril, salidas por el Lago de Maracaibo con el ferrocarril previsto Cúcuta, La China, La Fria y Maracaibo.

Otro proyecto a estudiar para el empalme del ferrocarril Cúcuta, Puerto Villamizar, Petrólea, Tibú, Río de Oro, Convención a empalmar con el ferrocarril del Magdalena.

El estudio que se realiza para la navegación fluvial por el río Zulia y el Catatumbo para llegar a Encontrados.

La creación de la zona especial de Cúcuta, puerto fluvial del Zulia y la carretera del Alto del Escorial que se entregará en concesión en su última etapa.

#### **4.3 Actividad Económica**

Por su posición geo-estratégica, la principal actividad es el comercio con el País de Venezuela. La ganadería también hace parte de la economía. La pesca artesanal es otra actividad que se ejerce en el municipio debido a que el municipio se encuentra rodeado de 3 ríos. En

agricultura se destaca el cultivo de arroz y otros cultivos en menor proporción como plátano, yuca, maíz, y el cacao en la vega de los ríos.

#### **4.4 Hidrografía y Clima**

Desde el punto de vista hidrográfico, el municipio de Puerto Santander está comprendido dentro de la Cuenca del Lago de Maracaibo, destino a donde finalmente se vierten los cuerpos de agua de la región. Son ellos, los ríos Pamplonita, Zulia, Guaramito y Grita (nacido en Venezuela), los caños La Miel y Venecia y siete humedales ricos en biodiversidad faunística y forestal.

Los cursos de agua grandes y caños que corren finalmente por el Departamento y el Municipio, tienen una gran importancia para el mismo, pues marcan los límites territoriales con municipios vecinos y los límites internacionales con nuestro vecino Venezuela.

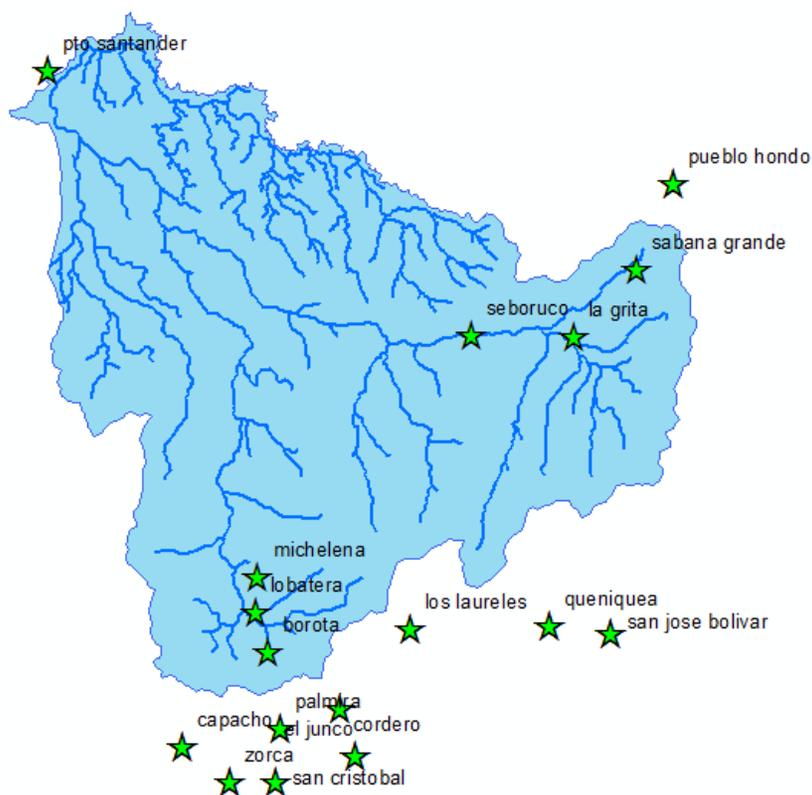


**Figura 3. Caudal medio del río la Grita**

De ahí la importancia del manejo, mantenimiento y cuidado de sus respectivas cuencas (variables en sus cursos), las cuales, más allá de su importancia económica y natural, deben ser

objeto de especial atención por parte de la comunidad en general.

El municipio cuenta con 5 grandes lagunas naturales registradas ante la Corporación Autónoma Nororiental CORPONOR, quien es la entidad encargada por preservar el medio ambiente en la región. Allí se encuentran variedad de peces, piros, ponche o chiguiro, venado, lapa, ardillas, pato pisingo y otra gran variedad de animales típicos de esta región.



**Figura 4. Escorrentías que drenan a Puerto Santander**

La cabecera municipal de Puerto Santander se encuentra a una altitud de 60 m.s.n.m y presenta una temperatura media de 29°C.

**Temperatura.** Debido al bajo promedio de altitud (menor de 100 m.s.n.m), el promedio anual de temperatura de los últimos 20 años es de 27. 2° C, con un ligero aumento en los meses

de mayo, junio y julio, enero y septiembre.

**Precipitación.** Con relación a la precipitación se presenta una distribución modal o tropical con dos períodos bien definidos de alta pluviosidad que va de marzo, abril y octubre y noviembre. La precipitación media está entre 2.560 y 2.570 mm/año.

**Humedad relativa.** Tiene un promedio del 82%, la cual se asocia con la insolación, a partir de la cual se originan intensos procesos de evapotranspiración potencial que, en la zona en estudio, de 1.637 mm/año.

**Brillo Solar.** La insolación promedio anual es de 1.934 horas luz/año, se presenta con mayor intensidad en los meses de julio y agosto y con una menor intensidad en los meses de abril y noviembre, lo cual coincide con la descripción hecha en cuanto al período de invierno y verano. Las zonas de vida presente en el área de estudio corresponden según Holdridge a bosque húmedo tropical, por encontrarse dentro de un rango de precipitación de 2.000 a 4.000 mm/año y una temperatura superior a 24°C.

## **4.5 Sistema de Acueducto**

El sistema de acueducto cuenta con: Captación, Aducción, Desarenador, Conducción, Planta de tratamiento de agua potable, Tanque de almacenamiento, Conducción y Red de distribución.

**4.5.1 Empresa prestadora.** El servicio lo opera y administra la Unidad de Servicios Públicos de la Alcaldía Municipal de Puerto Santander quien se encarga de la operación y mantenimiento de los sistemas de Acueducto, alcantarillado y aseo, de manera directa, creada mediante acuerdo municipal No. 094 del 12 de junio de 1998, mediante el proceso de transformación empresarial establecida en la Ley 142 de 1994.

**4.5.2 Fuente de abastecimiento.** La fuente de suministro del casco urbano de Puerto Santander es de tipo superficial (barcaza flotante) y se hace en el Río Zulia.

Debido al gran caudal que puede presentar el Río Zulia en épocas de creciente, la posibilidad de que la barcaza sufra daños es alta, El Río Zulia por ser río de llanura presenta continuos cambios en su trazado generando aparición y desaparición de meandros, esto se aprecia más claramente en las fotografías aéreas obtenidas del IGAC para los años 1.950 a 1.970 y 1.996 a 2.000, y las obtenidas de Google Earth para el año 2005 este se convierte en otro factor que puede afectar esta captación.

Adicionalmente la alta carga de sedimentos en el Río ha provocado daños en las motobombas, por lo cual requieren de un continuo mantenimiento y limpieza.

El Río Zulia cuenta con una concesión de aguas superficiales para consumo humano y doméstico entregado por CORPONOR mediante resolución 0064 de 12 de marzo de 2.007 por un caudal de 50 L/s con un término de duración de 5 años, por lo tanto, el caudal concesionado sería suficiente para abastecer el caudal proyectado para el año de diseño ( $QMD = 31,34 \text{ L/s}$ ), sin embargo, debió ser renovada ya que el periodo de duración terminaba en el año 2.012.

**4.5.3 Captación.** La captación se hace en el Río Zulia a través de una Estación de Bombeo Flotante, en la estación de agua cruda se tienen dos bombas con potencia de 175 HP, una en funcionamiento y la otra para emergencias y mantenimiento la cual se encuentra dañada debido al golpe sufrido por un tronco arrastrado por la corriente del río.

La Barcaza en la cual se encuentra la estación de Bombeo tiene unas dimensiones de 8,0 m de ancho, 5,4 m de largo, altura variable del piso al techo entre 2,1 m y 2,4 m. Para evitar que sea

llevada por la corriente está anclada a dos puntos en la margen del río mediante guayas de acero.

La tubería de succión del sistema de bombeo tiene un diámetro de 10” en hierro dúctil y la longitud entre el eje de la bomba y el fondo es de 2,7 m. La tubería de impulsión es en hierro dúctil de 10” de diámetro a la salida de la estación para luego pasar a PVC en la mayoría del recorrido, tiene una longitud de 7.826 m y descarga en el desarenador.

De acuerdo a la información suministrada por el jefe de servicios públicos el bombeo de agua cruda, desde la estación de bombeo flotante, se hace durante 10 horas.

Como se mencionó en el numeral anterior la alta carga de sedimentos en el río provocan que las motobombas tengan que ser sometidas a mantenimiento y limpieza continuamente, además existe la posibilidad de que la barcaza sufra daños en épocas de creciente, también se puede afectar por el continuo cambio de curso del río por lo cual la bocatoma flotante deberá ser reubicada en determinado momento.

**4.5.4 Aducción.** A través de una estación de bombeo de agua cruda (EBAC) el agua es captada del Río Zulia, posteriormente se conduce en tubería de 10” de diámetro, en hierro dúctil a la salida y en PVC en la mayoría del recorrido con una longitud de 7.826 m, la cual llega al desarenador en el lote donde se encuentra la planta de tratamiento.

**4.5.5 Desarenador.** El Desarenador del nuevo sistema de acueducto del casco urbano de Puerto Santander está construido en concreto reforzado, cuenta con dos módulos, cada módulo tiene zona de entrada, de sedimentación, de almacenamiento de lodos y de salida, la zona de sedimentación tiene medidas de 13,16 m de largo, 3,5 m de ancho y profundidad útil de sedimentación de 2,04 m. Cuenta con válvula de lavado, tubería de rebose, y válvulas en las

tuberías de salida de cada módulo.

**4.5.6 Planta de tratamiento.** La planta de potabilización del Municipio de Puerto Santander, es una planta convencional con los procesos de coagulación, floculación, sedimentación de alta tasa, filtración rápida y desinfección con cloro gaseoso.

El agua cruda ingresa a la planta por medio de una tubería en hierro galvanizado de 8" de diámetro a un canal en fibra de vidrio donde se realiza el aforo y mezcla rápida por medio de una canaleta Parshall W=6". Posteriormente, el agua ingresa a dos floculadores tipo Alabama con nueve cámaras cada uno de 3,30 m de altura total, 1,20 m de largo y 1,10 m de ancho. La planta cuenta con dos sedimentadores de alta tasa con dimensiones generales: 2,50 m x 8,02 m y 3,30 m de profundidad.

El sistema de filtración está compuesto por dos baterías de cuatro filtros rápidos retro-lavables (ocho filtros en total). Cada filtro tiene unas dimensiones generales: 1,50 m x 2,54 m y 4,35 m de profundidad total.

La capacidad de la planta se ve limitada por la capacidad máxima del floculador. A continuación, se presentan los parámetros hidráulicos del floculador para un caudal de 54 L/s.

Tiempo de retención = 20 minutos.

Gradientes entre cámaras = 69.95 s<sup>-1</sup>.

Pérdidas totales en floculador = 0,50 m.

No obstante, algunos autores afirman que el tiempo de retención para floculadores tipo Alabama puede variar entre 15 a 30 minutos, por lo que el floculador podría trabajar con un

caudal de 60 L/s, sin embargo, al trabajar con este caudal, habría que aumentar el diámetro de los codos existentes de 10" a 12" para evitar altos gradientes.

**4.5.7 Almacenamiento.** El sistema de acueducto dispone de un tanque de almacenamiento, localizado a la salida de la PTAP. El tanque fue construido en concreto estructural. El agua proveniente de la planta llega en tubería de HD de 8" y sale hacia la estación de bombeo de agua potable en HD 10".

El tanque presenta las siguientes dimensiones: longitud 28,1 m, ancho 11,8 m y profundidad útil de 3,3 m, obteniendo una capacidad de 1.094,21 m<sup>3</sup>.

**4.5.8 Red de distribución.** La red de distribución del acueducto del casco urbano del Municipio de Puerto Santander inicia en la planta de tratamiento de agua potable donde se localiza el tanque de almacenamiento y la estación de bombeo de agua potable que suministra el agua a la red, y se extiende hasta los límites del perímetro urbano a excepción de las zonas de expansión que no se encuentran construidas en su totalidad. La red tiene siete sectores de distribución, los cuales se regulan por válvulas ubicadas en diferentes puntos del sistema que al ser cerradas evitan la entrada del agua potable al sector.

La cobertura del sistema de acueducto de la zona urbana del Municipio Puerto Santander del 100%. La prestación del servicio de 6 horas al día cada 4 días y el agua tratada no es apta para el consumo de la población del Municipio Puerto Santander, según la secretaria de salud del departamento.

## 4.6 Sistema de Alcantarillado

Se dispone de escasa información de este sistema.

**4.6.1 Red de recolección.** Para la consecución de este diagnóstico, se utilizaron los criterios descritos en el informe “Criterios de Diseño” entregado a la Interventoría el día 05 de mayo del 2012. Dichos criterios, tomados del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000) Título D, Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales, permiten evaluar el funcionamiento del sistema en su condición actual y futura.

El Municipio de Puerto Santander cuenta con un alcantarillado compuesto por pequeños subsistemas que entregan las aguas residuales del municipio a lo largo de los diferentes cauces que lo rodean por medio de 15 descargas, 4 de éstas llegan directamente al río Zulia, 5 al río Grita y 6 al caño Miel. El sistema es principalmente de tipo sanitario, sin embargo, tiene ingreso de aguas lluvia en dos puntos por lo cual algunos de sus tramos funcionan de manera combinada.

El sistema está construido en tuberías de GRES y PVC con diámetros entre los 150 mm y 400 mm. Posee dos Box Culvert de tipo residual, construidos en mampostería y concreto, que funcionan de forma independiente. De igual manera, cuenta con dos canales abiertos, tipo cunetas en concreto, que drenan las aguas lluvia de gran parte del municipio.

**4.6.2 Sistema de tratamiento de aguas residuales.** El Municipio de Puerto Santander no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

**4.6.3 Vertimientos.** El Municipio de Puerto Santander tiene 11 descargas que llegan directamente a los cauces que lo rodean. Sobre el caño La Miel hay seis vertimientos, sobre el río La Grita hay cinco vertimientos, pero pocos metros después del último vertimiento del río la Grita este desemboca en el río Zulia con toda la carga contaminante del área urbana del municipio.

Cobertura del sistema de alcantarillado de la zona urbana del Municipio Puerto Santander es del 95 % con 1.207 suscriptores.

## **4.7 Población**

El Municipio de Puerto Santander cuenta con una población de 8.112 habitantes dato tomado del último censo del DANE en el año 2.005 el cual se encuentra en el ANEXO 8 – CENSOS DANE NORTE DE SANTANDER, con una población en la cabecera municipal de 8.026 habitantes.

La proyección de la población se realiza para un periodo de 25 años teniendo como información base los censos realizados por el DANE en los años 1.985, 1.993 y 2.005.

**4.7.1 Población y demanda.** Dado que no se cuenta con datos de población en los censos de los años 1.985 y 1.993 ya que el Municipio de Puerto Santander fue fundado el 1 de Abril de 1994, se opta por emplear el método geométrico con una tasa de crecimiento anual del 1% y la extrapolación de las proyecciones del DANE del Censo del 2005 para el cálculo de la proyección de la población, usando el dato del censo del año 2.005 cuyo valor es de 8.026 (Dato obtenido de censos realizados por el DANE), y de esta forma evitar hacer cálculos hidráulicos con poblaciones cada vez más pequeñas, esta medida se toma para estar al lado de la seguridad en los

cálculos.

Para el año 2.045 que es el año para el cual se realiza la proyección y para el cual las estructuras deben ser funcionales se tiene una población proyectada por el método geométrico es de 11.831 habitantes, extrapolación proyecciones DANE censo 2005 13.927 y la población media de los métodos anteriores de 12.879 habitantes. La metodología y procedimiento utilizado para la proyección se encuentran en los anexos

**4.7.2 Proyección y demanda.** La proyección de la demanda se hace con el propósito de analizar si los componentes de los sistemas de Acueducto y Alcantarillado del municipio, cuentan con la suficiente capacidad para satisfacer las necesidades de los habitantes del Municipio de Puerto Santander dentro de los próximos 25 años, acorde a la resolución 330 de 2017.

Con base en las proyecciones de población media, se estimaron las demandas requeridas para abastecer cada uno de los años de la proyección. En los anexos se presentan los años futuros con sus proyecciones de población por el método geométrico que se ajusta al crecimiento poblacional y demandas.

**Tabla 1. Proyección de Población y Demanda**

<b>AÑO</b>	<b>POBLACIÓN MEDIA (hab.)</b>	<b>DOTACIÓN NETA (L/hab.-día)</b>	<b>FACTOR DE RETORNO</b>	<b>CAUDAL AGUAS RESIDUALES (L/s)</b>
2005	8037	140	0.85	11.07
2020	9815	140	0.85	13.52
2045	13014	140	0.85	17.92

Para el cálculo de los caudales se consultó el EOT del municipio y se contó con el apoyo del secretario de planeación municipal (ing. Lennin Acevedo), pero debido a que este municipio no

presenta los usos del suelo urbano, con el fin de precisar los cálculos en cuanto a áreas de drenaje dependiendo del uso del suelo, se procedió a usar un porcentaje de cada área de un municipio de similar tamaño, economía y población.

**Tabla 2. Áreas por uso casco urbano de puerto Santander**

Área	Valor	Unidad
Total	18.7	ha
Industrial	0.15	ha
Comercial	1.81	ha
Institucional	4.30	ha

Se presenta el resumen de la población y caudales de diseño para el Municipio de Puerto Santander para el año 2.045, final del periodo de diseño.

**Tabla 3. Parámetros caudal aguas residuales casco urbano de puerto Santander año 2045**

Parámetro	Valor
AÑO	2045
POBLACION MEDIA	13014
DOTACIÓN NETA	140
FACTOR DE RETORNO	0.85
CAUDAL A. R. DOMESTICA	17.92
CAUDAL A. R. INDUSTRIAL	0.15
CAUDAL A. R. COMERCIAL	0.905
CAUDAL A. R. INSTITUCIONAL	2.15
CAUDAL A. R. MEDIO DIARIO	21.13
Factor Mayo ración	2.58
CAUDAL A. R. MÁXIMO HORARIO	54.46
CAUDAL CONEXIONES ERRADAS	3.74
CAUDAL INFILTRACIÓN	1.87
CAUDAL DISEÑO	60.07

El caudal de diseño para el Alcantarillado del Municipio de Puerto Santander es de 60.07 l/s, en este valor se tienen en cuenta las conexiones erradas, con base en la resolución 330 de 2017, es importante considerar que el municipio no cuenta con un sistema de Alcantarillado pluvial y

está rodeado por los ríos La Grita y El Zulia.

#### **4.8 Riesgo y Amenaza**

El Municipio de Puerto Santander es propenso a inundaciones por estar ubicado en la parte baja de la cuenca mayor del río Zulia, la cual hace su recorrido en sentido Sur-Norte en el municipio y a él le entregan sus aguas los ríos Pamplonita, Guaramito, y La Grita.

La cuenca del río Pamplonita es propensa a inundaciones en épocas de alta precipitación, generalmente estas inundaciones se han venido presentando cada tres años, dejando como consecuencia grandes pérdidas económicas y poniendo en peligro un centenar de personas que habita en esa región.

Se ha determinado dejar una franja en los ríos Zulia y La Grita de 50 metros como zona de alto riesgo y amenaza por erosión, esta franja incluye al sector urbano.

En épocas de altas precipitaciones y teniendo en cuenta que el nivel freático es alto se produce inundación en la totalidad del área urbana.

## **5. Diagnostico aguas Residuales del Área Urbana del Municipio Puerto Santander**

A continuación, se presenta una descripción detallada de los diferentes elementos que componen actualmente el Sistema del Manejo de las Aguas Residuales como: Red de Alcantarillado del casco urbano, planta de tratamiento de agua residual y puntos de vertimientos; donde se da a conocer como se encuentran en cuanto a su estado físico y de funcionamiento.

### **5.1 Sistema de Alcantarillado de tipo Sanitario**

No se obtuvo información técnica del estado actual, características y funcionamiento de la Red de Alcantarillado ya que la empresa prestadora del servicio no proporciono la información referente a esto solicitada el día de la visita realizada. La información que se obtuvo fue en planeación municipal con el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Puerto Santander del año 2008, según se pudo indagar aún no se ha actualizado este estudio técnico.

El sistema de alcantarillado de tipo sanitario del área urbana del municipio de Puerto Santander del departamento Norte de Santander dispone de seis emisarios finales que descargan a los ríos La Grita y Zulia, el sistema presenta deficiencias por presentar rebosamiento en épocas de invierno y obstrucciones por pendientes bajas debido a que el terreno es plano, no fue posible obtener los planos de los colectores del sistema de alcantarillado actual. Se destaca como el vertimiento más importante uno que descarga en el rio La Grita.

### **5.2 Trabajo de Campo**

El día 14 de diciembre de 2.019 se realizó la visita al Municipio de Puerto Santander con el fin de verificar, actualizar, evidenciar y recolectar información relacionada con el sistema de Alcantarillado.

Durante la visita de campo se realizó la inspección de los elementos que componen el sistema de Alcantarillado (Pozos, tuberías, puntos de vertimiento, PTAR entre otros).

La información registrada fue brindada por personal operativo, funcionarios de la empresa, usuarios del sistema y secretario de Planeación municipal.

En el recorrido por el área urbana del municipio de Puerto Santander se pudo obtener las bases para la descripción general del sistema de Alcantarillado del municipio y la actualización de indicadores de cobertura y continuidad descritos.

### **5.3 Puntos de Vertimiento**

Según el PSMV del 2008 se disponían de seis vertimientos, sin embargo, al hacer el recorrido actualmente se tienen once puntos de disposición final de vertimiento, a continuación, en la imagen siguiente se presenta la ubicación de estos en el municipio.



**Figura 5. Localización Vertimientos**

Fuente: Google Earth, 2019.

Se muestran las fotografías de los diferentes puntos de vertimiento, donde se evidencia su estado actual y las características de cada uno.



**Figura 6. Vertimiento 1**



**Figura 7. Vertimiento 2**



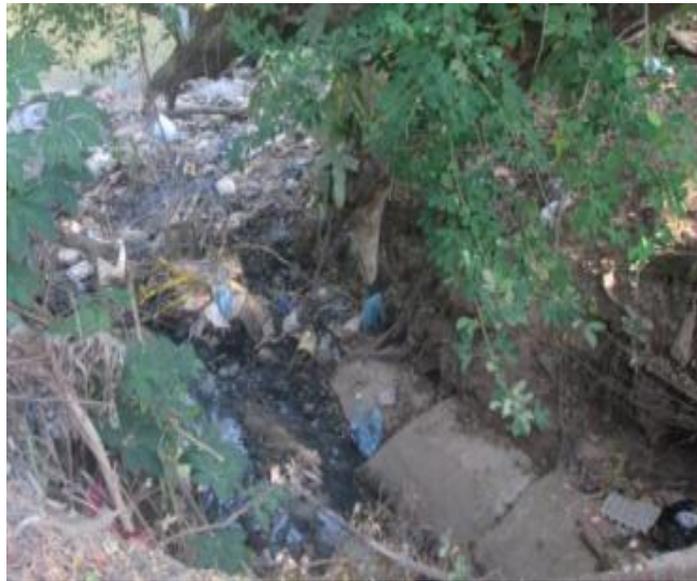
**Figura 8. Vertimiento 3**



**Figura 9. Vertimiento 4**



**Figura 10. Vertimiento 5**



**Figura 11. Vertimiento 6**



**Figura 12. Vertimiento 7**



**Figura 13. Vertimiento 8**



**Figura 14. Vertimiento 9**



**Figura 15. Vertimiento 10**



**Figura 16. Vertimiento 11**

#### **5.4 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales**

El municipio de Puerto Santander no cuenta con planta de tratamiento de aguas residuales, motivo por el cual las aguas residuales urbanas descargan en los ríos La Grita y Zulia sin ningún tipo de tratamiento previo.

## **6. Identificación y Análisis de los Factores que Inciden en el Manejo de las aguas Residuales del área Urbana del Municipio de Puerto Santander**

Las aguas residuales son el producto del desarrollo de las actividades humanas que se clasifican con base en el uso del suelo establecidos en los esquemas de ordenamiento territorial, construidos con base en el decreto ley 388 de 1997, estas actividades son domésticas, comercial, industrial e institucional.

En el caso del área urbana del municipio de puerto Santander para este proyecto se considera solo el uso residencial donde se generan aguas residuales domésticas, no se consideran los demás usos (comercial, industrial e institucional) porque estas actividades no tienen una incidencia teniendo en cuenta que no se han desarrollado actividades industriales, las instituciones que funcionan son la administración municipal con atención a pocos usuarios y la actividad comercial que es de la que depende esta comunidad son locales en áreas públicas o en las viviendas.

### **6.1 Factores que Inciden en el Manejo de las Aguas Residuales**

En la generación de las aguas residuales inciden básicamente dos factores, uno la población que es quien las genera las aguas residuales domesticas en las diferentes actividades que se realizan en las viviendas (aseo personal, aseo de pisos y encerados, deposiciones por el consumo entre otros), el otro factor es la dotación neta que es un parámetro establecido por el reglamento técnico de aguas potable y saneamiento básico (resolución 330 de 2017) que es la cantidad de aguas residuales que una persona puede generar en un día, este parámetro depende de la altura sobre el nivel del mar, que oscila entre 120 y 140 L/hab.-día según la altura en metros sobre el nivel del mar (msnm).

Al analizar la problemática de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander se identificaron siguientes factores que inciden en el manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander:

La población

La dotación neta

La disponibilidad de un sistema de alcantarillado

La cobertura de la prestación del servicio de alcantarillado

El número de vertimientos

La disponibilidad de un sistema de tratamiento de las aguas residuales

Las condiciones topográficas del terreno.

## **6.2 Análisis de los Factores que Inciden en el Manejo de las Aguas Residuales**

**6.2.1 Población del área urbana del municipio de Puerto Santander.** La población actual del área urbana del municipio de Puerto Santander según el DANE es de 9.815 habitantes y se proyectó la población hasta el final del periodo de diseño de los sistemas de saneamiento según la resolución 330 de 2017 (25 años) la población para el 2045 es de 13014

**6.2.2 Dotación neta.** Para el caso del área urbana del municipio de Puerto Santander que está a menos de 1000 msnm le corresponde una dotación neta de 140 L/hab.-día.

**6.2.3 Disponibilidad del sistema de alcantarillado.** caso del área urbana del municipio de Puerto Santander dispone de un sistema de alcantarillado de tipo sanitario, con tuberías de diámetro entre 150 y 400 milímetros en materiales de PVC y gres.

**6.2.4 Cobertura del sistema de alcantarillado.** La cobertura del sistema de alcantarillado de tipo sanitario del área urbana del municipio de Puerto Santander es del 95%, que es alta considerando el crecimiento al que se ve expuesto el municipio por su condición de ser frontera con la república Bolivariana de Venezuela.

**6.2.5 Número de vertimientos del sistema de alcantarillado.** El área urbana del municipio de Puerto Santander tiene actualmente 11 vertimientos, este número tan elevado de los vertimientos de las aguas residuales se debe a sus condiciones topográficas (terreno plano) y el crecimiento urbano no planificado, en los últimos diez años se ha duplicado el número de vertimientos.

**6.2.6 Sistema de tratamiento de aguas residuales.** El área urbana del municipio de Puerto Santander no dispone de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

**6.2.7 Condiciones del terreno.** El terreno del área urbana del municipio de Puerto Santander es plano y se encuentra rodeado por los ríos Zulia y La Grita.

Se observa que el área urbana tiene problemas con el manejo de las aguas residuales y está generando contaminación a los cuerpos hídricos que rodea a la población, a pesar de disponer de un sistema de alcantarillado de tipo sanitario con una cobertura del 95%. Se destaca el tener un número muy alto de vertimientos (once en total), entregando cinco de estos a la quebrada que desemboca a pocos metros en el río La Grita y seis directamente al río La Grita.

## **7. Manejo de Aguas Residuales en el área Urbana del Municipio de Puerto Santander**

El manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander se limita a la captación, transporte y vertimiento de las aguas residuales en once vertimientos que llegan a los ríos La Grita y Zulia sin ningún tipo de tratamiento. Para analizar las cargas contaminantes se hará el balance de masas al vertimiento más representativo que es vertido al río La Grita.

### **7.1 Balance de Masas**

El decreto 3930 de 2010 establece la modelación de la calidad del agua en los vertimientos puntuales que se realizan a los cuerpos de escorrentías superficiales y afecta sus parámetros de calidad de agua.

El primer modelo desarrollado que considera los efectos señalados en el balance de masas es el de Streeter y Phelps planteado en 1925. Este modelo asume que hay una descarga continua de agua residual en una posición fija del río (descarga puntual), que se mezcla en forma completa e instantánea con el agua de éste y esa mezcla uniforme se desplaza con la velocidad media de escurrimiento del río en condiciones de flujo pistón.

Elegir un criterio para la caracterización del grado de contaminación de un río es bastante difícil ya que son muy variados los efectos que producen los diferentes tipos de contaminantes sobre las aguas. Sin embargo, la contaminación debida a la materia orgánica es a menudo la que produce un efecto más significativo sobre el sistema acuático. La fuerte demanda de oxígeno disuelto (OD), ya sea por la oxidación de la materia orgánica o inorgánica, desde la misma masa de agua o desde los sedimentos, crea problemas muy graves en todo el ecosistema acuático. El OD es el factor energético fundamental para los seres vivos. Bajas concentraciones de oxígeno

producen desajustes en el ecosistema, mortalidad de peces, olores y otros efectos estéticos desagradables. En consecuencia, el OD. es una de las más importantes variables del sistema acuático.

Los factores principales que intervienen en el balance de oxígeno en un río pueden agruparse en positivos, o de incorporación de oxígeno y negativos, o consumidores de oxígeno:

**Tabla 4. Factores que Inciden en el Balance de Oxígeno**

<b>Incrementan el oxígeno</b>	<b>Consumen el oxígeno</b>
Aportación del cauce	Materia orgánica en suspensión
Aportación del vertido	Demanda béntica de oxígeno
Reaireación superficial	Respiración de peces, algas y otros organismos
Acción fotosintética	Aumento de temperatura
Descenso de temperatura	Contaminación añadida
Dilución por corrientes no contaminadas	Aumento de salinidad

Cuando un vertido llega al cauce de un río, como consecuencia de los procesos de oxidación de la materia orgánica, se produce un descenso en los niveles de oxígeno disuelto. El balance puede ser tal que el descenso de oxígeno perjudique la vida de los peces y de otros organismos vivos. De ahí que la cantidad de oxígeno disuelto sea la variable fundamental a medir para determinar el grado de contaminación por materia orgánica biodegradable de un río. Todo tipo de materia biodegradable ejerce cierta demanda de oxígeno y es normal medir esa carga de contaminación a través de la cantidad de oxígeno necesaria para oxidarla mediante degradación bioquímica, es decir, mediante un proceso similar al que se produce en el ensayo de la DBO.

El modelo más simple para estudiar la variación de OD en un río se enfoca en los dos procesos más importantes: el consumo de oxígeno debido a la degradación de la materia orgánica

por acción de microorganismos y la incorporación de oxígeno desde la atmósfera a través de la superficie del río, que se denomina reaireación. Además, contempla los factores físicos que modifican el OD.

**7.1.1 Modelo para determinar la desoxigenación.** Wrioth & McDonnell (1979): Establecen el cálculo de  $K$  un estudio en 36 ríos de Estados Unidos de donde se dedujeron la siguiente ecuación:

$$K_D = 10,3 \cdot Q^{-0.49}$$

Donde:

$Q$ = caudal en pies<sup>3</sup>/s

El límite de aplicabilidad de esta ecuación es el rango de caudales de 10 a 800 pies<sup>3</sup>/s.

Para valores menores se emplearía la siguiente expresión:

$$K_D = 39.6 \cdot P^{-0.84}$$

Dónde:  $P$  = perímetro mojado en pies.

**7.1.2 Modelo para determinar la reaireación.** O'Connors & Dobbins: es el modelo matemático común de los muchos estudios empíricos que relacionan características del escurrimiento en el río utilizados para determinar el coeficiente de reaeración,  $K_r$ .

$$k_r = 3,9 \cdot \frac{u^{1/2}}{H^{3/2}}$$

donde:

$K_r$ : coeficiente de reaeración a 20°C (1/día)

$u$ : velocidad media del río (m/s)

$H$ : profundidad media del cauce (m)

**Tabla 5. Balance de Masas en Vertimiento de Aguas Residuales**

<b>Balance de Masas Para Periodo de Retorno 50 años</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Cuerpo Receptor Antes Vertimiento</b>	<b>Aguas Residuales</b>	<b>Mezcla</b>
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	3,85	0,0294	3,88
Oxígeno Disuelto (mg/L)	0,45	0	0,45
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	64,9	296	66,65
Temperatura (°C)	29	30	29,01
Velocidad (m/s)	0,81	0,85	
Tirante (m)	0,8	0,095	
DBO <sub>L</sub> (mg/L)	65,53	298,89	67,30
<b>Punto de Mezcla</b>			
$K_d$ (d <sup>-1</sup> )	0,93		
$K_r$ (d <sup>-1</sup> )	4,91		
$C_s$	8,73		
$D_o$ (mg/L)	8,29		
$T_c$ (dias)	0,23		
$X_c$ (km)	16,10		
OD <sub>c</sub> (mg/L)	0,45		

Con base en el balance de masas aplicando el modelo de Streeter y Phelps y los modelos de Wrigth y McDonnell para la constante de desoxigenación y O'Connors y Dobbins para la constante de reaireación, estas constantes se determinaron con el caudal de aguas residuales generadas por la población del área urbana del municipio de Puerto Santander (constante de

desoxigenación) y con el caudal mínimo en condiciones desfavorable del río La Grita del estudio “implementación de medidas de adaptación y mitigación por el impacto del retroceso acelerado del suelo del Río grita en la zona urbana del municipio de puerto Santander, fase II, norte de Santander” contratado por CORPONOR y realizado por el ingeniero Nelson Cely en el año 2017 (la constante de recreación).

Registrado de aguas se calculó con la población del área urbana del municipio de Puerto Santander, el caudal mínimo del río Zulia registrado por la estación San Javier (IDEAM), arrojan afectación de contaminación biológica de las aguas residuales al río Zulia, lo que obliga a sugerir disponer de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

## **7.2 Propuesta Sistema de Tratamiento de aguas Residuales del Municipio de Puerto Santander**

Con base los resultados del balance de masas realizado en condiciones desfavorables se hace una propuesta para el tratamiento de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander, departamento Norte de Santander.

Se dispone de diversos sistemas de tratamiento de aguas residuales en etapas de pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento biológico o secundario, considerando que la tendencia normal de los caudales de las aguas residuales es a crecer por el incremento natural de la población y con esta aumentan las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales y que además la carga bilógica contaminante es considerable, se sugiere un sistema de tratamiento de aguas residuales biológico. Este tratamiento se consigue biológicamente utilizando una gran variedad de microorganismos, principalmente bacterias, los cuales emplean la materia orgánica presente en las aguas residuales como fuente de nutrientes y

energía. Con ello la materia orgánica que forma compuestos en disolución es oxidada o pasa a formar parte de las moléculas constituyentes de los propios microorganismos del sistema. Estos microorganismos crecen formando flóculos biológicos que son sedimentables, con lo cual tras retirar estos microorganismos en la etapa final de clarificación o decantación secundaria se obtiene un agua tratada en la que se ha eliminado más del 90% de la DBO<sub>5</sub> presente en el agua bruta. Así, mientras que la decantación primaria es efectiva en la eliminación de sólidos sedimentables, los procesos biológicos son más efectivos en la eliminación de compuestos orgánicos solubles o del tamaño de partículas coloidales. En ocasiones se consigue también la eliminación de nutrientes como nitrógeno y fósforo

De los sistemas de tratamiento biológico que se propone usar lagunas de oxidación facultativas que son ideales para las características climáticas del municipio de Puerto Santander y muy eficientes en la remoción de la DBO y los SST.

Las lagunas de estabilización constituyen un sistema práctico y económico de tratamiento de las aguas servidas de poblaciones e industrias, efluentes de plantas de tratamiento y tanques sépticos.

Una laguna de estabilización se puede definir como una estructura diseñada para detener las aguas residuales un período apreciable de tiempo, en un embalse de poca profundidad, donde se realizan y controlan los procesos naturales de degradación de la materia orgánica biodegradable, los cuales constituyen el tratamiento o la estabilización de los desechos.

Se considera que la primera laguna construida con diseños ingenieriles en los Estados Unidos fue la construida en 1901 en San Antonio, Texas.

Lagunas facultativas Son lagunas de estabilización de profundidad moderada (0,9 a 1,8 m). Se distingue una capa superficial con concentraciones decrecientes de oxígeno disuelto y un estrato profundo anóxico, donde no hay oxígeno disuelto. El espesor relativo de cada una de estas capas depende de la carga orgánica que recibe la laguna, las condiciones ambientales del lugar y las características del desecho. La mayoría de las lagunas de estabilización operan como facultativas.

Se hará un dimensionamiento preliminar que podría permitir el tratamiento de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander, para esta propuesta se debe construir un emisario interceptor que capte y transporte las aguas residuales en los vertimientos existentes generadas por la población del área urbana del municipio de Puerto Santander.

Para solucionar el problema de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander se debe construir un emisario final interceptor que capte las aguas residuales de los once vertimientos y las lleve a un solo punto sobre el río La Grita.

En el siguiente cuadro se muestra la modelación hidráulica de la laguna facultativa que se propone para el tratamiento de las aguas residuales.

**Tabla 6. Pre dimensionamiento Laguna de Oxidación para Tratamiento de Aguas Residuales de Puerto Santander**

Dotación Neta	140	l/hab/día
DBO <sub>5</sub> de las aguas residuales a 30°C	296	mg/l
Temperatura de las aguas residuales	30	°C
Infiltración en el suelo de la laguna	0.1	mm/hora
Evaporación	5	mm/día
Sólidos totales	700	mg/l
Fracción volátil de los sólidos totales	0.55	
Precipitación anual	1000	mm
Dirección predominante del viento	norte-este	
Velocidad del viento	3 a 4	km/h
Radiación solar del mes más nublado	300	g cal/cm <sup>2</sup> /día
Brillo solar	52%	
Sólidos sedimentables	5	ml/l
K de las aguas residuales a 20°C	0.25	días <sup>-1</sup>
Población estimada 2020	9815	Hab
Población estimada 2045	13014	Hab

Producción de aguas residuales

Actual:	1374,1	m <sup>3</sup> /día
futuro:	1821.96	m <sup>3</sup> /día

Carga orgánica de las aguas residuales  
DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales a 30°C

carga orgánica actual	406,7336	kg/día
carga orgánica futura	593.30016	kg/día

Modelo de Yáñez (CEPIS)

Laguna Primaria

Carga superficial aplicada = C <sub>sa</sub>	300	kg DBO/hab/día
Carga superficial removida = C <sub>sr</sub>	249.56	kg DBO/hab/día

Área necesaria de la laguna primaria

Actual:	1.4	ha
Futura:	1.8	ha

Volumen de la laguna

H	1.8	m
Actual:	24404,016	m <sup>3</sup>
Futura:	32358	m <sup>3</sup>

Periodo de retención		
Infiltración (actual)	32.54	m <sup>3</sup> /día
Evaporación (actual)	67.79	m <sup>3</sup> /día
Pérdidas en la laguna (actuales)	100.33	m <sup>3</sup> /día
Infiltración (futura)	43.14	m <sup>3</sup> /día
Evaporación (futura)	89.88	m <sup>3</sup> /día
Pérdidas en la laguna (futuras)	133.03	m <sup>3</sup> /día
Caudal efluente (actual)	1273.77	m <sup>3</sup> /día
Caudal efluente (futuro)	1688.93	m <sup>3</sup> /día
Actual: PR	19.16	m <sup>3</sup> /día
Futuro: PR	19.16	m <sup>3</sup> /día

**DBO soluble en el efluente de la laguna primaria**

Carga superficial existente o remanente Cse	50,44	kg DBO/hab/día
---	-------	----------------

DBO del efluente (actual)	53.69	g/m <sup>3</sup>
% de remoción de DBO	81.86	%

DBO del efluente (futuro)	53.69	g/m <sup>3</sup>
% de remoción de DBO	81.86	%

Se observa que el porcentaje de remoción es mayor al 80% que es el sugerido por el decreto 1594 de 1984 y al decreto 0631 del 2015 en su capítulo III artículo 6

## 8. Conclusiones

Se identificó los factores que inciden el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander dando como resultado: La población, la dotación neta, la disponibilidad de un sistema de alcantarillado, la cobertura de la prestación del servicio de alcantarillado, el número de vertimientos, la disponibilidad de un sistema de tratamiento de las aguas residuales y las condiciones topográficas del terreno.

Se analizó los factores identificados que inciden en el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander, de lo cual se obtuvieron los siguientes resultados; una población actual del área urbana del municipio de Puerto Santander según el DANE es de 9.815 habitantes y se proyectó la población hasta el final del periodo de diseño de los sistemas de saneamiento según la resolución 330 de 2017 (25 años) la población para el 2045 es de 13014, la dotación neta de 140 L/hab.-día, dispone de un sistema de alcantarillado de tipo sanitario, con tuberías de diámetro entre 150 y 400 milímetros en materiales de PVC y gres, la cobertura del sistema de alcantarillado de tipo sanitario es del 95%, actualmente tiene 11 vertimientos, no dispone de un sistema de tratamiento de aguas residuales y las condiciones del terreno es plano y se encuentra rodeado por los ríos Zulia y La Grita.

Se realizó un balance de masas y se propuso un Pre dimensionamiento de una Laguna de Oxidación que muestra como resultado una remoción de la carga contaminante sobre el cuerpo receptor exigidas en las normas, pero con inconvenientes, con que el municipio no cuenta con las áreas requeridas por la laguna de oxidación en el sitio de estudio, lo cual se descarta como una opción para el manejo adecuado de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander.

## 9. Recomendaciones

Se aclara que este es un proyecto académico que se realiza como requisito para obtener el título de ingeniero civil y en el evento de tomarse esta información se debe hacer de un análisis detallado de la información y asumir la responsabilidad un ingeniero civil o sanitario con la experiencia y requisitos que exige el marco jurídico colombiano.

Se propone continuar con el enriquecimiento de información técnica del manejo de las aguas residuales del área urbana del municipio de Puerto Santander y un tema interesante sería hacer el diseño del emisario interceptor de los once vertimientos que lleve las aguas residuales a un solo punto, se propone diseñar pozos conectados por colectores que reciban los vertimientos en el siguiente orden basados en la topografía del terreno, parte del vertimiento 3 y siguiendo con los vertimientos 11- 9 – 1 – 10 – 2 – 5 – 7 – 6 - 8 y terminando en el vertimiento 4 (Ver esquema en anexo 5).

Este tipo de proyectos son importantes porque permiten poner en práctica los conocimientos a lo largo del periodo de formación como ingenieros civiles y demuestran la importancia que tiene la ingeniería civil en el diario vivir de las comunidades.

## Referencias Bibliográficas

- Corponor. (2016). *Estudio de implementación de medidas de adaptación y mitigación por el impacto del retroceso acelerado del suelo del río grita en la zona urbana del municipio de puerto Santander, fase II, Norte de Santander*. Cúcuta: Corponor.
- Gobernación del Departamento Norte de Santander. (2014). *Informe Diagnostico Municipio de Puerto Santander*. Cúcuta: Municipio de Puerto Santander.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2008). *Norma colombiana para referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613*. Bogotá: ICONTEC.
- López, R. (1995). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.
- McGhee, T. (1999). *Abastecimiento de agua y alcantarillado*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2000). *Reglamento del agua potable y saneamiento básico*. Bogotá: El Ministerio.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2000). *Reglamento Del Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS. Título D Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y agua lluvia*. Bogotá: El Ministerio.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. (1987). *Redes de Alcantarillado Simplificado*. Brasil: CEPIS.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 RAS*. Bogotá: El Ministerio.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 650 del 02 de octubre del 2017*.

Bogotá: El Ministerio.

Municipio de Puerto Santander. (2008). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos*. Cúcuta:

Municipio de Puerto Santander.

Ortega, C. (2018). *Apuntes Tomados En Clase de procesos sanitarios*. Cúcuta: Universidad

Francisco de Paula Santander.

Villegas, A. (1950). *Alcantarillados diseño y construcción*. Medellín: Bedout.

**ANEXOS**

### Anexo 1. Proyecciones de Población

<b>AÑO</b>	<b>PROYECCIÓN GEOMÉTRICA</b>	<b>PROYECCIONES DANE</b>	<b>MEDIA</b>
2005	8026	8,047	8037
2006	8106	8,182	8144
2007	8187	8,324	8256
2008	8269	8,467	8368
2009	8352	8,617	8484
2010	8435	8,755	8595
2011	8520	8,910	8715
2012	8605	9,054	8829
2013	8691	9,213	8952
2014	8778	9,361	9069
2015	8866	9,514	9190
2016	8954	9,677	9316
2017	9044	9,837	9440
2018	9134	9,996	9565
2019	9226	10,156	9691
2020	9318	10,313	9815
2021	9411	10,440	9926
2022	9505	10,592	10049
2023	9600	10,743	10172
2024	9696	10,895	10296
2025	9793	11,047	10420
2026	9891	11,198	10545
2027	9990	11,350	10670
2028	10090	11,502	10796
2029	10191	11,653	10922
2030	10293	11,805	11049
2031	10396	11,956	11176
2032	10500	12,108	11304
2033	10605	12,260	11432
2034	10711	12,411	11561
2035	10818	12,563	11690
2036	10926	12,714	11820
2037	11035	12,866	11951
2038	11146	13,018	12082
2039	11257	13,169	12213
2040	11370	13,321	12345
2041	11483	13,473	12478
2042	11598	13,624	12611
2043	11714	13,776	12745
2044	11831	13,927	12879
2045	11950	14,079	13014

## Anexo 2. Población y Caudal Aguas Residuales

2005	8037	140	0.85	11.07	0.15	0.905	2.15	14.27	2.64	37.69	3.74	1.87	43.30
2006	8144	140	0.85	11.22	0.15	0.905	2.15	14.42	2.64	38.06	3.74	1.87	43.67
2007	8256	140	0.85	11.37	0.15	0.905	2.15	14.58	2.64	38.44	3.74	1.87	44.05
2008	8368	140	0.85	11.53	0.15	0.905	2.15	14.73	2.64	38.82	3.74	1.87	44.43
2009	8484	140	0.85	11.69	0.15	0.905	2.15	14.89	2.63	39.22	3.74	1.87	44.83
2010	8595	140	0.85	11.84	0.15	0.905	2.15	15.04	2.63	39.60	3.74	1.87	45.21
2011	8715	140	0.85	12.00	0.15	0.905	2.15	15.21	2.63	40.00	3.74	1.87	45.61
2012	8829	140	0.85	12.16	0.15	0.905	2.15	15.37	2.63	40.39	3.74	1.87	46.00
2013	8952	140	0.85	12.33	0.15	0.905	2.15	15.53	2.63	40.81	3.74	1.87	46.42
2014	9069	140	0.85	12.49	0.15	0.905	2.15	15.70	2.63	41.21	3.74	1.87	46.82
2015	9190	140	0.85	12.66	0.15	0.905	2.15	15.86	2.62	41.62	3.74	1.87	47.23
2016	9316	140	0.85	12.83	0.15	0.905	2.15	16.04	2.62	42.04	3.74	1.87	47.65
2017	9440	140	0.85	13.00	0.15	0.905	2.15	16.21	2.62	42.47	3.74	1.87	48.08
2018	9565	140	0.85	13.17	0.15	0.905	2.15	16.38	2.62	42.89	3.74	1.87	48.50
2019	9691	140	0.85	13.35	0.15	0.905	2.15	16.55	2.62	43.31	3.74	1.87	48.92
2020	9815	140	0.85	13.52	0.15	0.905	2.15	16.72	2.61	43.73	3.74	1.87	49.34
2021	9926	140	0.85	13.67	0.15	0.905	2.15	16.88	2.61	44.11	3.74	1.87	49.72
2022	10049	140	0.85	13.84	0.15	0.905	2.15	17.04	2.61	44.52	3.74	1.87	50.13
2023	10172	140	0.85	14.01	0.15	0.905	2.15	17.21	2.61	44.94	3.74	1.87	50.55
2024	10296	140	0.85	14.18	0.15	0.905	2.15	17.39	2.61	45.35	3.74	1.87	50.96
2025	10420	140	0.85	14.35	0.15	0.905	2.15	17.56	2.61	45.77	3.74	1.87	51.38
2026	10545	140	0.85	14.52	0.15	0.905	2.15	17.73	2.61	46.19	3.74	1.87	51.80
2027	10670	140	0.85	14.70	0.15	0.905	2.15	17.90	2.60	46.61	3.74	1.87	52.22
2028	10796	140	0.85	14.87	0.15	0.905	2.15	18.07	2.60	47.04	3.74	1.87	52.65
2029	10922	140	0.85	15.04	0.15	0.905	2.15	18.25	2.60	47.46	3.74	1.87	53.07
2030	11049	140	0.85	15.22	0.15	0.905	2.15	18.42	2.60	47.89	3.74	1.87	53.50
2031	11176	140	0.85	15.39	0.15	0.905	2.15	18.60	2.60	48.31	3.74	1.87	53.92
2032	11304	140	0.85	15.57	0.15	0.905	2.15	18.77	2.60	48.74	3.74	1.87	54.35
2033	11432	140	0.85	15.75	0.15	0.905	2.15	18.95	2.59	49.17	3.74	1.87	54.78
2034	11561	140	0.85	15.92	0.15	0.905	2.15	19.13	2.59	49.61	3.74	1.87	55.22
2035	11690	140	0.85	16.10	0.15	0.905	2.15	19.31	2.59	50.04	3.74	1.87	55.65
2036	11820	140	0.85	16.28	0.15	0.905	2.15	19.49	2.59	50.47	3.74	1.87	56.08
2037	11951	140	0.85	16.46	0.15	0.905	2.15	19.66	2.59	50.91	3.74	1.87	56.52
2038	12082	140	0.85	16.64	0.15	0.905	2.15	19.85	2.59	51.35	3.74	1.87	56.96
2039	12213	140	0.85	16.82	0.15	0.905	2.15	20.03	2.59	51.79	3.74	1.87	57.40
2040	12345	140	0.85	17.00	0.15	0.905	2.15	20.21	2.58	52.23	3.74	1.87	57.84
2041	12478	140	0.85	17.19	0.15	0.905	2.15	20.39	2.58	52.67	3.74	1.87	58.28
2042	12611	140	0.85	17.37	0.15	0.905	2.15	20.57	2.58	53.12	3.74	1.87	58.73
2043	12745	140	0.85	17.55	0.15	0.905	2.15	20.76	2.58	53.56	3.74	1.87	59.17
2044	12879	140	0.85	17.74	0.15	0.905	2.15	20.94	2.58	54.01	3.74	1.87	59.62
2045	13014	140	0.85	17.92	0.15	0.905	2.15	21.13	2.58	54.46	3.74	1.87	60.07

### Anexo 3. Análisis de Aguas

Cúcuta, diciembre 12 de 2019

**PROCEDENCIA: Escorrentía Antes del Vertimiento Área Urbana Puerto Santander.**

**INFORMAR A: Ing. Juan Carlos Sayago O.**

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

##### Resultados Fisicoquímicos

Parámetro	Expresado	Muestra
Temperatura	°C	29
PH	Unidades de PH	7.52
Cloruros	mq/L	20
Nitrógeno total	mq/L	21
Aceites y Grasas	mq/L	35
COT	mq/L	78
DOO	mq/L	64.9
Oxígeno disuelto	mq/L	0.45
Solidos Suspendidos	mq/L	216
DBO <sub>5</sub>	mq/L	19.8

##### Resultados Microbiológicos

Parámetro	Expresado	Muestra
Coliformes Totales	UFC/100 ml	>16000
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	>16000

  
 María Eugenia Morales Hernández  
 Ing. Química

Cúcuta, diciembre 12 de 2019

**PROCEDENCIA: Vertimiento Área Urbana Puerto Santander.**

**INFORMAR A: Ing. Juan Carlos Sayago O.**

**CARACTERÍSTICAS GENERALES**

**Resultados Fisicoquímicos**

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado</b>	<b>Muestra</b>
Temperatura	°C	30
PH	Unidades de PH	6.92
Cloruros	mg/L	80
Nitrógeno total	mg/L	61
Aceites y Grasas	mg/L	77
COT	mg/L	89
DQO	mg/L	378.9
Oxígeno disuelto	mg/L	0.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	120
DBO <sub>5</sub>	mg/L	296

**Resultados Microbiológicos**

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado</b>	<b>Muestra</b>
Coliformes Totales	UFC/100 ml	>27000
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	>27000

  
 María Eugenia Moreno Hernández  
 Ing. Química

## Anexo 4. Evidencia Fotográfica

### Vista Vertimiento Mayor Rio La Grita





**Toma Muestra de las Aguas del Cuerpo Receptor y del Vertimiento que se Analizaron**





**Emisario Final Rio La Grita**



Anexo 5. Propuesta de Emisario Interceptor para Reducir a un Vertimiento

