

**Práctica empresarial en la empresa IMMA S.A.S como auxiliar de ingeniería en la  
formulación del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento – PSMV en la zona rural  
del municipio de Floridablanca, Santander**

**Melanie Galvis Hernández**

**Trabajo presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director:**

**Mario García Solano**

**Magíster en Informática**

**Universidad Industrial de Santander**

**Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**Bucaramanga**

**2020**

## Dedicatoria

*A DIOS, que me bendice cada día de mi vida, porque su amor y su bondad no tienen fin, que me permite sonreír ante todos mis logros y que me pone a prueba para enseñarme a ser mejor persona.*

*A mi abuela Marlene, mis padres Samara y David y mi primo Harold, por ser los principales promotores de mis sueños, que me apoyan incondicionalmente; muchos de mis logros se los debo a ustedes, en especial, este. Por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así luchar por todos mis sueños.*

*A mis hermanas quienes con sus palabras de aliento no me dejan decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante.*

*A mi familia, por confiar y creer en mí, por acompañarme en este largo camino, gracias por siempre querer lo mejor para mí, por cada consejo y por sus palabras que me han guiado durante toda mi vida.*

*A Palomino, Karen y Keren, quienes siempre han estado ahí para mí dándome su apoyo, su amistad incondicional y siempre recordándome que puedo ser quien quiera ser.*

*A mis amigos y compañeros por acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, que muchas veces me animaron a no desfallecer, siempre estuvieron ahí para compartir conmigo sus conocimientos, y quienes me acompañaron durante todos estos años apoyándome para hacer este sueño realidad.*

## Agradecimientos

A DIOS, por ser mi luz, mi guía y darme fortaleza en los momentos de dificultad; porque puedo cumplir cada uno de mis sueños y por poner cada oportunidad en el momento indicado.

A mi familia, por creer en mis sueños y apoyarme a cumplir mis objetivos como persona y como estudiante; por cada consejo que he recibido para ser mejor persona y por su inmenso amor.

A la empresa IMMA S.A.S., en especial a la ingeniera Carolina Mejía por darme la oportunidad de realizar mi práctica empresarial en la empresa, al Ingeniero Álvaro Herrera, tutor de la práctica por sus consejos, colaboración y dedicación durante los cuatro meses. Al igual que los ingenieros Diego Calderón y Angie Corredor, por trasmitirme sus conocimientos, su valiosa amistad y por sus enseñanzas que serán importantes en el ámbito profesional.

A la universidad industrial de Santander y a los docentes de la escuela de ingeniería civil por los conocimientos compartidos.

A mi director de proyecto M.Sc. Mario García Solano, quien con sus experiencias y conocimientos me oriento a finalizar mi tesis. Por su dedicación y sus enseñanzas a lo largo de mi carrera.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	16
1. Información de la empresa.....	17
1.1 Misión .....	18
1.2 Visión.....	18
2. Marco de referencia .....	19
2.1 Aguas residuales .....	19
2.2 Análisis .....	19
2.3 Carga orgánica .....	19
2.4 Cuerpo receptor.....	19
2.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o Demanda de Oxígeno .....	20
2.6 Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	20
2.7 Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento (PSMV) .....	20
2.8 Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR).....	21
2.9 Sistema de Acueducto.....	21
2.10 Vertimiento .....	21
3. Información general del proyecto. ....	21
4. Desarrollo de la práctica empresarial.....	22

5. Proyección del Balance de masa.....	23
6. Apoyo en el diseño del sistema de tratamiento de agua residual.....	25
6.1 Localización del área de influencia.....	25
6.2 Problemática ambiental actual .....	26
6.3 Caracterización del Agua.....	27
6.4 Diseño .....	27
6.5 Población.....	29
6.6 Caudal de diseño .....	30
6.7 Pretratamiento o Tratamiento Preliminar.....	30
6.7.1 Rejillas o Cribado. ....	31
6.7.2 Desarenador. ....	33
6.7.3 Trampa de grasa. ....	35
6.8 Reactor Anaerobio de Flujo Pistón (RAP).....	37
6.9 Lecho de secado.....	39
7. Apoyo en el rediseño del sistema de acueducto.....	42
7.1 Localización del área de estudio .....	42
7.2 Situación actual.....	43
7.3 Rediseño.....	44
7.4 Proyección de la población .....	44
7.5 Diseño hidráulico .....	45
7.5.1 Bocatoma. ....	46
7.5.2 Aducción.....	48
7.5.3 Desarenador. ....	49

---

7.5.4 Tanque de almacenamiento.....	50
8. Colaboración en la proyección de programas, actividades e indicadores.....	50
9. Conclusiones .....	52
10. Recomendaciones .....	53
Referencias bibliográficas.....	54

**Lista de figuras**

	<b>Pág.</b>
<i>Figura 1.</i> Logo IMMA S.A.S. ....	17
<i>Figura 2.</i> Diagrama de representación de un balance de masa.....	23
<i>Figura 3.</i> Localización de la Zona de estudio.....	26
<i>Figura 4.</i> Diagrama de flujo del Sistema de Tratamiento de Agua Residual del sector la Hormiga de la Zona Rural del Municipio de Floridablanca, Santander. ....	28
<i>Figura 5.</i> Vista en planta del sistema de cribado.....	32
<i>Figura 6.</i> Corte transversal de rejilla gruesa.....	32
<i>Figura 7.</i> Corte transversal de rejilla fina.....	33
<i>Figura 8.</i> Vista en planta del desarenador. ....	34
<i>Figura 9.</i> Corte transversal de desarenador. ....	35
<i>Figura 10.</i> Vista en planta de la trampa de grasa. ....	36
<i>Figura 11.</i> Corte transversal de la trampa de grasa. ....	36
<i>Figura 12.</i> Vista en planta del Reactor RAP. ....	38
<i>Figura 13.</i> Corte transversal del Reactor RAP. ....	39
<i>Figura 14.</i> Vista en planta del lecho de secado. ....	41
<i>Figura 15.</i> Corte transversal del lecho de secado. ....	41
<i>Figura 16.</i> Localización del área de estudio. ....	42

*Figura 17.* Diseño de rejilla de captación..... 47

*Figura 18.* Resultado del diseño de la bocatoma..... 48

*Figura 19.* Resultado del diseño del desarenador..... 50

*Figura 20.* Diagrama de flujo del proceso de la plantilla del plan de acción para el cumplimiento del PSMV..... 51

**Lista de tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. <i>Característica del agua residual del vertimiento la Hormiga y su comparación con la normativa.</i> .....	27
Tabla 2. <i>Proyección de la población del sector la Hormiga.</i> .....	29
Tabla 3. <i>Caudales de diseño de las estructuras del sistema de tratamiento.</i> .....	30
Tabla 4. <i>Dimensiones del reactor RAP.</i> .....	38
Tabla 5. <i>Dimensiones del lecho de secado.</i> .....	40
Tabla 6. <i>Proyección de la población del sector la Hormiga.</i> .....	45
Tabla 7. <i>Dimensiones de las rejillas.</i> .....	46
Tabla 8. <i>Cotas definitivas para la línea de aducción.</i> .....	49
Tabla 9. <i>Dimensiones del desarenador.</i> .....	49

### **Lista de apéndices**

Los Apéndices relacionados a continuación podrán ser consultados en la biblioteca de la UIS.

Apéndice A. Balance de masa de los vertimientos

Apéndice B. Plano construcción planta de tratamiento

Apéndice C. Plano mejoramiento y adecuación del acueducto

Apéndice D. Formato cronograma-PSMV La Hormiga

**Abreviaturas y acrónimos.**

PSMV: Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento.

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

RAS 2000: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

RAP: Reactor de Flujo Pistón.

## Resumen

**Título:** Práctica empresarial en la empresa IMMA S.A.S como auxiliar de ingeniería en la formulación del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento – PSMV en la zona rural del municipio de Floridablanca, Santander.\*

**Autora:** Melanie Galvis Hernández\*\*

**Palabras Claves:** PSMV, Agua Residual, Acueducto, PTAR.

### Descripción:

Es prescindible que cada región de nuestro país cuente con un sistema de tratamiento de aguas residuales, para ello se realizan visitas de inspección que logren identificar el problema puntualmente y así tener recomendaciones a tener en cuenta y las medidas a implementar como solución. El presente documento describe las actividades desarrolladas en la práctica empresarial como auxiliar de ingeniería en el área de saneamiento básico y línea verde en la empresa INGENIERÍA MANTENIMIENTO Y MEDIO AMBIENTE S.A.S., comprendida entre los meses de septiembre de 2019 a enero de 2020, por medio el proyecto denominado “Formulación del Plan de Saneamiento y manejo de Vertimiento del Municipio de Floridablanca, Santander.” Apoyando en actividades referentes como la proyección del balance de masa de los vertimientos encontrados, así mismo en el Plan de acción de proyectos, actividades e indicadores para dar cumplimiento a la mitigación de estos y problemas ambientales, por último, colaboración en los diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales y acueductos que se plantearon en la evolución del proyecto. A lo largo de la práctica empresarial se hizo énfasis en implementar, afianzar, intensificar o fortalecer los conceptos de acueductos y alcantarillados, como técnicas de saneamiento ambiental. Al final se presenta las generalidades de cada proyecto.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Mario García Solano, Magíster en Informática

### Abstract

**Title:** Business practice in the company IMMA S.A.S as an engineering assistant in the formulation of the Plan for Sanitation and Dumping Management - PSMV in the rural area of the municipality of Floridablanca, Santander. \*

**Author:** Melanie Galvis Hernández\*\*

**Keywords:** PSMV, Wastewater, Aqueduct, WWTP.

### Description:

It is essential that each region of our country has a wastewater treatment system. To this end, inspection visits are made to identify the problem on time and thus have recommendations to consider and the measures to be implemented as a solution. This document describes the activities developed in the business practice as an engineering assistant in the area of basic sanitation and green line in the company INGENIERÍA MANTENIMIENTO Y MEDIO AMBIENTE S.A.S., between the months of September 2019 and January 2020, by means of the project called "Formulation of the Sanitation and Dumping Management Plan of the Municipality of Floridablanca, Santander. Supporting in reference activities as the projection of the mass balance of the discharges found, as well as in the Action Plan of projects, activities and indicators to comply with the mitigation of these and environmental problems, finally, collaboration in the designs of wastewater treatment plants and aqueducts that were raised in the evolution of the project. Throughout the business practice, emphasis was placed on implementing, consolidating, intensifying or strengthening the concepts of aqueducts and sewers, as environmental sanitation techniques. At the end, the generalities of each Project are presented.

---

\* Degree work

\*\* Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Mario García Solano, Master in Computer Science

## Introducción

El Municipio de Floridablanca ha detectado problemáticas de contaminación y salubridad pública, generadas por deficiencias en el manejo y tratamiento de los vertimientos, especialmente en el agua residual vertida en las fuentes hídricas que surten de agua potable a los acueductos veredales, lo que conlleva a la insatisfacción y afectación de los residentes del sector rural. Así mismo los sistemas de suministro de agua potable de la población rural presentan un funcionamiento en algunos casos del tipo rudimentario, bajo condiciones que afectan la operatividad de las líneas, no cumpliendo con los requisitos normativos vigentes y satisfacer las necesidades de la población rural del Municipio de Floridablanca (IMMA S.A.S, 2020).

Se realizó la práctica empresarial en IMMA S.A.S, en este se implicó y contextualizó en el ejercicio de la profesión donde se aplican los conocimientos adquiridos en el desarrollo profesional, con el fin de brindar soluciones integrales de tipo ingenieril a cualquier problema que se presente en el desarrollo del proyecto que implique el área de saneamiento básico.

El presente artículo se realizó con la finalidad de mostrar cada una de las actividades ejecutadas y las metodologías efectuadas durante la realización de la práctica empresarial como auxiliar de ingeniería en la formulación del PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS EN LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA, dando apoyo en el diseño de PTAR y acueducto, realizando del balance de masa generado y proyectos necesarios para disminuir los vertimientos generados en el área a intervenir.

## 1. Información de la empresa

INGENIERÍA MANTENIMIENTO Y MEDIO AMBIENTE - IMMA S.A.S es una empresa consultora y constructora que brinda soluciones en el sector infraestructura, y buscan alternativas para la gestión de proyectos en todas sus etapas desde la planeación, construcción, puesta en marcha y operación, apoyados en una línea verde que contribuye a la conservación del medio ambiente.



*Figura 1.* Logo IMMA S.A.S. Adaptado de *Logo empresa* [imagen], por Ingeniería Mantenimiento y Medio Ambiente S.A.S, 2020. Recuperado de <https://www.imma.com.co/index.html>.

En la actualidad se encuentra ubicada en la calle 52 No. 31-162 piso 2 cabecera en la ciudad de Bucaramanga. Constituida en el año 2003, actualmente está compuesta por tres socios y su representante legal es el ingeniero Edgar Ricardo Bonilla Garnica.

### **1.1 Misión**

Somos una empresa dedicada a brindar soluciones confiables en el sector infraestructura, enfocada en tres líneas de negocios: consultoría, construcción y línea verde. Nuestro compromiso es satisfacer las necesidades del cliente basados en los principios de calidad, responsabilidad, seguridad, ética profesional y conservación del medio ambiente (IMMA S.A.S, 2020).

### **1.2 Visión**

Consolidarnos como una empresa sólida y dinámica en el sector de infraestructura, con el desarrollo de soluciones, prestando un servicio ágil, eficaz y de óptima calidad, diferenciándonos por nuestra competitividad, con aporte al medio ambiente y siendo nuestro objetivo sostener un crecimiento constante a nivel nacional, siempre con el propósito de ofrecer el mejor servicio a nuestros clientes (IMMA S.A.S, 2020).

## **2. Marco de referencia**

### **2.1 Aguas residuales**

Aguas que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser usada por una comunidad o industria (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000).

### **2.2 Análisis**

Examen del agua, agua residual o lodos, efectuado por un laboratorio (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000).

### **2.3 Carga orgánica**

Producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio; se expresa en kilogramos por día (kg/d) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000).

### **2.4 Cuerpo receptor**

Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del afluente final (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000).

### **2.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o Demanda de Oxígeno**

Cantidad de oxígeno usado en la estabilización de la materia orgánica carbonácea y nitrogenada por acción de los microorganismos en condiciones de tiempo y temperatura especificados (generalmente cinco días y 20 °C). Mide indirectamente el contenido de materia orgánica biodegradable (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000).

### **2.6 Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000).

### **2.7 Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento (PSMV)**

Es el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad y uso que defina la autoridad ambiental competente para la corriente, tramo o cuerpo de agua. El PSMV será aprobado por la autoridad ambiental competente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

## **2.8 Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR)**

Conjunto de obras, instalaciones, procesos y operaciones para tratar las aguas residuales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

## **2.9 Sistema de Acueducto**

Conjunto de elementos y estructuras cuya función es la captación de agua, el tratamiento, el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua potable con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

## **2.10 Vertimiento**

Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado, de elementos, sustancia o compuestos contenidos en un medio líquido (Ministerio de Ambiente, 2015).

## **3. Información general del proyecto**

El proyecto consistió en la elaboración de una consultoría con el municipio de Floridablanca, la cual fue desarrollado por la empresa cumpliendo con los requerimientos técnicos establecidos en el contrato que tenía como objeto “FORMULACIÓN DEL PLAN DE SANEAMIENTO Y

MANEJO DE VERTIMIENTOS (PSMV), PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (PMAA) DEL SECTOR RURAL Y REDISEÑO DE LOS ACUEDUCTOS VEREDALES DEL MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA.”

En el proceso del proyecto se realizaron visitas que permitieran identificar la problemática y los proyectos a llevarse a cabo. Por medio de estas se obtiene información de vertimientos que se generan en algunos sectores de la vereda y en conjunto con la corporación ambiental pertinente se identifican siete (7) vertimientos puntuales, para su posterior caracterización de aguas con el análisis respectivo por medio de un laboratorio, acreditado ante el IDEAM por la Norma 17025. La caracterización a cada vertimiento consiste en un monitoreo donde se analiza aguas arriba, aguas abajo y el vertimiento puntual parámetros In situ como pH, temperatura, sólidos disueltos y caudal volumétrico, determinando las variables fisicoquímicas y microbiológicas de los puntos. También se realiza el diagnóstico de los acueductos en la zona que incluye el estado actual y recomendaciones para mejorar la calidad del servicio a la comunidad.

#### **4. Desarrollo de la práctica empresarial**

En el desarrollo de la práctica empresarial como auxiliar de ingeniería en el área de saneamiento básico, se participó en diferentes actividades ejecutando tareas relacionadas con la formulación del PSMV bajo la dirección y supervisión del tutor asignado. A continuación, se mencionan cada una:

- Apoyo en la proyección del balance de materia o masa en los vertimientos situados en el municipio.
- Apoyo en el diseño de plantas de tratamientos de aguas residuales en el sector la Hormiga de la zona rural del municipio de Floridablanca.
- Apoyo en el diseño del tratamiento del acueducto de la vereda Aguablanca.
- Apoyo en el Plan de acción que incluye proyectos, actividades e indicadores.

La ejecución de las actividades se describe con detalle en los capítulos siguientes, bajo la dirección y orientación de los entes involucrados dando cumplimiento a la práctica empresarial.

## 5. Proyección del Balance de masa

Un balance de masa es aquel donde las entradas son iguales a las salidas, en el cual hay una igualdad equitativa de masas (Departamento de Ingeniería Química - FI - UNSJ, 2020). Es un proceso de transformación, aplicación de la ley de la conservación de la masa que expresa “*la materia no se crea ni se destruye*”.

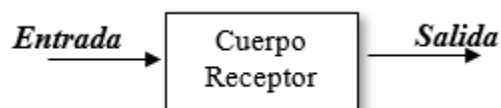


Figura 2. Diagrama de representación de un balance de masa.

Se considera la ecuación general de la continuidad para un sistema:

$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \text{Generación o salida del sistema} \quad (1)$$

Expresado de otra manera para el proceso de cálculo:

$$(X_{iv} * Q_v) + (X_{iaa} * Q_{aa}) - (X_{iab} * Q_{ab}) = \partial m / \partial t \quad (2)$$

Donde:

X<sub>iv</sub>: Valor del parámetro i tomado en el vertimiento. [mg/L]

Q<sub>v</sub>: Caudal volumétrico en el vertimiento. [L/s]

X<sub>iaa</sub>: Valor del parámetro i en el cuerpo receptor aguas arriba. [mg/L]

Q<sub>aa</sub>: Caudal aguas arriba. [L/s]

X<sub>iab</sub>: Valor del parámetro i aguas abajo. [mg/L]

Q<sub>ab</sub>: Caudal aguas abajo del cuerpo receptor. [L/s]

Se determinó la masa multiplicando el caudal en L/s por la concentración en mg/L, obteniendo la carga total de masa en mg/s, esto indicó que parámetros se generan con una velocidad de reacción de producción o desintegración en el cuerpo receptor (Suárez, 2010).

La proyección del balance de masa se elaboró a fin de estimar la reducción de los agentes contaminantes y conocer si la fuente hídrica se recupera en un menor o mayor tiempo (IMMA S.A.S, 2020). Este se realizó debido a que la captación de agua y la descarga de las aguas residuales se realizan en el mismo cuerpo de agua. Se tienen en cuenta los parámetros físicos y químicos de

la muestra caracterizada de los siete (7) vertimientos puntuales que se encuentran en la zona rural del municipio, en el apéndice a se presenta el resumen de los resultados obtenidos con sus datos de entradas obtenidos de la caracterización realizada por el laboratorio.

## **6. Apoyo en el diseño del sistema de tratamiento de agua residual**

El sistema de tratamiento para aguas residuales urbanas o industriales, se basa en operaciones o procesos con la finalidad de remover diferentes tipos de contaminantes, ya sean físicos, químicos o biológicos, que se encuentran en el afluente a tratar (ECURED, 2020). Teniendo en cuenta los límites que son aceptables por la normatividad existente y las autoridades ambientales.

Se presenta en los subcapítulos siguientes los resultados obtenidos del apoyo en el cálculo del sistema.

### **6.1 Localización del área de influencia**

La zona de estudio se encuentra localizada en la vereda Rio Frio, sector la Hormiga - Ruitoque Bajo del Municipio de Floridablanca.



Figura 3. Localización de la Zona de estudio. Adaptado de *Google Earth Pro*, por Google LLC, 2020.

## 6.2 Problemática ambiental actual

El sector presenta problemáticas ambientales a causa de un alcantarillado inconcluso el cual tiene como disposición final las aguas residuales a campos abiertos sobre predios, lo que genera un sin número de olores desagradables y enfermedades que afectan a la comunidad (Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S., 2019). Además, cuenta con problemas de acumulación de residuos como arena, reboses de caudal en los pozos de inspección. De acuerdo con los resultados arrojados por el Laboratorio el caudal contaminante vertido afecta directamente a la fuente denominada *Quebrada Seca*, donde se observó una gran cantidad de desechos y residuos ocasionando un gran impacto ambiental que afecta el pH del agua y la temperatura de esta (Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S., 2019).

Para la mejora de esto se recomienda la intervención de un sistema de tratamiento de aguas residuales, debido a que es una zona en aumento de población y estos puedan contar con un buen

servicio para mitigar la contaminación de las fuentes hídricas las cuales también pueden ser utilizadas para un posterior consumo.

### 6.3 Caracterización del Agua

Al realizarse la caracterización y el análisis de laboratorio de las muestras recolectadas de las aguas residuales a tratar en el sector la Hormiga, se exponen las características del vertimiento y lo máximo permitido por la Resolución 0631 de 2015 en la tabla 1. El dato de concentración de DBO se tuvo en cuenta para el diseño del sistema a tratar las aguas residuales.

Tabla 1.

*Característica del agua residual del vertimiento la Hormiga y su comparación con la normativa.*

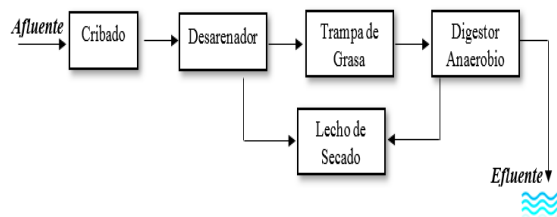
Parámetro	Unidades	Concentración	Límite Máximo permisible, Resolución 0631 de 2015
DBO <sub>5</sub>	mg de O <sub>2</sub> /L	46.8	90
DQO	mg de O <sub>2</sub> /L	81.6	180

### 6.4 Diseño

Se desarrolló una propuesta para eliminar los agentes contaminantes del vertimiento en el sector la Hormiga de Floridablanca, Santander, y se determinó un sistema de tratamiento anaerobio, el cual consiste en la estabilización de un desecho por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno (Grupo EPM, 2020). Siendo esta la alternativa más factible teniendo en cuenta que es más fácil de implementar, debido a que los costos no son tan altos en comparación a los beneficios que

traería a la comunidad. Para el diseño fue necesario la topografía del terreno, el crecimiento poblacional en la zona de influencia con la posibilidad de aumento en el caudal vertido.

En la figura 4 se representa el diagrama de flujo de la propuesta o alternativa que se consideró para el sistema de tratamiento en el sector la Hormiga y el plano de diseño en planta del sistema de tratamiento en todas sus fases se presenta en el apéndice b.



*Figura 4.* Diagrama de flujo del Sistema de Tratamiento de Agua Residual del sector la Hormiga de la Zona Rural del Municipio de Floridablanca, Santander. Adaptado de *Memorias de diseño Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Sector la Hormiga, Vereda Rio Frio, del Municipio de Floridablanca Santander*, por IMMA S.A.S, 2019.

El sistema de tratamiento cuenta con tres (3) procesos:

**I Proceso:** consiste en el tratamiento preliminar que está compuesto por la zona de cribado, desarenador y trampa de grasa.

**II Proceso:** la operación está comprendida por el sistema de tratamiento, el reactor de flujo de pistón (RAP) (Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S., 2019), que se encarga de tratar el afluente contaminado.

**III Proceso:** el último proceso del sistema está comprendido por un lecho de secado que se encarga de reducir el contenido de humedad de los lodos que quedan de residuo del desarenador y el reactor RAP.

## 6.5 Población

En la actualidad se tiene en el sector una población de 660 habitantes, alrededor de 124 viviendas. Se opta un periodo de diseño de 25 años de acuerdo con la resolución 0330 de 2017, implementando el método aritmético de crecimiento poblacional basados en los resultados del catastro de usuarios realizado en el 2019, la siguiente tabla se muestra la población obtenida.

Tabla 2.

*Proyección de la población del sector la Hormiga.*

Período	Año	Población
<b>Actual</b>	<b>2019</b>	660
<b>Corto plazo</b>	<b>2020</b>	667
	<b>2021</b>	673
<b>Mediano plazo</b>	<b>2022</b>	680
	<b>2023</b>	687
	<b>2024</b>	694
	<b>2025</b>	701
<b>Largo plazo</b>	<b>2026</b>	708
	<b>2040</b>	813
	<b>2041</b>	822
	<b>2042</b>	830
	<b>2043</b>	838

Nota. Adaptado de *Memorias de diseño Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Sector la Hormiga, Vereda Rio Frio, del Municipio de Floridablanca Santander*, por IMMA S.A.S, 2019.

## 6.6 Caudal de diseño

Para el diseño de las estructuras del proceso del sistema se tuvieron en cuenta el caudal máximo horario (QMH) para el diseño del cribado, desarenador y trampa de grasa y el caudal máximo mensual (QMM) para el biodigestor (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), teniendo en cuenta el comportamiento demográfico del sector la Hormiga para un caudal de retorno de 1.15 L/s. Se expone en la siguiente tabla los caudales calculados para el diseño.

Tabla 3.

*Caudales de diseño de las estructuras del sistema de tratamiento.*

<b>Estructura</b>	<b>Caudal</b>	<b>Unidades</b>
<b>Cribado o rejilla</b>	4.6	L/s
<b>Desarenador</b>	4.6	L/s
<b>Trampa de grasa</b>	4.6	L/s
<b>RAP</b>	2	L/s

## 6.7 Pretratamiento o Tratamiento Preliminar

Debe realizarse por medio de 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 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000).

A continuación, se realiza la descripción de cada uno de los elementos que componen el sistema siguiendo los parámetros de diseño estipulados por el Título E de la norma RAS 2000, la Resolución 0330 de 2017 y los criterios del diseñador.

**6.7.1 Rejillas o Cribado.** El inicio del tratamiento preliminar está compuesto por un par de rejillas las cuales son gruesas y finas de barras paralelas de tipo manual, considerando una inclinación de  $45^\circ$  para ambas. Se tiene para cada una de ellas los siguientes resultados:

- Rejilla gruesa: conformada por 8 barras, con una separación de 3 cm, una longitud de rejillas de 0.46 m y una velocidad de aproximación del flujo horizontal de 0.36 m/s para un ancho del canal de cribado de 0.33 m.
- Rejilla fina: conformada por 10 barras, con una separación de 2.5 cm, una longitud de rejillas de 0.46 m y una velocidad de aproximación del flujo horizontal de 0.41 m/s para un ancho del canal de cribado de 0.33 m.

El diseño generado se representa de vista lateral y corte transversal de rejillas gruesa y fina en las figuras 5, 6 y 7 respectivamente.



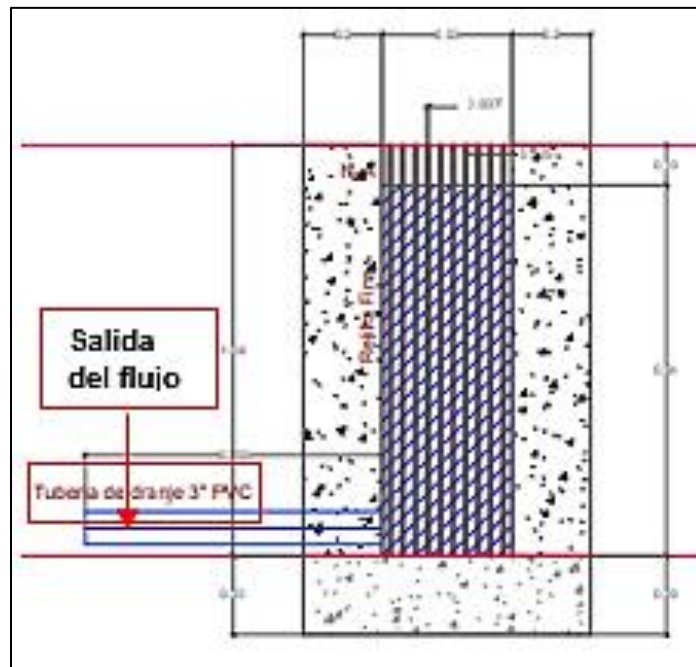


Figura 7. Corte transversal de rejilla fina. Adaptado de *planos de diseño de cribado de la PTAR del Sector la Hormiga del Municipio de Floridablanca, Santander*, IMMA S.A.S, 2019.

**6.7.2 Desarenador.** Los desarenadores se instalan para: (1) proteger los elementos mecánicos móviles de la abrasión y el excesivo desgaste; (2) reducción de la formación de depósitos pesados en el interior de las tuberías, canales y conducciones, y (3) reducción de la frecuencia de limpieza de los digestores provocada por la excesiva acumulación de arenas. La eliminación de las arenas es esencial como paso previo a las centrífugas, intercambiadores de calor y bombas de diafragma de alta presión (Metcalf & Eddy, Inc, 2003).

Después del cribado se encuentra el desarenador, estos se integran por medio de una tubería de 3" y una válvula de compuerta de 3". Obteniendo un sedimentador de sección rectangular de flujo horizontal, longitud interna de 90 cm, ancho interno de 60 cm y una profundidad interna de 125 cm. Para un tiempo de sedimentación hidráulico de 150 s y finalmente se obtuvo un volumen de

0.69 m<sup>3</sup>. Se presenta la vista en planta y corte transversal del diseño del desarenador en las figuras 8 y 9, respectivamente.

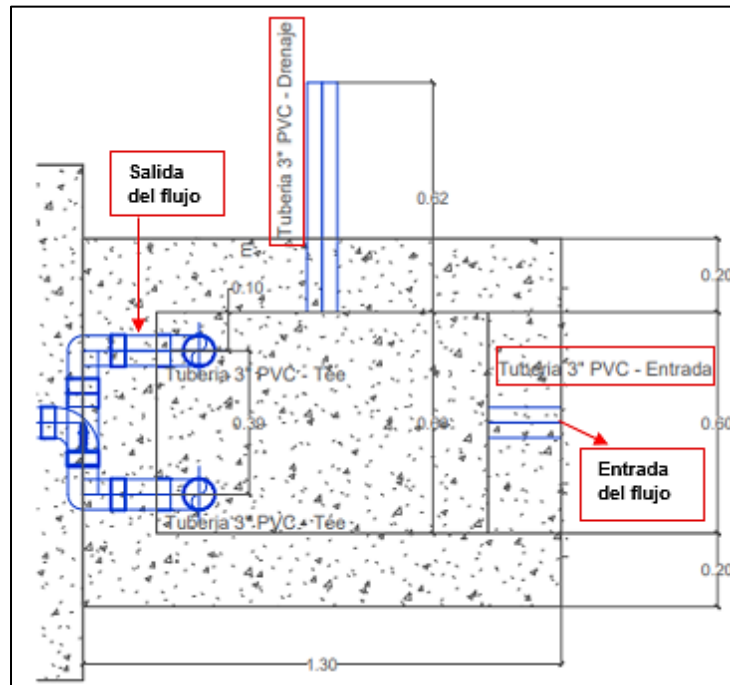


Figura 8. Vista en planta del desarenador. Adaptado de planos de diseño del desarenador de la PTAR del Sector la Hormiga del Municipio de Floridablanca, Santander, por IMMA S.A.S, 2019.

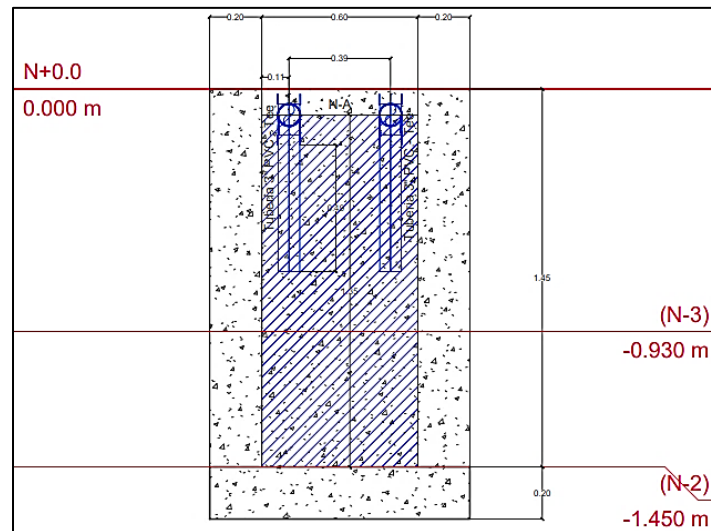


Figura 9. Corte transversal de desarenador. Adaptado de *planos de diseño del desarenador de la PTAR del Sector la Hormiga del Municipio de Floridablanca, Santander*, por IMMA S.A.S, 2019.

**6.7.3 Trampa de grasa.** Son tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000). Su finalidad es tratar las aguas residuales que contienen sustancias aceitosas o grasosas, que impedirían el funcionamiento del sistema.

Por último, se tiene la trampa de grasa en el pretratamiento, de acuerdo con el diagrama de flujo del sistema. Se consideró una relación largo-ancho 1:1, Se obtuvo un área total de  $1.15 \text{ m}^2$ , un volumen de  $0.828 \text{ m}^3$ , un tiempo de retención hidráulico de 180 segundos y una altura de 0.93 m. En las figuras 10 y 11 se muestra vista en planta y corte trasversal, respectivamente de la trampa de grasa.

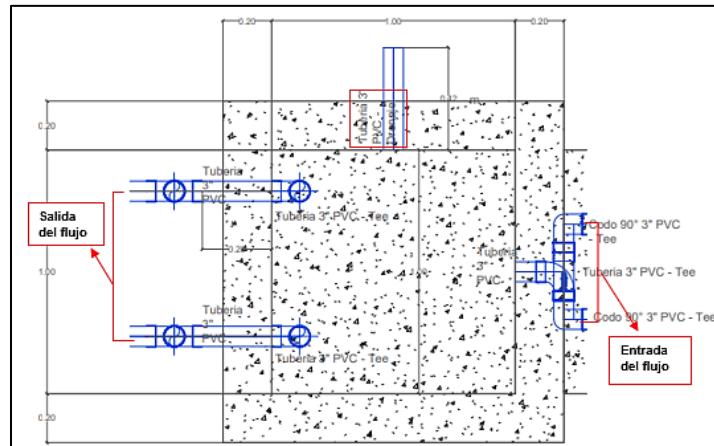


Figura 10. Vista en planta de la trampa de grasa. Adaptado de planos de diseño de la trampa de grasa de la PTAR del Sector la Hormiga del Municipio de Floridablanca, Santander, por IMMA S.A.S, 2019.

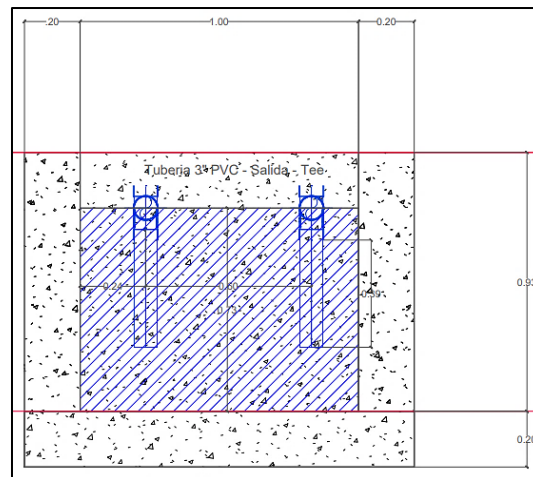


Figura 11. Corte transversal de la trampa de grasa. Adaptado de planos de diseño de la trampa de grasa de la PTAR del Sector la Hormiga del Municipio de Floridablanca, Santander, por IMMA S.A.S, 2019.

### 6.8 Reactor Anaerobio de Flujo Pistón (RAP)

Se consideró como tratamiento primario el Reactor de flujo pistón (RAP), el cual es una modificación del reactor anaerobio de pantallas en el cual se permite que la superficie de interfase líquido-gas esté en contacto directo con la atmósfera natural (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2000). Para el control de olores deberán tenerse en cuenta las disposiciones establecidas en la Resolución 1541 de 2013 sobre niveles permisibles de calidad del aire o de inmisión (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). Para controlar los malos olores generados en la planta se consideró reducir al mínimo el tiempo de retención de los lodos. Una de las ventajas que presenta el RAP es que tiene una alta reducción de DBO, baja producción de lodos, es decir, que el lodo generado queda estabilizado, además, tiene bajos costos de operación por lo que no requiere de energía eléctrica. La desventaja que posee el sistema es que precisa de un tratamiento adicional de lodos.

Para el diseño se consideró para la estructura una forma rectangular constituido por módulos parciales como las cámaras de reacción y cámaras de sedimentación con velocidades recomendadas de 3 m/s y 1 m/s, respectivamente. En la tabla 4 se presentan las dimensiones que corresponderían a la estructura RAP. Al igual que en las figuras 12 y 13, vista en planta y corte transversal del reactor RAP.

Tabla 4.

*Dimensiones del reactor RAP.*

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Caudal de diseño	Q	0.002	m <sup>3</sup> /s
Tiempo de retención	Td	11.73	H
Volumen del reactor	V	84.4	m <sup>3</sup>
Numero de reactores	n	9	
Carga Orgánica	So	50	g DBO <sub>5</sub> /hab*día
Remoción de DBO <sub>5</sub>		60-80	%
Ancho interno	B	2	m
Largo interno	L	1.2	M
Altura	H	3.3	M

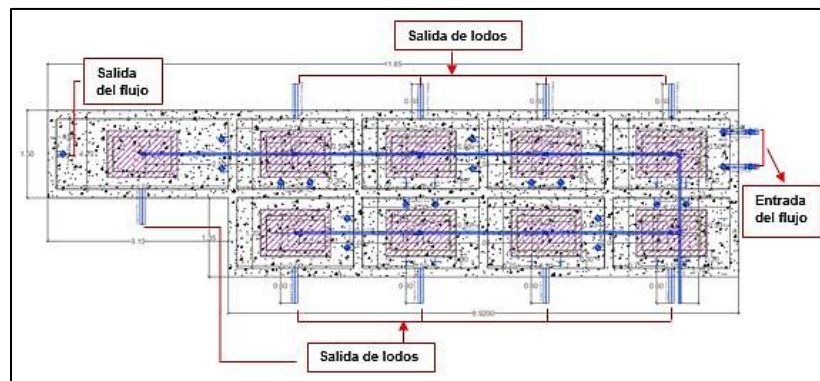


Figura 12. Vista en planta del Reactor RAP. Adaptado de planos de diseño del Reactor de la PTAR del Sector la Hormiga del Municipio de Floridablanca, Santander, por IMMA S.A.S, 2019.



Tabla 5.

*Dimensiones del lecho de secado.*

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Volumen de lodos	V	8.2	m <sup>3</sup>
Altura	H	0.6	M
Longitud	L	3.7	m
Ancho	A	3.75	M
Grava		3 – 25	Mm
Capa de grava		200 - 400	Mm
Arena		0.3 - 0.75	Mm
Capa de arena		300 - 400	mm

El diseño en planta y corte transversal del lecho de secado se presentan en la figura 14 y 15.

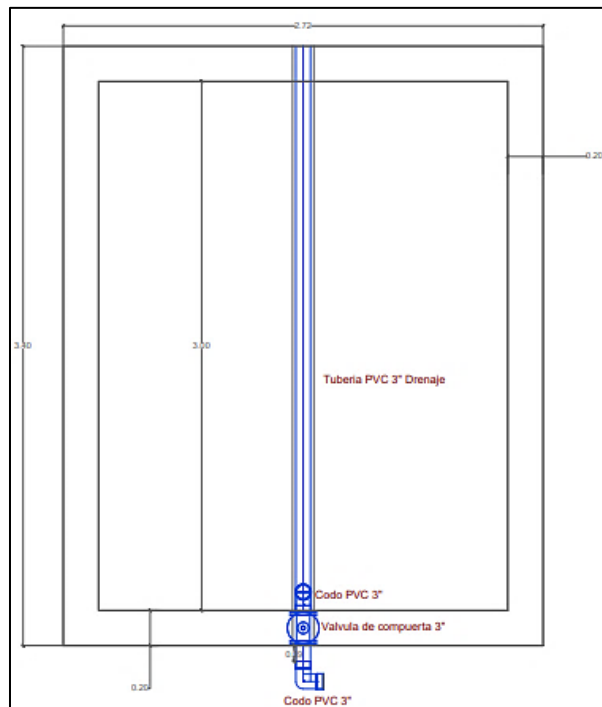


Figura 14. Vista en planta del lecho de secado. Adaptado de planos de diseño de lecho de secado de la PTAR del Sector la Hormiga del Municipio de Floridablanca, Santander, por IMMA S.A.S, 2019.

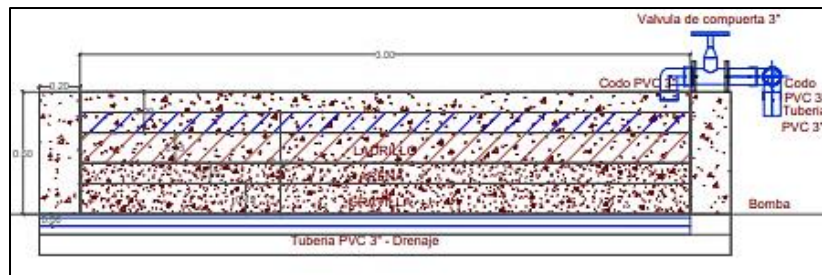


Figura 15. Corte transversal del lecho de secado. Adaptado de planos de diseño de lecho de secado PTAR del Sector la Hormiga del Municipio de Floridablanca, Santander, por IMMA S.A.S, 2019.

## 7. Apoyo en el rediseño del sistema de acueducto

El acceso al agua potable limpia y saneamiento es indispensable para una vida humana digna y el suministro de agua potable para luego así disponer del recurso hídrico para uso personal y doméstico.

### 7.1 Localización del área de estudio

El área de estudio para el diseño del acueducto está localizada en la vereda Aguablanca del Municipio de Floridablanca en el departamento de Santander, el cual se encuentra a una altura de 1000 m.s.n.m.

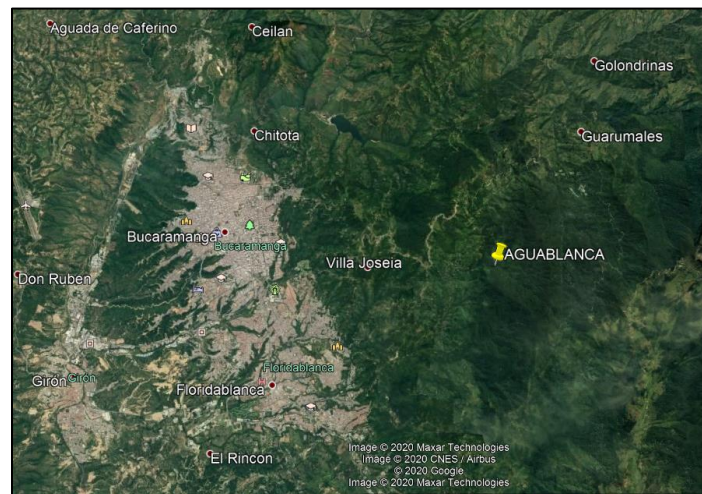


Figura 16. Localización del área de estudio. Adaptado de *Google Earth Pro*, por Google LLC, 2020.

## 7.2 Situación actual

La vereda Aguablanca cuenta con el servicio de acueducto, teniendo en cuenta que el agua captada no es tratada. Este es un acueducto veredal dirigido por la junta de acción de comunal denominado Corpoaguas. cuenta con elementos de infraestructuras tales como bocatoma, desarenador, tanque de almacenamiento, y pasos elevados. De acuerdo con la información suministrada de la inspección realizada por la empresa y su posterior diagnóstico el estado actual es el siguiente:

Bocatoma: construido por muros de concreto que presentan filtraciones, ocasionando en temporadas de verano el caudal disminuye y los niveles de agua no son suficientes para la captación, conducida hacia el desarenador por una tubería en PVC desgastada.

Desarenador: no presenta daños estructurales, pero en tiempos de verano queda inhabilitado debido a que el flujo se detiene porque no es suficiente la presión de agua a causa de que la cota de llegada con respecto a la cota de captación es inferior.

Tanque de almacenamiento: cuenta con un tanque de almacenamiento en concreto de 3.6 m x 9.5 m se requiere impermeabilización y mantenimiento.

Paso elevado: cuenta con una longitud aproximada de 560 m de tubería de PVC.

Una de las principales dificultades es la insuficiencia de las condiciones de abastecimiento y suministro del agua en la zona. Por consiguiente, como alternativa planteada se realizó el rediseño proponiendo las mejoras que sean pertinentes y necesarias.

### 7.3 Rediseño

Para el rediseño del sistema de acueducto veredal de Corpoaguas, se colaboró al diseñador en el cálculo de los parámetros de diseños de un sistema convencional siguiendo los requisitos estipulados en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS Título B, así como su última actualización (Resolución 0330 del 8 de junio de 2017).

### 7.4 Proyección de la población

Para la estimación de la población los datos se deben ajustar a la población flotante y población migratoria, debido a que no hay una base de datos existente de la población. Se tienen en cuenta la población actual la cual es de baja densidad, además de tasa de crecimiento poblacional con base en el anuario estadístico del DANE y el catastro realizado. Para efectos de la proyección de la población se aplicó el **método geométrico**, considerando una tasa de crecimiento del 0.5 % y una población actual de 455 habitantes, para un periodo de diseño de 25 años se obtuvo como resultado final una población de 515 habitantes. Se presenta en la tabla 6 la proyección obtenida.

Tabla 6.

*Proyección de la población del sector la Hormiga.*

n	Año	Población
<b>Construcción</b>	2018	455
<b>1</b>	2019	457
<b>2</b>	2020	460
<b>3</b>	2021	462
<b>4</b>	2022	464
<b>21</b>	2039	505
<b>22</b>	2040	508
<b>23</b>	2041	510
<b>24</b>	2042	513
<b>25</b>	2043	515

Nota. Adaptado de *Memorias de cálculo mejoramiento y adecuación del acueducto veredal Corpoaguas, Sector Aguablanca parte baja, Vereda Aguablanca, del Municipio de Floridablanca Santander*, por IMMA S.A.S, 2019.

## 7.5 Diseño hidráulico

En el desarrollo se dio apoyo en los cálculos de los parámetros de diseño, siguiendo los criterios establecidos en el título B “Sistemas de acueductos” del RAS 2000 y la resolución 0330 de 2017 como metodología empleada. Se presenta a continuación los resultados del diseño de cada elemento del sistema. El diseño hidráulico en planta del acueducto se presenta en el apéndice c.

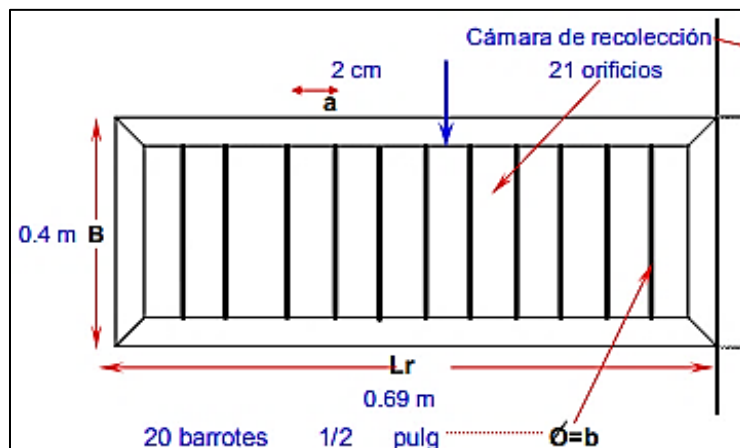
**7.5.1 Bocatoma.** Se diseñó una bocatoma de fondo o toma de rejilla, compuesta por una presa de forma de vertedero rectangular con doble contracción (Ingeniería Mantenimiento y Medio Ambiente S.A.S., 2019) con un ancho de canal de 0.4 m, alcance de filo superior de 0.10 m, alcance de filo inferior de 0.06 m. Rejillas inclinadas 20 % en dirección aguas abajo sus dimensiones finales se evidencian en la tabla 7 y en la figura 17.

Tabla 7.

*Dimensiones de las rejillas.*

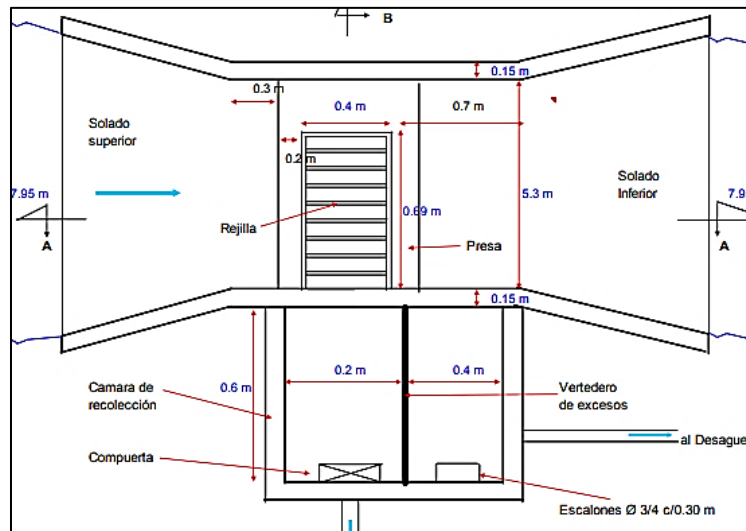
Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Ancho	B	0.4	M
Longitud	Lr	0.69	M
Área neta	An	0.168	m <sup>2</sup>
Diámetro de barrotos	$\phi b$	½	Pulg
Separación de barrotos	a	2	cm
# de orificios		21	
Velocidad entre barrotos	Vb	0.01	m/s
# de barrotos	b	20	

Nota. Adaptado de *Memorias de cálculo mejoramiento y adecuación del acueducto veredal Corpoaguas, Sector Aguablanca parte baja, Vereda Aguablanca, del Municipio de Floridablanca Santander*, por IMMA S.A.S, 2019.



*Figura 17.* Diseño de rejilla de captación. Adaptado de Memorias de cálculo mejoramiento y adecuación del acueducto veredal Corpoaguas, Sector Aguablanca parte baja, Vereda Aguablanca, del Municipio de Floridablanca Santander, IMMA S.A.S, 2019.

Como diseño definitivo se obtuvo una bocatoma con cámara cuadrada de recolección de 0.6 m de ancho y un vertedero de excesos que regule el caudal que pasará a la aducción obteniendo un caudal de  $0.002 \text{ m}^3/\text{s}$ , tal como se presenta en la figura 18.



*Figura 18.* Resultado del diseño de la bocatoma. Adaptado de Memorias de cálculo mejoramiento y adecuación del acueducto veredal Corpoaguas, Sector Aguablanca parte baja, Vereda Aguablanca, del Municipio de Floridablanca Santander, por IMMA S.A.S, 2019.

**7.5.2 Aducción.** El caudal de diseño para el componente del sistema de acueducto (aducción) se consideró el caudal máximo diario (QMD) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017), obteniendo para este un caudal de diseño de 1.367 L/s, con una longitud de la aducción de 25 m para un diámetro de tubería de 4 pulg, y una pendiente S de 4.52 % hasta llegar al desarenador, para ello fue necesario el cálculo de cotas que se presentan en la tabla 8.

Tabla 8.

*Cotas definitivas para la línea de aducción.*

Cota	K0+ (m)
<b>Salida de la bocatoma</b>	
Batea	1812.13
Clave	1812.23
<b>Llegada al desarenador</b>	
Batea	1811.00
Clave	1811.10
Lámina de agua	1811.02

Nota. Adaptado de *Memorias de cálculo mejoramiento y adecuación del acueducto veredal Corpoaguas, Sector Aguablanca parte baja, Vereda Aguablanca, del Municipio de Floridablanca Santander*, por IMMA S.A.S, 2019.

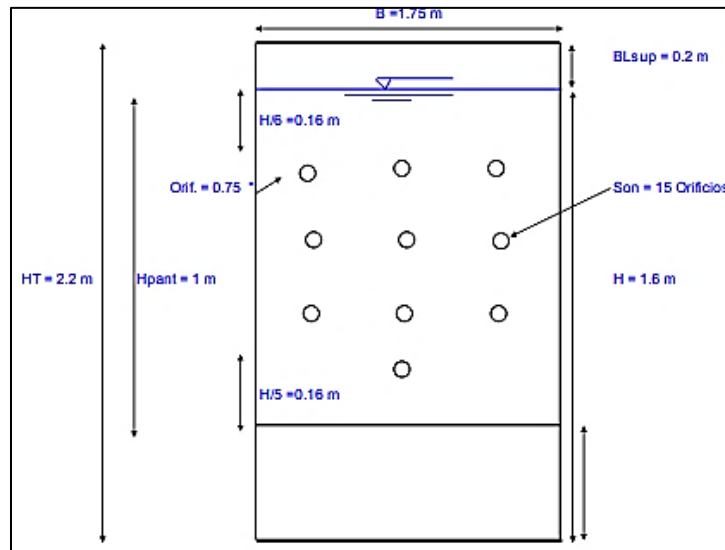
**7.5.3 Desarenador.** Para el diseño del desarenador se tuvo en cuenta el caudal máximo diario de 1.367 lps, temperatura del agua de 20°C, diámetro de partículas a remover de 0.005 cm, altura útil de 2 m, borde libre 0.20m. Se recomendó unas nuevas dimensiones para el desarenador. Teniendo como dimensiones finales las expuestas en la tabla 9 y la figura 19 el diseño del desarenador.

Tabla 9.

*Dimensiones del desarenador.*

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidades
Ancho	B	1.75	M
Alto	H	1.6	M
Largo	L	5	M
Altura Tota	Ht	2.2	M
Diámetro de orificio	$\phi$	$\frac{3}{4}$	Pulg
# de orificios		15	

Nota. Adaptado de *Memorias de cálculo mejoramiento y adecuación del acueducto veredal Corpoaguas, Sector Aguablanca parte baja, Vereda Aguablanca, del Municipio de Floridablanca Santander*, por IMMA S.A.S, 2019.



*Figura 19.* Resultado del diseño del desarenador. Adaptado de Memorias de cálculo mejoramiento y adecuación del acueducto veredal Corpoaguas, Sector Aguablanca parte baja, Vereda Aguablanca, del Municipio de Floridablanca Santander, por IMMA S.A.S, 2019.

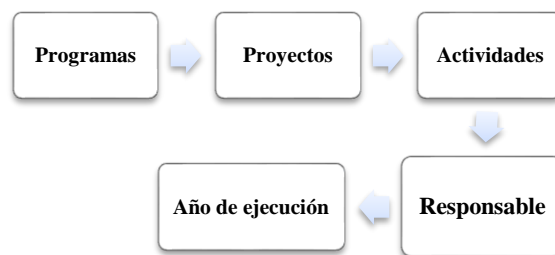
**7.5.4 Tanque de almacenamiento.** Para el tanque de almacenamiento con un caudal de diseño de 1.367 lps se obtuvo un volumen de tanque de  $35 \text{ m}^3$ , con dimensiones de ancho 3 m, largo 9 m, alto 2.2 m y altura del agua de 1.90 m.

## 8. Colaboración en la proyección de programas, actividades e indicadores

El plan de acción también conocido como plan operativo, es un desglose detallado de las actividades que se deben desarrollar para el logro de cada uno de los objetivos específicos, los recursos necesarios para la realización de las actividades, los responsables de que la actividad se

haga, los indicadores de acción que nos indiquen que efectivamente la actividad se realizó y el tiempo en el que se deben desarrollar (cronograma) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004), en las fases de corto, mediano y largo plazo, estas se definieron con base en los criterios de priorización de proyectos definidos en la Resolución 0330 de 2017; contribuyendo en la disminución de los agentes contaminantes que afectan a las fuentes receptoras.

La actividad consistió en realizar una plantilla o tabla para el seguimiento o monitoreo de la ejecución de las actividades en el horizonte especificado, analizando el logro de los productos esperados en la totalidad de los vertimientos encontrados. Los proyectos y actividades serán ejecutados a partir de la aprobación del PSMV por parte de la entidad ambiental de la zona de estudio que para este caso es la Corporación Autónoma Regional para La Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, el monitoreo será ejecutado por la administración municipal encargada en el año de aprobación. El plan de acción en la zona de estudio y los proyectos varían de acuerdo con las necesidades puntuales de cada sector intervenido, la plantilla fue realizada con la herramienta Excel y contiene lo estipulado en la figura 20.



*Figura 20.* Diagrama de flujo del proceso de la plantilla del plan de acción para el cumplimiento del PSMV.

A continuación, se presenta un ejemplo de un programa en específico con sus proyectos y actividades necesarias, el apéndice d contiene la plantilla del vertimiento la hormiga, con información suministrada por el tutor.

- **Programa 1:** Operación, reposición y mantenimiento de redes.
- **Proyectos:** Operación del sistema de alcantarillado, reposición de redes de alcantarillado, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.
- **Actividades:** Instalación de tramos de tubería donde actualmente no se encuentran, limpieza de pozos de inspección.
- **Responsable:** Administración municipal.
- **Año de ejecución:** Se realizarán en un periodo de corto, mediano y largo plazo, dentro de los 10 años de vigencia del PSMV.

## 9. Conclusiones

Durante el tiempo de práctica empresarial se ejecutó satisfactoriamente las actividades asignadas por parte del tutor de la empresa, en la cual se involucraron los conocimientos adquiridos en pregrado, apoyando en el diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales y acueductos, así mismo aplicando los parámetros de diseños exigidos por las normas que lo rigen.

Dentro de las actividades de diseño del sistema de tratamiento se colaboró en el cálculo de los parámetros para el diseño de cribado que está comprendida por rejillas gruesa y rejilla fina, donde

fue necesario aplicar los conocimientos adquiridos en la asignatura como técnicas de saneamiento ambiental. Por otro lado, en los cálculos de los parámetros de diseño de un sistema convencional de acueducto, el cual se fue necesario abundar en la asignatura como acueductos y alcantarillado; todo esto aplicándolos en dar solución a los problemas de la vida real.

Con el diseño de la PTAR se espera que se ponga en marcha su construcción para así disminuir el vertimiento generado en el sector la hormiga y tratar el caudal contaminante vertido en el cuerpo receptor y dar cumplimiento al plan de saneamiento y manejo de vertimiento (PSMV) formulado para el municipio de Floridablanca, Santander. En cuanto al sistema de acueducto de espera la reconstrucción de este con las dimensiones recomendadas para el posterior beneficio de la comunidad del abastecimiento de agua en cada vivienda.

Se propuso el plan de acción de la zona rural para da cumplimiento con la construcción de los proyectos planteados y disminuir la cantidad de vertimientos encontrados recuperando las fuentes hídricas afectadas teniendo como base el balance de masa realizado que indica que este cuerpo receptor se puede recuperar a mediano plazo, dando cumplimiento y seguimiento a las actividades del plan de acción.

## 10. Recomendaciones

Para el reactor de la PTAR se recomienda rosetones de polipropileno como medio de soporte, el cual permite la formación y adhesión de biopelícula a su superficie. Al igual que un plan de manejo ambiental de la planta para el control de los olores generados del sistema.

### Referencias bibliográficas

Departamento de Ingeniería Química - FI - UNSJ. *Introducción a la ingeniería: balance de masa.*

Recuperado el 21 de marzo de 2020, de

<http://www.fi.unsj.edu.ar/asignaturas/introing/BalanceDeMasa.pdf>.

ECURED. *Tratamiento de aguas residuales.* Recuperado el 20 de marzo de 2020, de

[https://www.ecured.cu/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales](https://www.ecured.cu/Tratamiento_de_aguas_residuales).

Grupo EPM. *Glosario.* Recuperado el 21 de marzo de 2020, de [https://www.grupo-](https://www.grupo-epm.com/site/aguasnacionales/nuestra-gestion/glosario)

[epm.com/site/aguasnacionales/nuestra-gestion/glosario](https://www.grupo-epm.com/site/aguasnacionales/nuestra-gestion/glosario)

Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S. (2019). *Diagnostico general del catastro de usuarios del sector rural del Municipio de Floridablanca, Santander.* Bucaramanga.

Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S. (2019). *Informe de caracterización, de vertimiento de aguas residuales domesticas la hormiga-Floridablanca y fuente receptora de agua natural superficial antes y después del vertimiento.* Bucaramanga.

Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S. (2019). *Memoria de cálculos de diseño construcción planta de tratamiento de aguas residuales, sector la hormiga, vereda rio frio, del municipio de Floridablanca, Santander.* Bucaramanga.

Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S. (2019). *Memoria de cálculos mejoramiento y adecuación del acueducto veredal Corpoaguas, Sector Aguablanca parte baja, Vereda Aguablanca, del Municipio de Floridablanca Santander.* Bucaramanga.

Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S. (2019). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Sector Rural del Municipio de Floridablanca.* Bucaramanga

Ingeniería Mantenimiento y medio ambiente S.A.S. (2020). *Información general de IMMA S.A.S.*

Recuperado de <https://imma.com.co/>

López Cualla, R. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá:

Escuela Colombiana de Ingeniería.

Metcalf & Eddy, Inc. (2003). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*.

(4 ed., Vol. 2). Nueva York, Estados Unidos: Mc Graw Hill, pág. 521.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Guía Metodológica para la*

*Formulación de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV*. Bogotá, D.C.,

pág. 39.

Ministerio de Ambiente. (2015). *Minambiente presenta nueva norma de vertimientos que*

*permitirá mejorar la calidad de agua del país*. Recuperado el 20 marzo de 2020, de

[http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-](http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais)

[norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais](http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua*

*Potable y Saneamiento Básico - RAS, Título E "Tratamiento de Aguas Residuales"*. Bogotá,

D.C., pág. 5, 7, 28, 50, 77.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua*

*Potable y Saneamiento Básico - RAS, Título A "Aspectos Generales de los Sistemas de Agua*

*Potable y Saneamiento Básico"* Bogotá, D.C., pág. 90-93.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua*

*Potable y Saneamiento Básico - RAS, Título B, Sistema de Acueducto*. Bogotá.

Reklaitis G.V. (1986). *Balances de Materia y Energía*. México, D.F: Interamericana S.A. de C.V.

Resolución N° 0330. *Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.* Bogotá, Colombia, 08 de Junio de 2017, pág. 34, 104, 129, 173, 177.

Resolución N° 1433. *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,* Bogotá, Colombia, 13 de diciembre de 2004, pág. 1.

Suárez I. *Balance de masa para la determinación de contaminación por cianuro y mercurio en la cuenca del río Suratá* [Tesis Pregrado]. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2010. Pág. 9.