

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO DE SAN  
AGUSTÍN BOLÍVAR**

**ZAIRA INES MONTOYA GUZMÁN**

**CESAR ANDRES SANZ SANCHEZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR**

**2019**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO DE SAN  
AGUSTÍN BOLÍVAR**

**ZAIRA INES MONTOYA GUZMÁN  
CESAR ANDRES SANZ SANCHEZ**

**Proyecto de grado para optar al título de ingeniero ambiental y sanitario**

**DIRECTORA:**

**ING. KARINA TORRES CERVERA**

**ASESOR:**

**ING. JOSÉ MAURICIO PÉREZ ROYERO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**VALLEDUPAR**

**2019**

## **AGRADECIMIENTOS**

En la vida existen momentos de esfuerzo, dedicación, sacrificio, empuje y perseverancia que usted y yo hemos realizado para sacar adelante nuestras metas, logros o triunfos, que parecen casi imposibles hoy si miramos al pasado, pero ya fueron alcanzados con la energía que nos transmiten los demás, nuestro entorno y por supuesto el guerrero que siempre coloca su escudo para protegernos “JESUCRISTO NUESTRO SEÑOR”, a él en especial doy gracias siempre, por su mano para levantarme cuando me caí, por su energía cuando tenía que saltar o correr , por la sabiduría que me transmitió para hablar o decir, y por mas donde me ha dado vitalidad para abrir caminos en una vida académica exitosa.

A mis padres Luis Montoya Zapata y Ledys Guzman De Oro y mi hermana Vivian Montoya Guzman quienes han sido el gran motor para poder culminar mi carrera profesional de la mejor forma a pesar de las dificultades, a mis tios quienes que apoyaron en todo momento, y a mi familia en general que de alguna forma colaboraron en este largo camino de estudio, esfuerzo, tristezas, alegrías, desiluciones, trasnochos... a ellos gracias por hacer parte de este sueño.

Agradecerle a la Ingeniera Lorena Sierra Cuello, al Ingeniero Yesith Aroca Zuleta y al Ingeniero Jose Mauricio Perez Royero, por su paciencia, tiempo, ayuda, dedicación y direccionamiento que hicieron posible la realización de este proyecto.

A mi compañero de proyecto, Cesar quien fue un apoyo para finalizar nuestra tesis, Al señor Jaime Sanchez funcionario del acueducto y al Doctor Benito Acosta Vergara Ex Alcalde de San Juan Nep., a mis amigos y compañeros de carrera con quienes compartí muchas horas de estudio y principalmente a mi amiga Yuli Tapia quien en estos últimos meses fue un gran apoyo y motivo para culminar esta ultima etapa de mi carrera.

Y a mis profesores, que compartieron sus conocimientos para convertirme en una profesional.

A todos, muchas gracias.

ZAIRA INES MONTOYA GUZMAN

## **AGRADECIMIENTOS**

En la vida existen momentos de esfuerzo, dedicación, sacrificio, empuje y perseverancia que usted y yo hemos realizado para sacar adelante nuestras metas, logros o triunfos, que parecen casi imposibles hoy si miramos al pasado, pero ya fueron alcanzados con la energía que nos transmiten los demás, nuestro entorno y por supuesto el guerrero que siempre coloca su escudo para protegernos “JESUCRISTO NUESTRO SEÑOR”, a él en especial doy gracias siempre, por su mano para levantarme cuando me caí, por su energía cuando tenía que saltar o correr , por la sabiduría que me transmitió para hablar o decir, y por mas donde me ha dado vitalidad para abrir caminos en una vida académica exitosa.

Quiero agradecer a mi madre Daira Sanchez Carrillo por la excelente educación brindada durante toda mi vida; a mi hermano Livan De Jesus Bayuelo Sanchez y a mi tia Maria Del Cristo Sanchez Carrillo que fue un apoyo muy importante a lo largo de toda mi carrera.

Agradecerle a la Ingeniera Lorena Sierra Cuello, al Ingeniero Yesith Aroca Zuleta , por su paciencia, tiempo, ayuda, dedicación y direccionamiento que hicieron posible la realización de este proyecto.

A mi compañera de proyecto, Zaira quien fue un apoyo para finalizar nuestra tesis, a mis amigos y compañeros de carrera con quienes comparti muchas horas de estudio. A mí querida Universidad Popular del Cesar y a todos mis maestros por capacitarme en la realización de mis sueños

A todos, muchas gracias.

**CESAR ANDRÉS SANZ SANCHEZ**

## **DEDICATORIAS**

Este proyecto va dedicado a Dios porque siempre estuvo acompañándome, a mi papa LUIS MONTOYA ZAPATA, a mi mama LEDYS GUZMAN DE ORO, a mi hermana VIVIAN MONTOYA GUZMAN (a quien le hice esta promesa), a mis sobrinos KEYLOR ARIAS MONTOYA Y SAMANTHA ARIAS MONTOYA, mi tia SMIR AGUDELO CRIADO, a mi tio FABIAN MONTOYA ZAPATA y a mi amiga YULIBETH TAPIA MENDOZA y su familia.

ZAIRA INES MONTOYA GUZMAN

Este proyecto va dedicado a Dios porque me dio la fuerza y siempre a estado conmigo a lo largo de mi vida a mi mama DAIRA SANCHEZ CARRILLO a mi hermano Ivan de JESUS BAYUELO SANCHEZ a BLADIMIR BAYUELO a mi tias MARIA DEL CRISTO y LUZ MARINA SANCHEZ CARRILLO a mi prima KELLY SALAZAR a mis amigos y demás familiares.

CESAR ANDRÉS SANZ SANCHEZ

## TABLA DE CONTENIDO

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| INTRODUCCION.....                           | 12 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....          | 15 |
| 2. JUSTIFICACIÓN.....                       | 16 |
| 3. OBJETIVOS.....                           | 17 |
| 3.1. OBJETIVO GENERAL .....                 | 17 |
| 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....            | 17 |
| 4. MARCO REFERENCIAL .....                  | 18 |
| 4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION. .... | 18 |
| 4.2. MARCO TEÓRICO .....                    | 20 |
| 4.2.1. Población de diseño.....             | 20 |
| 4.2.1.1. Censos.....                        | 20 |
| 4.2.2. Caudales de diseño. ....             | 23 |
| 4.2.3. Hidráulica de tuberías .....         | 24 |
| 4.2.4. EPANET, USEPA (EUA) .....            | 26 |
| 4.3. MARCO CONCEPTUAL .....                 | 27 |
| 4.4. MARCO LEGAL .....                      | 38 |
| 4.5. MARCO CONTEXTUAL .....                 | 41 |
| 5. METODOLOGÍA .....                        | 42 |
| 5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:.....            | 42 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2. POBLACIÓN.....                                                                                           | 43 |
| 5.3. DESAROLLO METODOLOGICO.....                                                                              | 43 |
| 5.3.1. Fase 1: descripción detallada de la zona de estudio.....                                               | 43 |
| 5.3.2. Fase 2: Estudio de demanda.....                                                                        | 43 |
| 5.3.3. Fase 3: análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la<br>fuente de abastecimiento..... | 44 |
| 5.3.4. Fase 4: Diseño de la red de distribución. ....                                                         | 46 |
| 6. RESULTADOS .....                                                                                           | 47 |
| 6.1. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO .....                                                                  | 47 |
| 6.1.1. Reseña histórica de San Juan Nepomuceno. ....                                                          | 47 |
| 6.1.2. Localización Geográfica.....                                                                           | 47 |
| 6.1.3. Climatología .....                                                                                     | 48 |
| 6.1.4. Precipitaciones .....                                                                                  | 48 |
| 6.1.5. Topografía y Geología.....                                                                             | 49 |
| 6.1.6. Hidrografía.....                                                                                       | 50 |
| 6.2. ESTUDIO DE DEMANDA .....                                                                                 | 50 |
| 6.2.1. Proyección de la población.....                                                                        | 50 |
| 6.2.2. Cálculo de caudales de diseño .....                                                                    | 52 |
| 6.2.3. Caudales de diseño para cada componente del sistema de<br>acueducto. ....                              | 55 |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3. ANALISIS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS. ....  | 56 |
| 6.4 .DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO. ..         | 58 |
| 6.4.1. Aspectos Generales del Sistema.....                          | 58 |
| 6.4.2. Fuente de Abastecimiento Acueducto San Juan Nepomuceno ..... | 58 |
| 6.4.3 Descripción Del Sistema De Bombeo De Captación. ....          | 59 |
| 6.4.5 Sistema Eléctrico. ....                                       | 60 |
| 6.6 CAPTACIÓN. ....                                                 | 61 |
| 6.6.1 Consideraciones Operacionales.....                            | 62 |
| 6.7. ADUCCIÓN.....                                                  | 64 |
| 6.8. Planta de tratamiento.....                                     | 64 |
| 6.8.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO. ....                                | 69 |
| 6.9. DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION.....                           | 71 |
| i. Sector correspondiente al corregimiento.....                     | 73 |
| ii. Caudal Máximo Horario. ....                                     | 73 |
| CONCLUSIONES .....                                                  | 85 |
| RECOMENDACIONES.....                                                | 87 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                   | 88 |
| ANEXOS .....                                                        | 90 |



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Métodos de cálculo. ....                                         | 16 |
| <b>Figura 2.</b> Caudales de diseño. ....                                         | 18 |
| <b>Figura 3.</b> Ecuación de Darcy – Weisbach (1845) .....                        | 19 |
| <b>Figura 4.</b> Ecuación de Colebrook-White.....                                 | 19 |
| <b>Figura 5.</b> Imagen satelital del corregimiento de San Agustín. ....          | 35 |
| <b>Figura 6.</b> Cartografía del corregimiento de San Agustín. ....               | 35 |
| <b>Figura 7.</b> Barcazas del acueducto .....                                     | 52 |
| <b>Figura 8.</b> Motor bombas de captacion .....                                  | 52 |
| <b>Figura 9.</b> Subestacion electrica de la estacion de bombeo n 1. ....         | 53 |
| <b>Figura 10.</b> Caudales promedios del bajo magdalena.....                      | 57 |
| <b>figura 11.</b> esquema de la planta de tratamiento.....                        | 58 |
| <b>figura 12.</b> Áreas aferentes a cada nodo.....                                | 67 |
| <b>figura13.</b> resultados de presión y caudal de la red de distribución.....    | 72 |
| <b>figura14</b> resultados de presión y diámetro en la red de distribución.....   | 73 |
| <b>figura 15</b> resultados de presión y velocidad en la red de distribución..... | 74 |

## LISTADO DE TABLAS

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Métodos de cálculo permitidos según el Nivel de Complejidad.....                         | 18 |
| <b>Tabla 2.</b> Normatividad ambiental vigente aplicable al proyecto. ....                               | 34 |
| <b>Tabla 3.</b> Métodos de análisis para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados. .... | 41 |
| <b>Tabla 4.</b> Censo poblacional del corregimiento San Agustín.....                                     | 47 |

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 5.</b> Dotación neta máxima.....                                                                                 | 48  |
| <b>Tabla 6.</b> Caudales de diseño para cada componente del sistema de acueducto..                                        | 51  |
| <b>Tabla 7.</b> Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos respecto a la normatividad ambiental vigente..... | 53  |
| <b>Tabla 8.</b> Condiciones óptimas de operación del sistema de acueducto.....                                            | 58  |
| <b>Tabla 9.</b> Parámetros de Diseño de la red de Distribución.....                                                       | 67  |
| <b>Tabla 10.</b> Opciones para la simulación hidráulica.....                                                              | 68. |
| <b>Tabla 11.</b> Cálculo del caudal máximo diario, medio, horario y de diseño por nudo.....                               | 70. |
| <b>Tabla 12.</b> Estados de los tramos de la red de distribución.....                                                     | 72  |
| <b>Tabla 13.</b> Estados de nudos de la red de distribución.....                                                          | 78. |

## LISTA DE GRAFICOS

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gráfico 1.</b> Resultados de la Simulación de la Red de Distribución. .... | 84 |
| <b>Gráfico 2.</b> Resultados de la Simulación de la Red de Distribución. .... | 84 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1.</b> Proyecciones para la población del corregimiento implementando el método aritmético. .... | 90 |
| <b>Anexo 2.</b> Proyecciones para la población del corregimiento implementando el método geométrico. .... | 91 |

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 3.</b> Proyecciones para la población del corregimiento implementando el método exponencial.....                  | 92 |
| <b>Anexo 4.</b> Resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a la fuente de abastecimiento. .... | 94 |
| <b>Anexo 5.</b> Resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a la fuente de abastecimiento. .... | 95 |

## INTRODUCCION

El servicio publico de abastecimiento de agua potable constituye un elemento esencial para el bienestar, la calidad de vida y el desarrollo de las colectividades humanas. Las ciudades, pueblos, corregimientos y veredas, necesitan el agua como elemento imprescindible para su progreso. Su distribución domiciliaria mediante procesos complejos de captación, tratamiento, almacenamiento, transporte continuo de su calidad, constituye hoy en día para todas las poblaciones un suceso imprevisto y rutinario.

La constitución política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad de Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que esta el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana.

En el sector de agua potable y saneamiento básico se han logrado avances significativos en términos de cobertura en los grandes centros urbanos. Sin embargo, los gobernantes y entes responsables no ha respondido a cabalidad con las expectativas de amplios sectores de la sociedad. Quedan enormes desafíos por superar, principalmente en las poblaciones intermedias y menores, y en las áreas rurales: las coberturas son bajas y los usuarios enfrentan permanentes racionamientos.

El sector rural del Departamento de Bolívar, se encuentra en una situación deficiente especialmente en cuanto a las condiciones sanitarias que requieren para preservar la salud de sus habitantes. Las enfermedades diarreicas que afectan a los pobladores y principalmente a los niños empeoran cada día mas la situación de sus habitantes, impidiendo el normal desarrollo de sus habitantes y por ende su subsistencia.

## **RESUMEN**

En el presente documento se llevó a cabo el diseño de acueducto para el corregimiento de San Agustín, Bolívar. Para el desarrollo del proyecto se realizó una base de datos para el almacenamiento de la información recolectada del área de influencia, teniendo en cuenta los datos presentados por la Empresa Prestadora del Servicio de acueducto y la información suministrada por la alcaldía municipal; posteriormente se estudió la demanda poblacional para determinar los caudales de diseño para el desarrollo del acueducto. Se realizaron análisis de laboratorio para determinar las condiciones físicas, químicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento, asimismo comparar estos resultados con respecto a la Resolución 2115 de 2007. Seguidamente, se llevó a cabo la revisión de la capacidad instalada en cada uno de los componentes del acueducto, de acuerdo a la demanda requerida por el municipio, haciendo uso de la herramienta EPANET para el diseño de las redes de distribución. Los lineamientos establecidos en el presente documento se realizaron con base en la Resolución 0330 de 2017.

## **ABSTRACT**

In this document, the aqueduct design for the San Agustín, Bolívar was carried out. For the development of the project, a database was created for the storage of the information collected from the area of influence, taking into account the data presented by the Aqueduct Service Provider Company and the information provided by the municipal mayor's office; the population demand was subsequently studied to determine the design flows for the development of the aqueduct. Laboratory analyzes were carried out to determine the physical, chemical and microbiological conditions of the source of supply, and also to compare these results with respect to Resolution 2115 of 2007. Next, the review of the installed capacity in each of the components of the aqueduct, according to the demand required by the municipality, making use of the EPANET tool for the design of distribution networks. The guidelines established in this document were made based on Resolution 0330 of 2017 .

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Colombia, muchos municipios no cuentan con la debida cobertura de sistemas de acueducto, lo que representa una evidente problemática en cuanto a la calidad de vida de la población afectada. Teniendo en cuenta informes realizados y análisis de los planes de desarrollo el 56% de los municipios incluyen la cobertura urbana de acueducto, mientras que el 44% restante no lo hace.

Una de las localidades afectadas por esta situación es el corregimiento de san Agustín, ubicado en el municipio de San Juan Nepomuceno (Bolívar), en el cual el acueducto no funciona adecuadamente, por lo que algunos de sus habitantes optan por la compra de agua y aquellos que no cuentan con una buena situación económica recurren a los pozos artesanales, y hasta el mismo Rio Magdalena, en el cual solo hierven el agua para consumirla; esto expone a sus pobladores a enfermedades de diferentes tipos transmitidas por el agua, ya que esta no presenta las condiciones químicas y microbiológicas para ser consumida.

Este problema no solo radica en la calidad del agua, también es importante que las personas tengan acceso a una cantidad mínima de agua potable al día. En promedio una persona debe ingerir entre 1,5 y 2 litros de líquido dependiendo del peso, de lo contrario podrían presentar o sufrir problemas de salud, por eso es importante que el servicio de acueducto sea continuo y con una adecuada cobertura, para así llegar a cumplir la normatividad vigente.

En base a todo lo anterior surge la siguiente pregunta problema: ¿se puede lograr la optimización y diseño de un sistema de acueducto para el corregimiento de san Agustín?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El suministro del agua potable en muchas poblaciones del país, principalmente en zonas rurales como corregimientos, veredas y caseríos, ha sido y es uno de los desafíos más grande que enfrentan los gobernantes y entes responsables, debido a la falta de gestión y recursos económicos. El proyecto surge por la gran necesidad que se ha vivido desde hace muchos años en el corregimiento de San Agustín, municipio de San Juan Nepomuceno (Bolívar), con la problemática en cuanto al suministro de agua potable. En este proyecto se trabajará para mejorar el nivel de la calidad de vida en una población que no cuenta con un recurso vital como lo es el agua potable.

Teniendo en cuenta la problemática ya expuesta y conociendo que el suministro de agua es indispensable para la comunidad y su nivel de calidad de vida, se plantea el siguiente proyecto. Lo que garantizara un modelo de diseño aplicable, con el fin de que las entidades gubernamentales se apropien del mismo, para darle una respectiva puesta en marcha.

En este proyecto se realizará una base de datos sobre el área de influencia, con estudios topográficos, de suelos, calidad de agua, de población, teniendo en cuenta información de las entidades gubernamentales del corregimiento, además de visitas de campo para obtener estos datos; todo esto con el fin de llevar a cabo, la estimación de los caudales de diseño y la demanda poblacional, para luego llevar a cabo la optimización y diseño de los componentes del acueducto.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y optimizar el sistema de acueducto del corregimiento de San Agustín (Bolívar).

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar una base de datos sobre información general concerniente al proyecto en el área de influencia.
- Estudiar la demanda poblacional y estimar los caudales de diseño para el área de influencia.
- Determinar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento.
- Revisar la capacidad instalada de cada uno de los componentes del acueducto y su ajuste de acuerdo con la demanda requerida al horizonte del proyecto.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

### **4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.**

**Castillo Gonzales Nidia Victoria, 2004. Evaluación de la planta de tratamiento de agua potable del municipio Valle de San Juan Tolima.** La cual basó su metodología en la recopilación de información preliminar otorgada por el municipio y otra extraída en campo basada en muestreo para determinar la calidad del agua y por medio de una serie de inspecciones a la infraestructura actual para determinar fallas o cualquier tipo de anomalía. Como resultado de los estudios preliminares se pudo conocer que existen grandes pérdidas de agua en la conducción, lo cual hace que se reduzca considerablemente el caudal de entrada a la planta, además existen problemas de fuga en las redes de distribución y el sistema de filtros no cumple con los objetivos de tratabilidad del agua deseados en el proceso. Por consiguiente, la autora recomienda emplear el proceso de filtración en múltiples etapas debido a que el municipio en cuestión posee las características indicadas para este proceso.

**Saavedra Bolívar Jerson Hernán, 2005. Diagnóstico y optimización de la planta de tratamiento de agua potable, municipio de Puente Nacional.** En dicho trabajo se elaboró el diagnóstico de la planta partiendo desde sus generalidades, características de la fuente de abastecimiento, del acueducto y todas las unidades que conforman el sistema. Con este análisis se logró resaltar las falencias y el estado de funcionamiento de cada una de las unidades de tratamiento y de los equipos utilizados para el normal proceso de la planta. Con el diagnóstico terminado el autor postuló unas recomendaciones con el fin de que se pongan en práctica para hacer la operación de la planta un poco más técnica y con controles definidos que permitan siempre mejorar la calidad del agua producida y reducir los costos de producción. Por tales motivos la optimización de

la planta mejorará de manera significativa la eficiencia de las distintas operaciones unitarias que conllevan a un mejor servicio y menores costos de operación.

**Benavides Garzón David Leonardo, Castro Molano Mildred Yohana, Vizcaíno Cagüño Hernán Mauricio, (2006). Optimización del acueducto por gravedad del municipio de Timana (Huila).** Basados en el diagnóstico de las estructuras existentes del sistema de acueducto, así como de las características topográficas de la zona, se decidió diseñar nuevos componentes, ya que la vida útil de todo el sistema había finalizado y sus diseños no se ajustaban a los parámetros requeridos por la optimización. Los nuevos diseños del sistema de abastecimiento cumplen normatividades y parámetros que se contemplan para este tipo de proyectos.

**Cruz Murcia Diana Carolina, (2008). Estudio de la planta de tratamiento de agua potable del centro vacacional Lago Sol.** En el cual describió el sistema y el estado actual de los equipos que conforman el mismo. Esta optimización tuvo como resultado el descubrimiento de falencias en la medición del caudal que entra a las instalaciones del tratamiento, falencias en el proceso de mezcla rápida y floculación y la falta de medición del flujo que sale de los filtros. Diana Cruz también dio algunas recomendaciones encaminadas en primer lugar a suplir la falta de estructuras de medición de flujo y en segundo lugar a mejorar la operatividad de las instalaciones actuales.

**Mejía Acosta Álvaro Rafael, Pedrozo Bissmarck Alfonso (2014). Diseño de la optimización del sistema de acueducto en la cabecera del corregimiento de San José de Oriente y la vereda Betania en el municipio de la Paz - Cesar.** Los cuales partieron de un estudio descriptivo y explicativo por el cual se diagnosticó, identificó y diseñó el sistema de acueducto antes mencionado. Este diseño tuvo como recomendación que la dosificación de coagulante y desinfectante debería de realizarse en todas las épocas del año, realizar la limpieza respectiva del desarenador, planta y tanque por un tiempo no menos a 2

meses. Con el fin de mejorar la calidad del servicio de agua potable suministrada a esa población.

## **4.2. MARCO TEÓRICO**

### **4.2.1. Población de diseño.**

Para efectuar la elaboración de un proyecto de abastecimiento de agua potable es necesario determinar la población futura de la localidad, así como de la clasificación de su nivel socioeconómico dividido en tres tipos: Popular, Media y Residencial. Igualmente se debe distinguir si son zonas comerciales o industriales, sobre todo, al final del periodo económico de la obra. (Rodríguez, 2010).

Los requisitos necesarios para iniciar un estudio y elaboración de un proyecto de agua potable rural en las localidades rurales concentradas es que exista en éstas una población entre 150 y 3000 habitantes, y además que en un kilómetro de calle o camino tenga una concentración no menor a 15 viviendas. Luego, entre las consideraciones más relevantes que se pueden mencionar como criterio de elegibilidad para la construcción de un sistema de agua potable rural, primero y esencial para llevar a cabo el proyecto, es que la población mantenga una residencia permanente en la localidad, segundo, como determinante para la rentabilidad del proyecto es la capacidad económica de la población, es decir, que los gastos de explotación del servicio puedan ser asumidos por los usuarios del sistema, otro punto a considerar son los índices de enfermedades a raíz del consumo de agua contaminada, y por último, la rentabilidad del proyecto tomando como parámetro que la tasa interna de retorno sea superior al 12%, siendo éste decisivo al momento de habilitar el proyecto. (González & Parada, 2008).

#### **4.2.1.1. Censos.**

RAS (2012) establece que deben recolectarse los datos demográficos de la población, en especial los censos de población del DANE y los censos disponibles de suscriptores de acueducto y otros servicios públicos de la localidad o

localidades similares. Con base en los datos anteriores deben obtenerse los parámetros que determinen el crecimiento de la población.

#### 4.2.1.2. Densidades actuales y futuras

Teniendo en cuenta la identificación de las zonas actuales de la población y las zonas de expansión futuras, la densidad actual y la densidad proyectada deben hallarse con base en la población actual y futura de las zonas con el objeto de verificar la expansión real del sistema de acueducto. Debe tenerse en cuenta la distribución espacial de la población, identificando los diferentes usos de la tierra, tipos de consumidores y la distribución espacial de la demanda. (RAS, 2012 TITULO B).

#### Métodos de cálculo.

De acuerdo con el (RAS 2012 TITULO B) El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Métodos de cálculo permitidos según el Nivel de Complejidad

| <b>Método por emplear</b>                   | <b>Nivel de Complejidad del Sistema</b> |              |                   |             |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------|-------------------|-------------|
|                                             | <b>Bajo</b>                             | <b>Medio</b> | <b>Medio alto</b> | <b>Alto</b> |
| Aritmético, geométrico y exponencial        | X                                       | X            |                   |             |
| Aritmético+ Geométrico+ exponencial + otros |                                         |              | X                 | X           |
| Por componentes (demográficos)              |                                         |              | X                 | X           |
| Detallar por zonas y detallar densidades    |                                         |              | X                 | x           |

**Fuente:** RAS (2012)

Se calculará la población utilizando por lo menos los siguientes modelos matemáticos: Aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población. Los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población migratoria. En caso de falta de datos se recomienda la revisión de los datos de la proyección con los disponibles en poblaciones cercanas que tengan un comportamiento similar al de la población en estudio. (RAS, 2012 TITULO B).

|                              |                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>El Método Aritmético</i>  | $P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} x (T_f - T_{uc})$                                                                                                          |
| <i>El Método Geométrico</i>  | $P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$ <p>Tasa de crecimiento anual</p> $r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$                                |
| <i>El Método exponencial</i> | $P_f = P_{ci} * e^{k * (T_f - T_{ci})}$ <p>Tasa de crecimiento de la población</p> $k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$                                           |
| <i>Método estadístico</i>    | <p>Línea recta: <math>y = a + bx</math></p> <p>Exponencial: <math>y = ae^{bx}</math></p> <p>Logarítmica: <math>y = a + b \ln(x)</math></p> <p>Potencial: <math>y = ax^b</math></p> |

**Figura 1.** Métodos de cálculo.

**Fuente:** RAS 2012.

- **Método Aritmético.** Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración.
- **Método Geométrico.** Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen

importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.

- **El Método exponencial.** La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población.
- **Método estadístico.** Se utilizan expresiones matemáticas teniendo en cuenta los valores históricos.
- **El Método Gráfico.** Se utiliza principalmente cuando la información censal es insuficiente o poco confiable, lo cual hace que las proyecciones geométricas y exponenciales arrojen resultados que no corresponden con la realidad.

#### 4.2.2. Caudales de diseño.

|                       |                                            |
|-----------------------|--------------------------------------------|
| Caudal medio diario   | $Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400}$ |
| Caudal máximo diario  | $QMD = Q_{md} \cdot k_1$                   |
| Caudal máximo horario | $QMH = QMD \cdot k_2$                      |

**Figura 2.** Caudales de diseño.

Fuente: RAS 2012

- **caudal medio diario.** El caudal medio diario,  $Q_{md}$  es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada” (RAS, 2012).
- **Caudal máximo diario.** “El caudal máximo diario,  $QMD$ , corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año” (RAS, 2012).

- **Caudal máximo horario.** “El caudal máximo horario, *QMH* corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio” (RAS, 2012).

#### 4.2.3. Hidráulica de tuberías

La hidráulica es la parte de las Mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de fluidos con aplicación a los problemas de naturaleza práctica (conducciones, abastecimientos, riegos, saneamientos, etc.). Partiendo de la Mecánica racional, deduce, auxiliada por la experiencia, las fórmulas que permiten resolver los problemas de índole práctico con que a diario se encuentra el técnico. Se estudian los líquidos como si fueran fluidos perfectos (homogéneos, no viscosos e incompresibles) y se les aplica las leyes de la Mecánica, corrigiendo las fórmulas con coeficientes determinados empíricamente para que se ajusten a la realidad. Por lo tanto, la hidráulica es una ciencia aplicada y semiempírica. La parte de la hidráulica que estudia las condiciones de equilibrio de los fluidos se llama Hidrostática o estática de fluidos, mientras que la hidrodinámica se ocupa del movimiento de los mismos.

**Ecuación de Darcy – Weisbach (1845).** Es la ecuación de resistencia fluida más general para el caso de tuberías circulares fluyendo a presión, permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción, la cual resulta de aplicar las leyes físicas de Newton al fluido en movimiento. (Rocha, 1978).



$$h_f = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 1.Darcy – Weisbach

**Figura 3.** Ecuación de Darcy – Weisbach (1845)

**Fuente:** RAS 2012

**Ecuación de Colebrook-White.** Es una fórmula usada en hidráulica para el cálculo del factor de fricción de Darcy también conocido como coeficiente de rozamiento. (Rocha, A.1978).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left\{ \left[ \frac{\frac{k}{D}}{3,71} \right] + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right\}$$

Ecuación 2.Colebrook-White

**Figura 4.**Ecuación de Colebrook-White

**Fuente:** RAS 2012

**Método del Gradiente (1987).** (Carvajal, Espinoza & García, 2011) afirman que en este método se combinan las ecuaciones individuales de energía para cada tubo con las ecuaciones individuales demás a para cada unión, con el fin de obtener una solución simultánea tanto de los caudales en las tuberías como de las alturas piezométricas en los nodos.

En este método las ecuaciones de energía son linealizadas utilizando una expansión en series de Taylor y se resuelven utilizando un esquema imaginativo que se basa en la inversión de la matriz de coeficientes originales (Carvajal, Espinoza & García, 2011). Hasta el momento, el método del gradiente es el más completo y el que presenta mayor eficiencia con respecto a los otros métodos de cálculo de redes de distribución.

#### **4.2.4. EPANET, USEPA (EUA)**

Según Alfonso (2002) EPANET es una aplicación que realiza simulaciones en periodo extendido (o cuasi estático) del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes y tuberías a presión; permitiendo seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, la presión en los nudos de demanda, el nivel del agua en los depósitos y la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite determinar el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación.

En EPANET se coordina la modelación del comportamiento hidráulico de la red y la calidad del agua, el programa se ha concebido para obtener simultáneamente la solución de ambos problemas. Sin embargo, como alternativa, puede también calcular solamente la parte hidráulica y almacenar los resultados en un fichero, o utilizar un fichero hidráulico previamente almacenado para llevar a cabo una simulación de la calidad del agua.

EPANET ha sido desarrollado por la Agencia de protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA por sus siglas en inglés), y es utilizado por diversas compañías del sector del agua como programa de cómputo para la simulación y modelo de redes hidráulicas. Entre sus principales ventajas está un módulo de cálculo confiable y facilidades para simular elementos de la red como son válvulas, bombas, tanques, etc. permitiendo que estos elementos trabajen

siguiendo normas fijadas por el usuario y vinculadas al comportamiento de la red en cada momento, como puede ser el ejemplo de bombas que arrancan y paran de acuerdo con el nivel en un tanque, o válvulas que operan a horas predeterminadas. Por otra parte, permite trabajar con el sistema de unidades internacionales o inglesas, además, está diseñado para utilizar cualquiera de las tres principales ecuaciones de cálculo Hazen-Williams, Darcy-Weisbach y Chezy-Manning para tubería llena.

#### **4.3. MARCO CONCEPTUAL**

El presente marco conceptual se encuentra fundamentado en el documento Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2012

**Acometida:** Derivación de la red local del servicio de acueducto que llega hasta el registro de corte de un inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

**Aducción:** Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión. Agua cruda: es el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización.

**Almacenamiento:** Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

**Altimetría:** Es la parte de la topografía que estudia y determina las diferencias de nivel y las formas (morfología) del terreno.

**Altura de presión:** Presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua. Es obtenida como la razón entre la magnitud de la presión y el peso específico del agua.

**Altura de velocidad:** Altura teórica a la que una partícula líquida puede elevarse debido a su energía cinética.

**Altura dinámica total:** Energía suministrada por una bomba a un flujo en tuberías, expresada en términos de altura piezométrica, obtenida como la suma de la altura estática en la succión, de las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores en la succión y en la impulsión, y de la presión requerida al final de la línea de impulsión.

**Altura estática:** Diferencia en altura entre dos puntos que están conectados y que hacen parte de un sistema de acueducto.

**Altura piezométrica:** Altura a la que se elevaría el agua en un tubo piezométrico colocado en un punto de una conducción.

**Altura piezométrica de presión:** Presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua, obtenida como la razón entre la magnitud de la presión y el peso específico del agua.

**Altura piezométrica dinámica total:** Véase Altura dinámica total.

**Base de datos:** Conjunto de información que se almacena bajo esquemas particulares para su posterior consulta y análisis.

**Bocatoma:** Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.

**Caída libre:** Se presenta cuando el flujo de agua sufre una discontinuidad en el fondo en un canal plano.

**Calidad de agua:** Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

**Canal:** Conducto descubierto que transporta agua a flujo libre.

**Capacidad buffer:** Capacidad de una sustancia para amortiguar las variaciones de pH.

**Capacidad hidráulica:** Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

**Captación:** Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

**Caudal:** Cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Caudal de diseño: Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

**Caudal de incendio:** Parte del caudal en una red de distribución destinado a combatir los incendios.

**Caudal específico de distribución:** Caudal de distribución medio que se presenta o se estima en un área específica definido en términos de caudal por unidad de área o caudal por unidad de longitud de tubería de distribución instalada o proyectada en el área de diseño.

**Caudal instantáneo:** Caudal en tiempo real suministrado por una bomba.

**Caudal máximo diario:** Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

**Caudal máximo horario:** Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

**Caudal medio diario:** Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

**Coeficiente de consumo máximo diario:** Relación entre el consumo máximo diario y el consumo medio diario.

**Coeficiente de consumo máximo horario con relación al máximo diario:** Relación entre el consumo máximo horario y el consumo máximo diario.

**Coeficiente de consumo máximo horario:** Relación entre el consumo máximo horario y el consumo medio diario.

**Coeficiente de fricción:** Coeficiente que representa el efecto de la fricción entre el flujo y la pared del canal o ducto, que depende de la rugosidad relativa de la tubería o canal y el número de Reynolds.

**Coeficiente de pérdida menor:** Medida de las pérdidas de energía que se producen por el paso del flujo en un accesorio o estructura, y que es factor de la altura piezométrica de velocidad.

**Coeficiente de rugosidad:** Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

**Conducción:** Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

**Cuenca hidrográfica:** Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

**Demanda unitaria o demanda per cápita:** Caudal demandado por habitante.

**Densidad:** Masa por unidad de volumen de un fluido

**Densidad poblacional:** Número de personas que habitan dentro de un área bruta o neta determinada.

**Desarenador:** Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica.

**Diámetro interno real:** Diámetro interno de una tubería determinado con elementos apropiados.

**Diámetro nominal:** Es una denominación comercial con la cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, a pesar de que algunas veces su valor no coincida con el diámetro real interno.

**Dotación:** Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en una unidad de tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

**Drenaje:** Estructura destinada a la evacuación de aguas subterráneas o superficiales para evitar daños a las estructuras, los terrenos o las excavaciones.

**Ecuación de la bomba:** Ecuación que representa el comportamiento hidráulico de una bomba y que relaciona el caudal bombeado con la altura de presión.

**Ecuación del sistema:** Ecuación que relaciona las pérdidas por fricción, las pérdidas menores, la altura topográfica y la altura dinámica total entre dos puntos conectados por un sistema de bomba y tubería.

**Flujo a presión:** Aquel transporte en el cual el agua ocupa todo el interior del conducto, quedando sometida a una presión superior a la atmosférica.

**Flujo crítico:** Estado de flujo en el cual la energía específica es la mínima para un caudal determinado.

**Flujo gradualmente variado:** Flujo permanente cuya profundidad varía de manera gradual a lo largo de la longitud del canal.

**Flujo libre:** Aquel transporte en el cual el agua presenta una superficie libre donde la presión es igual a la presión atmosférica.

**Flujo permanente:** El flujo en un canal abierto es permanente si la profundidad del flujo no cambia o puede suponerse constante durante el intervalo de tiempo en consideración.

**Flujo subcrítico:** Flujo en el cual las fuerzas gravitacionales son más importantes que las fuerzas inerciales.

**Flujo supercrítico:** Flujo en el cual las fuerzas inerciales son más importantes que las fuerzas gravitacionales.

**Fuente de abastecimiento de agua:** Depósito o curso de aguas superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas.

**Línea de energía:** Línea o elevación obtenida como la suma de la altura piezométrica de presión, la altura piezométrica de velocidad y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.

**Línea de gradiente de hidráulico:** Línea o elevación obtenida como la suma de la altura de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.



**Línea piezométrica:** Línea o elevación obtenida de la suma de la altura piezométrica de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.

**Medición:** Sistema destinado a registrar o totalizar la cantidad de agua transportada por un conducto.

**Medidor:** Dispositivo encargado de medir y acumular el consumo de agua.

**Nivel de complejidad del sistema:** Rango en el cual se clasifica un proyecto el cual depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica o el grado de exigencia técnica que se requiera.

**Pendiente:** Inclinación longitudinal de un canal o ducto. Pérdidas comerciales: Aquellas debidas a volúmenes consumidos no facturados, volúmenes no contabilizados por defectos en los micromedidores, consumos a través de conexiones clandestinas, etc.

**Pérdidas:** Diferencia entre el volumen de agua que entra a un sistema de acueducto y aquel que sale o es facturado, dependiendo del sistema.

**Pérdidas en tanques de almacenamiento:** Son las pérdidas de agua potable por reboses en los tanques de almacenamiento.

**Pérdidas menores:** Pérdida de energía causada por accesorios o válvulas en una conducción de agua.

**Pérdidas por fricción:** Pérdida de energía causada por los esfuerzos cortantes del flujo en las paredes de un conducto. Perforación dirigida. Es una técnica de instalación de tuberías sin apertura de zanja y sin perturbación de la actividad de superficie.

**pH:** Es una medida de la acidez o basicidad de una solución y representa la concentración de iones hidronio presentes en determinada sustancia.

**Pitometría:** Conjunto de elementos y actividades destinados a la obtención, procesamiento, análisis y divulgación de datos operacionales, relativos a caudales, volúmenes, presiones y niveles de agua con el fin de obtener diagnósticos específicos respecto a las condiciones, reales o simuladas, de funcionamiento de los componentes de un sistema de acueducto.

**Planimetría:** Estudia los elementos planimétricos del terreno, entendiéndose por ellos todos los elementos naturales y artificiales del mismo que forman su revestimiento, como, por ejemplo: ríos, casas, caminos, etc., y los expresa por medio de figuras convencionales (cartográficos).

**Población de diseño:** Población que se espera atender por el proyecto, considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el período de diseño.

**Población de saturación:** Población, definida por el plan de ordenamiento territorial (POT), como la máxima permitida y posible en el tiempo, en una zona determinada de un municipio.

**Población flotante:** Población de alguna localidad que no reside permanentemente en ella y que la habita por un espacio corto de tiempo por razones de trabajo, turismo o alguna otra actividad temporal.

**Presión admisible:** Máxima presión, dada por el fabricante, que puede soportar una tubería.

**Presión atmosférica:** Presión del aire sobre la superficie terrestre.

**Presión dinámica:** Presión que se presenta en un conducto con el paso de agua a través de él.

**Presión estática:** Presión en un conducto cuando no hay flujo a través de él.

**Presión freática:** Presión ejercida por el agua acumulada en el suelo.

**Presión hidrostática:** Presión ejercida sobre un cuerpo debida al peso del agua.

**Presión manométrica:** Presión que ejerce un sistema en comparación con la presión atmosférica.

**Presión nominal:** Presión interna máxima a la cual puede estar sometida una tubería, considerando un factor de seguridad, y que es dada por el fabricante según las normas técnicas correspondientes.

**Profundidad crítica:** Profundidad de agua que corresponde al estado crítico para un caudal determinado.

**Radio hidráulico:** Relación entre el área mojada y el perímetro mojado de una sección transversal de un ducto.

**Rebose:** Estructura cuyo fin es captar y desviar el exceso de caudal de agua que transporta o almacena un sistema de acueducto.

**Rejilla:** Dispositivo instalado en una captación para impedir el paso de elementos flotantes o sólidos grandes.

**Relación de Poisson:** Es una medida de la contracción lateral de un material.

**Relación diámetro espesor (RDE):** Es un número adimensional que describe la relación del diámetro externo sobre el espesor mínimo de la pared del tubo.

**Resalto hidráulico:** Fenómeno hidráulico en el cual se presenta un cambio abrupto de régimen de flujo, se pasa de una corriente rápida y con profundidad baja (flujo supercrítico) a una corriente lenta y profunda (flujo subcrítico).

**Sedimentación:** Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

**Sistema de información geográfico (SIG):** Sistema de información que permite relacionar una base de datos que esté georreferenciada, y así poder generar mapas de acuerdo con la información disponible dentro del proyecto. Determina de una manera rápida y eficaz, los planos de tuberías de acuerdo con la rugosidad, pérdidas menores, edad, diámetro, o caudal según se requiera. Así mismo permite generar planos de estratificación de usuarios de una manera ágil.

**Sistemas 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.

**Tanque de almacenamiento:** Depósito de agua en un sistema de acueducto, cuya función es suplir las necesidades de demanda en los momentos picos, permitiendo una recuperación del volumen en las horas de bajo consumo, para poder suministrar sin problemas en las máximas demandas.

**Tanque de compensación:** Depósito de agua en un sistema de acueducto con capacidad de almacenamiento muy baja, cuya función es actuar como un regulador de presión o quiebre de presión en sistemas de bombeo.

**Tanque de succión:** Tanque de almacenamiento desde el cual una bomba succiona el agua que impulsa hacia otro punto de una red.

**Tiempo de vaciado:** Es el tiempo requerido para desocupar un tanque de almacenamiento o de compensación.

**Topología:** Es toda aquella información que define el recorrido y la distribución de una red de tuberías.

**Tubería:** Ducto de sección circular para el transporte de agua.

**Turbiedad:** Es una medida de la nubosidad en el agua y es un indicador de la efectividad de los sistemas de filtración del agua.

**Usuario:** Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le conoce también como consumidor. (Ley 142 de 1994)

**Válvula:** Accesorio cuyo objetivo es regular y controlar el caudal y la presión de agua en una red de conducción y/o distribución de agua potable.

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

**Vertimiento puntual:** El que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo.

**Vida útil:** Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

**Viscosidad absoluta:** La viscosidad absoluta es una propiedad de los fluidos que indica la mayor o menor resistencia que estos ofrecen al movimiento de sus partículas cuando son sometidos a un esfuerzo cortante.

#### 4.4. MARCO LEGAL

La normatividad contemplada para la elaboración del diseño del sistema de acueducto se basó en EL REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO (RAS 2012) y Normas del Gobierno de la Republica de Colombia.

**Tabla 2.** Normatividad ambiental vigente aplicable al proyecto.

| AÑO  | PRESENTACIÓN        | TITULO                                                                                   | OBJETO                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1944 | Ley 142 de 1994     | Ley de Servicios públicos domiciliarios                                                  | Todo servicio público que se preste debe estar de acuerdo con la Ley 142 de 1994 que establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia y busca garantizar su calidad en todos los niveles                                                    |
| 1997 | Ley 373 de 1997     | Uso eficiente y ahorro del agua                                                          | Se establece el programa para el uso eficiente y ahorro de agua y se presentan los consumos básicos y máximos para usuarios de los acueductos                                                                                                                       |
| 1989 | Decreto 951 de 1989 | Reglamento general para la prestación de sistemas de acueducto en el territorio nacional | Se establece el reglamento general para la prestación de los servicios de acueducto y de alcantarillado en todo el territorio nacional. Contiene el conjunto de normas que regulan las relaciones que se generan entre la entidad que presta los servicios públicos |

|      |                             |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------|-----------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                             |                                                   | de acueducto y alcantarillado y los suscriptores y usuarios del mismo, establece que los servicios públicos de acueducto y alcantarillado deberán ser prestados a la comunidad de manera continua y eficiente.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2002 | Decreto No.849 de Abril 30. | Reglamento del artículo 78 de la Ley 715 de 2001. | El objetivo del presente decreto reglamentario es definir los requisitos que deben cumplir los Municipios y distritos en materia de agua potable y saneamiento básico, y los procedimientos que deben seguir dichos entes y la superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, SSPD, para la expedición de la certificación que permita el cambio de la destinación de los recursos que la Ley 715 de 2001 ha estipulado inicialmente para el desarrollo y ejecución de las competencias asignadas en agua potable y saneamiento básico, así como la definición de las obras elegibles a ser financiadas con dichos recursos. |
| 2010 | Decreto 3930 de 2010        | Usos del agua y residuos                          | Normativa para los vertimientos a los cuerpos de agua                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|      |                         |                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                         | liquidadas y se dictan otras disposiciones                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2007 | Decreto 1575 de 2007    | Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano | El presente decreto establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua, con el fin de monitorear, prevenir y controlar los riesgos para la salud humana causados por su consumo, exceptuando el agua envasada. Aplica a todas las personas prestadoras que suministren o distribuyan agua para consumo humano, ya sea cruda o tratada, en todo el territorio nacional, independientemente del uso que de ella se haga para otras actividades económicas, a las direcciones territoriales de salud, autoridades ambientales y sanitarias y a los usuarios. |
| 2007 | Resolucion 2115 de 2007 | Calidad del agua potable                                                        | Por medio de la cual se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para el consumo humano.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2017 | Resolución 0330 de      | Resolución                                                                      | Nuevo lineamiento para                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

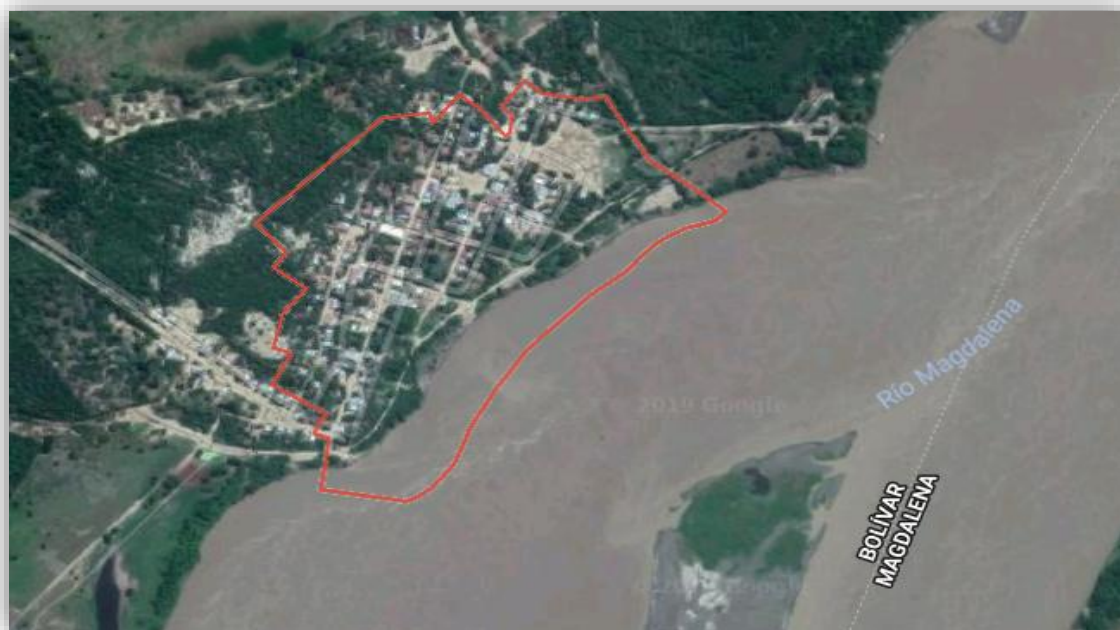


|  |      |                                                               |                                       |
|--|------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|  | 2017 | modificatoria<br>al reglamento<br>de<br>saneamiento<br>básico | construcción de obras de<br>acueducto |
|--|------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------|

**Fuente:** autores, 2019.

#### 4.5. MARCO CONTEXTUAL

San Agustín es uno de los 6 corregimientos del municipio de San Juan Nepomuceno (Bolívar). Su cabecera se encuentra en las coordenadas 9°37 latitud Norte y 74°15 Latitud Oeste. Limita en Norte con los municipios del Guamo y Calamar. Por el este con el municipio de Mahates y por el oeste con los municipios de Zambrano y San Jacinto. Por el sur con los municipios de San Jacinto y María la baja.



**Figura 5.** Imagen satelital del corregimiento de San Agustín.

**Fuente:** google maps, 2019.



**Figura 6.** Cartografía del corregimiento de San Agustín.  
**Fuente:** Plan de Desarrollo Municipal San Juan Nepomuceno.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

El tipo de investigación a utilizar es de tipo aplicada, cuyo propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificable, (Bunge, 1971). De acuerdo a (Bunge,1971) La investigación aplicada es una actividad que tiene por finalidad la búsqueda y consolidación del saber, y la aplicación de los conocimientos. La cual va dirigida a determinar los posibles usos de la investigación básica o para determinar nuevos métodos o formas de lograr algunos objetivos específicos y predeterminados en pro de una disminución sustancial en las falencias que hoy día poseen algunas poblaciones por falta de un servicio de acueducto.

## **5.2. POBLACIÓN.**

Para la ejecución del proyecto se tomó la población del corregimiento de san Agustín (Bolívar), el cual según el último censo de 2018 cuenta con un numero de 556 habitantes.

## **5.3. DESAROLLO METODOLOGICO.**

Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se tuvo en cuenta el desarrollo de las siguientes fases:

### **5.3.1. Fase 1: descripción detallada de la zona de estudio**

En esta fase, se realizó la recolección de información requerida para realizar el proyecto. Además, se tuvo en cuenta los estudios realizados por la empresa prestadora del servicio de acueducto y la información suministrada por la alcaldía municipal, teniendo en cuenta los siguientes criterios a evaluar:

- Recopilación de toda la información necesaria de la zona de estudio.
- Reseña histórica del corregimiento.
- Información existente sobre climatología, geología, suelos.
- Estudios topográficos del área de influencia
- Recursos hidrológicos.

### **5.3.2. Fase 2: Estudio de demanda**

Se realizó un análisis de censo poblacional para obtener una tasa de crecimiento que nos permita estimar el caudal de diseño teniendo en cuenta la siguiente información.

- Censos de la población y su proyección.
- Análisis del caudal máximo diario.
- Caudal máximo horario.

- Coeficiente de consumo máximo.
- Caudal de diseño.

### 5.3.3. Fase 3: análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la fuente de abastecimiento.

Se realizará el análisis de los parámetros de alcalinidad, pH, conductividad, dureza total, nitritos, olor, sabor, sulfatos, turbiedad, hierro, magnesio, manganeso, calcio, cloruros, color verdadero, recuento de coliformes y E. coli, con respecto a la resolución 2115 de 2007. Para la obtención de los resultados, se implementaron los métodos contemplados en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Métodos de análisis para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados.

| PARAMETRO             | METODOLOGIA                                                                                             |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FISICOQUIMICOS</b> |                                                                                                         |
| Alcalinidad           | Titulométrico - standard methods for examination of water and wastewater – AWWA, APHA WEF – 2320b       |
| Ph                    | Electrométrico - standard methods for examination of water and wastewater 4500 H + B.                   |
| Conductividad         | Electrométrico - standard methods for examination of water and wastewater, APHA – AWWA – WEF 2510-B     |
| Dureza total          | Titulométrico EDTA - standard methods for examination of water and wastewater – AWWA, APHA WEF – 2340-c |
| Nitritos              | Colorimétrico - standard methods for examination of water and wastewater –                              |

|                        |                                                                                                                                |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        | AWWA, APHA WEF, 4500 NO2-B                                                                                                     |
| Olor                   | Organoléptico                                                                                                                  |
| Sabor                  |                                                                                                                                |
| Sulfatos               | Turbidimétrico - standard methods for examination of water and wastewater – AWWA, APHA WEF, 4500 – SO <sub>4</sub> (-2)E       |
| Turbiedad              | Nefelométrico - standard methods for examination of water and wastewater – AWWA, APHA WEF, 2130B                               |
| Hierro                 | absorción atómica – standard methods for the examination of water and wastewater – AWWA – APHA – WEF, 3030 e; 3111B            |
| Magnesio               |                                                                                                                                |
| Manganeso              |                                                                                                                                |
| Calcio                 |                                                                                                                                |
| Cloruros               | titulométrico - – standard methods for the examination of water and wastewater – AWWA – APHA – WEF – 45000 ci b                |
| Color verdadero        | comparación visual– standard methods for the examination of water and wastewater – AWWA – APHA – WEF 2120-b                    |
| <b>Microbiológicos</b> |                                                                                                                                |
| Recuento de coliformes | técnica de filtración por membrana – standard methods for the examination of water and wastewater – AWWA – APHA – WEF (9222 b) |
| Recuento de E. coli    | técnica de filtración por membrana – standard methods for the examination of water and wastewater – AWWA – APHA – WEF (9222 c) |

**Fuente:** laboratorio microbiológico Barranquilla.

#### **5.3.4. Fase 4: Diseño de la red de distribución.**

Para el desarrollo de la presente fase, se utilizará la herramienta EPANET para el diseño de la red de distribución para el corregimiento de San Agustín, teniendo en cuenta aspectos topográficos, presiones, tuberías, entre otros aspectos de la zona.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO**

#### **6.1.1. Reseña histórica de San Juan Nepomuceno.**

San Juan Nepomuceno, ubicado en el centro del departamento de Bolívar, es uno de los municipios pintorescos de los Montes de María. Fue declarado municipio en 1870 y fue la Ordenanza 04 de 1970 la que lo dividió administrativamente en un sector urbano y seis corregimientos, a saber: San Cayetano, San Pedro Consolado, San Agustín, San José del Peñón, Corralito y la Haya, los cuales, a su vez, tienen una serie de veredas, donde se cultiva el mejor ñame de espina que sale de los Montes de María, entre otros productos agrícolas. El espíritu de resiliencia de sus habitantes es uno de sus mayores patrimonios y eso lo convierte en una población apegada a la cultura y a las viejas costumbres y tradiciones (Caro, 2016).

En San Juan Nepomuceno hay una gran necesidad de agua potable; como dicen las madres de familia: “el agua es lo principal”. Ante la escasa cobertura y el pésimo servicio que presta el acueducto municipal, algunos habitantes recurren a la construcción de pozos artesanales para aprovechar el recurso hídrico subterráneo, y otros toman el agua de lagunas y de arroyos que recorren el municipio, a pesar de la acumulación de basuras en sus orillas y del vertimiento de aguas servidas y de excretas en su cauce (Colombia aprende, 2016).

#### **6.1.2. Localización Geográfica**

De acuerdo al plan de desarrollo 2008- 2011 del municipio de san juan Nepomuceno, este se encuentra ubicado en el centro del departamento de Bolívar. Tiene una extensión de 657 km<sup>2</sup> equivalentes al 1,53% del total del departamento. Su población es de 33.466 habitantes.

El corregimiento de San Agustín, ubicado en el municipio de San Juan Nepomuceno del departamento de Bolívar en las siguientes coordenadas:

Latitud: 8.1666667

Longitud: -74.6666667

### **6.1.3. Climatología**

El corregimiento de San Agustín Bolívar se caracteriza por un clima cálido, con temperatura media anual del orden de 27,7 °C, con poca variación dentro del año (1,8°C aproximadamente). Las menores temperaturas se observan durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, con rango entre 26,7 °C en octubre y 27,3 °C en diciembre y las más altas durante los meses de febrero, marzo y abril, con rango entre 28,1 °C en febrero y 28,5 °C en marzo. Por su temperatura promedio anual, el corregimiento se clasifica dentro de la zona de vida bosque seco tropical. El clima regional es típicamente tropical con influencia de los vientos alisios que predominan durante algunos meses del año, determinando variaciones en temperatura, Humedad Relativa supera el 80%, salvo en los meses que soplan los vientos alisios del N.E (alcaldía San Juan Nepomuceno, 2011).

### **6.1.4. Precipitaciones**

Puesto que la precipitación es el elemento genético de todas las aguas superficiales y sub superficiales, el análisis y cuantificación del recurso hídrico disponible en el área se basa en un análisis del régimen pluviométrico en cuanto se refiere a los valores medios anuales y la variación espacial y temporal. La pluviosidad del corregimiento varía entre 800 y 1500 mm anuales, cuyo incremento es hacia el sector occidental a medida que se asciende por las vertientes, la mitad de las lluvias caen en agosto y noviembre, periodo en que el invierno es más intenso. El promedio anual de precipitación del corregimiento es de 1400 mm.

Con respecto al porcentaje de precipitación multianual del corregimiento podemos comentar lo siguiente: el primer periodo, o de menor precipitación, se presenta



durante los meses de diciembre a marzo. En el ocurre el 10,6% de total anual. El segundo periodo seco corresponde al mes de Julio del total anual, en el cual se tiene el 8,8% del mismo total. Los meses de abril, mayo y junio configuran el primer periodo lluvioso, el cual se tiene el 33,8%. El segundo periodo lluvioso se extiende desde agosto hasta finales de noviembre. La precipitación ocurrida en el equivale al 46,8% de la que se presenta en el año.

A las características climáticas se suman las que son inherentes al curso de aguas. Esto en su gran mayoría, y posiblemente con la sola excepción del Río Magdalena y de un número muy reducido de arroyos, son de tipo intermitente y no pocos efímeros. La circunstancia anterior implica que durante el periodo seco que se mencione antes se presente déficit de agua superficial, el cual hace difícil el cubrimiento de las demandas para el sector agropecuario y el consumo humano.

#### **6.1.5. Topografía y Geología**

El corregimiento geológicamente está conformado por rocas sedimentarias de ambientes marinos y depósitos no consolidados de origen continental, que comprenden edades desde el Paleoceno hasta el Reciente. Estructuralmente está caracterizado por plegamientos estrechos y fallados en los flancos, que deforman el relieve en franjas de intenso plegamiento y fallamiento al occidente del corregimiento y una franja menos deformada al oriente hasta conformar una topografía baja y pantanosa en las riberas del río Magdalena.

El potencial de recursos minerales es limitado y está representado en rocas utilizadas como materiales de construcción como calizas y rocas silíceas utilizadas en la producción de cemento y sedimentos tipo gravas y arenas. Al parecer la presencia de varios niveles arcillosos de algunas formaciones puede tener potencial para la industria de la alfarería, pero se requieren de estudios tecnológicos específicos para su evaluación.

### **6.1.6. Hidrografía**

El sistema hidrológico del corregimiento está formado por el Río Magdalena, varios arroyos y cañadas. Las aguas de los arroyos y cañadas son aprovechables durante la época de lluvia en el consumo humano y actividades productivas.

#### **6.1.6.1. Fuente de Abastecimiento del Acueducto**

La fuente de abastecimiento de agua cruda del acueducto es el río Magdalena. Las características fisicoquímicas corresponden a la de una fuente aceptable. Su contenido de sólidos totales es alto pero el agua es susceptible de tratamiento convencional. En dicho punto el agua trae mucha tarulla o buchón, que se acumula y propicia la sedimentación. La capacidad o caudal del Río Magdalena es de 7.200 m<sup>3</sup>/s, pudiendo bajar a mínimos anuales de 1.520 m<sup>3</sup>/s, y subir a máximos de 18.359 m<sup>3</sup>/s, según mediciones, a la altura de la localidad de Calamar, realizadas por “**CORPAMAG**”.

## **6.2. ESTUDIO DE DEMANDA**

### **6.2.1. Proyección de la población**

Para el estudio de la población se consultó la información disponible en las oficinas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE referente a los censos nacionales de población realizados hasta la fecha. Adicionalmente se consultó la información de población contenida en los esquemas de ordenamiento territorial y SISBEN de la Alcaldía Municipal. Se realizaron las proyecciones a partir del año 2018, esta se realizó a partir de los siguientes datos censales:

#### ***Análisis poblacional del corregimiento***

Para el análisis de la población beneficiada con la distribución del agua, los datos obtenidos en la alcaldía municipal y los censos de los años anteriores dieron como resultado final para el año 2018 una población estimada de 556 habitantes.

**Tabla 4.** Censo poblacional del corregimiento San Agustín.

| ENTIDAD            | FECHA DE ENCUESTA | POBLACIÓN |
|--------------------|-------------------|-----------|
| Sisben             | 2015              | 547       |
| Alcaldía municipal | 2016              | 552       |
| Sisben             | 2018              | 556       |

**Fuente:** alcaldía municipal san juan de Nepomuceno, bolívar.

#### **6.2.1.1. Obtención de la tasa de crecimiento.**

Para hallar la tasa de crecimiento utilizaremos uno de los métodos contemplados en el ras, el cual es el método geométrico, que es principalmente utilizado en las poblaciones donde no se ha visto un desarrollo creciente y donde la población crece manteniendo un porcentaje uniforme con respecto a los periodos pasados, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$r = (Puc / Pci)^{(1 / (Tci-Tuc))} - 1$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual

PUC = Población del último censo.

PCi = Población del censo inicial.

Tuc = Año del último censo.

Tci = Año del censo inicial.

Ya con los datos obtenidos, procedemos a calcular la tasa de crecimiento anual:

$$r1 = (16-15) = (552/547)^{(1/ (2016-2015))} - 1$$

$$r1 (16-15) = 0,9\%$$

$$r2 (18-16) = (556/552)^{(1/ (2018-2016))} - 1$$

$$r2 (18-16) = 0,36\%$$

$$r_{\text{promedio}} = (0,9 + 0,36) / 2$$

$$r_{\text{promedio}} = 0,63\%$$

Según la resolución 0330 de 2017 capítulo 1 Aspectos generales, Artículo 40 el periodo de diseño para todos los componentes de los sistemas de acueducto es de 25 años.

## 6.2.2. Cálculo de caudales de diseño

### 6.2.2.1. Dotación neta máxima

El corregimiento de San Agustín se encuentra ubicado en una zona que está por debajo de los 1000 msnm, debido a la cercanía a la cuenca del río, se deben utilizar los datos suministrados por la entidad prestadora del servicio de agua en la población o en cuyo caso se utilizaron los datos propuestos en el (artículo 43 de la resolución 0330 de 2017) donde se contemplan las dotaciones máximas netas a utilizar.

**Tabla 5.** Dotación neta máxima.

| Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida. | Dotación neta máxima (l/hab* día) |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| >2000 msnm                                                  | 120                               |
| 1000- 2000 msnm                                             | 130                               |
| < 1000 msnm                                                 | 140                               |

**Fuente:** resolución 0330 de 2017.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, podemos determinar que esta población está por debajo de los 1000 msnm, por lo tanto, la dotación neta máxima a utilizar es de 140 L/Hab\*Día.

### 6.2.2.2. Dotación bruta

Según el artículo 44 de (la resolución 0330 de 2017), "la dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto" se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$D_{bruta} = \frac{D_{neta}}{1 - \%p}$$

Donde:

$D_{bruta}$  = dotación bruta

$D_{neta}$  = dotación neta

$\%p$  = porcentaje de perdidas máximas para el sistema.

Según el artículo 44 de la resolución 0330 de 2017 "el porcentaje de pérdidas técnicas máximas englobadas en la ecuación anterior, involucra a todos los componentes del sistema, así como las necesidades de la planta de agua potables y no puede superar el 25%."

$$D_{bruta} = \frac{140 \frac{l}{hab * dia}}{1 - 0.25} = 187 \frac{l}{hab * dia}$$

### 6.2.2.3. Caudal medio diario (Qmd).

Tomando como referencia el numeral (B.2.8.3 Demanda de agua por población-RAS 2012), con la cual se determinó el promedio de los consumos diarios en un período de un año mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{P * d_{bruta}}{86400}$$

Dónde:

$Q_{md}$  = caudal medio diario (lps).

P = Población Futura.

$D_{bruta}$  = dotación bruta (L/hab\*día)

$$Q_{md} = \frac{635hab * 187 L/Hab * dia}{86400}$$
$$Q_{md} = 1.37 L$$

#### **6.2.2.4. Caudal máximo diario (QMD).**

El caudal máximo diario se determinó multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario,  $k_1$ , como se indica en la siguiente ecuación:

$$QMD = Q_{md} * K_1$$

Dónde:

QMD: caudal máximo diario.

$Q_{md}$ : caudal medio diario.

$K_1$ : coeficiente de consumo máximo diario.

$$QMD = 1.37\text{ts} * 1.3$$

$$QMD = 1.78 \text{ ts}$$

Según la resolución 0330 de 2017, en el artículo 47 párrafo 2, este coeficiente de mayoración para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, el  $K_1$  no será superior a 1.3.

#### **6.2.2.5. Caudal máximo horario (QMH).**

El caudal máximo horario se determinó multiplicando el caudal máximo diario por el coeficiente de consumo máximo horario,  $k_2$ , según la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * K_2$$

Dónde:

QMH: caudal máximo horario.

QMD: caudal medio diario.

K<sub>2</sub>: coeficiente de consumo máximo horario.

$$QMH = 1.78 \text{ lts} * 1.6$$

$$QMH = 2.90 \text{ lts}$$

Según la resolución 0330 de 2017, en el artículo 47 párrafo 2, este coeficiente de mayoración para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes, el K<sub>2</sub> no será superior a 1.6.

### **6.2.3. Caudales de diseño para cada componente del sistema de acueducto.**

El caudal de diseño para fuentes superficiales está definido según el Resolución 0330 de Junio 8 de 2.017, lo establece como 2 veces EL QMD teniendo en cuenta que el excedente debe devolverse a la fuente de agua.

**Tabla 6.** Caudales de diseño para cada componente del sistema de acueducto.

| COMPONENTE                   | CAUDAL DE DISEÑO |
|------------------------------|------------------|
| Captación fuente superficial | 2 QMD            |
| Captación fuente subterránea | QMD              |
| Desarenador                  | QMD              |
| Aducción                     | QMD              |
| Conducción                   | QMD              |
| Tanque                       | QMD              |
| Red de distribución          | QMH              |

**Fuente:** resolución 0330 de 2017.

### 6.3. ANALISIS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS.

En la siguiente tabla, se pueden observar los resultados obtenidos para la muestra de agua tomada de la fuente de abastecimiento (RIO MAGDALENA) del corregimiento de san Agustín, en el cual se evaluaron los parámetros de alcalinidad, pH, conductividad, dureza total, nitritos, olor, sabor, sulfatos, turbiedad, hierro, magnesio, manganeso, calcio, cloruros, color verdadero, recuento de coliformes y E. coli, con respecto a la resolución 2115 de 2007, Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

**Tabla 7.** Análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos respecto a la normatividad ambiental vigente.

| PARAMETRO             | UNIDADES                | RESULTADOS     | VALOR MÁXIMO PERMISIBLE |
|-----------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| <b>FISICOQUIMICOS</b> |                         |                |                         |
| Alcalinidad           | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 54,5           | 200                     |
| pH                    | Unidades de Ph          | 7,41           | 6.5 a 9.0               |
| Conductividad         | μS/cm                   | 170,80         | 1000                    |
| Dureza total          | mg CaCO <sub>3</sub> /L | 68,5           | 300                     |
| Nitritos              | NO <sub>2</sub>         | 0,030          | 0,1                     |
| Olor                  | --                      | Característico | Aceptable               |
| Sabor                 | --                      | Característico | Aceptable               |
| Sulfatos              | mg SO <sub>4</sub> /L   | 35,00          | 250,00                  |
| Turbiedad             | NTU                     | 210,00         | 2                       |
| Hierro                | mg Fe/L                 | 4,9            | 0,3                     |
| Magnesio              | mg Mg/L                 | 1,8            | 36                      |
| Manganeso             | mg Mn/L                 | 0,12           | 0,1                     |
| Calcio                | mg Ca/L                 | 20,2           | 60                      |



|                        |                                   |       |                           |
|------------------------|-----------------------------------|-------|---------------------------|
| Cloruros               | mg Cl/L                           | 7,8   | 250                       |
| Color verdadero        | UPC (unidades de platino cobalto) | 26    | 15                        |
| <b>MICROBIOLOGICOS</b> |                                   |       |                           |
| Recuento de coliformes | UFC/100 cm <sup>3</sup>           | <4000 | 0 UFC/100 cm <sup>3</sup> |
| Recuento de E. coli    | UFC/100 cm <sup>3</sup>           | <2000 | 0 UFC/100 cm <sup>3</sup> |

**Fuente:** autores, 2019.

Acorde a los resultados obtenidos, para los parámetros fisicoquímicos analizados, la turbiedad arroja un valor de 210 unidades nefelométricas de turbiedad, por lo que se encuentra por encima del valor máximo permisible de 2 NTU; esto es asociado directamente a la presencia de sólidos en la fuente de abastecimiento. Los valores para hierro y color verdadero presentan de igual forma valores superiores a los establecidos por la normativa mencionada óptima para el agua de consumo humano.

Con respecto a los parámetros microbiológicos analizados, los cuales fueron coliformes y E. coli, se obtuvieron valores superiores al valor máximo permisible de 0 UFC (unidades formadoras de colonias) /100 cm<sup>3</sup>, lo cual puede deberse a la presencia de vertimientos en la zona de abastecimiento (RIO MAGDALENA).

Los resultados obtenidos para los parámetros de alcalinidad, pH, conductividad, dureza total, nitritos, olor, sabor, sulfatos, magnesio, manganeso, calcio y cloruros, se obtuvieron valores óptimos en el río magdalena para el consumo humano, acorde con la resolución 2115 de 2007.

## **6.4.DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.**

### **6.4.1. Aspectos Generales del Sistema**

El sistema de acueducto está conformado por los siguientes componentes: una fuente de abastecimiento de tipo superficial, que es el río Magdalena; una captación flotante que es una barcaza sobre el río; conducción en tubería de 12" de material polietileno, de la cual se deriva una conducción hacia la planta de tratamiento de agua potable de 2" de material hierro galvanizado.

### **6.4.2. Fuente de Abastecimiento Acueducto San Juan Nepomuceno**

La fuente de abastecimiento de agua cruda del acueducto municipal es el río Magdalena.

Las características fisicoquímicas corresponden a la de una fuente aceptable. Su contenido de sólidos totales es alto pero el agua es susceptible de tratamiento convencional.



**Figura 7:** barcaza acueducto san juan de Nepomuceno

**Fuente:** autores, 2019.

En la barcaza se encuentran instaladas cuatro (4) bombas multi etapas de 5 impulsores, de 60 litros por segundo cada una y cuatro (4) motores de 286 HP a gas, que bombean agua cruda hacia la planta de tratamiento de agua potable.

#### **6.4.3 Descripción Del Sistema De Bombeo De Captación.**

El sistema de bombeo de agua cruda instalado en la barcaza del acueducto regional San Juan Nep – San Jacinto está conformado por cuatro equipos de bombeo dispuestos en paralelo estos equipos están integrados así:

##### **BOMBA N° 1**

Marca HIDROMAC

MOTOR No. 1

Marca CUMMIS a 286 HP a gas

##### **BOMBA N° 2**

Marca HIDROMAC

MOTOR No. 2

Marca CUMMIS a 286 HP a gas

##### **BOMBA N° 3**

Marca HIDROMAC

MOTOR No. 3

Marca CUMMIS a 286 HP a gas

##### **BOMBA N° 4**

Marca HIDROMAC

MOTOR No. 4

Marca CUMMIS a 286 HP a gas



**Figura 8:** Motor de bombas de Captación

**Fuente:** autores, 2019.

#### **6.4.5 Sistema Eléctrico.**

La estación cuenta con un transformador de 300 KVA voltaje, 13.200/463 voltios, seccionador en celda, de 630 amp. Sin marca y un medidor por alta. El sistema está encerrado por malla de torsión.

La estructura trifásica terminal comprende una estructura H donde se localizan tres (3) cajas primarias, tres (3) pararrayos, tres (3) transformadores de corriente.



**Figura 9:** Subestación eléctrica en Estación bombeo No. 1

**Fuente:** autores, 2019

## **6.6 CAPTACIÓN.**

La captación se hace mediante una barcaza flotante anclada a la orilla del Rio Magdalena con un área de 112,36 m<sup>2</sup>, la cual cuenta con unos motor-bombas de 280 caballos y con capacidad de 60Lps, que abastece en forma simultánea a los acueductos de San Juan-San Jacinto, y corregimientos a su paso. De la línea de impulsión que sale de la primera estación de rebombeo sale una derivación de 3" que va hacia el corregimiento de San Agustín.

La barcaza propuesta estará construida en láminas de acero y albergará:

- Conjunto de bombas.
- Elementos eléctricos.
- Elementos de conexión hidráulica.
- Elementos de iluminación.

- Cerramiento.
- Puente de ingreso.

## 6.6.1 Consideraciones Operacionales

### 6.6.1.1. Condiciones Ambientales.

El diseño de la barcaza considera las condiciones ambientales del área donde se ubicará la estación flotante, en términos de los parámetros estadísticos del Rio Magdalena y criterios para mantener niveles de seguridad industrial y confort.

### 6.6.1.2. Atmosféricas

La especificación de material para los elementos (estructuras metálicas, equipos, accesorios, etc.) que hacen parte de los sistemas que conforman la estación flotante y las especificaciones para los recubrimientos de protección de estos, consideraron los siguientes parámetros atmosféricos que se identifican para el área de operación:

**Tabla 8.** Condiciones óptimas de operación del sistema de acueducto.

| Parámetro                          | Máximo | Mínimo |
|------------------------------------|--------|--------|
| Temperatura agua del rio Magdalena | + 30°C | 25° C  |
| Temperatura Ambiente               | + 35°C | 26° C  |
| Temperatura aire exterior          | + 35°C | 29° C  |
| Humedad Relativa                   | 95%    | 60%    |

|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| Presión<br>Barométrica | 1012,53 mbar        |
| Viento<br>sostenido    | Hasta 11,3<br>nudos |

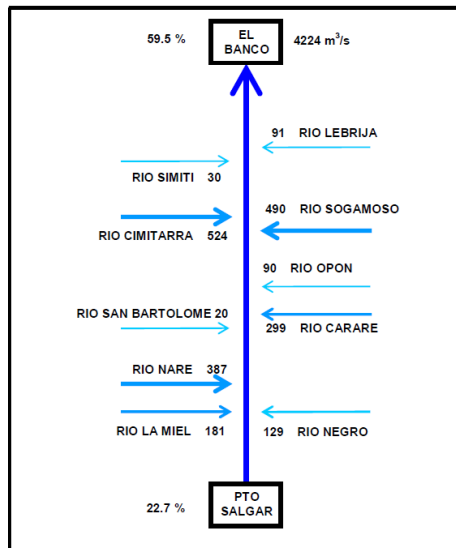
Fuente: autores, 2019.

#### **6.6.1.3. Hidrográficas.**

El diseño de la estación flotante considera los siguientes parámetros hidrográficos identificados a partir de mediciones y estadísticas en el área de operación:

- a) El régimen hidrológico del bajo Magdalena se caracteriza por registrar dos épocas de aportes significativos que van desfasadas con respecto al régimen natural del clima. Este fenómeno se debe al amortiguamiento que las ciénagas ejercen sobre las ondas de crecidas de los ríos y a la precipitación local; lo cual permite que la evacuación se presente con un tiempo de retardo a las condiciones húmedas normales de las cuencas medias y altas.
- b) Corriente: la velocidad de la corriente presenta valores máximo y mínimo de 1.29 y 0.57 m/s, respectivamente; con un promedio de 0,93m/s.
- c) Profundidad: En las coordenadas de succión la profundidad se estima con un valor máximo de 12 metros.

El río en el Bajo Magdalena, está caracterizado por el sistema cenagoso, presenta un valor mínimo característico de 1650 m<sup>3</sup>/s en la estación El Banco y como dato mínimo durante todo el período de registro histórico 1400 m<sup>3</sup>/s. En esta zona el aporte del río garantiza durante todo el año un caudal igual o superior de 1650 m<sup>3</sup>/s y se espera, de acuerdo con el análisis de frecuencia, que los 1400 m<sup>3</sup>/s observados en épocas de máxima sequía se presente una vez en 5 años.



**Figura 10:** Caudales promedio del Bajo Magdalena en (m<sup>3</sup>/s).

**Fuente:** autores, 2019.

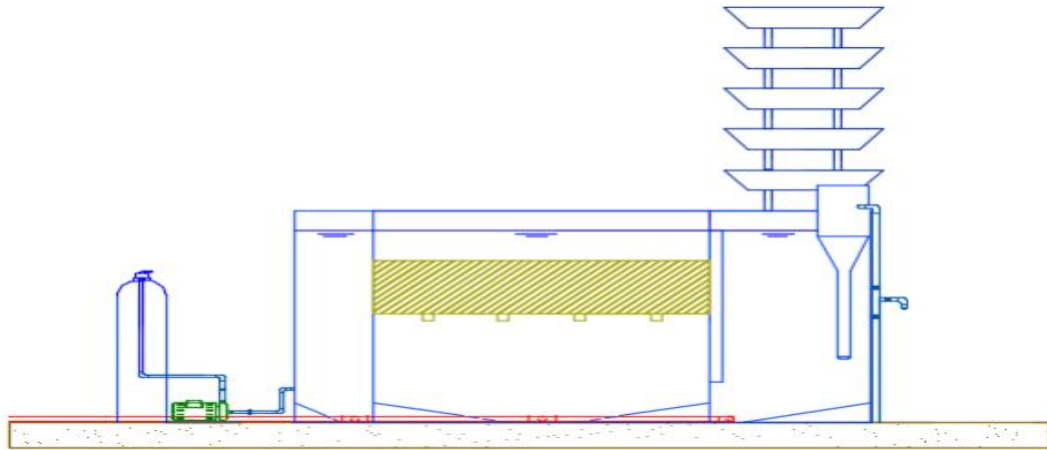
## 6.7. ADUCCIÓN.

La aducción está compuesta en su primera parte, por una tubería de polietileno de 12" de diámetro y una longitud de 100mts aproximadamente, de allí se desprende una tubería de hierro galvanizado de 2" de diámetro con una longitud aproximada de 120mts, dirigida hacia la planta de tratamiento de agua potable del corregimiento.

## 6.8. Planta de tratamiento.

Se trabajó bajo lineamientos requerido por la resolución 631 de 2015 para su tratabilidad y la resolución 0330 de 2017 para su diseño.





**Figura 11:** esquema planta de tratamiento.

El sistema de tratamiento de agua potable a presentar esta comprendido por:

- Bandejas de aireación.
- Cono de Mezcla.
- Coagulación – Floculación.
- Sedimentación. 5. Tanque de equilibrio.
- Filtración.
- Desinfección

## 6.1 DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO PROPUESTO

- **Torre de aireación**

Esta estructura tiene dos objetivos fundamentales, el primero de ellos es el de suministrar oxígeno al agua cruda con el fin de oxidar el hierro y el manganeso en exceso presente el agua, el segundo de ellos una vez está el agua en contacto con el medio ambiente es recuperarla en oxígeno, dicha recuperación en oxígeno es muy benéfica para los procesos de ablandamiento y de coagulación y floculación.

- **Cono de mezcla rápida**

Proceso donde actúa como agitador hidráulico para promover la rápida disolución del coagulante y floculante.

- **Unidad de coagulación – Floculación**

Primera cámara donde se lleva a cabo mezcla y reacción química del coagulante con el agua cruda para tener como resultado formación de Floc y precipitación de partículas. La principal función del coagulante es la de cambiar la polaridad en las partículas y así poder formar los Flocs. Dicha función se ejecuta en la cámara de floculación (cono de Mezcla y tanque) previa al tanque de sedimentación. Con este proceso unitario se garantiza una remoción de sólidos entre 60 - 70%.

- **Sedimentación**

Segunda cámara estructural, donde se lleva a cabo la separación de partículas suspendidas por acción de la gravedad, y a su vez, contiene un módulo de sedimentación de alta tasa con secciones hexagonales tipo colmena fabricada en Poliestireno, la cual se encarga de promover la sedimentación de la mayor parte de las partículas y así garantizar efectividad en el proceso de tratabilidad.

- **Tanque de equilibrio**

Tercera cámara, donde se almacena temporalmente el agua para luego ser filtrada.

- **Filtración**

En este proceso se lleva a cabo la separación de impurezas o material sólido presente y que no fue removido en procesos anteriores.

Está compuesto por tres filtros fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio “P.R.F.V.” por bombeo, así:

- Filtro 1: Grava de canto rodado y arenas silíceas y es la encargada de retención y filtración de material particulado, sólidos en suspensión mayores a 100 micras, que son los flocs que no se han quedado en ninguna de las etapas de la planta compacta.
- Filtro 2: Grava de canto rodado y carbón con el fin de permitir la eliminación de olor, color y sabor del agua.
- Filtro 3: Grava de canto rodado y zeolita natural y otros componentes a base de dióxido de manganeso  $MnO_2$  para la remoción de Hierro y manganeso.

Nuestra compañía es especializada en el manejo y producción de medios filtrantes, esto nos ha permitido diseñar eficientemente los procesos de filtración bajo los estándares de la norma NTC 2572 sobre medios filtrantes.

- **Desinfección**

Consiste en la eliminación de los agentes biológicos, microorganismos contaminantes y patógenos, o su reducción a niveles inocuos y se dosificara por medio de bomba dosificadora.

Observación: Se dosificará en línea hacia tanque de almacenamiento, cuyo tanque será dispuesto por el cliente.

- **Técnica construcción**

La técnica que se desarrollará será por proceso de transformación de materiales compuestos en el cual, los hilos impregnados con resina son depositados con una angulación constante sobre un mandril rotativo o más comúnmente llamado enrollado o (Filament Wound). La construcción seguirá los parámetros establecidos en las normas NTC 2890, NTC 2889 y NTC 2888.

- **Presupuesto**

La oferta comercial de la PTAP anteriormente expuesta, para un caudal de 1, lps es de Noventa millones de pesos m/cte. (\$90.000.000), con los siguientes alcances específicos: Diseño Construcción Transporte y Puesta en marcha Capacitación, entrega de manuales e informe de laboratorio externo. Los valores son más IVA del 19%.

- **Instalación y montaje.**

Se realizará toda la instalación y montaje por personal técnico calificado. Además, se realizarán visitas por parte de un ingeniero de nuestra empresa para verificar el avance de la obra civil y realizar recomendaciones con respecto a las estructuras necesarias para la planta tales como requerimientos de instalación, acometidas eléctricas para alimentación del tablero de control, sistemas de drenaje.

- **Puesta en marcha manuales y capacitación.**

El alcance de la presente oferta incluye la puesta en funcionamiento del sistema, se prestará el servicio de capacitación por personal especializado y se entregará manual de operación y mantenimiento.

- **Requerimientos de área y servicios.**

Este presupuesto no incluye las obras civiles necesarias de pre tratamiento, losa de ubicación de los equipos, acometidas eléctricas para alimentación del tablero de control, sistemas de drenaje. Conexiones hidráulicas y eléctricas al sistema entregadas por el cliente a 0 metros.

- **Tiempo de entrega**

- Tiempo de preparación en fabrica una vez aprobados los diseños y planos 35 días.
- Tiempo de instalación y montaje 15 días.
- Puesta en marcha 10 días.

- **Garantías.**

Doce (12) meses por defectos de fabricación para los elementos mecánicos y doce (12) meses por defectos de fabricación para los elementos eléctricos, electromecánicos y electrónicos, contados a partir de la fecha de entrega de los equipos instalados.

#### **6.8.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO.**

Según el artículo 80 y 81 de la resolución 0330 de 2017 las cuales mencionan específicamente:

ART. 80. —**Número mínimo de tanques de almacenamiento.** “Todos los sistemas de suministro de agua potable deben contar con tanques de almacenamiento. El número de tanques para atender el volumen necesario de almacenamiento, debe determinarse con base en un análisis técnico y económico

de alternativas, de acuerdo con criterios de compensación, regulación y operación del sistema.

En los casos en que se cuente con un tanque de almacenamiento de un solo módulo, la entrada a este debe estar provista de un bypass para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza, sin afectar la continuidad del servicio.”

ART. 81. —**Volumen útil del tanque de almacenamiento.** “El volumen de diseño debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento.

La capacidad de almacenamiento debe ser igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo. La capacidad de regulación se debe estimar a partir de los patrones de consumo de cada zona abastecida, mediante el empleo de métodos gráficos o analíticos”.

Cabe resaltar que este tanque de almacenamiento ya está diseñado y abastece a las poblaciones y corregimientos aledaños a la planta de tratamiento del municipio de san juan de Nepomuceno, bolívar.

La capacidad de regulación no se hallará porque no hay curva de variación de consumo horario por lo tanto solo se determina la capacidad de almacenamiento, la cual es un tercio del volumen distribuido a la zona.

Cap almacenamiento

$$\frac{QMD \times 86.4}{3} = \frac{1.90 \times 86.4}{3} \\ = 54.7 \text{ m}^3$$

Vol almacenamiento.

$$54.7 \text{ m} + 54.7\text{m} \times 0.15$$

$$= 54.7 + 8.21 \text{ m} = 63 \text{ m}^3$$

El tanque existente en el corregimiento tiene unas dimensiones de 12x12x2

Volumen tanque

$$12\text{m} \times 12\text{m} \times 2\text{m} = 288\text{m}^3$$

No se requiere ampliación o construcción de un nuevo tanque ya que el existente cumple con el volumen requerido

## 6.9. DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION

En esta fase utilizamos la herramienta “EPANET” para la construcción de la red de distribución del corregimiento de san Agustín Bolívar, teniendo en cuenta todas las ecuaciones mencionadas en índices anteriores, mostrando la distribución uniforme de estas redes de abastecimiento.

A partir del análisis de la topografía general de la zona, las cotas de terreno, se planteó la red de distribución, considerando la siguiente información para la simulación hidráulica. En las Tablas No. 9 y 10 se presentan los valores correspondientes a los parámetros de Diseño de la red de Distribución y para simulación hidráulica.

**Tabla 9.** Parámetros de Diseño de la red de Distribución.

| <b>Acueducto corregimiento de san Agustín- municipio de san juan de Nepomuceno</b> |     |             |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------|
| <b>Parámetros de la red de distribución.</b>                                       |     |             |
| <b>Parámetros de diseño para la modelación.</b>                                    |     | Resol 0330. |
| N de habitantes por vivienda en el año de diseño                                   | 5,0 |             |

|                                           |       |        |
|-------------------------------------------|-------|--------|
| valor de coeficiente k1                   | 1,30  | Art 47 |
| Valor de coeficiente k2                   | 1,60  | Art 47 |
| Caudal de hidrantes y ubicación (lt/seg)  | 5,0   | Art 70 |
| Dotación neta (lt/hab*día)                | 140   | Art 43 |
| Número total de habitantes                | 635   |        |
| Área de la población (ha)                 | 10,72 |        |
| Densidad poblacional (hab/ha)             | 59,24 |        |
| Perdidas                                  | 25    |        |
| Dotación bruta (lt/hab/ día)              | 186,7 | B.2.6  |
| % área residencial                        | 100   |        |
| % área no residencial                     | 0     |        |
| Presión mínima en la red de distribución. | 10    | Art 61 |

Fuente: autores, 2019.

**Tabla 10.** Opciones para la simulación hidráulica

| DATOS PARA LOS CALCULOS Y LA SIMULACION |                  |
|-----------------------------------------|------------------|
| OPCIONES HIDRAULICAS                    |                  |
| Unidades de flujo                       | lps              |
| Formula de perdidas                     | Darcy & weisback |
| Gravedad especifica                     | 1                |
| Viscosidad relativa                     | 1                |
| Iteraciones máximas                     | 40               |
| Precisión.                              | 0,001            |

Fuente: autores, 2019.



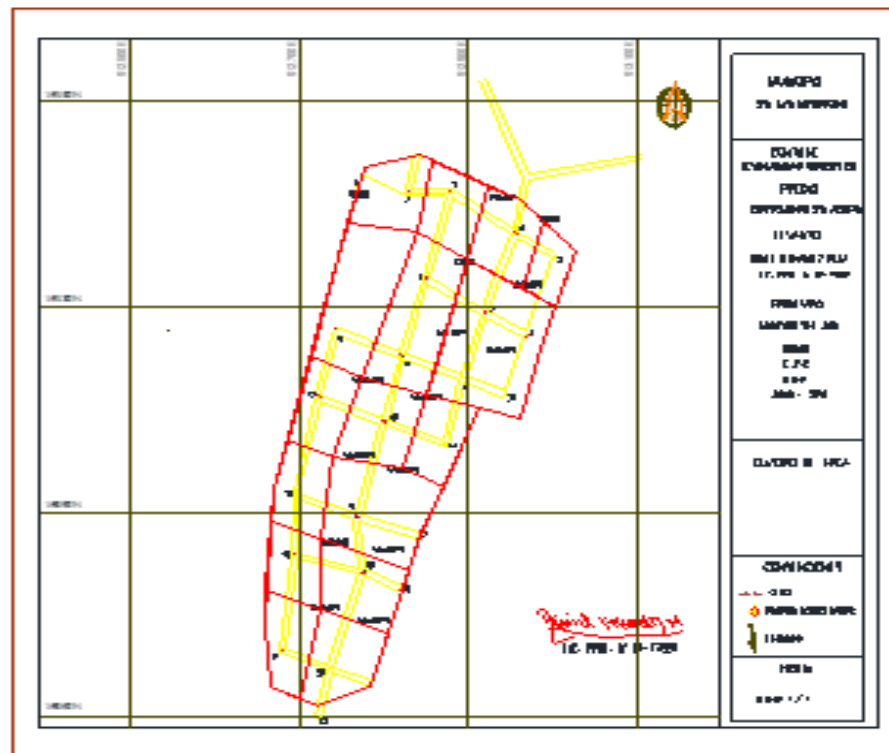
### i. Sector correspondiente al corregimiento

El corregimiento de San Agustín estará proyectado para 125 viviendas. El perímetro sanitario de esta población tiene un área de 10.70 has y se encuentran localizado en las coordenadas 9°37' latitud Norte y 74°15' Latitud Oeste.

Este diseño de la red de distribución se hizo realizando la conexión de la red de distribución del acueducto de la población de San Agustín, con una tubería de Ø 2" de PVC. Para su simulación se consideró una presión promedio en las condiciones actuales de operación del sistema de acueducto, con base en la localización del tanque sobre la cota promedio msnm 43.71.

### ii. Caudal Máximo Horario.

El caudal de diseño de la Red de Distribución es de 2.90 lps. Para estimar el área de influencia de cada nudo seleccionado para la red matriz, se siguió el método de Thiessen.



**Figura 12.** Áreas aferentes a cada nodo.

Fuente: EPANET, 2019.

En la Tabla 11, se presenta el cálculo de las demandas medias, máximas diarias y máxima horaria con base en la densidad poblacional del sector, el cual se espera albergar 635 habitantes en 125 viviendas unifamiliares de interés social.

**Tabla 11.** Cálculo del caudal máximo diario, medio, horario y de diseño por nudo.

| RED DE DISTRIBUCIÓN                                                        |              |                      |            |           |           |               |              |            |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|------------|-----------|-----------|---------------|--------------|------------|
| CALCULO DEL CAUDAL MÁXIMO DIARIO, HORARIO Y DE DISEÑO- CONSUMO<br>POR NUDO |              |                      |            |           |           |               |              |            |
| Nudo de consumo                                                            | Área a aten. | Número de habitantes | Qmed (lps) | QMD (lps) | QMH (lps) | Qdiseño (lps) | Cota terreno | Cota clave |
| Nudo N-2                                                                   | 0,54         | 32                   | 0,07       | 0,09      | 0,15      | 0,15          | 39,71        | 38,71      |
| Nudo N-3                                                                   | 0,49         | 29                   | 0,06       | 0,08      | 0,13      | 0,13          | 31,00        | 30,00      |
| Nudo N-4                                                                   | 0,52         | 31                   | 0,07       | 0,09      | 0,14      | 0,14          | 21,71        | 20,71      |
| Nudo N-5                                                                   | 0,29         | 17                   | 0,04       | 0,05      | 0,08      | 0,08          | 20,70        | 19,70      |
| Nudo N-6                                                                   | 1,42         | 84                   | 0,19       | 0,24      | 0,39      | 0,39          | 20,41        | 19,41      |
| Nudo N-7                                                                   | 1,06         | 63                   | 0,14       | 0,18      | 0,29      | 0,08          | 20,79        | 19,79      |
| Nudo N-8                                                                   | 1,05         | 62                   | 0,14       | 0,18      | 0,29      | 0,39          | 21,39        | 20,39      |
| Nudo N-9                                                                   | 0,45         | 27                   | 0,06       | 0,08      | 0,12      | 0,12          | 20,23        | 19,23      |
| Nudo N-10                                                                  | 0,65         | 39                   | 0,09       | 0,11      | 0,18      | 0,18          | 20,49        | 19,49      |
| Nudo N-                                                                    | 0,50         | 30                   | 0,07       | 0,09      | 0,14      | 0,14          | 21,39        | 20,39      |

|             |              |            |             |             |             |             |       |       |
|-------------|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------|
| 11          |              |            |             |             |             |             |       |       |
| Nudo N-12   | 0,48         | 28         | 0,06        | 0,08        | 0,13        | 0,13        | 21,04 | 20,04 |
| Nudo N-13   | 1,10         | 65         | 0,14        | 0,19        | 0,30        | 0,30        | 20,34 | 19,34 |
| Nudo N-14   | 0,61         | 36         | 0,08        | 0,10        | 0,17        | 0,17        | 20,66 | 19,66 |
| Nudo N-15   | 0,43         | 25         | 0,06        | 0,07        | 0,12        | 0,12        | 21,76 | 20,76 |
| Nudo N -16  | 0,63         | 37         | 0,08        | 0,11        | 0,17        | 0,17        | 21,48 | 20,48 |
| Nudo N-17   | 0,50         | 30         | 0,07        | 0,09        | 0,14        | 0,14        | 20,42 | 19,42 |
| <b>Suma</b> | <b>10,72</b> | <b>635</b> | <b>1,41</b> | <b>1,84</b> | <b>2,90</b> | <b>2,90</b> |       |       |

Fuente: EPANET, 2019.

En la Tabla 12, se presenta la identificación de cada tramo de tubería: Longitud, diámetro, caudal, rugosidad, velocidad, pérdidas y su estado, así como también los resultados de la simulación hidráulica con el caudal que transportaría cada una de ellas trabajando en estado pleno o permanente. De igual manera en la figura 12 se presenta la localización de los nodos y los correspondientes tramos de tuberías que conforman la red de distribución.

Los caudales establecidos por nudo, las longitudes de los tramos, las cotas en los distintos puntos y los diámetros asumidos constituyen el conjunto de parámetros y datos de entrada que pide el programa EPANET para la simulación de las tuberías matrices, para finalmente dar los resultados del diseño.

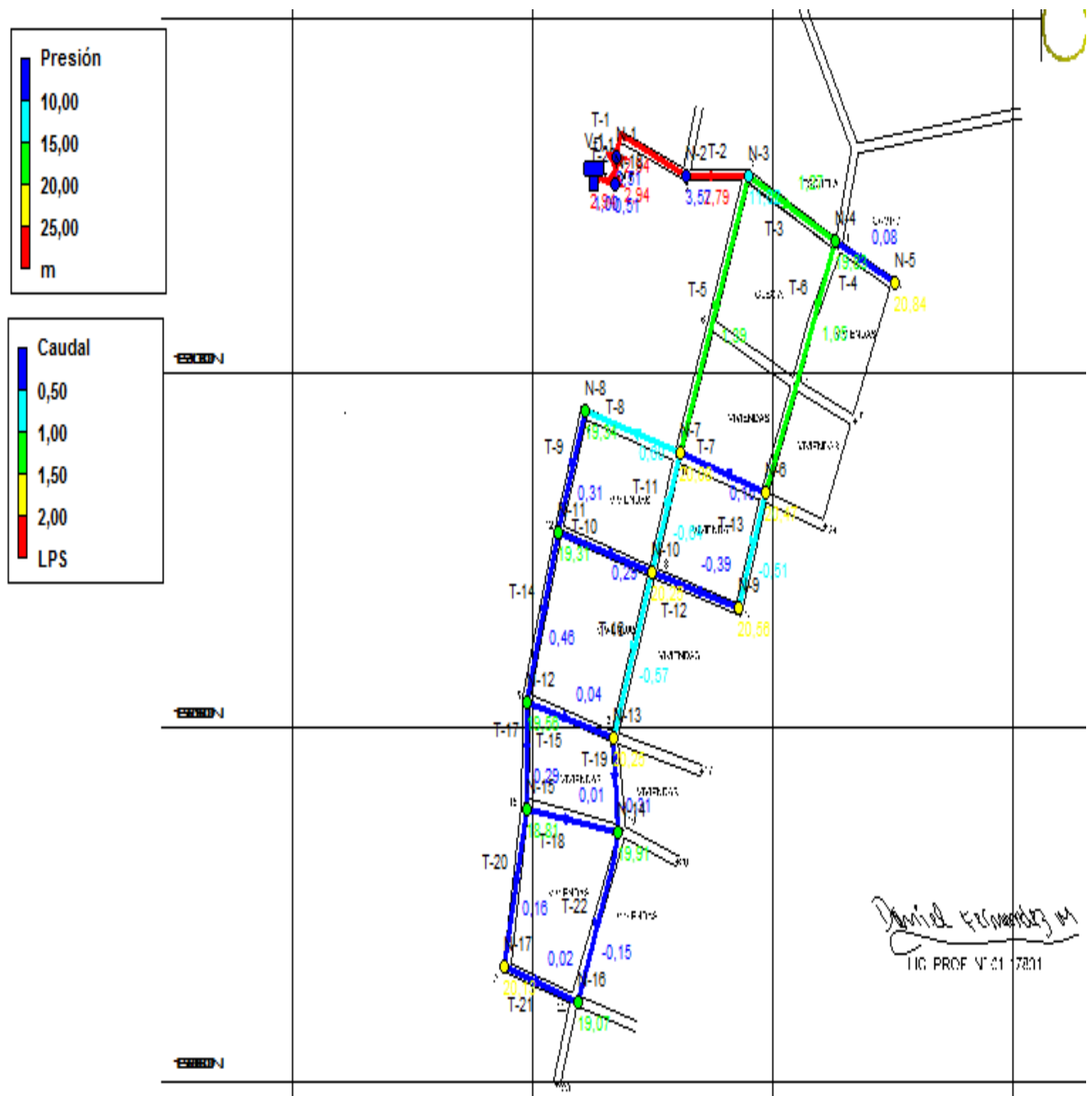
**Tabla 12.** Estados de los tramos de la red de distribución.

| RED DE DISTRIBUCIÓN ACUEDUCTO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE NEPOMUCENO |                 |                |                 |               |               |                             |         |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------------------|---------|
| ESTADOS DE LOS TRAMOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.                      |                 |                |                 |               |               |                             |         |
| id línea                                                              | longitud<br>(m) | diámetro<br>mm | rugosidad<br>mm | caudal<br>lps | veloc.<br>m/s | perdida<br>unitaria<br>m/km | estado  |
| Tubería<br>T-1                                                        | 74,36           | 55,7           | 0,0015          | 2,90          | 1,21          | 26,18                       | Abierta |
| Tubería<br>T-2                                                        | 52,5            | 55,7           | 0,0015          | 2,79          | 1,14          | 23,85                       | Abierta |
| Tubería<br>T-3                                                        | 82,01           | 55,7           | 0,0015          | 1,27          | 0,52          | 5,93                        | Abierta |
| Tubería<br>T-4                                                        | 55,54           | 55,7           | 0,0015          | 0,08          | 0,03          | 0,04                        | Abierta |
| Tubería<br>T-5                                                        | 167,78          | 55,7           | 0,0015          | 1,39          | 0,57          | 6,9                         | Abierta |
| Tubería<br>T-6                                                        | 155,63          | 55,7           | 0,0015          | 1,05          | 0,43          | 4,25                        | Abierta |
| Tubería<br>T-7                                                        | 74,51           | 55,7           | 0,0015          | 0,15          | 0,06          | 0,13                        | Abierta |
| Tubería<br>T-8                                                        | 83,34           | 55,7           | 0,0015          | 0,6           | 0,25          | 1,6                         | Abierta |
| Tubería<br>T-9                                                        | 67,54           | 55,7           | 0,0015          | 0,31          | 0,13          | 0,52                        | Abierta |

|                 |        |      |        |       |      |      |         |
|-----------------|--------|------|--------|-------|------|------|---------|
| Tubería<br>T-10 | 82,27  | 55,7 | 0,0015 | 0,29  | 0,12 | 0,46 | Abierta |
| Tubería<br>T-11 | 72,69  | 55,7 | 0,0015 | -0,64 | 0,26 | 1,8  | Abierta |
| Tubería<br>T-12 | 75,74  | 55,7 | 0,0015 | -0,39 | 0,16 | 0,76 | Abierta |
| Tubería<br>T-13 | 68,64  | 55,7 | 0,0015 | -0,51 | 0,21 | 1,21 | Abierta |
| Tubería<br>T-14 | 101,08 | 55,7 | 0,0015 | 0,46  | 0,19 | 1,02 | Abierta |
| Tubería<br>T-15 | 75,74  | 55,7 | 0,0015 | 0,04  | 0,02 | 0,02 | Abierta |
| Tubería<br>T-16 | 99,47  | 55,7 | 0,0015 | -0,57 | 0,23 | 1,43 | Abierta |
| Tubería<br>T-17 | 61,51  | 55,7 | 0,0015 | 0,29  | 0,12 | 0,46 | Abierta |
| Tubería<br>T-18 | 77,66  | 55,7 | 0,0015 | 0,01  | 0,01 | 0,01 | Abierta |
| Tubería<br>T-19 | 54,66  | 55,7 | 0,0015 | -0,31 | 0,13 | 0,5  | Abierta |
| Tubería<br>T-20 | 91,28  | 55,7 | 0,0015 | 0,16  | 0,06 | 0,15 | Abierta |
| Tubería<br>T-21 | 64,6   | 55,7 | 0,0015 | 0,02  | 0,01 | 0,01 | Abierta |
| Tubería         | 102,2  | 55,7 | 0,0015 | -0,15 | 0,06 | 0,13 | Abierta |

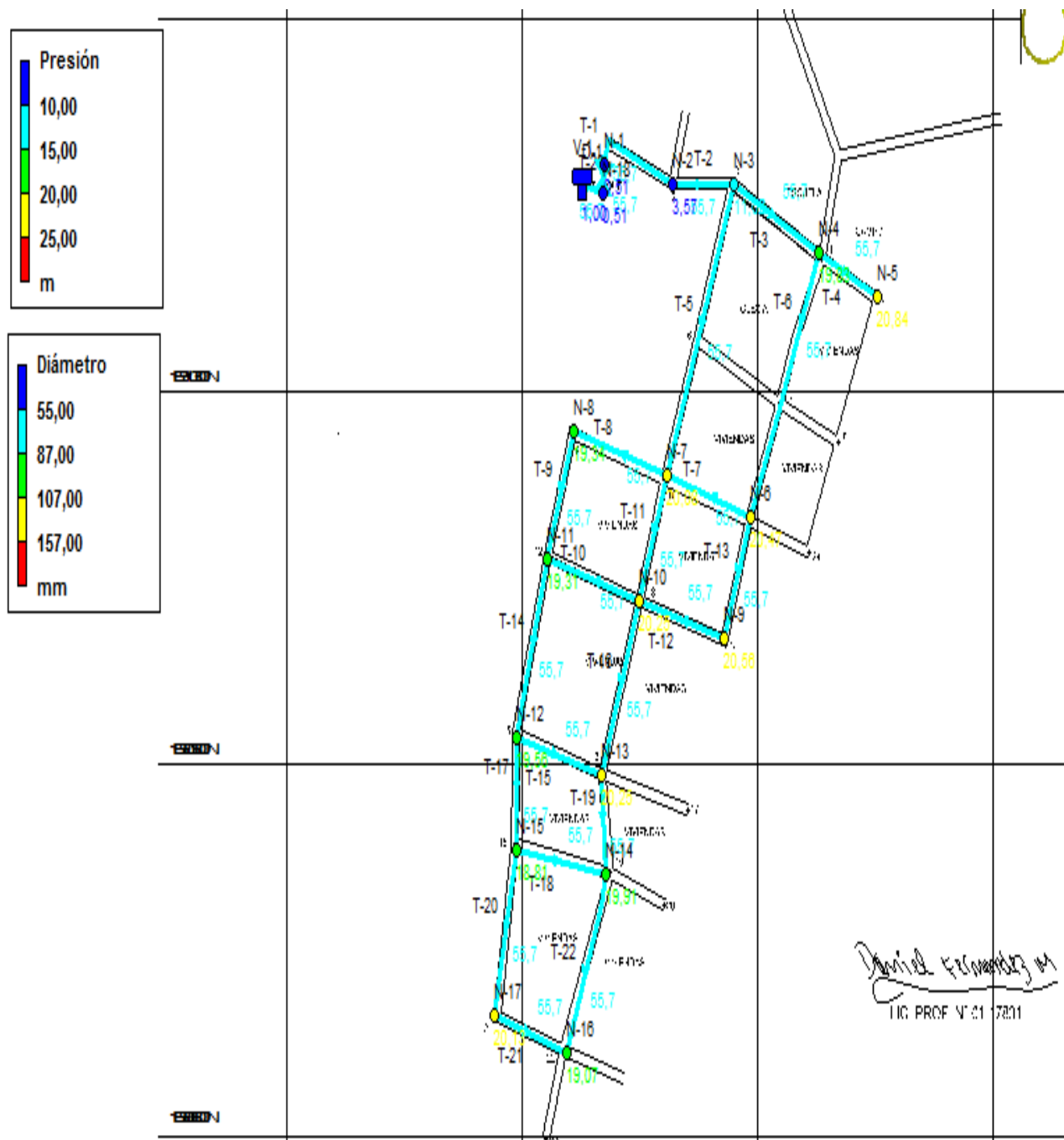
|                 |                 |      |        |      |      |       |         |
|-----------------|-----------------|------|--------|------|------|-------|---------|
| T-22            |                 |      |        |      |      |       |         |
| Tubería<br>T-23 | 18,59           | 55,7 | 0,0015 | 2,90 | 1,21 | 26,18 | Abierta |
| válvula<br>v1   | Sin valor       | 55,7 | 0,0015 | 2,90 | 1,21 | 0     | Abierta |
|                 |                 |      |        |      |      |       |         |
| <b>Suma</b>     | <b>1,859,34</b> |      |        |      |      |       |         |

**Fuente:** EPANET, 2019.



**Figura 13.** Resultados de presión y caudal en la Simulación de la Red de Distribución.

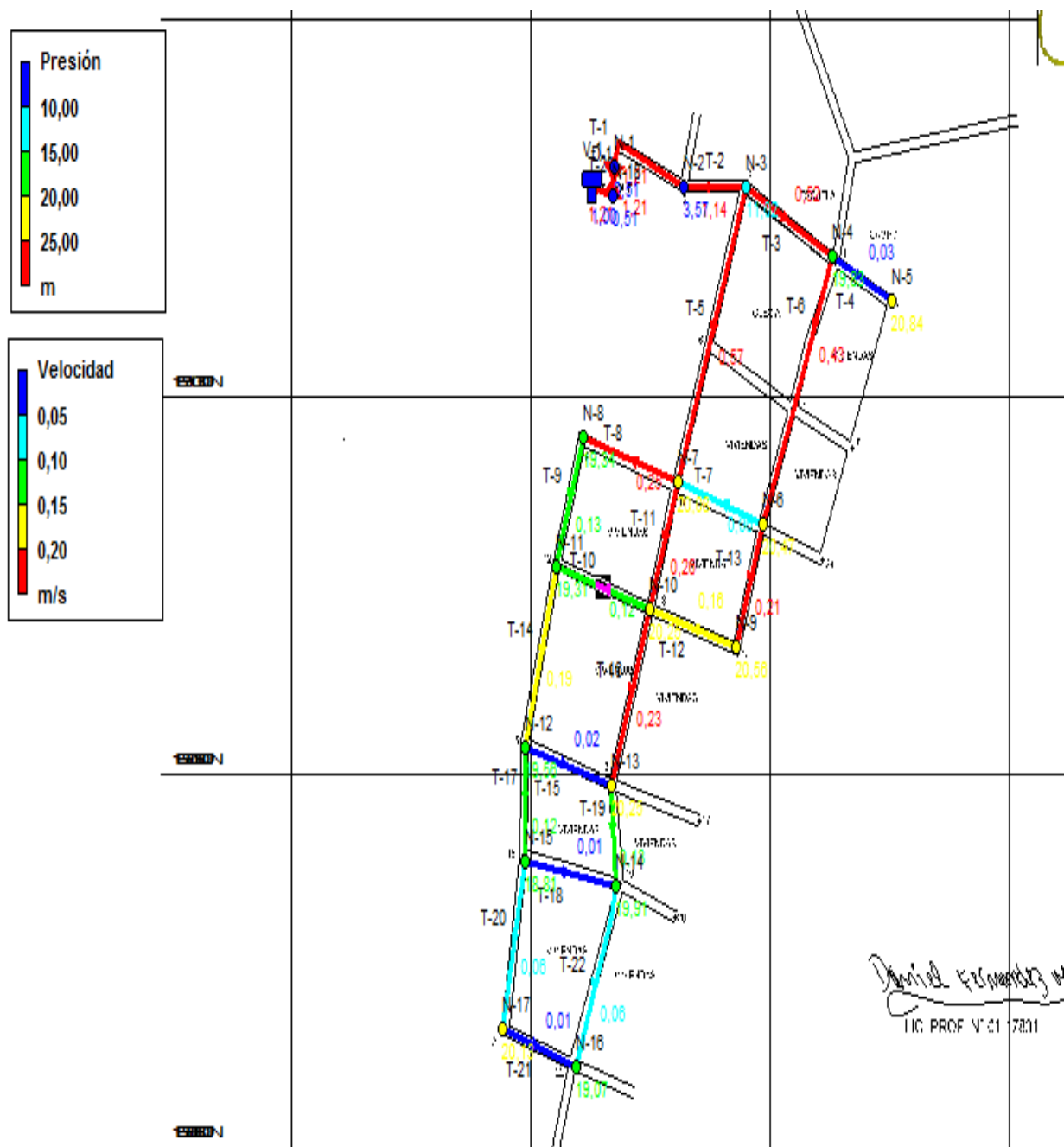
**Fuente:** EPANET, 2019.



**Figura 14.** Resultados de presión y diámetro en la Simulación de la Red de Distribución.

**Fuente:** EPANET, 2019.





**Figura 15.** Resultados de presión y velocidad en la Simulación de la Red de Distribución.

**Fuente:** EPANET, 2019.

Con el planteamiento de la red de distribución, será alimentada mediante una tubería de Ø 2" de PVC, RDE 32.5 desde el tanque de distribución localizado a en la parte mas alta del corregimiento que abastecerá a todos los sectores de la población.

**Tabla 13.** Estados de nudos de la red de distribución.

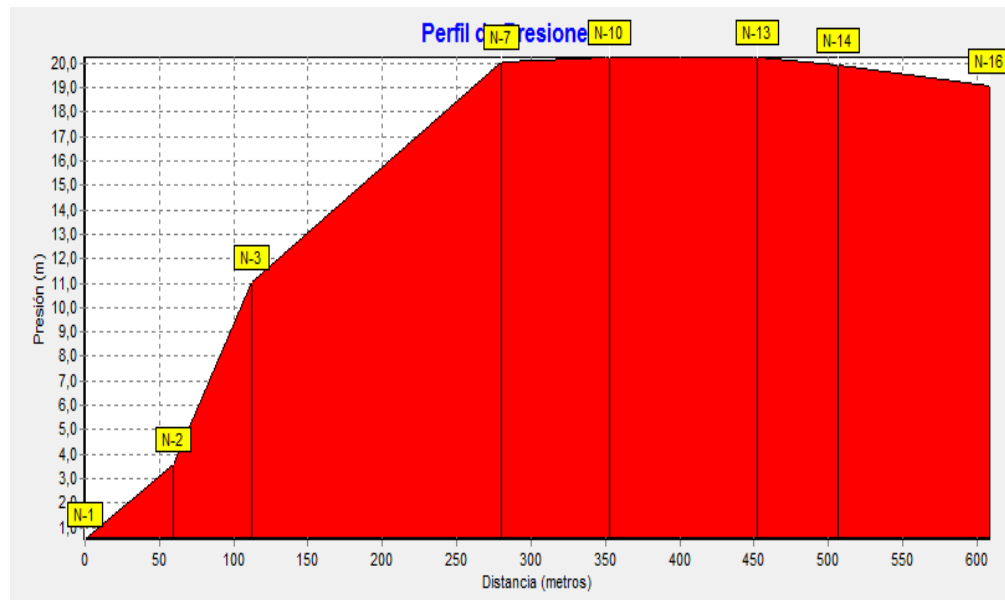
| <b>RED DE DISTRIBUCION ACUEDUCTO SAN JUAN DE NEPOMUCENO BOLIVAR.</b> |              |                         |                         |               |                |
|----------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|---------------|----------------|
| <b>ESTADO DE NUDOS DE LA RED DE DISTRIBUCION.</b>                    |              |                         |                         |               |                |
| <b>ID NUDOS</b>                                                      | <b>COTAS</b> | <b>DEMANDA<br/>BASE</b> | <b>DEMANDA<br/>BASE</b> | <b>ALTURA</b> | <b>PRESION</b> |
| Nudo N 1                                                             | 43,71        | 0,00                    | 0,00                    | 44,22         | 0,51           |
| Nudo N2                                                              | 38,71        | 0,15                    | 0,15                    | 42,28         | 3,57           |
| Nudo N3                                                              | 30,00        | 0,13                    | 0,13                    | 41,02         | 11,02          |
| Nudo N4                                                              | 20,71        | 0,14                    | 0,14                    | 40,54         | 19,83          |
| Nudo N5                                                              | 19,70        | 0,08                    | 0,08                    | 40,54         | 20,84          |
| Nudo N6                                                              | 19,41        | 0,39                    | 0,39                    | 39,88         | 20,47          |
| Nudo N7                                                              | 19,79        | 0,29                    | 0,29                    | 39,87         | 20,08          |
| Nudo N8                                                              | 20,39        | 0,29                    | 0,29                    | 39,73         | 19,56          |
| Nudo N9                                                              | 19,23        | 0,12                    | 0,12                    | 39,79         | 20,25          |
| Nudo N10                                                             | 19,49        | 0,18                    | 0,18                    | 39,74         | 19,31          |
| Nudo N11                                                             | 20,39        | 0,14                    | 0,14                    | 39,70         | 19,56          |
| Nudo N12                                                             | 20,04        | 0,13                    | 0,13                    | 39,60         | 20,25          |
| Nudo N13                                                             | 19,34        | 0,30                    | 0,30                    | 39,59         | 19,91          |

|                 |       |      |       |       |       |
|-----------------|-------|------|-------|-------|-------|
| Nudo N14        | 19,66 | 0,17 | 0,17  | 39,57 | 18,81 |
| Nudo N15        | 20,76 | 0,12 | 0,12  | 39,57 | 19,07 |
| Nudo N16        | 20,48 | 0,17 | 0,17  | 39,55 | 20,13 |
| Nudo N17        | 19,42 | 0,14 | 0,14  | 39,55 | 0,51  |
| DEPOSITO<br>N18 | 43,71 | 0,00 | -2,90 | 44,22 | 1,00  |

**Fuente:** autores, 2019.

En las figuras 13, 14 y 15 se puede apreciar el resultado de la simulación hidráulica considerando la presión generada por el tanque de distribución de 43.71 m en promedio, dada su localización en el nudo de conexión N-0, considerada como el depósito para la simulación hidráulica con el software EPANET, con lo cual se garantizó el cumplimiento del Artículo 82, el cual establece una presión mínima de 10 mca para el nivel de complejidad Bajo según el Artículo 61 de la Resolución 0330 de 2017. Cabe anotar que esta simulación fue realizada en período estático, es decir, considerando que siempre le entra el QMH a la red de distribución.

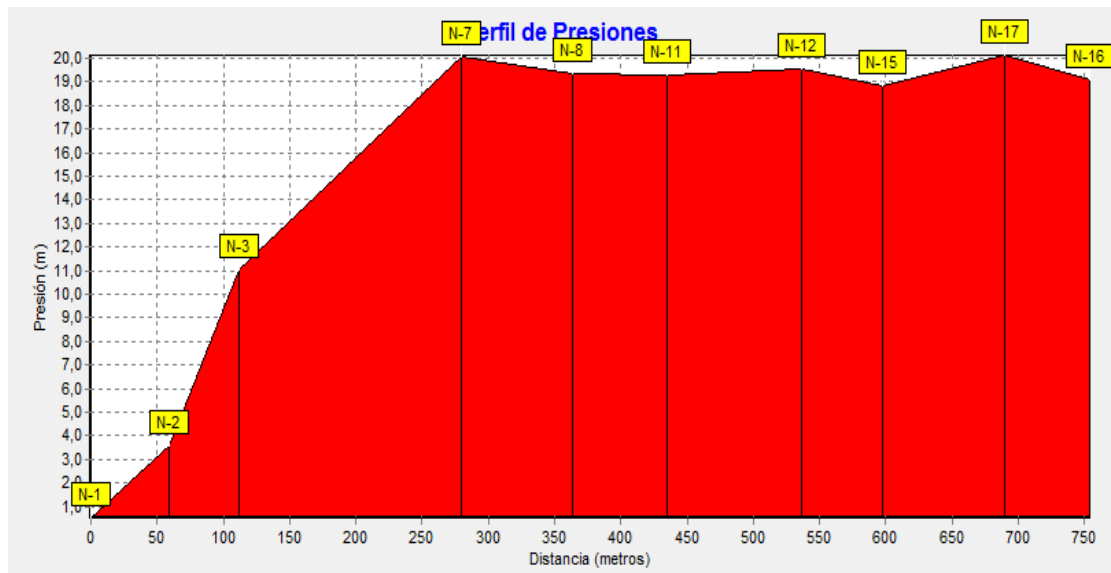
En el grafico 1, se puede apreciar los perfiles de presión en los diferentes Nodos que conforman la red de distribución



**Gráfico 1.** Resultados de la Simulación de la Red de Distribución.

**Fuente:** autores, 2019.

En el grafico 2, se puede apreciar que los Nodos N-1, N-2, las presiones están por debajo de la permitida en el artículo 61, pero estos corresponden al inicio de la red para localizar una válvula de control y un codo por cambio de dirección.



**Gráfico 2.** Resultados de la Simulación de la Red de Distribución.

**Fuente:** autores, 2019.

## CONCLUSIONES

- ✓ Se llevó a cabo el desarrollo del objeto general del proyecto, el cual es la optimización del sistema de acueducto del corregimiento de san Agustín bolívar, con todos los lineamientos básicos y estudios de los componentes de l sistema.
- ✓ Se realizó la proyección de la población, obteniendo un resultado a 25 años de 635 habitantes, aunque la población no proyecta un crecimiento en el modelo económico, si puede contar con un sistema de acueducto en óptimas condiciones.
- ✓ Se determinaron los caudales de diseño, obteniendo como demanda máxima diaria de 1.80, el cual corresponde al caudal de diseño de aducción, planta de tratamiento y conducción y la demanda máxima horaria de 2,90 litros/seg, el cual corresponde al caudal de diseño de la red de distribución.
- ✓ El programa EPANET permitió el diseño de las redes de distribución, teniendo en cuenta las cotas, las demandas de acuerdo a los consumos por nodos y su verificación con los parámetros analizados en la presente investigación.
- ✓ Las redes de distribución cuentan en general, con una muy buena presión, cumpliendo con lo propuesto en la resolución 0330 de 2017 en el artículo 61 logrando el abastecimiento de la mayoría de la población.
- ✓ El tanque de distribución existente garantiza su almacenamiento y distribución al horizonte del proyecto.

- ✓ Como la captación es común para el acueducto regional de las cabeceras municipales de San Juan Nepomuceno, San Jacinto y de los corregimientos de San Agustín, San José del Peñón y Corralito, la empresa encargada de su operación y mantenimiento garantizará la continuidad en la prestación del servicio hasta la planta de tratamiento,

## RECOMENDACIONES

- ✓ Implementar el Diseño propuesto, con el cual se tendría un sistema que permite suplir la demanda de agua del corregimiento.
- ✓ Con la calidad del agua que se espera obtener con la planta de tratamiento, se garantiza el control de las enfermedades producidas a través del agua.
- ✓ Realizar mantenimiento preventivo a las redes de distribución, teniendo en cuenta todo lo desarrollado en la presente investigación.
- ✓ Para obtener una buena operación, esta investigación debe ser complementada con la elaboración de su respectivo manual de operación, para garantizar que los habitantes del corregimiento puedan crear su propio sistema operativo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN JUAN NEPOMUCENO. (2017). Plan de Ordenamiento Básico Territorial “PBOT de San Juan Nepomuceno”.
- ✓ AGUAS DE BOLIVAR (2014). Informe de construcción de obras de acueducto para la optimización del sistema de acueducto regional de los municipios de San Juan Nepomuceno y San Jacinto Bolívar.
- ✓ AMBITEST AMBIENTALES RESPONSABLES (2015). Manual para la recolección de las Muestras de Agua Contenida en Estanque y Superficie
- ✓ WILSON RICARDO MARTINEZ POLANIA, Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable De la Zona Urbana Del Municipio de San Vicente Del Caguan, Valledupar, Universidad Popular Del Cesar, Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, 2014.
- ✓ LINA MARCELA MARTINEZ GALINDO, HEIBER QUINTERO MONTERO, Optimización de los Componentes del Sistema de Acueducto del Corregimiento de La Loma de Calenturas, Municipio del Cesar, Valledupar, Universidad Popular del Cesar, Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, 2016.
- ✓ DAVID CAMILO QUIÑONES SALCEDO, GISELLE CAMILA ROJAS BERNAL, Diseño del plan de Optimización de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Vereda el Tobal, Subachoque, Bogotá D.C, Universidad Santo Tomas, Facultad de Ingeniería Ambiental, 2017.
- ✓ SANDRA MILENA SANCHEZ GAMBA, MARIA PAULA PEÑA BERNAL, Propuesta Para el Mejoramiento de la Planta de Tratamiento de Agua Potable



del Municipio de Bituima, Cundinamarca, Bogotá D.C, Universidad de La Salle, Facultad de Ingenierías, 2011.

- ✓ ANDRES LUNA BENAVIDEZ, YALI MILENA ESPELETA, Diseño, Asesoría, Consultoría y Mejoramiento de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado en el Departamento de Cundinamarca, Bogotá D.C, Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería, 2006.
- ✓ NIBALDO CABRERA RAMIREZ, Propuesta Para el Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de Agua para los Habitantes de la vereda “el tablón” del Municipio de Choconta, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, 2015.
- ✓ DAVID LEONARDO BENAVIDES GARZON, MILDRED YOHANA CASTRO MOLANO, HERNAN MAURICIO VIZCAINO CAGUEÑO, Optimización del Acueducto por Gravedad del Municipio de Timana (Huila), Bogotá, D.C, Universidad de La Salle, Facultad de Ingeniería Civil, 2006.
- ✓ JERSON HERNAN SAAVEDRA BOLIVAR, Diagnostico y Optimización de la planta de tratamiento de agua potable municipio de puente nacional, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Escuela de Ingeniería Civil, 2005.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Proyecciones para la población del corregimiento implementando el método aritmético.

|                 |            | ARITMETRICO |                 |
|-----------------|------------|-------------|-----------------|
| <b>Puc-2018</b> | 556        | <b>Año</b>  | <b>Pf (Hab)</b> |
| <b>Tuc</b>      | 2018       | 2018        | 556             |
| <b>K</b>        | 2,83333333 | 2019        | 559             |
|                 |            | 2020        | 562             |
|                 |            | 2021        | 565             |
|                 |            | 2022        | 567             |
| <b>K-2015</b>   | 3          | 2023        | 570             |
| <b>K-2016</b>   | 1,5        | 2024        | 573             |
| <b>K-2017</b>   | 4          | 2025        | 576             |
| <b>K-prom</b>   | 2,83333333 | 2026        | 579             |
|                 |            | 2027        | 582             |
|                 |            | 2028        | 584             |
|                 |            | 2029        | 587             |
|                 |            | 2030        | 590             |
|                 |            | 2031        | 593             |
|                 |            | 2032        | 596             |
|                 |            | 2033        | 599             |
|                 |            | 2034        | 601             |
|                 |            | 2035        | 604             |
|                 |            | 2036        | 607             |
|                 |            | 2037        | 610             |
|                 |            | 2038        | 613             |
|                 |            | 2039        | 616             |

|  |      |     |
|--|------|-----|
|  | 2040 | 618 |
|  | 2041 | 621 |
|  | 2042 | 624 |
|  | 2043 | 627 |
|  | 2044 | 630 |

**Fuente:** autores, 2019.

**Anexo 2.** Proyecciones para la población del corregimiento implementando el método geométrico.

|                 |            | <b>GEOMÉTRICO</b> |                 |
|-----------------|------------|-------------------|-----------------|
| <b>Puc-2018</b> | 556        | <b>Año</b>        | <b>Pf (Hab)</b> |
| <b>Tuc</b>      | 2018       | 2018              | 556             |
| <b>r-prom</b>   | 0,00513333 | 2019              | 559             |
|                 |            | 2020              | 562             |
|                 |            | 2021              | 565             |
|                 |            | 2022              | 568             |
| <b>r-2015</b>   | 0,0055     | 2023              | 570             |
| <b>r-2016</b>   | 0,0027     | 2024              | 573             |
| <b>r-2017</b>   | 0,0072     | 2025              | 576             |
| <b>r-prom</b>   | 0,00513333 | 2026              | 579             |
|                 |            | 2027              | 582             |
|                 |            | 2028              | 585             |
|                 |            | 2029              | 588             |
|                 |            | 2030              | 591             |
|                 |            | 2031              | 594             |
|                 |            | 2032              | 597             |
|                 |            | 2033              | 600             |
|                 |            | 2034              | 603             |

|  |      |     |
|--|------|-----|
|  | 2035 | 607 |
|  | 2036 | 610 |
|  | 2037 | 613 |
|  | 2038 | 616 |
|  | 2039 | 619 |
|  | 2040 | 622 |
|  | 2041 | 625 |
|  | 2042 | 629 |
|  | 2043 | 632 |
|  | 2044 | 635 |

**Fuente:** autores, 2019.

**Anexo 3.** Proyecciones para la población del corregimiento implementando el método exponencial.

|                    |         | <b>EXPONENCIAL</b> |                 |
|--------------------|---------|--------------------|-----------------|
| <b>Pci-2015</b>    | 556     | <b>Año</b>         | <b>Pf (Hab)</b> |
| <b>Tci</b>         | 2018    | 2018               | 556             |
| <b>r-prom</b>      | 0,0054  | 2019               | 559             |
|                    |         | 2020               | 562             |
|                    |         | 2021               | 565             |
|                    |         | 2022               | 568             |
| <b>K-2016-2015</b> | 0,0109  | 2023               | 571             |
| <b>K-2017-2016</b> | -0,0018 | 2024               | 574             |
| <b>K-2018-2017</b> | 0,0072  | 2025               | 577             |
| <b>K-prom</b>      | 0,0054  | 2026               | 581             |
|                    |         | 2027               | 584             |
|                    |         | 2028               | 587             |
|                    |         | 2029               | 590             |

|  |      |     |
|--|------|-----|
|  | 2030 | 593 |
|  | 2031 | 596 |
|  | 2032 | 600 |
|  | 2033 | 603 |
|  | 2034 | 606 |
|  | 2035 | 609 |
|  | 2036 | 613 |
|  | 2037 | 616 |
|  | 2038 | 619 |
|  | 2039 | 623 |
|  | 2040 | 626 |
|  | 2041 | 630 |
|  | 2042 | 633 |
|  | 2043 | 636 |
|  | 2044 | 640 |
|  |      |     |

**Fuente:** autores, 2019.



Certificado ICONTEC 1826-1 ISO 9001:2008 - Red de Laboratorios ICONTEC Certificado INVIMA  
0402-858-03 Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos de Alimentos y Bebidas  
Resolución 4353 de Octubre 23 de 2013. Ministerio de la Protección Social autorización para Control de Calidad de Agua Potable  
Reservación de la Acreditación por el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005. Resolución 1432 de Junio 14 de 2011  
Extensión de Acreditación IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005. Resolución 1732 de Julio 18 de 2011  
Extensión de Acreditación IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005. Resolución 3628 de Mayo 23 de 2012  
Extensión de Acreditación IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005. Resolución 2629 de Octubre 24 de 2013  
Registro de Laboratorio para Control de Calidad de Insumos y Productos Agrícolas según Resolución del ICA 00491 y 00499  
Acreditación de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005. Resolución 64860 de Diciembre 15 de 2009  
Calificación RUC del Consejo Colombiano de Seguridad - Sistema Unificado de Registro de Evaluación de Programas de Seguridad Ocupacional y Medio Ambiente  
Vía 42 # 75-205 - BARRANQUILLA - COLOMBIA - Tel: 353 4445- 3695069 - 3606748 - TELEFAX: 3600353  
www.lmb.com.co



## INFORME DE RESULTADOS No 11916

### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

CLIENTE: M & E INGENIERIA LTDA  
SOLICITANTE: JAVIER ESCORCIA  
DIRECCIÓN: CARRERA 53 # 58-78 OF 404

NIT: 802.010.145-1  
CIUDAD: BARRANQUILLA  
TELÉFONO: 3680734-3008024900

### INFORMACIÓN MUESTRA

No. TOTAL DE MUESTRAS: 4  
MUESTRA No: 11916-1  
SITIO DE MUESTREO: NO INFORMADO  
COORDENADAS: NO INFORMADO  
TOMADA POR: CLIENTE  
NATURALEZA: AGUA SUPERFICIAL  
NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA CRUDA SAN TUAN NEPOMUCENO

IDENTIFICACIÓN POR: CLIENTE  
TIPO DE MUESTREO: NO INFORMADO  
FECHA Y HORA DE TOMA: NO INFORMADO  
FECHA DE RECIBIDO: 2014/03/31  
FECHAS DE ANÁLISIS: 2014/03/31 al 2014/04/16  
EMISIÓN DEL INFORME: 2014/04/16

### RESULTADOS - MUESTRA No. 11916-1

| ANÁLISIS REALIZADO    | UNIDAD                 | RESULTADOS     | LÍMITE DE DETECCIÓN | METODOLOGÍA UTILIZADA A NORMA DE REFERENCIA                                                                                          |
|-----------------------|------------------------|----------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FISICOQUÍMICOS</b> |                        |                |                     |                                                                                                                                      |
| ALCALINIDAD           | mgCaCO <sub>3</sub> /L | 54,5           | ---                 | TITULOMÉTRICO - STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APHA, APHA, WEF - 2520B (ED 22, 2012)                     |
| pH                    | unidades               | 7,41           | ---                 | ELECTROMÉTRICO - STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 4500 H+ B (ED 22, 2012)                                    |
| CONDUCTIVIDAD         | uS/cm                  | 170,80         | ---                 | ELECTROMÉTRICO - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, APHA-AWWA-WEF, 2510-B (ED 22, 2012)                   |
| DUREZA TOTAL          | mg/L                   | 68,5           | ---                 | TITULOMÉTRICO - EDTA - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, APHA-AWWA-WEF 2540-C (ED 22B, 2012)             |
| NITRITOS              | mgNO <sub>2</sub> -N/L | 0,030          | ---                 | COLORIMÉTRICO - STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APHA, APHA, WEF, 4500 NO <sub>2</sub> -B (ED 22, 2012)    |
| OLOR                  | ---                    | CARACTERÍSTICO | ---                 | ORGANOLEPTICO                                                                                                                        |
| SABOR                 | ---                    | CARACTERÍSTICO | ---                 | ORGANOLEPTICO                                                                                                                        |
| SULFATOS              | mg SO <sub>4</sub> /L  | 35,00          | ---                 | TURBIDIMÉTRICO - STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APHA, APHA, WEF, 4500-SO <sub>4</sub> -2/E (ED 22, 2012) |
| TURBIEDAD             | NTU                    | 210,00         | ---                 | NEFELOMÉTRICO - STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APHA, APHA, WEF - 2130 B (ED 22, 2012)                    |
| HIERRO                | mg Fe/L                | 4,9            | ---                 | ABSORCIÓN ATÓMICA - STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APHA, APHA, WEF 3530E - 3111B (ED 22, 2012)           |

AMIRA H. DE ANAYA  
GERENTE

ADRIANA CIRO  
DIRECTORA TÉCNICA

ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN LOS PARÁMETROS ANALIZADOS. ESTOS RESULTADOS NO PUEDEN SER REPRODUCIDOS PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. EL PLAZO LÍMITE PARA ACEPTAR OBSERVACIONES CON RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ES DE 90 DÍAS SIGUIENTES A LA ENTREGA DE ESTE INFORME. TIEMPO DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS, SI NO SE RECIBEN OBSERVACIONES SE DA POR ACEPTADA LA CONFORMIDAD DEL INFORME Y SE PROCEDERÁ A LA DEVOLUCIÓN DE LAS MUESTRAS AL CLIENTE PARA QUE ÉSTE SE ENCARGUE DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MISMAS. LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS INFORMES TRANSMITIDOS POR VÍA FAX QUEDA SUJETA A LA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE.

VER RESPALDO  
Página 1

**Anexo 4. Resultados del análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a la fuente de abastecimiento.**

**Fuente:** laboratorio microbiológico de barranquilla.



Certificado ICONTEC 1005-1 ISO 9001:2008 • Red de Laboratorios ICONTEC Certificado ENIMA  
0402-855-23 Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos de Alimentos y Bebidas  
Resolución 4353 de Octubre 23 de 2013, Ministerio de la Protección Social autorizada para Control de Calidad de Agua Potable  
Renovación de la Acreditación por el IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005 Resolución 1432 de junio 14 de 2011  
Extensión de Acreditación IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005 Recurso de Reposición según Resolución 1733 de julio 19 de 2011  
Extensión de Acreditación IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005 Resolución 3923 de mayo 23 de 2012  
Extensión de Acreditación IDEAM bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005 Resolución 2629 de octubre 24 de 2013  
Registro de Laboratorios para Control de Calidad de Insumos y Productos Agropecuarios según Resolución del ICA 03491 y 032489  
Acreditación de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) bajo NTC-ISO/IEC 17025:2005 Resolución 04666 de Diciembre 15 de 2009  
Calificación RUC del Consejo Colombiano de Seguridad - Sistema Unificado de Registro de Evaluación de Programas de Salud Ocupacional y Medio Ambiente  
Vía 42 # 76-205 • BARRANQUILLA - COLOMBIA • Tel: 5534445- 3590829 - 3908749 • TELEFAX: 3820352  
www.BTS-LMB.CO



## INFORME DE RESULTADOS No 11916

### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

CLIENTE: M & E INGENIERIA LTDA  
SOLICITANTE: JAVIER ESCORCIA  
DIRECCIÓN: CARRERA 53 # 58-78 OF 404

NIT: 802.010.145-1  
CIUDAD: BARRANQUILLA  
TELÉFONO: 3680734-3608024900

### INFORMACIÓN MUESTRA

No. TOTAL DE MUESTRAS: 4  
MUESTRA No: 11916-1  
SITIO DE MUESTREO: NO INFORMADO  
COORDENADAS: NO INFORMADO  
TOMADA POR: CLIENTE  
NATURALEZA: AGUA SUPERFICIAL  
NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA CRUDA SAN TUAN NEPOMUCENO

IDENTIFICACIÓN POR: CLIENTE  
TIPO DE MUESTREO: NO INFORMADO  
FECHA Y HORA DE TOMA: NO INFORMADO  
FECHA DE RECIBIDO: 2014/03/31  
FECHAS DE ANÁLISIS: 2014/03/31 al 2014/04/16  
EMISIÓN DEL INFORME: 2014/04/18

### RESULTADOS - MUESTRA No. 11916-1

| ANÁLISIS REALIZADO     | UNIDAD         | RESULTADOS | LÍMITE DE DETECCIÓN | METODOLOGÍA UTILIZADA NORMA DE REFERENCIA                                                                                                    |
|------------------------|----------------|------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>FISICOQUÍMICOS</b>  |                |            |                     |                                                                                                                                              |
| MAGNESIO               | mg Mg/L        | 1,5        | ---                 | ABSORCIÓN ATÓMICA-STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APWA, APHA, WEF, 303B - 313° B (ED 22, 2012)                    |
| MANGANESO              | mg Mn/L        | 0,12       | ---                 | ABSORCIÓN ATÓMICA-STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APWA, APHA, WEF 3030 E - 511° B (ED 22 2012)                    |
| CALCIO                 | mg Ca/L        | 20,2       | ---                 | ABSORCIÓN ATÓMICA - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, APWA, APHA, WEF 3030 E, 3111B (ED 22,2012)                 |
| CLORUROS               | mg Cl/L        | 7,8        | ---                 | TITULOMÉTRICO - STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APWA, APHA, WEF - 4500 Cl B (ED 22,2012)                          |
| COLOR VERDADERO        | UPC            | 28         | ---                 | COMPARACIÓN VISUAL, STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, APWA, APHA, WEF, 2120-B (ED 22,2012)                       |
| <b>MICROBIOLOGÍA</b>   |                |            |                     |                                                                                                                                              |
| RECuento de COLIFORMES | UFC/100g<br>m3 | <4000      | ---                 | TÉCNICA DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APWA - APHA - WEF ( 9222 B ), ED 22 2012 |
| RECuento de E. COLI    | UFC/100g<br>m3 | <2000      | ---                 | TÉCNICA DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA - STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER - APWA - APHA - WEF ( 9222 C ), ED 22 2012 |

*A.P.*

*Loh*

AMIRA H. DE ANAYA  
GERENTE

*P.P.* *Jh*

VIRGINIA CARDENAS  
JEFE AREA MICROBIOLOGIA

ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS EN LOS PARÁMETROS ANALIZADOS. ESTOS RESULTADOS NO PUEDEN SER REPRODUCIDOS PARCIALMENTE SIN LA AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL LABORATORIO. EL PLAZO LÍMITE PARA ACEPTAR OBSERVACIONES CON RESPECTO A LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS ES DE 4 DÍAS SIGUIENTES A LA ENTREGA DE ESTE INFORME. TIEMPO DE CUSTODIA DE LAS MUESTRAS, SI NO SE RECIBEN OBSERVACIONES, SE DA POR ACEPTADA LA CONFORMIDAD DEL INFORME Y SE PROCEDE A LA DEVOLUCIÓN DE LAS MUESTRAS AL CLIENTE PARA QUE ÉSTE SE ENCARGUE DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MISMAS. LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS INFORMES TRANSMITIDOS POR VÍA FAX QUEDA SUJETA A LA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE.

## Anexo 5. Resultados del análisis de parámetros físicoquímicos y microbiológicos a la fuente de abastecimiento.

Fuente: laboratorio microbiológico de barranquilla.