



Optimización de la capacidad hidráulica para el manejo de aguas residuales en la avenida quinta
sur del municipio de Ibagué departamento del Tolima

Andrés Mauricio Varón

Andrés Gonzalo Gómez Garzón

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual y a Distancia

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

mayo de 2022

Optimización de la capacidad hidráulica para el manejo de aguas residuales en la avenida quinta
sur del municipio de Ibagué departamento del Tolima

Andrés Mauricio Varón

Andrés Gonzalo Gómez Garzón

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Asesor(a)

Liliana Patricia Olivera Portela

Administradora financiera, magister en administración

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual y a Distancia

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

mayo de 2022

Contenido

| | |
|---|----|
| Lista de tablas | 6 |
| Lista de figuras | 7 |
| Resumen | 8 |
| Abstract..... | 9 |
| Introducción..... | 10 |
| 1. Planteamiento del problema | 12 |
| 1.1. Descripción del problema | 14 |
| 1.2. Diagrama de Ishikawa | 15 |
| 1.3. Análisis del diagrama de Ishikawa | 16 |
| 2. Objetivos | 17 |
| 2.1. Objetivo general..... | 17 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 17 |
| 3. Justificación..... | 18 |
| 4. Marco Referencial..... | 19 |
| 4.1. Antecedentes | 19 |
| 4.3. Marco Teórico | 22 |
| 4.3.1. Enfoques teóricos sobre la optimización de los sistemas de redes de alcantarillado | 26 |
| 4.4. Alcance o cobertura | 27 |
| 4.4.1. Características de la población objetivo y beneficios esperados | 28 |
| 4.4.2. Área de influencia geográfica | 31 |
| 5. Marco Metodológico. | 35 |
| 5.1. Tipos y métodos de investigación..... | 35 |
| 5.2. Ayudas para la recopilación de la Información..... | 35 |
| 5.3. Fuentes de información. | 36 |
| 5.4. Supuestos y restricciones..... | 36 |
| 5.4.1. Suposición del proyecto..... | 36 |
| 5.1.1. Restricciones del Proyecto..... | 37 |
| 6. Estudio del mercado del proyecto | 38 |
| 6.1. Economía del Mercado | 38 |

| | | |
|--------|---|----|
| 6.1.1. | Estructura del mercado..... | 38 |
| 6.1.2. | Estudio y proyección de la demanda del producto | 38 |
| 6.1.3. | Estudio de la oferta..... | 40 |
| 6.1.4. | Descripción de la PTAR..... | 43 |
| 6.2. | Investigación de los mercados..... | 44 |
| 6.2.1. | Estudio de mercado proveedor | 44 |
| 6.2.2. | Estudio de mercado distribuidor | 44 |
| 6.2.3. | Estudio de mercado consumidor | 44 |
| 6.2.4. | Estudio de mercado competidor | 45 |
| 6.3. | Plan de mercadeo | 45 |
| 6.3.1. | Planes y programas de producto | 45 |
| 6.3.2. | Planes y programas de precio | 45 |
| 6.3.3. | Planes y programas de logística..... | 45 |
| 7. | Estudio Técnico Del Proyecto..... | 47 |
| 7.1. | Tamaño del proyecto | 47 |
| 7.2. | Localización | 47 |
| 7.3. | Ingeniería del proyecto | 48 |
| 7.3.1. | Función de producción..... | 48 |
| 7.3.2. | Necesidades de equipo y maquinaria | 49 |
| 7.4. | Proceso de producción..... | 55 |
| 7.5. | Distribución de planta..... | 55 |
| 7.5.1. | Dependencias..... | 56 |
| 7.5.2. | Relación de proximidad | 57 |
| 8. | Estudio administrativo y legal del proyecto..... | 58 |
| 8.1. | Direccionamiento estratégico..... | 58 |
| 8.1.1. | Visión..... | 58 |
| 8.1.2. | Misión..... | 58 |
| 8.1.3. | Los Valores | 59 |
| 8.1.4. | Políticas de la empresa | 60 |
| 8.1.5. | Estructura organizacional | 61 |
| 8.1.6. | Valores corporativos | 61 |
| 8.2. | Contexto Legal | 62 |

| | | |
|--------|-------------------------------------|----|
| 8.2.1. | Tipo de empresa | 62 |
| 8.2.2. | Instancias Legales..... | 62 |
| 8.3. | Personal | 63 |
| 8.3.1. | Matriz de personal y funciones..... | 63 |
| 9. | Conclusiones | 66 |
| 10. | Recomendaciones | 67 |
| 11. | Bibliografía | 68 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Red de alcantarillados convencionales | 26 |
| Tabla 2. Red de alcantarillados no convencionales | 27 |
| Tabla 3. Características de la población en la comuna del proyecto | 28 |
| Tabla 4. Áreas de uso del suelo respecto a la comuna y al total urbano en la comuna 9 de Ibagué. | 30 |
| Tabla 5. Valores de operación (Valores 2021)..... | 41 |
| Tabla 6. Comparación de costos antes vs después de realizar el proyecto (Valores 2021) | 42 |
| Tabla 7. Equipo a utilizar en el levantamiento topográfico | 50 |
| Tabla 8. Ficha técnica retroexcavadora..... | 52 |
| Tabla 9. Ficha técnica apasionador | 53 |
| Tabla 10. Ficha técnica cortadora de asfalto..... | 54 |
| Tabla 11. Ficha técnica pala..... | 54 |
| Tabla 12. Porcentajes de participación consorciados..... | 62 |
| Tabla 13. Personal mínimo exigido | 63 |

Lista de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama de Ishikawa | 15 |
| Figura 2. Mapa de la división por usos del suelo de la comuna 9 de Ibagué..... | 30 |
| Figura 3. Ubicación del área del proyecto | 31 |
| Figura 4. Mapa localización de la ciudad de Ibagué..... | 32 |
| Figura 5. Mapa sección a tratar, Calle 60 hasta la calle 80 Avenida Mirolindo de la ciudad de Ibagué. | 34 |
| Figura 6. Densidad demográfica para la comuna 9 de Ibagué - Tolima | 39 |
| Figura 7. Planta de tratamiento de aguas residuales “EL TEJAR” | 40 |
| Figura 8. Mapa zona actual de proyecto | 47 |
| Figura 9. Detalle proceso constructivo | 49 |
| Figura 10. Estructura organizacional del Consorcio | 61 |

Resumen

El diseño de optimización de la capacidad hidráulica para llevar a cabo el manejo de las aguas residuales de la población ubicada en la avenida quinta sur del municipio de Ibagué - Tolima, es un proyecto que se encamina a favorecer las necesidades básicas de dicha población, con este proyecto se espera forjar una disminución en el impacto ambiental que se genera por la falta del tratamiento de los vertimientos en los diferentes puntos del sector, esto se debe a la deficiencia en la capacidad hidráulica presente en las tuberías, presentando una lenta evacuación de las mismas, generando un tipo de estancamiento de estas aguas, lo cual también puede ocasionar problemas de salud a la población que se encuentra cerca de la zona.

La metodología que se utilizó para el desarrollo del proyecto se basa en un enfoque cuantitativo, donde se tienen como alternativas diferentes artículos que tratan el tema de tratamiento de aguas residuales, con lo que se pretende conocer el proceso establecido para llevar a cabo la optimización de la capacidad hidráulica y así la disminución de los contaminantes es hasta su disposición final.

Palabras clave: PTAR, Alcantarillado, Red colectora, Aguas residuales.

Abstract

The optimization design of the hydraulic capacity to carry out the management of the residual waters of the population located in the south fifth avenue of the municipality of Ibagué - Tolima, is a project that is directed to favor the basic needs of said population, with This project is expected to forge a decrease in the environmental impact that is generated by the lack of treatment of the discharges in the different points of the sector, this is due to the deficiency in the hydraulic capacity present in the pipes, presenting a slow evacuation of the themselves, generating a type of stagnation of these waters, which can also cause health problems to the population that is near the area.

The methodology that was used for the development of the project is based on a quantitative approach, where different articles that deal with the issue of wastewater treatment are taken as alternatives, with which it is intended to know the process established to carry out the optimization of hydraulic capacity and thus the reduction of contaminants is up to their final disposal.

Keywords: PTAR, Sewerage, Collection network, Wastewater.

Introducción

En la actualidad, la ciudad de Ibagué presenta una variedad de problemas en cuanto al sistema de alcantarillado, el cual carece de una red óptima capaz de satisfacer las necesidades de la población en diferentes puntos de la ciudad. Estos problemas han llevado al colapso de muchas de las redes de alcantarillado, siendo el factor principal el crecimiento exponencial que se ha presentado la ciudad de Ibagué en su población.

Por otro lado, la falta de proyección en cuanto a la población conlleva a que el sistema hidráulico no satisfaga la demanda hidráulica. Debido al crecimiento de la población que aumenta la demanda de usuarios que necesitan de la prestación del servicio, por lo tanto, todo el sistema de alcantarillado se ha venido afectando en la última década puesto que la ciudad no se había proyectado para este crecimiento poblacional. Debido a esto, es necesario mejorar las redes existentes para aumentar su capacidad hidráulica y satisfacer las necesidades actuales de la población, optimizando técnicamente la red de alcantarillado se generaría un impacto positivo en la calidad de vida de los usuarios del sector y en la prestación del servicio, como lo es la zona del proyecto que comprende desde la calle 60 hasta la calle 80 con avenida mirolindo.

Se efectúa este trabajo con el fin de concebir soluciones de lo que implicaría la densificación del sector al sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para la nueva población. Así mismo, se instauran los protocolos y parámetros a seguir para ejecutar el estudio y determinación de la red de alcantarillado sanitario y pluvial del sector, con la ayuda de encuestas realizadas en la zona, artículos científicos y conocimientos previos adquiridos a lo largo de la carrera profesional.

El siguiente escrito presenta una de serie de apartados que apoyan el desarrollo de los objetivos instaurado en este mismo trabajo. El proceso de mejoramiento del alcantarillado existente del sector objeto del proyecto estuvo basado en el Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS).

1. Planteamiento del problema

La ciudad de Ibagué cuenta actualmente con aproximadamente 541.101 habitantes ((DANE), 2020), de los cuales 788 pertenecen a la zona del proyecto, los habitantes de esta localidad cuentan con un sistema de alcantarillado y manejo de aguas residuales deficiente, lo cual genera un grave problema, tanto ambiental como en la salud pública para los habitantes perjudicando de tal manera que los vertimientos de dichas aguas afloran a la calle principal, llevando consigo una dificultad importante de saneamiento afectando a la salud pública de la comunidad.

El inconveniente actual se evidencia en diferentes zonas de la ciudad, sin embargo, el presente proyecto contempla el análisis del sector Mirolindo con calle sur. Donde las patologías se manifiestan de diversas formas por todo el tramo a intervenir, provocando afectaciones a los usuarios del sector como viviendas y locales comerciales, por otra parte, perjudicando la capa de rodadura de las calles y las alcantarillas existentes. Evidenciando los efectos que resultan producto de no tratar adecuadamente las aguas residuales, algo similar se vio reflejado en febrero del año 2018, en un sector de la ciudad de Santa Marta, donde por las malas intervenciones que tuvo la empresa Metro agua al no hacer un tratamiento eficaz y capaz de suplir las necesidades de la población en cuanto a aguas servidas y residuales de la ciudad, teniendo como efecto graves inundaciones en este sector de la ciudad, llevando a la superficie las aguas negras tras debido a la obstrucción de la tubería de alcantarillado.

Esta problemática se logró solucionar en un 80% al entregar la administración del servicio a la empresa de servicios públicos Essmar, la cual si logro hacer una intervención más profunda y prestando correctamente el servicio a la comunidad.

El trayecto a intervenir se ubica en la calle 60 hasta la calle 80 con avenida mirolindo, donde el alcantarillado existente presenta incongruencias en el diámetro de la tubería y a su vez, están contruidos con material inconsistente que no hace parte de la resolución 0330 del 2017 (Ministerio de Vivienda, 2017)

Estas patologías mencionadas anteriormente resaltan uno de los causantes principales, que es el deterioro presente en la tubería de alcantarillado principal y el desgaste de los materiales utilizados en dicha construcción. Este desgaste provoca que las aguas residuales no se traten en su totalidad. Una de las quejas principales de los habitantes del sector, se debe a la emisión constante de fuertes olores, los cuales ellos mismos describen como fétido y nauseabundo, alusivo a los residuos que evacua cada una de las viviendas y locales comerciales. Éste inconveniente ha afectado a la comunidad hace ya varios años, para lo cual la comunidad se ha pronunciado debidamente hacia la empresa encargada de tratar y solucionar estos inconvenientes (IBAL S.A. E.S.P).

1.1. Descripción del problema

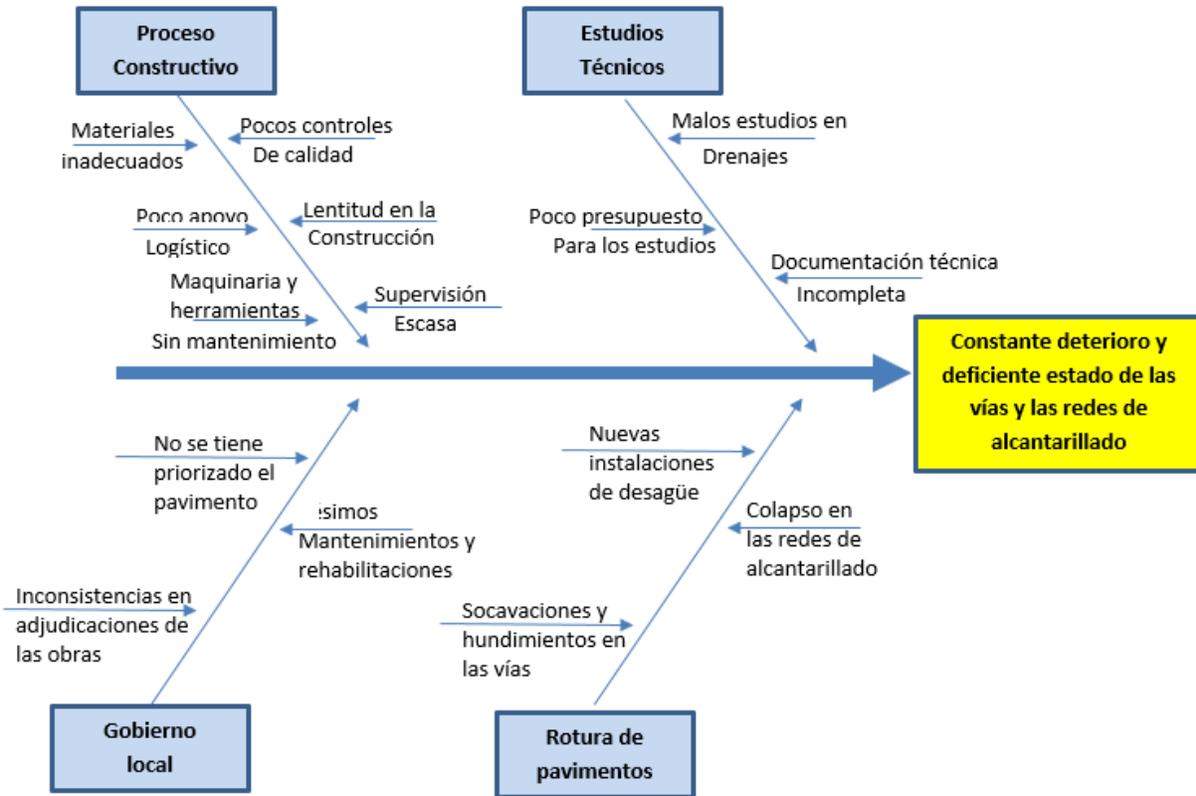
El presente proyecto que tiene por nombre, “OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN LA AVENIDA QUINTA SUR DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ DEPARTAMENTO DEL TOLIMA”, acepta el compromiso de aportar a la comunidad nombrada anteriormente, un diseño de alcantarillado (combinado) teniendo en cuenta lo definido en la Resolución 0330. (Ministerio de Vivienda, 2017)

Debido a que, en esta parte del sector se evidencia un problema que consiste en la falta de un sistema de alcantarillado óptimo que garantice la correcta circulación de las aguas residuales y de escorrentía pluvial del sector, puesto que han ido provocando grandes problemas para esta comunidad, de las cuales los habitantes han declarado no solo el inconformismo a esta problemática que a diario se manifiesta en la estructura de las viviendas y pavimento del sector, sino también el malestar físico que genera los fuertes olores ocasionados por el afloramiento de las aguas residuales a la vía pública.

Por lo anterior, se hace necesario construir la red de alcantarillado disminuyendo los impactos que se generan por las aguas residuales, por lo que con estas construcciones se busca mejorar la calidad de vida de las personas.

1.2. Diagrama de Ishikawa

Figura 1. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Autores

1.3. Análisis del diagrama de Ishikawa

Analizando las causas por las que se afecta la estructura de pavimento en la ciudad de Ibagué, podría decirse que se estas se presentan desde los procesos constructivos que se realizan de manera deficiente, debido al crecimiento poblacional de la ciudad, el cual aumenta la demanda de servicios públicos, lo que implica el desgaste de la capa de rodadura. Esta situación se ve más complicada cuando el colapso se presenta de manera constante en las redes de alcantarillado de la ciudad, donde algunas de estas tienen un ciclo de vida bastante antiguo. Ante el desgaste de la capa de rodadura, surge la siguiente pregunta: ¿La alternativa más viable es, seguir pavimentando sin muchas veces realizar la inspección de las redes de alcantarillado, para saber si estas necesitan ser cambiadas o realizarles un mantenimiento? Se tiene certeza de que no; como sabemos siempre antes de realizar la pavimentación de una vía, se debe hacer el estudio correspondiente a verificaren qué estado se encuentran las estructuras de alcantarillado y cuál es la proyección para la demanda futura que estas pueden tener.

Esta situación también se presenta en muchas ciudades del país, es por esto por lo que el Congreso de la República hizo los debates para una ley con el que las empresas de servicios públicos no puedan realizar actividades en ninguna vía que no esté en un Plan Anual de Obras; con esto se buscó que las empresas coordinen unidamente con los municipios, la instalación de redes de alcantarillado y otras obras similares.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Realizar una propuesta **para la** optimización de la capacidad hidráulica para el manejo de aguas residuales en la avenida quinta sur del municipio de Ibagué departamento del Tolima

2.2. Objetivos específicos

- Elaborar el diagnóstico del sistema de alcantarillado de la calle 60 hasta la calle 80 con avenida mirolindo.
- Identificar las alternativas para solucionar los problemas de infiltración y humedades que se presentan en las viviendas, locales comerciales y pavimento.
- Construir la propuesta de optimización de la red de alcantarillado de acuerdo con la Resolución 0330 de 2017.

3. Justificación

El presente proyecto que tiene por nombre, “OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD HIDRÁULICA PARA EL MANEJO DE AGUAS RESIDUALES EN LA AVENIDA QUINTA SUR DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ DEPARTAMENTO DEL TOLIMA”, acepta el compromiso de aportar a la comunidad nombrada anteriormente, un diseño de alcantarillado (combinado) teniendo en cuenta lo definido en la Resolución 0330. (Ministerio de Vivienda, 2017)

Debido a que en esta parte del sector se evidencia un problema que consiste en la falta de un sistema de alcantarillado óptimo que garantice la correcta circulación de las aguas residuales y escorrentía pluvial del sector, puesto que han ido provocando grandes problemas para esta comunidad, de las cuales los habitantes han declarado no solo el inconformismo a esta problemática que a diario se manifiesta en la estructura de las viviendas y pavimento del sector, sino también el malestar físico que genera los fuertes olores ocasionados por el afloramiento de las aguas residuales a la vía pública.

Por ende, se hace indispensable optimizar correctamente la red de alcantarillado mitigando tanto el impacto ambiental generado por las aguas residuales, como las problemáticas de saneamiento básico que se presentan debido al deplorable estado del sistema de tuberías existentes buscando mejorar oportunamente la calidad de vida de los habitantes y transeúntes del sector.

4. Marco Referencial

4.1. Antecedentes

Se puede decir que la evolución y desarrollo que han surgido en cuanto al diseño de las redes de alcantarillado no ha sido dramático, puesto que se mantienen ciertas hipótesis de muchos años atrás, a pesar de que en la actualidad se tiene un mejor conocimiento y prácticas constructivas para la trayectoria de las aguas residuales.

Por ejemplo, los altos niveles de urbanización han sido un gran problema en los últimos años en Ecuador, debido al alto desarrollo de la industrialización, generando desplazamientos de los habitantes de la zona rural hasta la zona urbana. En este caso la ciudadela Rio Vista ha presentado diversos problemas sanitarios que afectan a su comunidad, en especial en épocas de invierno, provocando acumulación de aguas en varios lugares, trayendo consigo problemas de contaminación por malos olores, por lo que se buscó la solución por medio de un proyecto que tratara la falta de alcantarillado en el sector. (Garcia Alcivar & Jaramillo Vera, 2017)

“En Colombia en distintos sectores, donde se presenta población inferior a los 30.000 habitantes, el 78% no posee servicio en cuanto a tratamiento de las aguas residuales. En el año 2002 en Cundinamarca existían 38 Plantas y 13 Tolima, se tenían un total de 237 plantas que trataban las aguas residuales domésticas en un total de 235 municipios, donde solo se trataban el 8% de los vertimientos de alcantarillado del sector, en medio de la poca capacidad, procesos incompletos o mala operación”. (Lizarazo Becerra & Orjuela Gutierrez, 2013)

Colombia no posee un tratamiento total de todas las aguas residuales que se entregan en los distintos sectores ya sea urbanos, comercial o industrial, estos residuos deben ser tratados para ser devueltos a las fuente hídricas sin afectar las características ambientales de las mismas, de acuerdo a esto se ha venido llevando a cabo la implementación de sistemas de tratamiento como lo son plantas de tratamiento residuales las cuales están conformadas por una serie de procesos que se llevan a cabo para poder separar los contaminantes presentes en estas aguas, una planta de tratamiento está compuesta por un proceso de pre tratamiento el cual se realiza mediante un desarenador que elimina todos los sólidos flotantes de gran tamaño, posterior a ello se realiza el tratamiento primario el cual está enfocado a realizar la separación de los sólidos en suspensión luego se realiza el tratamiento secundario el cual se basa en realizar la separación de la materia orgánica coloidal y en disolución y por último se lleva a cabo la etapa de tratamiento terciaria que se encarga de remover todas las bacterias presentes en el agua con el fin de poder cumplir con la normatividad requerida para poder vaciar todos estos residuos a las fuentes hídricas sin que se altere su composición química y física, que pueda generar un daño ambiental en el ecosistema.

Como lo refiere en el artículo *EVALUACIÓN DEL PROCESO ELECTROFLOX EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA EMPRESA DE PRODUCTOS DE CUIDADO ORAL, DEL HOGAR Y PERSONAL*, los procesos que se han venido llevando a cabo para realizar el tratamiento de aguas residuales cada vez va de la mano con la vanguardia e innovando con nuevas tecnologías que permiten llevar a cabo los procesos más rápido y de una manera eficiente que mejora los rendimientos y los costos de prestar un servicio acorde a la normatividad de saneamiento básico, de esta manera se utilizan procesos como lo son la electrocoagulación que sirve para eliminar contaminantes basado en un proceso electroquímico amigable con el medio ambiente y así al aplicar esta técnica se llevan a cabo procesos ecológicos

que son sostenibles con el medio ambiente, de esta manera se pueden devolver residuos a las fuentes hídricas sin afectar el equilibrio del ecosistema y de la fuente como tal. (Timana Rodríguez, 2016)

“La fibra de agave es un material de desecho de la industria mezcalera aun no reportada en la literatura como soporte en el proceso de biofiltración. Se estableció como hipótesis que los factores aire, platos de separación y carga hidráulica superficial (CHS) producen efluentes que no cumplen con los estándares nacionales e internacionales en la demanda bioquímica de oxígeno DBO, coliformes totales (CF), huevo de helmintos (HH) y solidos suspendidos totales”. (Vigueras Cortés, 2012). De acuerdo a la referencia de la tesis anterior se puede establecer que existen muchos residuos del proceso de diferentes licores como lo es el mezcal que se puede re utilizar en los filtros, este proceso es amigable con el medio ambiente ya que se usa materia prima biológica, aparte de ser un desecho se le da un uso significativo en la planta de tratamiento, en Colombia los filtros utilizados son hechos con productos sintéticos que cuando terminan su vida útil no sirven en lo absoluto de este modo no se tiene una sostenibilidad con el medio ambiente, la utilización de productos biodegradables aumentan la eficiencia y sostenibilidad del tratamiento de aguas residuales, la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Ibagué se basa en un sistema convencional, que está compuesta por los tres procesos que se llevan a cabo en esta, la planta tiene la capacidad de abastecer toda la población de la ciudad de Ibagué en un periodo de diez años, siempre y cuando el crecimiento de la población coincida con la proyectada, ya que Ibagué en sus últimos años ha venido creciendo exponencialmente y es un destino turístico apetecido es por ello que la población flotante aumenta y por consiguiente la demanda de servicios públicos se eleva sustancialmente.

Por otro lado, la vereda San Miguel en el departamento del Meta, Colombia cuenta con un alcantarillado parcial y deficiente, que no tiene la cobertura necesaria para satisfacer a toda la población. Presenta problemas tales como el colapso o rebosamiento a través de algunos de los pozos de inspección durante las fuertes lluvias, desbordando su contenido a las calles, ocasionando malos olores, contaminando el sector y poniendo en riesgo la salud de los habitantes del sector, para lo cual surge la necesidad de hacer una propuesta para el respectivo mejoramiento de la red de alcantarillado. (Rovira Bolaños & Peña Perilla, 2018)

Por otro lado, para el diseño de las redes de alcantarillado en el centro poblado Paso Ancho ubicado en el municipio de Zipaquirá, no se tuvo en cuenta la proyección del aumento en la población, por lo que las capacidades de las redes de alcantarillado no son suficientes, para la demanda del municipio. (Cordoba Cataño, 2013).

Y ya entrando más a nivel municipal, en la ciudad de Ibagué, por medio del IBAL S.A. E.S.P se realizó la intervención en diferentes puntos de la ciudad para el mejoramiento del alcantarillado que ya se encontraba en pésimas condiciones, generando hundimientos y filtraciones en las vías, en esta intervención estuvieron involucrados diferentes barrios tales como, La Floresta, Cantabria, Villa Magdalena, 20 de Julio, Versalles, Albania, Murillo Toro, Lady Di y Jordán etapas 7,8 y 9. (Empresa Ibaguereña De Acueducto y Alcantarillado (IBAL), 2021).

4.3. Marco Teórico

La principal causa de que la capacidad hidráulica de un sistema de alcantarillado se vea afectada, es que no se lleva a cabo un correcto diseño que satisfaga las necesidades de la población a beneficiar, se deben tener en cuenta parámetros fundamentales en un diseño hidráulico, pero esto

no es objeto para establecer un periodo de vida útil, sin embargo se debe comparar el período de diseño con el período en el cual se alcanza la población de saturación, por otro lado otros manuales definen que el periodo de diseño se debe llevar a cabo tal como se indica en la **Guía para el diseño Hidráulico de Redes de Alcantarillado EPM** “Para determinar el período de diseño se debe hacer referencia al Numeral 5.2.1 de la norma. Esta característica puede variar dependiendo de la zona de diseño. Por ejemplo, para los municipios del Valle de Aburrá el período de diseño es de 30 años. Para aquellos casos en los cuales el análisis de costo mínimo sugiera un desarrollo por etapas, éstas deben diseñarse teniendo en cuenta dicho período de diseño. (Empresas Publicas de Medellin (EPM), 2009).

Aunque los dos manuales tienen en cuenta parámetros importantes para estimar el periodo de diseño, el concepto de la Guía para el diseño Hidráulico de Redes de Alcantarillado de EPM es más enfocada a la realidad, ya que remiten a los lectores de este manual a dirigirse a la reglamentación que rige el diseño, mantenimiento y construcción de redes de acueducto y alcantarillado (Norma RAS) que determina de acuerdo a la población y la zona donde se realizara un proyecto, así mismo se deberá proyectar el periodo de diseño, el concepto de los dos manuales (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de México) y (Guía para el diseño Hidráulico de Redes de Alcantarillado EPM) tienen puntos de vista diferentes para calcular el periodo de diseño de un alcantarillado, sin embargo se tienen en cuenta que ambos manuales son de países diferentes, pero los alcantarillados sin importar el lugar donde se encuentren, deben prestar el mismo servicio, el cual será evacuar las aguas residuales y lluvias que se generan en una población.

La capacidad hidráulica se puede mejorar también llevando a cabo mantenimientos previos que evacuen cuerpos que obstruyen y disminuyen el caudal de una red de alcantarillado, estos

mantenimientos se caracterizan según (Asociación española de abastecimientos de agua y saneamiento , 1988) en dos tipos, los cuales se definen como: “Desde que una alcantarilla se pone en servicio, se producen en ella una serie de deposiciones que pueden llegar a disminuir grandemente la capacidad de desagüe de su sección, y en el límite a obstruirla. Por ende, es necesario limpiarla”. Esta limpieza puede hacerse según dos principios diferentes:

a) Limpieza no programada: el encargado del mantenimiento interviene en el momento en que la red está obstruida.

b) Limpieza programada o sistemática: el encargado del mantenimiento efectúa una limpieza preventiva de la red, con cierta periodicidad a fin de limitar al máximo las intervenciones de urgencia (o limpiezas No programadas)”, de acuerdo a las dos limpiezas que se deben realizar según el autor anterior, tiene en cuenta los dos tipos de eventos que se pueden presentar para que un alcantarillado colapse y reduzca su capacidad hidráulica, cabe resaltar que parte de las obstrucciones que se presentan en las redes de alcantarillado son producto de basuras que se arrojan en las calles y cuando se presentan precipitaciones, estas basuras van a llegar a los sumideros que conducen el agua a los alcantarillados y finalmente se van acumulando cuerpos que son ajenos al diseño, hasta que se obstruye y se disminuye la capacidad hidráulica, y en el peor de los casos se presentan reboses de aguas en los pozos o sumideros, este fenómeno de la contaminación es generada directamente en parte por la población que no tiene cultura y por ende dejan sus residuos tirados en la calle, sin prever ni imaginar el alcance que tiene dejar una basura tirada en la calle, por otro lado al no la población de diseño es muy importante ya que de acuerdo a esta se pueden calcular diseños de caudales y así mismo la capacidad que tiene la red de alcantarillado para satisfacer la demanda del sistema. (Asociación española de abastecimientos de agua y saneamiento , 1988)

Para llevar a cabo una buena construcción de los sistemas de alcantarillado recomienda en el artículo “INSTRUCTIVO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL”:

1. Estudios pluviales: El objetivo de realizar este estudio previo a la construcción de un alcantarillado pluvial, consiste en determinar el flujo o caudal total de agua generado por las lluvias presentes en el sector con el fin de diseñar el alcantarillado de un diámetro adecuado con la capacidad de captar y evacuar la cantidad de agua esperada. (Sanchez Avellaneda, 2018).

2. Estudios de suelos: El estudio de suelos o estudio geotécnico se realiza con el fin de conocer las características y el estado actual del suelo en cuanto a capacidad de soporte, nivel freático y material que lo compone, entre otros factores”, teniendo en cuenta el concepto del autor (John Edison Sánchez Avellaneda), tener en cuenta el caudal es muy importante en el diseño de un alcantarillado, ya que en función de este es como se lleva a cabo el dimensionamiento de las estructuras, si el caudal queda mal calculado, es posible que las redes de alcantarillado colapsen y la capacidad hidráulica se vea afectada considerablemente, por otro lado es necesario tener en cuenta también se debe realizar un estudio de suelos muy exigente donde se pueda caracterizar el tipo de suelo y la localización de los niveles freáticos, ya que debido a estos factores se puede generar un aumento en los caudales ya que el agua presente en el suelo se puede infiltrar en la tubería y por consiguiente se llevara a cabo un aumento en el caudal de diseño, que si en la etapa de proyección del sistema no se tuvo en cuenta, generara una falla en el sistema. (Sanchez Avellaneda, 2018).

En el desarrollo del marco teórico se representan los modelos que permiten una optimización de la red de alcantarillado. De esta manera, se indican los enfoques y modelos teóricos que se

encuentran en desarrollo con el fin de satisfacer a las diferentes necesidades que se encontraron en el entorno. Por tal motivo, este apartado se enfoca en, dos subcapítulos, el primero de ellos, los modelos de alcantarillado existentes para recibir y evacuar agua, seguido, de estudios que abordan la utilización de herramientas tecnológicas que permiten la modelación de la red. (Sanchez Avellaneda, 2018)

4.3.1. Enfoques teóricos sobre la optimización de los sistemas de redes de alcantarillado

En la actualidad existen dos formas para la optimización de la red de alcantarillados, entre los cuales se encuentran las convencionales y las no convencionales, de esta manera se establecen los diferentes tipos de alcantarillado convencionales:

Tabla 1. Red de alcantarillados convencionales

| TIPOS | DESCRIPCIÓN |
|--------------------------|---|
| Alcantarillado separado | “Red independiente donde se evacua por separado las aguas residuales y las lluvias, generadas por las precipitaciones)” (Comisión Nacional de Agua , 2009) |
| Alcantarillado combinado | “Red destinada a la recolección y conducción paralelamente de las aguas residuales, domésticas, industriales y pluviales” (Comisión Nacional de Agua , 2009) |

Fuente: Autores

Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de las aguas residuales:

Tabla 2. Red de alcantarillados no convencionales

| TIPOS | DESCRIPCIÓN |
|--|--|
| Alcantarillado simplificado | “Un sistema sanitario simplificado su diseño se lleva a cabo con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, teniendo en cuenta una posibilidad para reducir diámetros distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento” (Comisión Nacional de Agua , 2009) |
| Alcantarillados condominales | Son los que recogen las aguas residuales de una pequeña cantidad de personas y las conduce al sistema de alcantarillado convencional” (Comisión Nacional de Agua , 2009) |
| Alcantarillado sin arrastre de sólidos | “Sistemas donde se eliminan todos los sólidos provenientes de los efluentes de cada vivienda, realizado por medio de un tanque interceptor. El agua se transporta después hasta una planta de tratamiento por medio de diferentes tuberías con diferente diámetro (Comisión Nacional de Agua , 2009) |

Fuente: Autores

4.4. Alcance o cobertura

Para el presente documento se establece como alcance del proyecto el mejoramiento de las redes de alcantarillado del sector quinta sur del Municipio de Ibagué, Departamento del Tolima. Lo cual

se requiere el retiro de las redes existentes, contar con los suministros para la optimización del sistema y de esta manera satisfacer las necesidades de los usuarios del sector.

4.4.1. Características de la población objetivo y beneficios esperados

Tabla 3. Características de la población en la comuna del proyecto

| Clasificación | Detalle | Número de personas | Fuente de información |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Genero | Masculino | 26896 | Proyecciones DANE |
| | Femenino | 28319 | Proyecciones DANE |
| Tercera (edad) | 0 a 14 años | 3575 | Proyecciones DANE |
| | 15 a 19 años | 8992 | Proyecciones DANE |
| | 20 a 59 años | 18170 | Proyecciones DANE |
| | Mayor de 60 años | 16365 | Proyecciones DANE |
| Grupos étnicos | Población afrocolombiana | 2751 | Proyecciones DANE |
| | Población indígena | 1031 | Proyecciones DANE |
| | Población raizal | 0 | Proyecciones DANE |
| | Pueblo rom | 0 | Proyecciones DANE |
| | Población mestiza | 461 | Proyecciones DANE |

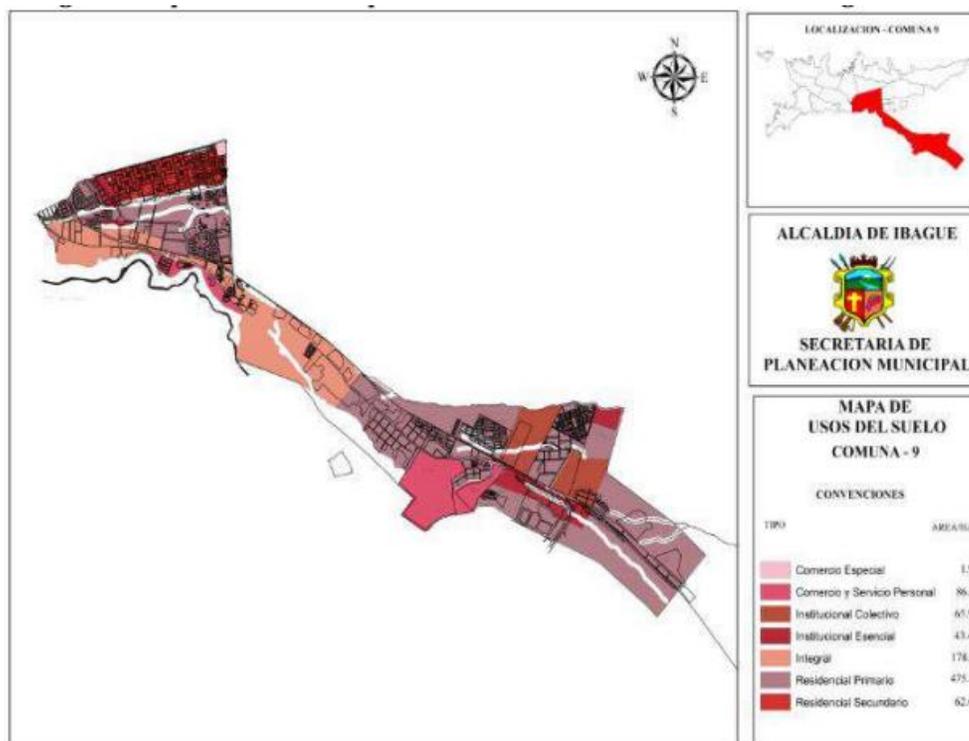
| | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|------|--------------------------|
| | Población palenquera | 0 | Proyecciones DANE |
| Población vulnerable | Desplazados | 0 | Proyecciones DANE |
| | Discapacitados | 3614 | Proyecciones DANE |
| | Victimas | 0 | Proyecciones DANE |
| | Red unidos | 256 | Proyecciones DANE |
| Localización | Rural | | Proyecciones DANE |
| | Urbana | x | Proyecciones DANE |

Fuente: (Consejo Comunal de Planeación, 2005)

Los beneficios que se esperan obtener con la realización del proyecto, son suplir las necesidades sanitarias de las diferentes familias que habitan el sector, de igual forma una parte de este sector posee un uso de suelo comercial, donde se encuentran concesionarias de vehículos, empresas como serviarroz y fedearroz, bares o discotecas, donde en estas últimas el aforo de personas es bastante alto, lo cual origina que en ciertos días la demanda de la red de alcantarillado aumente su volumen considerablemente.

Es por esto que se espera dar solución a la problemática del sector, optimizando correctamente la capacidad de la tubería de alcantarillado y de esta forma proyectarla para suplir los requerimientos que hay hasta el momento y de la misma forma que la proyección sea para un crecimiento futuro de la zona.

Figura 2. Mapa de la división por usos del suelo de la comuna 9 de Ibagué



Fuente: (Consejo Comunal de Planeación, 2005)

Tabla 4. Áreas de uso del suelo respecto a la comuna y al total urbano en la comuna 9 de Ibagué.

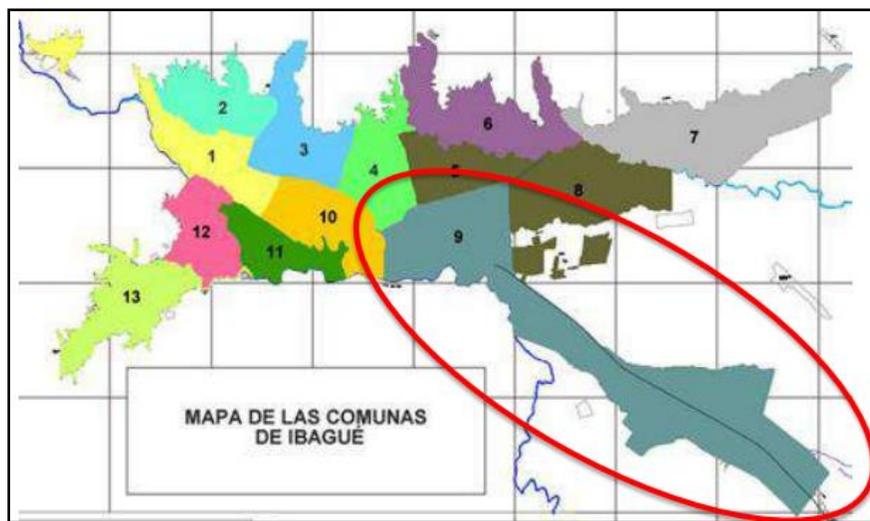
| Tipo de uso del suelo | Área (Ha) en la Comuna | % Respecto a la comuna | Total del uso en el área urbana (Ha) | % Respecto al total del uso en el área urbana |
|---|------------------------|------------------------|--------------------------------------|---|
| Comercio Especial | 1,90 | 0,18 | 52,9968 | 3,59 |
| Comercio Pesado | 0 | 0,00 | 27,4267 | 0,00 |
| Comercio y Servicio de Mantenimiento | 0 | 0,00 | 34,1797 | 0,00 |
| Comercio y Servicios Empresariales e Industriales | 0 | 0,00 | 37,5294 | 0,00 |
| Comercio y Servicio Personal | 86,41 | 8,08 | 97,8000 | 88,35 |
| Institucional Esencial | 43,44 | 4,06 | 162,3213 | 26,76 |

Fuente: (Consejo Comunal de Planeación, 2005)

4.4.2. Área de influencia geográfica

Ibagué está ubicada en el departamento de Tolima, con una altitud entre los 466 y los 5.212 msnm, también posee una elevación de 1.836 msnm, una temperatura de 17.8 °C y su precipitación media anual es de 1.638 mm. En la Figura 4 se muestra la ubicación del área de estudio.

Figura 3. Ubicación del área del proyecto



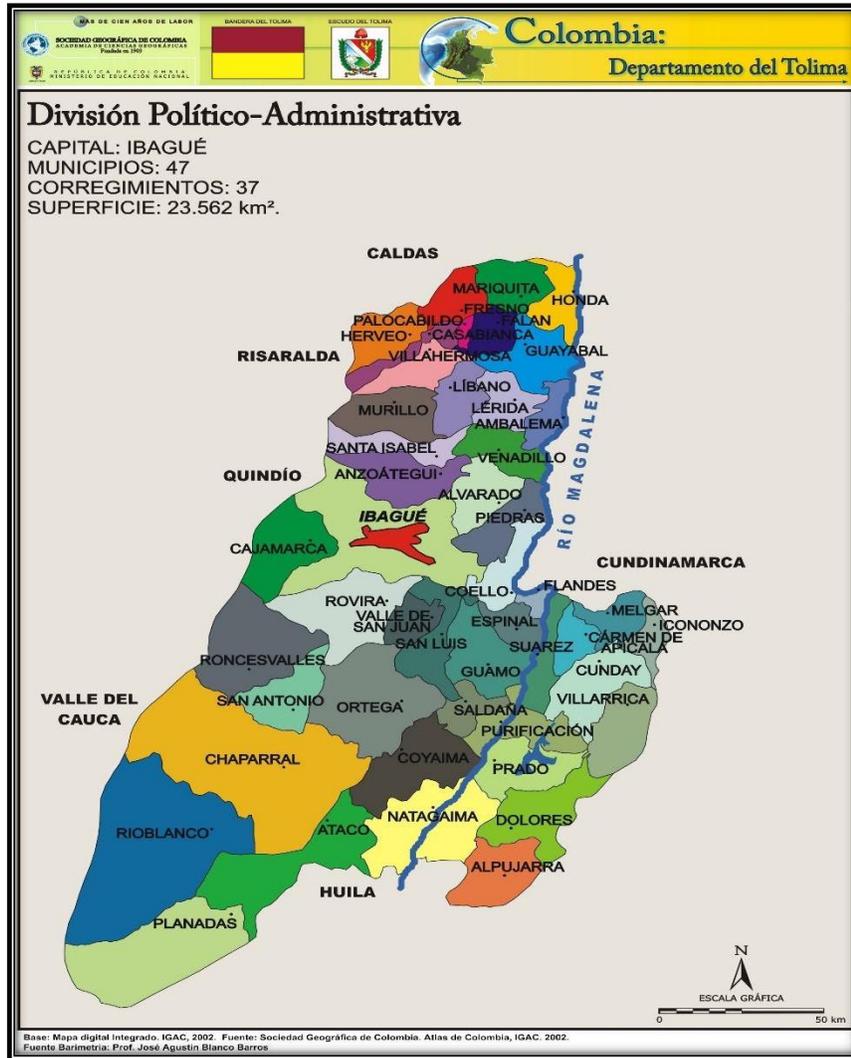
Fuente: (Consejo Comunal de Planeación, 2005)

4.5. Marco Geográfico

La ciudad de Ibagué se localiza en el centro-occidente de Colombia, ubicado en la Cordillera Central de los Andes, comprendido entre el Cañón del Combeima y el Valle del Magdalena.

Por otra parte la ciudad es la capital del departamento de Tolima, la cual se encuentra a una altura de 1285 msnm; distribuida en 13 comunas y 17 corregimientos.

Figura 4. Mapa localización de la ciudad de Ibagué.



Fuente: (Sociedad geográfica de Colombia, 2022)

4.5.1. Localización – Relieve

Capital del departamento del Tolima localizada a 1285 metros sobre el nivel del mar con una temperatura media de 21°C. Su área municipal cubre 1498 Km² los cuales se distribuyen en una zona montañosa que se extiende por la cordillera central y una amplia zona plana conocida como la meseta de Ibagué.

4.6. Hidrología

La hidrografía del Tolima está compuesta por tres ejes vitales: el río Magdalena, que atraviesa el departamento de sur a norte; la cuenca del río Saldaña, y el embalse de Hidroprado, en el municipio de Prado. También se destaca la cuenca del río Coello.

La ubicación del departamento en las laderas del Parque Nacional Natural de Los Nevados, convierte a Ibagué en un municipio cabecera de aguas para buena parte del centro del Tolima. Forma parte de cuatro sistemas hídricos (subcuencas de los ríos Combeima, Chípalo, Alvarado y Opía) donde los ríos Alvarado, la China y Chípalo drenan sus aguas al río Totare; los ríos Combeima y el Cocora vierten sus aguas al río Coello y el río Opía desemboca en el Magdalena. (Monumentos de Ibagué, 2022)

Figura 5. Mapa sección a tratar, Calle 60 hasta la calle 80 Avenida Mirolindo de la ciudad de Ibagué.



Fuente: Tomado de Google Earth, 2021

5. Marco Metodológico.

5.1. Tipos y métodos de investigación.

Para el caso del presente proyecto se utilizó el método cuantitativo, toda vez que se recopiló información que se podía medir, tales como registros de precipitaciones y registros de población del DANE, debido a que el proyecto se realizará en un lugar particular de la ciudad de Ibagué, donde se analizan todas y cada una de las variables técnicas que influyen en el proyecto, todos estos análisis enfocados al tipo de método técnico documental y técnicas de campo enfocadas a la ingeniería, las cuales sirvieron como base para procesar los datos recopilados y generar la mejor alternativa de solución para la optimización de la red existente.

Para el presente proyecto se define el método técnico documental, donde se analizaron las variables que influyen en el proyecto, mediante un análisis comparativo donde se pudo estimar cual era la población presente de la ejecución del proyecto y su población futura y de esta manera analizar los caudales transportados y tratados, para finalmente definir cuál es el aumento de la capacidad hidráulica del sistema existente.

5.2. Ayudas para la recopilación de la Información.

Para la recolección de información se utilizaron las siguientes herramientas, que permiten tener datos para que en la etapa de pre factibilidad las condiciones sean las más veraces posibles, a continuación, se relacionan las actividades a realizar:

- Visita de campo al sitio de ejecución del proyecto
- Histogramas de Ibagué (DANE)

- Fotografías del sistema de alcantarillado.
- Registros de precipitación pluviométricas del área del proyecto

5.3. Fuentes de información.

En el presente apartado se relacionan las fuentes que sirvieron de apoyo para la ejecución del proyecto.

- Empresa Ibaguereña de acueducto y alcantarillado de Ibagué
- Departamento administrativo nacional de estadísticas (DANE)
- Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM)
- Secretaria de Salud de Ibagué
- Secretaria de Medio Ambiente de Ibagué

5.4. Supuestos y restricciones.

A continuación, se relacionan los supuestos para el presente proyecto:

5.4.1. Suposición del proyecto.

- A partir del censo del 1993 – 2005 suministrados por el DANE, se realizará la proyección de población para el diseño del sistema de alcantarillado de acuerdo al crecimiento de la población.
- Precipitaciones generadas en los años de 2016 – 2017 entregado por el IDEAM para el área

del proyecto

5.1.1. Restricciones del Proyecto.

- La temporada húmeda conforme al registro del IDEAM para la ciudad de Ibagué, son en el mes de enero y febrero
- Para este proyecto y por la naturaleza del mismo es necesario la implementación del (PMT) del sector.

6. Estudio del mercado del proyecto

6.1. Economía del Mercado

6.1.1. Estructura del mercado

El mercado en el que se clasifica la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en la ciudad de Ibagué dependiendo al área geográfica se posiciona como un mercado local, el cual ofrece un producto de servicios. Este mercado no tiene competencia ya que en la ciudad de Ibagué solo existe una empresa encargada de prestar estos servicios de acueducto y alcantarillado, debido a esto lo convierte en un monopolio sin competencia alguna.

6.1.2. Estudio y proyección de la demanda del producto

La demanda del producto haciendo referencia a la población que requiere el servicio de alcantarillado, se hizo con base a los datos del DANE para estimar una población por hectárea en la zona donde se va a llevar a cabo el proyecto, esta población que demanda el servicio fue de 520 Habitantes por hectárea para el año 2018, y 871 habitantes por hectárea demandan el servicio a la proyección del horizonte del proyecto el cual es para el 2045.

Figura 6. Densidad demográfica para la comuna 9 de Ibagué - Tolima



Fuente: (DANE, 2018)

Según la proyección que realiza el DANE, se tiene una mejor perspectiva para la optimización de la red de alcantarillado de la zona, puesto que el crecimiento de la población se viene presentando de forma exponencial. De igual forma en el sector es evidente este aumento, puesto que a sus alrededores en los últimos años, se han realizado intervenciones civiles, como lo son la construcción de edificios, al igual que el aumento considerable de los establecimientos de esparcimiento público, como lo son los bares o discotecas, donde hasta el día de hoy, este sector se puede denominar como parte de la zona rosa de la ciudad y es con este dato donde la proyección que se tiene puede aumentar considerablemente.

6.1.3. Estudio de la oferta

La PTAR el tejlar se ubica en la zona sur de Ibagué. Toda esta área corresponde a la cuenca del río Combeima.

“La PTAR El Tejar, es un componente esencial para una mejor descontaminación de las fuentes hídricas de la ciudad, en este caso el río Combeima, la ejecución está encuadrada internamente en el plan de saneamiento básico adelantado por la Empresa Ibaguereña de Acueducto y alcantarillado S.A. E.S.P OFICIAL, la PTAR El Tejar recibe las aguas residuales domésticas del sector sur-occidental de la ciudad transportadas del centro de la Ciudad y de los barrios del sur por el Interceptor Combeima, las contamina y las devuelve al río Combeima en condiciones que le permiten al río asimilar la carga contaminante “

Figura 7. Planta de tratamiento de aguas residuales “EL TEJAR”



Fuente: Tomado de Google Maps, 2017

De igual manera, es necesario aclarar que la empresa ibaguereña de acueducto y alcantarillado de Ibagué es el encargado de todo el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Ibagué. Por otra parte, los valores de mantenimientos y valores de operación se describen de la siguiente manera:

Tabla 5. Valores de operación (Valores 2021)

| Acción | Acciones | Descripción | Costo Año |
|--|-----------------|--|-----------------------|
| Actividades de la mano de obra para el mantenimiento preventivo y correctivo | Valor | Costo de mano de obra del personal calificado no profesional encargado del mantenimiento del sistema | \$ 133,890,248 |
| Insumos para la optimización y reparación de las redes | Costo | Tuberías, cemento, agregados, herramientas, sillas, recebo. | \$ 81,480,000 |
| Materiales para la disposición de las aguas residuales | Costo | Agua para sondeos, combustible para la roto sonda | \$ 1,940,800 |
| Combustible y mantenimiento de vehículos | Costo | Combustible, mantenimiento de vehículos | \$ 35,066,400 |
| Costo por año | | | \$ 252.377.448 |

Fuente: Autor

A raíz del análisis de operación y mantenimiento del sector objeto de intervención, se realizan visitas con el fin de verificar los mantenimientos que se hacen al sistema.

Por otra parte, cabe resaltar que se reducen sustancialmente en los dos primeros años los costos de mantenimiento del sistema de alcantarillado, posterior a la culminación de la fase de ejecución del proyecto, se disminuirán los costos de inversión como se relaciona a continuación:

Tabla 6. Comparación de costos antes vs después de realizar el proyecto (Valores 2021)

| Acción | Tipo de acción | Descripción | Costo Actual | Costo después de la ejecución del proyecto |
|---|-----------------------|--|---------------------|---|
| Ejecución por mano de obra | Valor | Valor del personal calificado no profesional encargado del mantenimiento del sistema | \$ 133,890,248 | \$ 33,472,562 |
| Insumos para la optimización y reparación de las redes | Valor | Tuberías, cemento, agregados, herramientas, sillas, recebo. | \$ 81,480,000 | \$ - |
| Insumos para el mantenimiento correctivo del sistema de tratamiento | Valor | Agua para sondeos, e insumos | \$ 1,940,800 | \$ 1,940,800 |

| | | | | |
|---------------------------------------|-------|---|----------------|---------------|
| Insumos para los vehículos (Gasolina) | Valor | Combustible, mantenimiento de los equipos y vehículos | \$ 35,066,400 | \$ 7,013,280 |
| Valor por Año | | | \$ 252,377,448 | \$ 42,426,642 |

Fuente: Autor

6.1.4. Descripción de la PTAR

Cobertura: Sur de Ibagué

Habitantes: Entre 80 y 110 habitantes expresado en miles de habitantes

Caudal: Aproximadamente de 105+- L/Seg

(IBAL, 2017)

La PTAR el tejar tiene la capacidad satisfacer la demanda de la población de la carrera quinta sur, debido a que la demanda del servicio es menor a la oferta que la planta ofrece, es por ello que es viable llevar a cabo el proyecto desde el punto de vista de la oferta.

6.2. Investigación de los mercados

6.2.1. Estudio de mercado proveedor

La empresa que se encarga de proveer los servicios de acueducto y alcantarillado, es el IBAL S.A. E.S.P SA ESP, la cual tiene la responsabilidad de satisfacer la demanda que tienen los usuarios de la ciudad de Ibagué, referente a estos servicios. Teniendo en cuenta el aumento poblacional, se hace necesaria la optimización de la red, debido a que las redes existentes no tienen la capacidad de satisfacer la demanda de la población ubicada en la carrera 5 sur donde se llevará a cabo el proyecto.

Por otro lado, el servicio que ofrece la empresa IBAL S.A. E.S.P, no es negociable, ya que su precio está legalmente establecido y regulado por la superintendencia de servicios públicos.

6.2.2. Estudio de mercado distribuidor

La distribución que hace el IBAL S.A. E.S.P, mediante la red de tuberías que tienen como descarga la planta de tratamiento del tejar, es el único medio por el cual se realiza la prestación del servicio y que satisface la demanda de la población.

6.2.3. Estudio de mercado consumidor

El consumidor al tratarse de un servicio fundamental y básico para la población siempre estará ligado a utilizar los servicios que el IBAL S.A. E.S.P presta a sus usuarios, esto se debe a que por tratarse de un monopolio, no se tiene la opción de poder escoger a que empresa se le puede comprar

el servicio y así poder tener una decisión racional de acuerdo a la calidad, precio y demás factores que son fundamentales para comparar un producto y elegir lo que mejor se adapte a la necesidad del consumidor cuya necesidad parte de necesitar mejor infraestructura para la descarga de sus aguas residuales.

6.2.4. Estudio de mercado competidor

Al tratarse de un monopolio el cual es la única que presta los servicios de acueducto y saneamiento básico en la ciudad de Ibagué, no tienen ningún tipo de competidor que pueda afectar el mercado de esta empresa.

6.3. Plan de mercadeo

6.3.1. Planes y programas de producto

En el caso del proyecto se presta un servicio por lo que se puede definir la descripción del mismo.

El proyecto tiene como finalidad, transportar los residuos líquidos que genera la población objeto objetivo del proyecto hasta la planta de tratamiento de aguas residuales del tejar, la cual seguido de realizar el tratamiento de las aguas dispone finalmente al río Combeima.

6.3.2. Planes y programas de precio

El precio establecido por parte de la empresa IBAL S.A. E.S.P se realiza de acuerdo al consumo que tiene la población, de acuerdo al tipo de uso y el estrato y tarifa se aplicara por metros cúbicos (m³).

6.3.3. Planes y programas de logística

El canal por el cual se distribuye el producto es el canal directo ya que el prestador de servicio tiene contacto directo con los consumidores y no existe ningún intermediario, es por ello que el fabricante desempeña todas las funciones para que el servicio sea prestado de la mejor manera posible y así se satisfagan las necesidades de los usuarios.

7. Estudio Técnico Del Proyecto

7.1. Tamaño del proyecto

1606 metros lineales de red de alcantarillado para realizarse en 190 días en turnos de 9 horas diarias, la capacidad neta que tiene toda la tubería para evacuar las aguas residuales es de 47 metros cúbicos en un segundo, una capacidad que satisface las necesidades de la población a beneficiar.

7.2. Localización

Figura 8. Mapa zona actual de proyecto



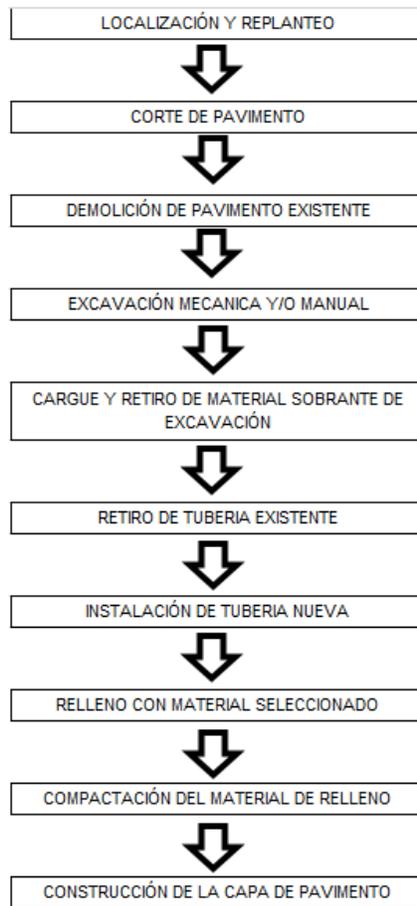
Fuente: Tomado de Google Maps, 2021

7.3. Ingeniería del proyecto

7.3.1. Función de producción

Teniendo en cuenta que el proyecto se basa en el mejoramiento de la capacidad hidráulica del sector quinta sur de la ciudad de Ibagué, el proceso de producción se basa en cada una de las actividades necesarias para la prestación de un óptimo servicio de alcantarillado, el cual toma como base las actividades preliminares que contempla localizar y replantear las zonas a intervenir y de esta forma tomar medidas correctivas en base a los estudios ya planteados, seguido a esto se realizan todas las excavaciones manuales y mecánicas que se requieran según recomendaciones de los especialistas, una vez terminada las excavaciones se procede a suministrar los rellenos necesarios para mejorar las condiciones geotécnicas de la subrasante de apoyo de las tuberías, paralelamente a estas se realizan las actividades para la construcción de estructuras especiales, como pasos obligados (viaductos), pozos de inspección, una vez realizada las actividades de relleno para el apoyo de las tuberías se realiza el suministro e instalación de las tuberías cumpliendo con cada una de las especificaciones técnicas de diseño, seguido a esto se procede a realizar el relleno de las zanjas del tramo objeto hasta la altura de la subrasante existente.

Figura 9. Detalle proceso constructivo



Fuente: Autores

7.3.2. Necesidades de equipo y maquinaria

Para la correcta ejecución de este proyecto se requiere en la fase de preliminares equipos de alta precisión de topografía para el análisis planimétrico y altimétrico de las zonas a intervenir y garantizar las pendientes de diseño. En la etapa de excavaciones y rellenos se requiere retroexcavadoras, volquetas y herramienta menor, para la fase de instalación de tuberías se requiere herramienta menor y grúa, para la fase de instalación de tuberías que exceden las 36” de diámetro,

y para la fase de inicio de operación se requiere de equipos hidráulicos para análisis del caudal y presiones en puntos críticos de la red, adicional a esto es necesaria la implementación mano de obra calificada, como lo son las cuadrillas hidráulicas que son las encargadas de realizar la instalación de todos los materiales tales como: tuberías, codos, accesorios entre otros.

➤ **Estación total de topografía**

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración de los planos del área en estudio.

Existen herramientas necesarias para la representación gráfica o elaboración de los planos topográficos, así como métodos y procedimientos utilizados en la representación de superficies.

Tabla 7. Equipo a utilizar en el levantamiento topográfico

| Cantidad | Descripción |
|-----------------|--|
| 1 | ESTACIÓN TOTAL TOPCON GTS-239W SERIE 295507 |
| 1 | GPS Receptor TRIMBLE 5700 S/N 0220323820 |
| 1 | GPS Receptor TRIMBLE 5700 S/N 0220384813 |
| 2 | Antena Zephyr |
| 1 | Navegador GPS Garmin ETREX 30 |
| 2 | Cargadores de baterías Trimble |

| | |
|---|------------------------------|
| 4 | Baterías recargables Trimble |
| 2 | Trípode |
| 2 | Bípode |
| 3 | Bastones |
| 1 | Prisma |
| | Accesorios (Cables) |

Fuente: Autores

Características: Alcance de elemento prisma

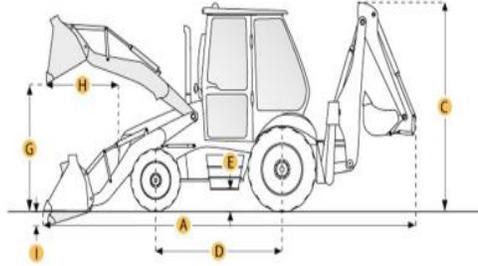
- Prisma con alcance de 6.5 metros
- Pantalla a color
- Frecuencia de procesamiento 400Mhz
- Plomadas con niveles
- Sensibilidad de 1”
- Precisión de 5”
- Software que permita la exportación de los dibujos y los archivos CAD editables.

➤ **Retroexcavadora cargadora 416F2**

Los trabajos de excavación para este tipo de obras, requiere ser de forma mecánica, debido a la disminución de tiempo con que se puede llevar a cabo en comparación de utilizar el trabajo manual. De la misma forma la disminución en personal para este tipo de actividades también es considerable, ya que en esta solo se necesita la persona que opere la maquinaria.

Tabla 8. Ficha técnica retroexcavadora

| Ficha tecnica | |
|---|----------|
| Retroexcavadora Cargadora 416F2 | |
| Peso operativo 4x2 | 6792 Kg |
| A. Largo | 718 cm |
| B. Ancho | 243.8 cm |
| C. Alto | 357.7 cm |
| D. Distancia entre ejes | 220 cm |
| F. Altura arriba de la cabina | 281.9 cm |
| G. Máxima altura de carga | 265.1 cm |
| H. Alcance desde altura máxima de vaciado | 77.2 cm |
| I. Profundidad de excavación | 10.6 cm |
| J. Altura de carga - Estándar | 363.6 cm |
| K. Alcance máximo - Estándar | 561.8 cm |
| L. Profundidad de excavación - Estandar | 436 cm |
| M. Alcance desde altura de carga - Estándar | 176.8 cm |
| Capacidad de aceite de eje frontal | 11 Lt |
| Capacidad de aceite de eje trasero | 16.5 Lt |
| Capacidad de aceite de motor | 7.6 Lt |

Fuente: Tomado del Manual de servicio Caterpillar CAT. (Caterpillar , 2021).

➤ **Apisonador**

Los apisonadores para estas obras se hacen más útiles que las denominadas “ranas”, debido a su capacidad de compactar mayor cantidad de material, gracias a la potencia que poseen, disminuyendo el tiempo de compactación considerablemente y garantizando que en su trabajo no se presenten fallos por falta de compactación.

Tabla 9. Ficha técnica apasionador

| Ficha tecnica | |
|-----------------------------|-----------------|
| Apisonador | |
| Frecuencia de Impacto | 10 Hz (600 rpm) |
| Fuerza de impacto | 15 Kn(1599Kg) |
| Velocidad de desplazamiento | 820 mt/h |
| Salto | 60mm |
| Motor | Honda GX 120 |
| DIMENSIONES | |
| Dimension zapata | 280x330 mm |
| Dimensiones globales | 450x750x1020mm |
| Capacidad del tanque | 2.8L |
| Peso neto | 70Kg |
| Masa operacional | 72Kg-159 Lbs |



Fuente: Tomado del Manual de servicio Caterpillar CAT. (Caterpillar , 2021)

➤ **Cortadora de asfalto**

La cortadora de asfalto permite que la demolición de la placa de pavimento sea de forma exacta, ya que esta es la que da la guía inicial por donde la maquinaria va a realizar la excavación, ayudando a que el resto de pavimento no se vea afectado en grandes proporciones.

Tabla 10. Ficha técnica cortadora de asfalto

| Ficha tecnica | |
|----------------------------------|--------------------|
| Cortadora de asfalto | |
| Tipo de motor | Diesel, kama KM186 |
| Potencia | 10 hp |
| Peso neto | 135 Kg |
| Peso bruto | 150 Kg |
| Diametro del disco | 500 mm |
| Maxima profundidad de corte | 15 cm |
| Velocidad de rotacion de la hoja | 1m/min |
| Velocidad de corte de asfalto | 1m/min |
| Medidad del empaque | 102x64x110 cm |



Fuente: Tomado del Manual de servicio Caterpillar CAT. (Caterpillar , 2021).

➤ **Pala o herramienta menor**

Con la herramienta menor se llevan a cabo todas las actividades de forma manual que se requieran en la obra, como la perfilada de la excavación, retiro de materia, relleno de material, actividades que en su momento favorecen la obra en tiempo y economía.

Tabla 11. Ficha técnica pala

| Ficha tecnica | |
|----------------------|---------|
| Pala | |
| A | 265mm |
| B | 325 mm |
| L | 1500 mm |
| Peso | 1.9 Kg |



Fuente: Tomado del Manual de servicio Caterpillar CAT. (Caterpillar , 2021).

7.4. Proceso de producción

El proceso de producción para la entrega de este producto basado en la optimización hidráulica del tramo en mención inicio con las actividades preliminares como localización y replanteo, corte y demolición de pavimento existente de las zonas a intervenir, una vez culminadas estas actividades preliminares se procede a realizar los movimientos de tierras como excavaciones mecánicas y manuales donde requiera según recomendaciones del estudio de suelos del sector, seguidamente se retira las tuberías existentes dejando a cargo de la empresa de servicios públicos este inventario, luego de terminar este capítulo se procede a instalar los materiales de apoyo de la tubería como arena espesor de 0.20 m, esto con el fin de evitar roturas en la tubería a instalar, posteriormente se instala la tubería recomendada por el estudio hidráulico la cual será capaz de abastecer la demanda del sector, después se realizan todas las conexiones domiciliarias, para luego realizar los rellenos desde la altura de la tubería hasta llegar a la altura de la subrasante, una vez finalizado el relleno de material se inicia con la compactación de este material y evitar fallos en la zona intervenida, terminada las actividades de relleno y compactación de material se procede a pavimentar la zona intervenida mediante una mezcla diseñada por el ingeniero de pavimentos cuyo diseño garantizara la vida útil de este tramo entre 20 y 25 años.

7.5. Distribución de planta

La construcción del colector de aguas residuales, se realiza por medio de la conformación de un Consorcio el cual tiene como nombre HIDROTOLIMA, este tiene como objetivo de realizar la optimización de las redes de alcantarillado.

Este Consorcio cuenta con el personal idóneo para realizar dichas actividades, de la misma forma cuenta con la capacidad y respaldo para contratar mano de obra no calificada de la ciudad en caso de así ser necesario.

7.5.1. Dependencias

Las dependencias que deben conformar la empresa ejecutora son las siguientes:

7.5.1.1. Dependencia financiera

Está conformada por un contador y un administrador de empresas, que se encargaran de llevar a cabo las finanzas y la organización administrativa, así como el inventario de todos los componentes que constituyen la empresa.

7.5.1.2. Dependencia legal

Está conformada por un jurídico, encargado de llevar a cabo todos los temas legales en los que se ve involucrada la empresa, así de esta manera previniendo y llevando a cabo una buena gestión legal que no ponga en riesgo a la empresa.

7.5.1.3. Dependencia técnica

Está conformada por ingenieros civiles, hidráulicos, geotécnicos, viales y ambientales, que apoyan, supervisan y dirigen la construcción de los colectores, promoviendo así el buen desempeño técnico de la empresa en la construcción de las obras civiles.

7.5.2. Relación de proximidad

Las dependencias se relacionan entre si ya que todas van de la mano promoviendo un desarrollo óptimo desde cada sector al cual pertenecen, ya que cada una de las dependencias da la posibilidad de actuar a la otra, es decir, cada una debe tener su orden, con el fin de que las etapas del proyecto se encaminen correctamente hasta la finalización de la obra.

8. Estudio administrativo y legal del proyecto

8.1. Direccionamiento estratégico

El Consorcio HIDROTOLIMA es la unión de dos ingenieros civiles, el cual está orientado a realizar construcción de obras civiles al servicio de la comunidad, con el fin de mitigar cualquier necesidad que está presente.

Esta empresa está constituida por personal idóneo para realizar las diferentes actividades que se requieran en los diferentes sectores de la ciudad.

8.1.1. Visión

El consorcio HIDROTOLIMA se ve proyectado en 5 años como un ente que puede llevar a cabo proyectos de ingeniería civil que de acuerdo a su experiencia los pueda ejecutar, y así dar una solución a un problema social en cualquier parte del territorio colombiano y poder estar a la competencia con otras empresas que están a un nivel empresarial.

8.1.2. Misión

El consorcio HIDROTOLIMA tiene como objetivo mejorar cada día sus procesos, desde todos las áreas, administrativas, legales, financieras y técnicas, para así de esta manera lograr llevar a cabo trabajos con calidad y compromiso, que nos diferenciaran de otras empresas que desempeñan las mismas labores.

8.1.3. Los Valores

El consorcio HIDROTOLIMA se reconoce en el mercado por los siguientes valores corporativos:

8.1.3.1. La Transparencia

- Uso adecuado de los recursos
- Comunicación sobre las acciones que ejecute la empresa
- Construcción de credibilidad de las acciones de los trabajadores

8.1.3.2. El Respeto

- Escuchar a todos y cada de los trabajadores
- Cumplir con la normatividad
- Preservar los recursos naturales

8.1.3.3. Proclividad del servicio

- Responder eficientemente a las solicitudes en los tiempos establecidos
- Generar satisfacción a los clientes con las mejoras en el servicio

8.1.3.4. La responsabilidad

- Cumplir con la satisfacción y prestación del servicio
- Incentivar la participación comunitaria en pro de mejorar los procesos.
- Ofrecer siempre lo mejor de nosotros.

8.1.3.5. Mejora en la Gestión

- Tener los mejores profesionales siempre, en todos y cada uno de los procesos llevados a cabo para la prestación del servicio.
- Realizar seguimiento a los procesos mediante indicadores objetivos

8.1.4. Políticas de la empresa

Las políticas del consorcio HIDROTOLIMA están enmarcadas todas a llevar a cabo el buen funcionamiento y desarrollo de actividades relacionadas con el campo de la construcción y la ingeniería, las cuales son:

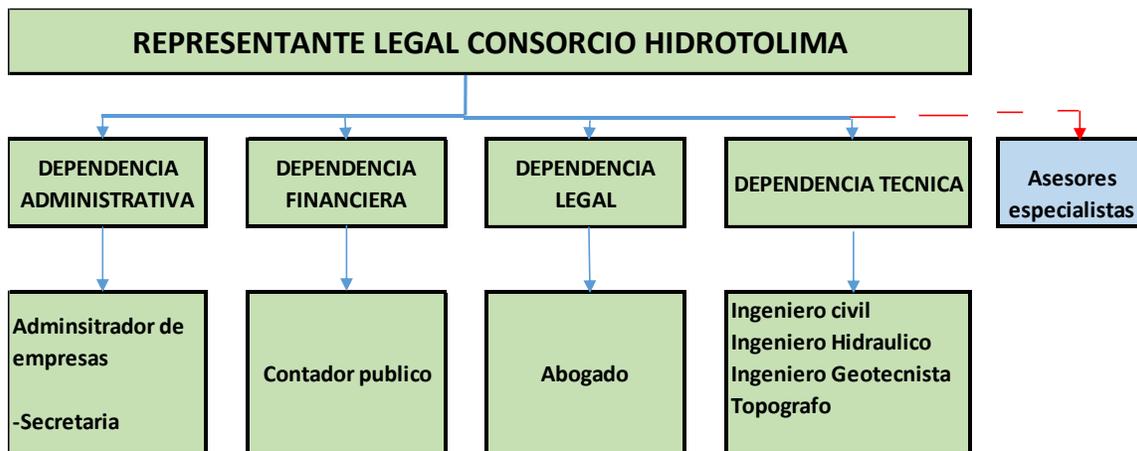
- Todos los integrantes del consorcio no pueden estar bajo el efecto de sustancias psicoactivas como drogas o alcohol
- Deben tener una buena presentación personal
- Deben promover el respeto y la tolerancia en todos sus procesos
- Se debe tener un trato amable, sociable con todos los integrantes y clientes

- No se pueden llevar a cabo actividades que no estén enmarcadas en la visión y misión del consorcio
- El consorcio cumplirá siempre con sus actividades y deberes para poder llevar a cabo la construcción de cualquier obra civil contratada

8.1.5. Estructura organizacional

La empresa de acueducto y alcantarillado IBAL S.A. E.S.P, se encuentra organizada de la siguiente manera:

Figura 10. Estructura organizacional del Consorcio



Fuente: Autores

8.1.6. Valores corporativos

El consorcio HIDROTOLIMA tiene como prioridad brindar un servicio de calidad respondiendo siempre las necesidades de la comunidad y población a beneficiar con sus obras civiles, trabajando

mancomunadamente con profesionales altamente capacitados para aportar técnicamente, socialmente y éticamente.

8.2. Contexto Legal

8.2.1. Tipo de empresa

Para poder llevar a cabo la construcción del colector en la carrera quinta sur fue necesario conformar un consorcio el cual se denominó Consorcio HIDROTOLIMA, el cual está conformado por dos ingenieros los cuales son: Ing. Andrés Gonzalo Gómez y el Ing. Andrés Mauricio Varón Ramírez, los cuales juntaron su experiencia con un porcentaje de participación del 50% cada uno, ya que de lo contrario no se podría efectuar la construcción de dicho colector, en el siguiente cuadro se puede apreciar la información del consorcio.

Tabla 12. Porcentajes de participación consorciados

| CONSORCIO HIDROTOLIMA | |
|-----------------------|-------------------|
| Numero de Nit | 982738089-1 |
| Nombre de integrantes | Participación (%) |
| Andrés Gonzalo Gómez | 50 |
| Andrés Mauricio Varón | 50 |

Fuente: Autores

8.2.2. Instancias Legales

“La responsabilidad de los consorcios es solidaria y mancomunada y La participación está conformada por un grupo común para poder sufragar todos los flujos y egresos que se generen en un contrato. Estas organizaciones no se constituyen en patrimonios autónomos, sin embargo, las empresas que conforman consorcios permanecen autónomas”. (Asociación Nacional de Industriales , 2013).

8.3. Personal

8.3.1. Matriz de personal y funciones

El personal del consorcio HIDROTOLIMA se conforma de la siguiente manera:

Tabla 13. Personal mínimo exigido

| PROFESIONAL | DEPENDENCIA | CARGO | FUNCIONES |
|---------------------------|----------------|-------------------------|--|
| Ing. Civil | Gerencia | Gerente | * Planificar los procesos * Dirigir las actividades que se estén ejecutando * Tomar decisiones |
| Administrador de empresas | Administrativa | Director Administrativo | * Llevar a cabo la planeación administrativa del consorcio * Coordinar las actividades que se lleven a cabo |

| | | | |
|------------------|----------------|-------------------------|---|
| | | | * Ser enlace para la comunicación en el consorcio |
| Contador Publico | Financiera | Director Financiero | *Llevar a cabo las finanzas del consorcio *Hacer auditorias *Crear estados financieros *Declarar impuestos *Declarar nominas *Realizar la contabilidad de los gastos |
| Secretaria | Administrativa | Auxiliar administrativo | *Atender al público *Gestionar la agenda *Gestión de documentos *Organizar la oficina |
| Abogado | Legal | Director jurídico | *Asesorar y preparar todos los documentos legales que el consorcio requiera *Garantizar el cumplimiento de las leyes en el consorcio *Representar el consorcio en asuntos legales |
| Ing. civil | Técnica | Supervisor | *Realizar informes semanales y mensuales *Realizar actas de comités y financieras *Velar por el buen desarrollo técnico de la obra |
| Ing. Hidráulico | Técnica | Supervisor hidráulico | *Realizar informes semanales y mensuales hidráulicos |

| | | | |
|---------------------|---------|--------------------------|---|
| | | | *Velar por el buen desarrollo técnico de la obra desde el aspecto hidráulico |
| Ing. Geotecnista | Técnica | Supervisor geotécnico | *Realizar informes semanales y mensuales geotécnicos *Velar por el buen desarrollo técnico de la obra desde el aspecto geotécnico |
| Topógrafo | Técnica | Supervisor topografía | *Realizar informes semanales y mensuales topográficos *Velar por el buen desarrollo técnico de la obra realizando levantamiento, carteras topográficas *Corroborar los volúmenes de material excavado *Garantizar el alineamiento de la tubería |

Fuente: Autores

9. Conclusiones

- Mediante la propuesta de optimización la capacidad del sistema, se garantizarán las óptimas condiciones de un sistema que genere una solución a la comunidad afectada.
- Al realizar el diagnóstico de la red de alcantarillado, se encontró deficiencia en esta, ya que, los procesos constructivos no pudieron ser los más adecuados, generando una afectación considerablemente por problemas de humedad además de los malos olores ocasionados por la ineficiencia del drenaje de las tuberías.
- Luego de efectuar el diagnostico, se concluye que la optimización deberá cumplir la norma respetando pendientes, diámetros mínimos y todo lo que esta establece, con el fin de evitar un colapso y deterioro a corto plazo.

Optimización de la capacidad hidráulica para el manejo de aguas residuales en la avenida quinta sur del municipio de Ibagué departamento del Tolima

10. Recomendaciones

- Se invita a futuros contratistas a cumplir con el compromiso profesional y ético en el desarrollo de los diferentes proyectos, donde se encuentra comprometida una comunidad.
- En caso de que el proyecto se llegase a elaborar, se deben respetar los diámetros y pendientes establecidos, ya que una variación de estos podría generar fallas en el funcionamiento de la red.
- Antes de la formalizar el diseño de la red se debe ejecutar un estudio de suelos en la zona a intervenir.
- Realizar un mantenimiento provisorio a la red, ya que ésta incide en la duración y correcto funcionamiento para el período diseñado.

Optimización de la capacidad hidráulica para el manejo de aguas residuales en la avenida quinta sur del municipio de Ibagué departamento del Tolima

11. Bibliografía

- (DANE). (2020). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Obtenido de Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Asociación española de abastecimientos de agua y saneamiento . (1988). Documentos, manuales y guías de la Asociación española de abastecimientos de agua y saneamiento . Obtenido de Asociación española de abastecimientos de agua y saneamiento : <https://www.aeas.es/documentos/manuales-y-guias>
- Asociación Nacional de Industriales . (2013). Asociación Nacional de Industriales . Obtenido de Asociación Nacional de Industriales : <http://www.andi.com.co/>
- Caterpillar . (2021). Manual del Servicio Caterpillar CAT. Obtenido de <http://s7d2.scene7.com/is/content/Caterpillar/C10558217>
- Comisión Nacional de Agua . (2009). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: alcantarillado sanitario. Coayacan, Mexico.
- Consejo Comunal de Planeación. (2005). PLAN DE DESARROLLO DE LA COMUNA 9 DE IBAGUE. Ibagué, Tolima.
- Cordoba Cataño, C. (2013). DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO CENTRO POBLADO PASOANCHO SITUADO EN EL MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ. BOGOTÁ D.C.
- DANE. (2018). Información demografica. Ibagué, Tolima.
- Empresa Ibaguereña De Acueducto y Alcantarillado (IBAL). (2021). REPOSICIÓN DE ALCANTARILLADO EN DIFERENTES SECTORES DE LA CIUDAD DE IBAGUÉ. IBAGUÉ - TOLIMA.
- Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado. (27 de 06 de 2017). IBAL. Obtenido de IBAL: <https://www.ibal.gov.co/el-tejar>
- Empresas Publicas de Medellin (EPM). (2009). Guía para el diseño Hidráulico de Redes de Alcantarillado. Obtenido de Empresas Publicas de Medellin: https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/GuiaDisenoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf

Optimización de la capacidad hidráulica para el manejo de aguas residuales en la avenida quinta sur del municipio de Ibagué departamento del Tolima

- García Alcívar , C., & Jaramillo Vera, J. (2017). DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA CIUDADELA RIO VISTA, DEL CANTON CHONE. CHONE-MANABI-ECUADOR.
- Lizarazo Becerra , J. M., & Orjuela Gutierrez, M. I. (2013). Repositorio Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/20486/marthaisabelorjuela2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ministerio de Vivienda, C. y. (08 de Junio de 2017). Resolución 0330 de 2017. Recuperado el 06 de Febrero de 2021, de Resolución 0330 de 2017: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>
- Monumentos de Ibagué. (2022). Monumentos de Ibagué. Obtenido de Monumentos de Ibagué: <https://monumentosdeibague.es.tl/>
- Rovira Bolaños, B., & Peña Perilla, F. (2018). PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA VEREDA SAN MIGUEL, MUNICIPIO DE GUAMAL, META. VILLAVICENCIO, META.
- Sanchez Avellaneda, J. E. (2018). INSTRUCTIVO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL. Obtenido de Repositorio Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <https://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14215/SanchezAvellanedaJohnEdisonAnexo-1.pdf;jsessionid=7429DEAD671E25CBA02F43E7BBF2F35F?sequence=2>
- Sociedad geográfica de Colombia. (2022). Escuela Nacional de Geografía de la Sociedad geográfica de Colombia. Obtenido de Sociedad geográfica de Colombia: <https://www.sogeocol.edu.co/tolima.htm>
- Timana Rodríguez, K. A. (2016). EVALUACIÓN DEL PROCESO ELECTROFLOX EN EL TRATAMIENTO DE. Obtenido de Biblioteca Universidad del Valle: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/10559/CB-0565472.pdf?sequence=1>
- Vigueras Cortés, J. M. (2012). “La fibra de agave es un material de desecho de la industria mezcalera aun no reportada en la literatura como soporte en el proceso de biofiltración. Se estableció como hipótesis que los factores aire, platos de separación y carga hidráulica superficial (. Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: <http://rdcb.cbq.ipn.mx/bitstream/20.500.12273/56/1/TESIS%20JUAN%20VIGUERAS%20CORTES.pdf>

Optimización de la capacidad hidráulica para el manejo de aguas residuales en la avenida quinta sur del municipio de Ibagué departamento del Tolima