

**APLICACIÓN DE TEMÁTICA EN INGENIERÍA CIVIL
DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL MUNICIPIO
DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE – GUAVIARE**



Por:
Wilmar David Cortés González



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

**APLICACIÓN DE TEMÁTICA EN INGENIERÍA CIVIL
DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL MUNICIPIO
DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE – GUAVIARE**



Por:
Wilmar David Cortés González

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de ingeniero civil

Aprobado por:
Ing. Iván Darío Acosta Sabogal, Ms (c).
Director

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón, Ms (c).
Decano Facultad de Ingeniería Civil

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a Dios, por regalarme la salud y sabiduría necesaria para llegar hasta este momento de mi vida profesional; por permitirme tener a mi familia cerca y así poder agradecerles todos los esfuerzos que realizaron para verme como ingeniero civil.

A mi madre por haberme forjado como la persona que soy, motivarme a cumplir mis metas y por todo el trabajo y sacrificio de tantos años.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios por permitirme vivir este momento y brindarme la sabiduría necesaria para empezar y culminar mi carrera universitaria.

A mi madre Patricia, y a mis hermanos Felipe y Santiago por su apoyo incondicional para lograr cumplir cada una de mis metas y enseñarme a soñar en grande, por mostrarme lo importante de amar lo que haces y educarme con ejemplo, por estar orando, sintiéndose orgullosos de mí y ayudándome en momentos de debilidad.

A la Universidad Santo Tomás y a cada docente, que directa o indirectamente contribuyeron en mi formación académica y profesional, por brindarme una formación integral en cada una de las áreas de la Ingeniería Civil

Al ingeniero Iván Acosta por su oportuna tutoría orientándome para tener un desarrollo óptimo en mi proyecto.

Por último, a mis amigos y futuro colegas por acompañarme en esta experiencia y hacerla más grata e inolvidable.

RESUMEN

La capital del departamento del Guaviare, San José del Guaviare, cuenta actualmente con una red de alcantarillado sanitario conformada por una serie de subsistemas interconectados entre sí, los cuales fueron construidos de manera paralela a la expansión del municipio.

Dicha red se encuentra activa desde hace más de 20 años mediante un sistema ASAS (Alcantarillado sin arrastres de sólidos) y brinda servicio aproximadamente a 5622 de suscriptores, cuenta con 5 estaciones de bombeo, 52.165,176 metros lineales de tuberías, que están divididos en subsistemas y un total de 1.194 pozos de inspección. Esta información se da en relación en los datos ofrecidos por la empresa prestadora del servicio EMPOAGUAS ESP.

En relación al crecimiento exponencial de la población y el desarrollo urbano, el sistema presenta una serie de problemáticas desencadenadas principalmente por errores de diseño y procesos constructivos.

De acuerdo a la situación que, no solo es desfavorable para los ciudadanos sino para el medio ambiente, ya que conviven con unos olores desagradables provenientes de los vertimientos de aguas servidas sobre algunas de las calles del municipio y que en la mayoría de los casos terminan depositados sobre la rivera del Río Guaviare.

El siguiente documento presenta información recolectada en campo sobre las estructuras hidráulicas existentes, su determinada digitalización, modelación y análisis de resultados del diagnóstico planteado al sistema de alcantarillado sanitario del Municipio de San José del Guaviare.

Palabras Clave: *Alcantarillado sanitario, ASAS, suscriptores, subsistema, crecimiento exponencial, estructuras hidráulicas, diagnóstico.*

ABSTRACT

Guaviare's capital, San José del Guaviare, it currently has a sanitary sewer network made up of a series of interconnected subsystems, which were built in parallel with the expansion of the municipality.

This network has been active for more than 20 years through an ASAS system (Sewage without solid drains) and this provides service to approximately 5,622 subscribers, it has 5 pumping stations, 52.165,176 linear meters of pipes, which are divided into subsystems, and a total of 1,194 inspection wells. This information is given in relation to the data offered by EMPOAGUAS ESP the company providing the service.

In relation to the exponential growth of the population and urban development, the system presents a series of problems triggered mainly by design errors and construction processes.

According to the situation, it is not only unfavorable for citizens but for the environment, since they coexist with unpleasant odors from sewage discharges on some of the streets of the municipality and that in most cases end deposited on the banks of the Guaviare River.

The following document presents information collected in the field on the existing hydraulic structures, their specific digitization, modeling and analysis of the results of the diagnosis made to the sanitary sewer system of the Municipality of San José del Guaviare.

Key Word: *Sewer systems without dragging of solids, sanitary sewer, subscribers, subsystem, exponential growth, hydraulic structures, diagnosis.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	11
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
2.2.	ANTECEDENTES.....	13
2.3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
3.	JUSTIFICACIÓN.....	14
4.	OBJETIVOS.....	15
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	15
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
5.	ALCANCE.....	16
6.	MARCO DE REFERENCIA	17
6.1.	MARCO TEÓRICO	17
6.3.1	Nivel de complejidad	17
6.3.2	Contribuciones de aguas residuales	17
6.3.3	Período de diseño	18
6.3.4	Storm and Sanitary Analysis	19
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	20
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	21
6.3.5	ANTECEDENTES.....	21
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	22
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	23
7.	METODOLOGÍA	24
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	24
7.2.	POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	25
8.	ETAPA 1 – LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	28
9.	ETAPA 2 – DIGITALIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA INFORMACIÓN... 37	
9.1.	CATASTRO	37
9.2.	VERIFICACIÓN DE TRAMOS	38
9.3.	MODELO MATEMÁTICO	41
9.4.	MODELACIÓN SOFTWARE	42
10.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	46
11.	RESULTADOS E IMPACTOS	57
11.1.	RESULTADOS ESPERADOS	57
11.2.	IMPACTOS	57
12.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	58
12.1.	CONCLUSIONES	58
12.2.	TRABAJOS FUTUROS.....	58
	BIBLIOGRAFÍA	59
	ANEXOS	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Asignación del nivel de complejidad.....	17
Tabla 2. Dotación Neta.....	17
Tabla 3 Contribución de aguas residuales.	18
Tabla 4. Porcentaje de cobertura	25
Tabla 5. Cubrimiento comercial.....	26
Tabla 6. División Política	26
Tabla 7. Número de pozos y tramos	27
Tabla 8. Catastro redes.....	37
Tabla 9. Pozos con pendiente asumida	39
Tabla 10. Asignación de áreas tributarias	41
Tabla 11. Diámetros	41
Tabla 12. Número de pozos	46
Tabla 13. Pozos destapados	47
Tabla 14. Número asignado para los pozos no encontrados	47
Tabla 15. Estado de las tapas	48
Tabla 16. Asignación de áreas tributarias	48
Tabla 17. Diámetros tubería	50
Tabla 18. Fuerza tractiva en tuberías.....	50
Tabla 19 Tramos de alcantarillado	51
Tabla 20. Tramos seleccionados.....	52
Tabla 21 Tabla de resultados	57
Tabla 22 Impactos.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Colmatación pozo de inspección 551, Barrio el Modelo.....	12
Figura 2. Municipio San José del Guaviare.....	23
Figura 3. Metodología	24
Figura 4 Ubicación punto geodésico	28
Figura 5. Estación de topografía	29
Figura 6 GPS Base EMPOAGUAS E.S.P	29
Figura 7 GPS Diferencial base MT-T-62	30
Figura 8 GPS poligonación Cra. 19 Barrio el Modelo.....	30
Figura 9. Evidencia toma de información	32
Figura 10. Pozo 760 Cra 19A Barrio El Modelo.....	32
Figura 11. Pozo 479 Transversal 20 Barrio 20 de Julio.....	33
Figura 12. Ficha técnica	34
Figura 13. Toma de información.....	35
Figura 14. Estado actual de los pozos	35
Figura 15. Pozo rebosado barrio La Granja	36
Figura 16. Vertimiento barrio San Jorge.....	36
Figura 17. Descarga en terreno baldío barrio San Jorge	36
Figura 18. Plano alcantarillado	43
Figura 19. Asignación de atributos	43
Figura 20. Asignación de atributos tuberías	44
Figura 21. Modelación de la red	45
Figura 22. Estado de los pozos	46
Figura 23. % pozos destapados	47
Figura 24. % estado de las tapas	48
Figura 25. Red alcantarillado sanitario	49
Figura 26. Tramo barrio Prado de San Sebastián	52
Figura 27. Perfil tramo 378 al 356 Barrio Prado de san Sebastián.....	52
Figura 28. Barrió Villa Ángela.....	53
Figura 29. Perfil tramo 722 al 699 Barrio Villa Ángela.....	53
Figura 30. Tramo Barrio Primero de Mayo	54
Figura 31. Perfil de tramo 933 a 844 barrió Primero de Mayo.....	54
Figura 32. Perfil de tramo 531 a 668 barrió El Porvenir	55
Figura 33. Rebose Cámara	55
Figura 34. Tramo barrio El Porvenir	56

1. INTRODUCCIÓN

San José del Guaviare cuenta actualmente con una población de 65,611 habitantes y una tasa de incremento promedio de 3,04% según la proyección DANE para el 2019 [1]. Día a día se evidencia el crecimiento económico y con ello la expansión acelerada, generando un incremento considerable del vertimiento de aguas residuales, hecho que ha motivado al hombre a buscar distintas soluciones para dicha problemática reduciendo la proliferación de focos de contaminación que puedan afectar el desarrollo socioeconómico de la misma.

De acuerdo a lo anterior, se han implementado diferentes estrategias como pozos sépticos y rellenos sanitarios, tendientes a mitigar la problemática ambiental. Es ahí donde surgen los sistemas de alcantarillado que permite un transporte y recolección adecuada de las aguas servidas, que evite un impacto negativo en el medio ambiente y la calidad de vida de sus habitantes.

Este documento pretende mostrar los resultados de una investigación minuciosa del estado actual de la red de alcantarillado sanitario del municipio, conforme a los parámetros y determinaciones del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, además de proponer alternativas para la adecuada gestión que busca garantizar un buen servicio con continuidad y calidad para los usuarios.

El sistema actualmente cuenta con el 74% de cobertura en redes, con 5622 suscriptores que equivalen a un 69% de la población total del municipio [2]. En el cual se presentan 6 puntos de vertimientos, 4 de ellos conectados al sistema (**vertimiento 1: colector perimetral, vertimiento 2: sector mosquito, vertimiento 3: sector Piraquive, vertimiento 4: sector modelo**) y los otros 2 son los vertimientos no interconectados al sistema (**vertimiento: brigada de selva No 22, vertimiento: planta de beneficio animal**).

Debido a esto, se busca identificar las condiciones hidráulicas de la misma. Para ello, se implementarán levantamientos topográficos que permitan la determinación de las coordenadas y cantidades de pozos existentes en la red, seguidos de cálculos de condiciones hidráulicas del sistema y posteriormente una modelación que identifique los puntos críticos en su interior.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

San José del Guaviare, capital del departamento del Guaviare, es el principal centro administrativo y económico de la región. Este auge es el responsable de la expansión urbana en diferentes sectores, que se ven afectados por la escasa planeación, diseño y puesta en marcha de los servicios de alcantarillado sanitario.

Según el ajuste al plan de saneamiento y manejo de vertimientos líquido urbanos - PSMV San José 2026, cuenta actualmente con una cobertura total del 74%, equivalente a 52.165,76 ml de tubería y compuesto por cuatro subsistemas distribuidos de la siguiente manera: **Subsistema de Alcantarillado de Barrios de Sur Occidente, Subsistema Alcantarillado Nororiente, Subsistema Alcantarillado Sur – Oriente, Sistema de alcantarillado Sector Centro – Norte, Sistema de alcantarillado Barrios de Oriente**, Este último presentando fallas en la etapa constructiva. [2]

Existen algunas estructuras que han sido afectadas por los malos procesos constructivos y/o mantenimiento, tales como: pozos de inspección que presentan hundimiento y, por ende, obstrucción en la tubería. Según inspecciones realizadas por la empresa prestadora del servicio – EMPOAGUAS ESP, le red presenta un porcentaje estimado del 40% colmatación que no permite el transporte adecuado de las aguas servidas presentando puntos vertimiento en las zonas más bajas (Barrio el Mosquito, Barrio el Triunfo, Barrio el Modelo, Barrio Primero de Octubre; entre otros). [2]



Figura 1. Colmatación pozo de inspección 551, Barrio el Modelo
Fuente: Autor

Debido a estas fallas, se presentó una problemática ambiental y sanitaria producto de rebosamiento de aguas servidas, contaminación de aguas subterráneas, generación de olores y proliferación de vectores.

2.2. ANTECEDENTES

San José del Guaviare cuenta con barrios que colindan con la ribera del río Guaviare y humedales como Panuré y el Modelo, los cuales se ven afectados por el vertimiento de aguas servidas. De igual manera, se encuentra el rebose de cámaras de inspección ubicadas en una vía principal del Barrio Primero de Octubre y la Calle 24 del barrio el Triunfo, entre las más significativas.

“Los habitantes del barrio el Triunfo dieron a conocer a Nuevo Día, Buenas Noticias, los problemas de salud que se vienen presentando en la calle 24 con carrea 19B, debido al vertimiento de aguas residuales en la calle principal que sale por la recámara del alcantarillado ubicado en el sector” [3].

Algunos de los vertimientos de aguas residuales se dan en zonas donde existen cuerpos de agua protegidos como los anteriormente protegido, con lo que se potencializa la propagación de diferentes agentes que afectan la salud de la población.

2.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la razón por la que se presentan fallos en la capacidad del sistema de alcantarillado del municipio de san José del Guaviare – Guaviare?

3. JUSTIFICACIÓN

El sistema de alcantarillado sanitario en las zonas rurales de Colombia es hasta hoy una problemática latente debido a que no se ha garantizado en su totalidad. No obstante, el sector de los servicios públicos en Colombia cada día tiene mayor participación en la economía nacional, lo que ha permitido llevar a cabo importantes programas de ampliación estructural.

Según el plan básico de ordenamiento territorial – PBOT, el Municipio de San José del Guaviare se caracteriza por presentar un relieve plano-ondulado [4], es por esto, que el sistema se maneja con 5 estaciones de bombeo que se encuentran ubicada de la siguiente manera: ***Villa Andrés – Finca señora Mary, Copsagua – Cra 13 # 21ª – 20, Veinte de Julio – Barrio Piraquibe, Barrio el Modelo – Calle 12 Cra 16 y Empoaguas ESP*** [2]. Las cuales contribuyen al óptimo funcionamiento del sistema.

El primer subsistema de alcantarillado sanitario fue habilitado hace aproximadamente 20 años mediante un sistema ASAS (Alcantarillado sin arrastres de sólidos), a medida de la expansión que ha presentado el municipio se han ido conectando otros subsistemas los cuales por la densificación de la población presenta deficiencias relacionadas con el hundimiento de las recámaras, rebosamiento de aguas residuales y generación de malos olores.

Teniendo en cuenta las problemáticas del sistema, la empresa prestadora de servicios, EMPOAGUAS ESP, en el año 2009 realiza un diagnóstico del estado actual del mismo, obteniendo un resultado desfavorable, dónde se implementaron obras de mitigación tales como bypass, sellamiento de cajas de inspección e instalación de tapas. Aún con la puesta en marcha de estas acciones se sigue evidenciando la saturación del sistema.

De acuerdo con el desarrollo urbano y económico del municipio de San José del Guaviare, se pretende generar un diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario que permita dar solución a la problemática actual, mejorando la prestación del servicio de alcantarillado sanitario, logrando un sistema de conducción idóneo para las aguas servidas alcanzando un equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos y la conservación del medio ambiente.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diagnóstico de la red de alcantarillado sanitario para el municipio de San José del Guaviare – Guaviare.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento catastral de la red de alcantarillado existente obteniendo coordenadas de los pozos actuales.
- Analizar la estructura hidráulica y estado que componen el sistema de alcantarillado sanitario.
- Modelar mediante un software la red existente de alcantarillado con el fin encontrar puntos críticos.

5. ALCANCE

El siguiente proyecto tiene como alcance realizar el diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario en el municipio de San José del Guaviare – Guaviare, el cual, permita conocer las variables y causas por las cuales se están presentando los fallos en el sistema (Vertimiento de aguas residuales, colmatación de la tubería).

Mediante un levantamiento topográfico se identificará la cobertura total, elementos que la componen, vertederos, ubicaciones de estaciones de bombeo y chequeo de los pozos existentes mediante la inspección detallada.

Lo anterior, permite determinar el estado actual y los puntos críticos que presentan colmatación logrando llevar a cabo una modelación hidráulica del sistema de alcantarillado en el software, que permite predecir el comportamiento bajo diferentes acciones y condiciones, así como el dimensionamiento de la estructura y los mecanismos de control para el óptimo funcionamiento.

Todo el análisis presentado es basado bajo estudios y cálculos matemáticos, aplicando las diferentes normativas que preceden el mismo.

6. MARCO DE REFERENCIA

Todo lo presentado en este proyecto se rige bajo normas que se encuentran vigentes para el territorio colombiano, además de teorías y modelos matemáticos utilizados internacionalmente.

6.1. MARCO TEÓRICO

6.3.1 Nivel de complejidad

Rango en el cual se clasifica un proyecto, depende del número de habitantes en la zona urbana del municipio, su capacidad económica o el grado de exigencia técnica que se requiera. [5]

Tabla 1 Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (1)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Fuente: RAS 2000.

6.3.2 Contribuciones de aguas residuales

Para realizar el cálculo de las contribuciones de aguas residuales se debe hacer de acuerdo con lo establecido en el título D del RAS 2000. [5]

6.1.1.1 Caudal de aguas residuales domésticas (QD)

Ecuación 1 Caudal doméstico.

$$Q_D = \frac{C_R \times P \times D_{neta}}{86400}$$

Dónde:

- QD= Caudal de aguas residuales domésticas (L/s).
- CR= Coeficiente de retorno (adimensional).
- P= Número de habitantes proyectados al período de diseño (hab).
- Dneta = Demanda neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab/día).

Tabla 2. Dotación Neta

Altura prom sobre el nivel del mar de la zona atendida- m.s.n.m	Dotación neta máx. (L/hab*día)
>2000	120
1000-2000	130

<1000	140
-------	-----

Fuente: RAS 2000

Tomando el CR como 0,85 según lo establecido en el reglamento.

6.1.1.2 Caudal de aguas residuales industriales (QI)

La contribución de agua por industrias se debe determinar según los niveles de complejidad del sistema, como lo establece el reglamento.

Tabla 3 Contribución de aguas residuales.

Nivel de Complejidad del Sistema	Contribución industrial (L/s-ha)
Bajo	0,4
Medio	0,6
Medio Alto	0,8
Alto	1,0

Fuente: RAS 2000 – Título D.

6.1.1.3 Caudal de aguas residuales comerciales (QC)

La contribución de caudal comercial corresponde a 0,5 L/s por ha comercial, según lo establecido en el reglamento.

6.1.1.4 Caudal de aguas residuales institucionales (QIN)

La contribución de caudal institucional corresponde a 0,5 L/s por ha institucional, según lo establecido en el reglamento.

6.1.1.5 Caudal de aguas residuales por conexiones erradas (QCE)

Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un valor máximo de 0,2 L/s por ha, según lo establecido en el reglamento.

6.1.1.6 Caudal de aguas residuales por infiltración (QINF)

Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un factor entre 0,1 y 0,3 L/s ha, según lo establecido en el reglamento.

6.3.3 Período de diseño

El Ras 2000 estipula en su título B que el periodo de diseño debe establecer tanto las condiciones básicas del proyecto, como la capacidad de la obra para atender la demanda futura. El periodo de diseño depende de diversos factores como lo son la curva de demanda, la programación de las inversiones, factibilidad de ampliación, tasa de crecimiento de la población, del comercio y la industria.

El RAS presentó una tabla la que permitía conocer los diferentes periodos de diseño según los niveles de complejidad del sistema, pero dicha tabla fue modificada a partir de la Resolución 0330 de 2017 indicando:

Artículo 40. Período de diseño: Para todos los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado y aseo se adopta como periodo de diseño de 25 años.

6.3.4 Storm and Sanitary Analysis

Autodesk® Storm and Sanitary Analysis es una aplicación que permite realizar análisis hidrológicos e hidráulicos. Esta aplicación no solo planifica y diseña los sistemas de alcantarillado, sino que además integra el análisis de aguas pluviales y aguas residuales.

Asimismo, contribuye a mejorar la productividad general del proyecto y a incrementar la capacidad de ingeniería. [6]

6.1.1.7 Ecuaciones de Saint Venant.

La conservación de la masa y la cantidad de movimiento en función del flujo variable como el flujo transitorio está gobernado por las ecuaciones de Saint Venant y para ello el Software Storm and Sanitary Analysis contempla dos tipos de transporte hidráulico; onda cinemática u onda dinámica. [6]

6.1.1.8 Modelo Onda Cinemática.

Este modelo hidráulico de transporte permite resolver la ecuación de continuidad de la mano de la ecuación de cantidad de movimiento la cual requiere una pendiente en la superficie libre del agua que supere o iguale a la pendiente del fondo del concreto. Este modelo permite tanto al caudal como al área una variación espacial-temporal dentro del conducto, pero no puede contemplar resaltos hidráulicos, perdidas en entradas o salidas en pozos de registro ni el flujo inverso o presurizado. Algo contrario a lo que se presenta en el modelo de onda Dinámica. [6]

6.1.1.9 Modelo Onda Dinámica.

El modelo de onda dinámica resuelve las ecuaciones unidimensionales de Saint Venant generando teóricamente los resultados más exactos; ambas suponen una aplicación a la continuidad y a la cantidad del movimiento en las conducciones y la continuidad del volumen en cada nudo. A su vez puede contemplar efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos, perdidas en entrada y salida, flujo inverso y flujo presurizado. Con esto es posible representar el flujo presurizado cuando una conducción cerrada se encuentra saturada de tal manera que el caudal que circula por la misma puede exceder el valor de caudal a tubo completamente lleno obtenido mediante la ecuación de Manning. [6]

La aproximación basada en la denominada onda cinemática considera como fuerzas más importantes del movimiento del agua como la gravedad y la fricción, y de esta manera las ecuaciones de Saint Venant se expresan como:

Ecuación 2 Saint Venant

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial t} = q_{rain}$$

Donde:

q: es el caudal unitario.

t: es el tiempo.

x: es la coordenada horizontal

h: es el calado.

q_{rain}: es el caudal específico de aportación debido a las precipitaciones.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Las redes colectoras que permite la evacuación de aguas lluvias y aguas que se han contaminado con elementos tóxicos ya sea material fecal u orina de seres humanos y/o animales, llamadas aguas residuales [7]. Este circuito de redes se denomina sistema de alcantarillado [8].

Para identificar los puntos más bajos de la sección transversal interna del conducto o cota batea y la ubicación de los pozos excavados que conectan las tuberías colectoras, se realiza un levantamiento catastral el cual mediante una base de datos georreferenciados obtiene información real y oportuna. Debido a lo anterior, es la base fundamental para este proyecto de investigación, permitiendo identificar los diferentes cambios en la altimetría y las coordenadas geodésicas de los pozos existentes en la red de alcantarillado del municipio de San José del Guaviare. [9]

La modelación de un sistema de alcantarillado permite identificar el comportamiento hidráulico en un sistema de drenaje urbano. Otorgando resultados de forma dinámica en una variedad de formatos como gráfico, tablas de velocidades y presiones, evidenciando las diferentes problemáticas existentes y facilitando la toma decisiones a la hora de plantear soluciones.

6.3. ESTADO DEL ARTE

6.3.5 ANTECEDENTES

ESTUDIO Y DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL PROCESO DE DESINFECCIÓN DE UN SECTOR DEL CENTRO DE BOGOTÁ

Se realizó un diagnóstico de la red de alcantarillado para la localidad de Santa Fe en el centro de Bogotá, debido a los impactos que puede concebir el incremento en la densidad poblacional. El documento presenta un análisis hidráulico del comportamiento de las tuberías frente a las precipitaciones y un aporte mayor del caudal. [10]

DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE SOCHA (BOYACÁ)

El saneamiento básico es tema fundamental en el mejoramiento de condiciones de vida de una comunidad, es por esto que María Victoria Estrada Rincón, que en su momento era estudiante de ingeniería civil de la universidad distrital Francisco José de Caldas, tuvo como finalidad evaluar las condiciones del sistema y las posibles fallas en cuanto a la estructura de la red de alcantarillado del municipio de Socha-Boyacá y así evitar contaminaciones de cuerpos de aguas receptores y generación de agentes patógenos. [11]

DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE FOSCA, (CUNDINAMARCA)

Teniendo en cuenta la importancia del saneamiento básico en el desarrollo y calidad de vida de las sociedades, surge la necesidad gubernamental de garantizar cobertura y eficacia en los servicios públicos que benefician a todos los ciudadanos. Dicho proyecto tiene como finalidad el diagnóstico del sistema de alcantarillado y así poder evidenciar el estado actual de las estructuras existentes del mismo, logrando determinar su comportamiento y generar educación ambiental sobre el uso adecuado del sistema de alcantarillado. [12]

MODELACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA URBANIZACIÓN PLAZA MADRID MEDIANTE EL SOFTWARE EPA SWMM

Con el crecimiento de las poblaciones circundantes a la ciudad de Bogotá, se hace necesaria la proyección de proyectos de vivienda como urbanizaciones, los cuales se les debe brindar los servicios básicos de agua potable y alcantarillado, es por esto que se realiza una modelación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, el cual permita conocer el comportamiento hidráulico e hidrológicos de la red y

conocer los diámetros lógicos de la tubería que permita una recolección y transporte adecuado de las aguas. [13]

6.4. MARCO NORMATIVO

El marco normativo aplicable a las acciones a realizar durante la ejecución del proyecto está motivado y fundamentado básicamente en los siguientes lineamientos mencionados a continuación:

- REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, RAS-2000.
- Resolución 0330 de 2017
- Código Colombiano de Fontanería. Bogotá. ICONTEC (NTC 1500)
- Norma Sismo Resistente Colombiana NSR 10
- RESOLUCION 2320 DE 2009 (Dotaciones)

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

El municipio de San José del Guaviare se encuentra localizado al norte del Departamento, ocupando una franja que sigue el curso de los ríos Guayabero y Guaviare. Limita al norte con el Departamento del Meta, al occidente con el Departamento del Caquetá, al oriente con el Departamento del Guainía y al sur con los Municipios de Calamar y El Retorno. Ocupa un área aproximada de 1.660.000 á que corresponden al 30% del territorio departamental.

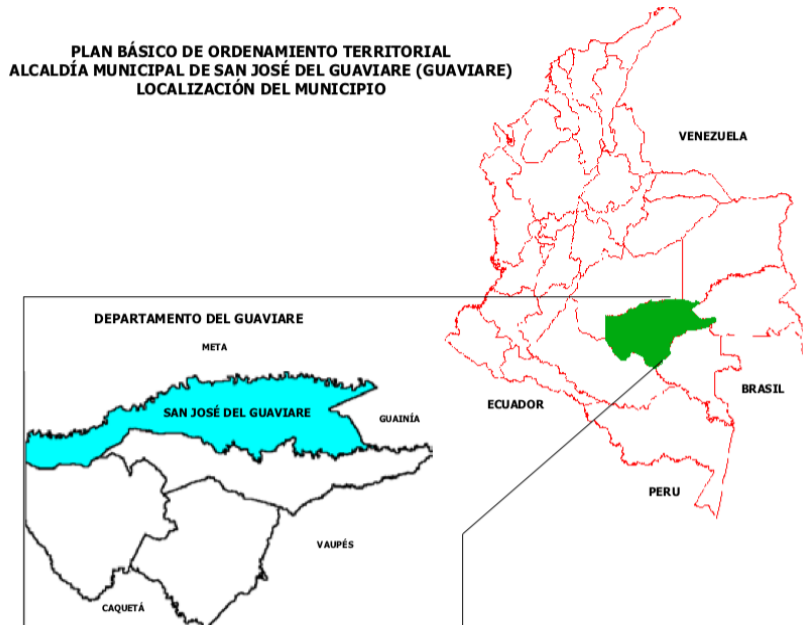


Figura 2. Municipio San José del Guaviare
Fuente: Alcaldía de San José del Guaviare, 2015

Clima

San José del Guaviare tiene un clima tropical. La mayoría de los meses del año están marcados por lluvias significativas. La corta estación seca tiene poco impacto. Esta ubicación está clasificada como Am por Köppen y Geiger. La temperatura aquí es en promedio 28.1 ° C. La precipitación media aproximada es de 2487 mm. [14]

7. METODOLOGÍA

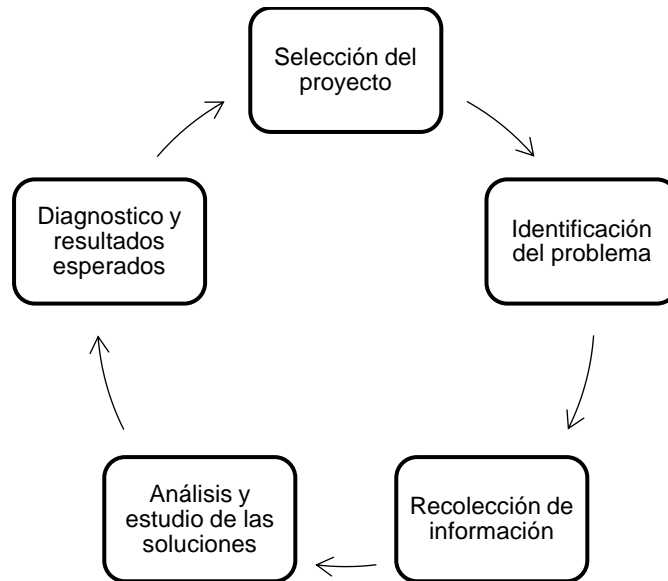


Figura 3. Metodología
Fuente: Autor

La metodología del proyecto está basada en el diagnóstico del sistema de alcantarillado, mediante inspección a todos los pozos existentes, recolectando información como, cotas rasantes, cotas de fondo, estado actual de los pozos, coordenadas, entre otros. La cual nos permita conocer las condiciones hidráulicas del mismo.

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

Para la ejecución del proyecto se tomaron en cuenta una serie de procedimientos configurados de la siguiente manera:

Etapa preliminar: Localización del lugar de estudio y determinación de las características generales previas las cuales son necesarias para la realización de un diagnóstico del sistema de alcantarillado.

- **Antecedentes:** Información existente acerca de la estructura, tales como planos, materiales utilizados y año de construcción.
- **Registros previos:** Documentos que muestren especificaciones y procedimientos de cálculo, como planos, bitácoras, memorias de cálculo, etc.
- **Entorno social:** Determinar la importancia social de la estructura, que implicaciones sociales y económicas tiene la estructura

7.2. POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En pro de cumplir con los objetivos planteados se determinaron las siguientes variables clasificadas mediante su instrumento de recolección de datos:

1. Suministradas

- a. *Por la entidad prestadora del servicio:* En colaboración con el gerente y su equipo de trabajo se facilitó la información correspondiente a las siguientes variables:
- Número de suscriptores: EMPOAGUAS ESP cuenta con 5622 suscriptores.
 - % Cobertura: Los datos a continuación son de acuerdo con el Plan de Saneamiento y Manejo de vertimientos líquidos del año 2015 para San José del Guaviare (PSMV 2015).

Tabla 4. Porcentaje de cobertura

%Cobertura de sistema	
Cobertura sector urbano	Cobertura población total
74	69

Fuente: PSMV 2015

- b. *Por el plan de ordenamiento territorial POT*

- Uso del suelo

Uso residencial: La zona de uso residencial de San José del Guaviare ha venido extendiéndose desde la margen derecha del río, hacia el sur occidente inicialmente para en los últimos 15 años girar hacia el oriente. Por ende, comprende la mayor parte de la división urbana del municipio con un porcentaje de cobertura de 77,5 % (178.22 ha), datos los cuales se obtuvieron mediante un estudio de los planos y documentos suministrados por la entidad pública EMPOAGUAS E.S.P. [4]

Uso institucional y/o institucional: La mayor parte del sector comercial de San José del Guaviare se encuentra en la zona central, en las que se localizan establecimientos como ferretería, almacenes de ropa, papelerías, establecimientos de prestación de servicios, entre otros.

Hacia el barrio la esperanza se ubica la zona rosa, sector en el cual se ubican restaurantes, discotecas, localizados en cercanía al parque principal. En la zona del puerto se han localizado bares, residencias de paso y estaciones de servicio. Las cuales presentan un impacto ambiental sobre el río Guaviare.

Hacia el costado occidental de la avenida el retorno, se localizan los talleres de servicio automotriz y algunos de ornamentación y ebanistería. A lo largo

de la avenida el retorno, se ha venido presentando aparición de comercio que se está extendiendo a lo largo de ella sin una reglamentación que ordene su desarrollo. [4]

Tabla 5. Cubrimiento comercial

Servicio	San José del Guaviare
Talleres y monta llantas	48
Droguerías	20
Restaurantes, cafeterías y heladerías	98
Ebanistería	6
Billares	28
Bancos	5
Estaderos	13
Salud	21
Comunicación	13
Tiendas	110
Bares, tabernas, discotecas	22
Supermercados	13
Hoteles y residencias	20
Otros (peluquerías, videos, depósitos, etc.)	575
Estaciones de servicio	8
Total	997

Fuente: PBOT San José del Guaviare

- Número de viviendas por hectárea: El municipio de San José del Guaviare tiene una distribución irregular por lo cual los predios no cuentan con la misma área, debido a esto, se realiza una aproximación con los datos obtenidos PBOT, arrojando una cantidad total de predios urbanos de 10871. Mismo que se dividen el área total del municipio teniendo un aproximado de 48 viviendas por hectárea. [4]
- División política: La cabecera municipal cuenta actualmente con 38 barrios.

Tabla 6. División Política

Barrios área urbana			
20 de Julio	Villa Ángela	Popular	Villa Andrea
Modelo	Villa del Parque	1° de Octubre	San Jorge
Mosco	Villa del Prado	Comuneros	Santander
Conjunto Arazá	Centro	Granja	Copsagua
Santa rosita	1° de Mayo	Dorado	Porvenir
San Ignacio	Triunfo	La Paz	Progreso
Divino Niño	Remanso	Villa Unión	Bello Horizonte
Belén de la Paz	Prados de San Sebastián	Heliconias	Rosales
Sueños de prosperidad	de Bicentenario1	Bicentenario2	Panuré
San José	Portal de Belén		

Fuente: Autor

2. Mediante trabajo de campo

a. *Levantamiento topográfico*: Durante 87 días se realizó un levantamiento topográfico por la red de alcantarillado del municipio encabezado por la topógrafa Gladys Morales (en el siguiente capítulo se describirán a detalle las actividades), el cual obtuvo los siguientes resultados:

- Número de pozos y número de tramos

Tabla 7. Número de pozos y tramos

Número de pozos	Número de tramos
1194	1139

Fuente: Autor

8. ETAPA 1 – LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico para este proyecto es de vital importancia ya que es fundamental para la recolección y obtención de información actualizada del estado de la red. Se elaboró durante 87 días encabezado por la topógrafa Gladys Moreno, quien facilitó la comisión de topografía. Se encuentra dividido en las siguientes fases:

- a. Etapa 1, Zona Nor-Oriental: En esta etapa se realizó una inspección de 745 pozos para un total aproximado del 70% de la red de alcantarillado sanitario.
- b. Etapa 2, Sur-Occidente: Se inspeccionaron los 449 pozos restantes para completar un total del 100% del sistema.

Hechos relevantes

Materialización MT-T-62: Se ubicó el punto geodésico disponible más cercano en la plataforma geodésica en la página virtual del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en la cual se entró el año en que se realizó (2006), las coordenadas geocéntricas del punto, la época (1995) las velocidades calculadas para el punto y por último las coordenadas geocéntricas y geográficas del mismo.

Nos desplazamos en busca del punto geodésico MT-T-62 en la periferia de Puerto Concordia sobre la vía que conduce a la ciudad de Villavicencio - Meta, desde el cual nos enlazamos al sistema de referencia local a la red geodésica del IGAC, el cual se encontró con sus bordes picados y en medio de la maleza como se muestra en las siguientes imágenes.



Figura 4 Ubicación punto geodésico

Fuente: Levantamiento topográfico

Materialización de puntos de control GPS BASE: La materialización de un punto (GPS BASE) se llevó a cabo incrustando en el tanque de almacenamiento de agua dentro de las instalaciones de la empresa EMPOAGUAS una placa de 7 cm en

aluminio en el hormigón para recubrirlas con más hormigón. La placa está debidamente marcada con información básica del proyecto.



Figura 5. Estación de topografía
Fuente: Autor

Equipos utilizados

GPS diferencial base
Marca: ASTECH
Modelo MOVIL MAPPER 100
Frecuencia L1



Figura 6 GPS Base EMPOAGUAS E.S.P
Fuente: Levantamiento topográfico

- GPS diferencial base
Marca: ASTECH
Modelo MOVIL MAPPER 100
Frecuencia L1



Figura 7 GPS Diferencial base MT-T-62
Fuente: Levantamiento topográfico

Poligonación: Para el levantamiento de los pozos de alcantarillado se realiza una poligonal orientación acimutal a partir de 2 puntos materializados, los cuales fueron los puntos de partida de una poligonal abierta controlada con el método de ceros atrás.



Figura 8 GPS poligonación Cra. 19 Barrio el Modelo
Fuente: Levantamiento topográfico

Las poligonaciones se distribuyeron de la siguiente manera:

- Primera poligonación para los barrios San Jorge 2 y San Jorge 1.
- Segunda poligonación para los barrios San Jorge 2 y Villa Andrea.
- Tercera poligonación para los barrios Santa Rosita y primera parte Bello Horizonte.
- Cuarta poligonación para los barrios segunda parte Bello Horizonte, Santander, primera parte Divino Niño y Popular.
- Quinta poligonación para los barrios primera parte divino niño, Las Heliconias, Copsagua y Remanso.
- Sexta poligonación para los barrios Dorado y sueños de prosperidad.
- Séptima poligonación para los barrios Bicentenario 2, Los Rosales, Prados de San Sebastián y Bicentenario 1.
- Octava poligonación para los barrios Portal de Belén, Belén de la Paz, la Paz y San José.
- Novena poligonación para los barrios Portal de Belén, Belén de la Paz, la Paz, San José y línea.
- Décima poligonación para los barrios Piraquive y perimetral.
- Décima primera poligonación para los barrios 20 de julio y primera parte centro.
- Décima segunda poligonación para los barrios La Esperanza y segunda parte centro.
- Décima tercera poligonación para los barrios Villa Ángela y Villa del Prado.
- Décima cuarta poligonación para los barrios porvenir parte 1.
- Décima quinta poligonación para los barrios Porvenir parte 2 y Modelo parte 1.
- Décima sexta poligonación para los barrios Modelo parte 2 y Modelo parte 3.
- Décima séptima poligonación para los barrios Comuneros.
- Décima octava poligonación para los barrios El Progreso y Villa Unión.
- Décima novena poligonación para los barrios La Granja parte 1.

- Vigésima poligonación para los barrios La Granja parte 2.
- Vigésima primera poligonación para los barrios El triunfo parte 1
- Vigésima segunda poligonación para los barrios El triunfo parte 2.

Falta de información: Se presenta evidencia de escasas de información cartográfica suministrada (geo referencia), generando pérdida de tiempo y disminuyendo el rendimiento a las horas de ejecución del trabajo.

Ubicación: En el momento de la inspección de cada pozo, se presentaron inconvenientes con el acceso al mismo, debido a que en algunos casos se superaba los 50 cm de profundidad respecto a la rasante, obligando a la utilización de equipo pesado para lograr hacer descapote del mismo.



Figura 9. Evidencia toma de información
Fuente: Autor

En la inspección se encontraron tres hundimientos significativos de las recámaras ubicados en los barrios La granja, Modelo y 20 de julio.



Figura 10. Pozo 760 Cra 19A Barrio El Modelo



Figura 11. Pozo 479 Transversal 20 Barrio 20 de Julio
Fuente: Autor

Fichas técnicas: Al momento de la inspección de los pozos para llenar su respectiva ficha técnica se presentaron inconvenientes con tapas de los mismo, debido a que son de anillo y la única forma de destapar el pozo era demolerla, aumentando el trabajo y los costos a la hora de la ejecución del proyecto. En estos casos se tomaba información de la profundidad con una varilla insertándola en uno de sus orificios. A continuación, un ejemplo de las fichas registradas, las demás se anexan al documento como ANEXO 1.


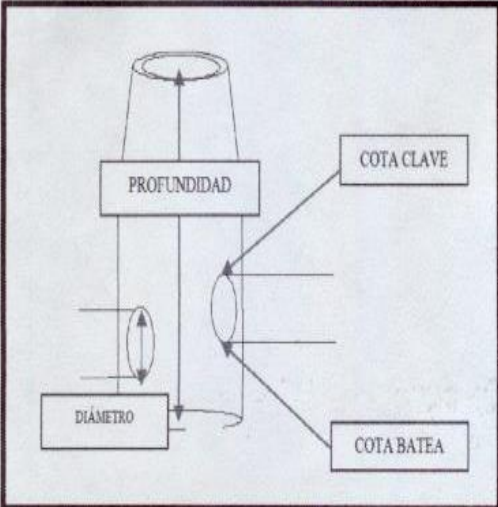
 EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE SAN JOSE EMPOAGUAS E.S.P. CAPTURA DE INFORMACION EN CAMPO	
POZOS DE INSPECCION	
FECHA: 11/11/2017	Codigo Pozo: PZ 1
COORDENADAS: N 2° 33' 28.700" W 72° 37' 38.740"	
Cota Rasante: 180.186	Profundidad: 1.05
Estado Tapa: <input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Malo <input type="checkbox"/> No tiene	Camara: <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Material Camara: <input checked="" type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Piedra <input type="checkbox"/> Ladrillo <input type="checkbox"/> Otro	
Cañuela: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	Escalera: <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
Estado Pozo: <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Sedimentos <input type="checkbox"/> Con basura <input type="checkbox"/> Colmatad <input type="checkbox"/> Otro	
Tubo 1 Cota Clave: _____ Cota Batea: 179.188 Diametro: 8"	Estado Tubería: <input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo Material: <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> GRP <input type="checkbox"/> Gres <input type="checkbox"/> Desconocido <input checked="" type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Otro
Tubo 2 Cota Clave: _____ Cota Batea: _____ Diametro: _____	Estado Tubería: <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo Material: <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> GRP <input type="checkbox"/> Gres <input type="checkbox"/> Desconocido <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Otro
Tubo 3 Cota Clave: _____ Cota Batea: _____ Diametro: _____	Estado Tubería: <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo Material: <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> GRP <input type="checkbox"/> Gres <input type="checkbox"/> Desconocido <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Otro
Tubo 4 Cota Clave: _____ Cota Batea: _____ Diametro: _____	Estado Tubería: <input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo Material: <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> GRP <input type="checkbox"/> Gres <input type="checkbox"/> Desconocido <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Otro
	
OBSERVACIONES colmatado hasta la mitad Pozo inicial	
Top: Jhon Luwing Sanchez	

Figura 12. Ficha técnica
Fuente: Levantamiento topográfico



Figura 13. Toma de información
Fuente: Autor

Colmatación: La mayoría del sistema presenta colmatación impidiendo la recopilación de información, debido a que era imposible ver los diferentes componentes de los pozos, en otros casos se encontraron pozos sin tapa y los cuales habían sido rellenados con material de excavación.



Figura 14. Estado actual de los pozos
Fuente: Autor

Vertimientos de aguas servidas: En los sectores San Jorge, El mosquito, Primero de Octubre y La Granja se presentan vertimientos y reboses de aguas negras generando molestias a la comunidad.



Figura 15. Pozo rebosado barrio La Granja



Figura 16. Vertimiento barrio San Jorge
Fuente: Autor

El punto más crítico se encuentra ubicado en el barrio San Jorge ya que no se encuentra con un sistema de recolección, por ello los ciudadanos instalaron tuberías de descarga hacia un Terreno baldío.



Figura 17. Descarga en terreno baldío barrio San Jorge
Fuente: Autor

9. ETAPA 2 – DIGITALIZACIÓN Y MODELACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En el desarrollo del diagnóstico del sistema de alcantarillado se utilizaron los parámetros establecidos en la norma RAS 2000 para la respectiva evaluación de la infraestructura del sistema existente. A continuación, se describe la metodología utilizada en la digitalización y modelación de la información tomada de los datos del levantamiento mencionado en la etapa anterior.

9.1. CATASTRO

El catastro hace referencia a la recopilación de datos, este inicia con la organización de las 1194 fichas técnicas y la respectiva tabulación de la red existente en el municipio, dónde prevalecen los números de pozos, geo-referencia, cota batea y cota rasante. Esta información permite calcular la profundidad de cada pozo de inspección. A continuación, los 30 primeros pozos de la red debido a su extensión.

Tabla 8. Catastro redes

ID	LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	COTA RAZANTE	COTA FONDO
1	2° 33' 28,700"N	72° 37' 38,740"W	774706,445	1161279,685	180,188	179,138
2	2° 33' 27,171"N	72° 37' 40,909"W	774659,401	1161212,717	179,885	178,485
3	2° 33' 20,014"N	72° 37' 50,509"W	774439,164	1160916,289	180,443	179,123
4	2° 33' 17,206"N	72° 37' 54,271"W	774352,756	1160800,161	180,475	179,685
5	2° 33' 15,853"N	72° 37' 56,160"W	774311,096	1160741,812	180,175	179,265
6	2° 33' 14,614"N	72° 37' 57,915"W	774272,973	1160687,622	179,901	178,941
7	2° 33' 11,535"N	72° 38' 5,557"W	774178,121	1160451,587	181,392	178,742
8	2° 33' 15,866"N	72° 37' 58,800"W	774311,430	1160660,234	179,890	178,980
9	2° 33' 17,255"N	72° 37' 56,940"W	774354,160	1160717,672	180,311	179,141
10	2° 33' 18,525"N	72° 37' 55,220"W	774393,237	1160770,790	180,579	179,779
11	2° 33' 21,315"N	72° 37' 51,432"W	774479,086	1160887,747	180,687	178,847
12	2° 33' 23,562"N	72° 37' 48,337"W	774548,238	1160983,290	179,955	178,825
13	2° 33' 25,909"N	72° 37' 45,170"W	774620,460	1161081,071	179,847	179,017
14	2° 33' 28,414"N	72° 37' 41,806"W	774697,557	1161184,933	179,749	178,039
15	2° 33' 30,011"N	72° 37' 39,702"W	774746,709	1161249,909	180,258	179,168
16	2° 33' 31,147"N	72° 37' 40,699"W	774781,565	1161219,065	180,106	179,006
17	2° 33' 29,696"N	72° 37' 42,713"W	774736,923	1161156,862	180,032	LLENO TIERRA

ID	LATITUD	LONGITUD	NORTE	ESTE	COTA RAZANTE	COTA FONDO
18	2° 33' 27,158"N	72° 37' 46,112"W	774658,819	1161051,923	179,600	178,640
19	2° 33' 24,872"N	72° 37' 49,278"W	774588,459	1160954,178	180,344	178,584
20	2° 33' 22,609"N	72° 37' 52,349"W	774518,820	1160859,345	180,530	178,660
21	2° 33' 19,809"N	72° 37' 56,149"W	774432,653	1160742,020	180,673	179,463
22	2° 33' 18,575"N	72° 37' 57,770"W	774394,692	1160691,990	180,270	179,300
23	2° 33' 17,193"N	72° 37' 59,655"W	774352,151	1160633,776	179,484	178,634
24	2° 33' 14,011"N	72° 38' 7,380"W	774254,129	1160395,172	179,702	178,562
25	2° 33' 18,497"N	72° 38' 0,573"W	774392,208	1160605,362	179,763	178,583
26	2° 33' 19,820"N	72° 37' 58,792"W	774432,894	1160660,364	179,897	179,027
27	2° 33' 21,087"N	72° 37' 57,068"W	774471,906	1160713,575	180,757	179,197
28	2° 33' 23,909"N	72° 37' 53,280"W	774558,732	1160830,539	180,573	178,523
29	2° 33' 26,176"N	72° 37' 50,230"W	774628,489	1160924,719	180,232	178,362
30	2° 33' 28,441"N	72° 37' 47,082"W	774698,185	1161021,916	180,198	179,098

Fuente: Levantamiento topográfico

Clasificados los datos, se realiza el análisis del estado actual de las estructuras hidráulicas que componen el pozo de inspección, tales como tapa, cilindro, tubería y material. La evidencia del documento digitalizado se encuentra anexo a este proyecto como ANEXO 2.

9.2. VERIFICACIÓN DE TRAMOS

En concordancia con los planos record suministrados por la entidad y los resultados obtenidos en el levantamiento topográfico, se procede a la determinación y verificación de los tramos, con su respectiva longitud, que conforman el sistema de alcantarillado.

Debido a la carencia de información real, dadas las condiciones de la red, se inicia con el planteamiento de datos supuestos de aproximadamente el 20% de los 1139 tramos que componen la red, asignando un valor de 0.25 % a la variable *pendiente*. Este valor se asumió teniendo en cuenta la topografía del municipio y las profundidades de los pozos de inspección calculadas en el catastro.

Tabla 9. Pozos con pendiente asumida
TRAMOS ALCANTARILLADO

DE	A	L	PENDIENTE
23	25	49,11	0,25%
24	41	37,18	0,25%
41	42	67,85	0,25%
44	74	100,13	0,25%
46	73	85,14	0,25%
47	72	92,49	0,25%
48	71	92,56	0,25%
69	70	52,45	0,25%
70	71	39,45	0,25%
71	81	98,11	0,25%
71	72	42,01	0,25%
72	80	98,26	0,25%
72	73	39,32	0,25%
73	79	98,07	0,25%
73	74	44,55	0,25%
74	78	98,72	0,25%
77	78	49,58	0,25%
78	1P	3,53	0,25%
78	79	44,29	0,25%
79	2P	3,57	0,25%
80	3P	3,20	0,25%
81	4P	3,19	0,25%
82	81	44,11	0,25%
83	82	47,94	0,25%
84	83	46,46	0,25%
85	84	46,89	0,25%
86	85	44,86	0,25%
87	86	42,90	0,25%
90	91	19,78	0,25%
91	92	36,17	0,25%
92	93	40,95	0,25%
93	94	35,52	0,25%
239	71P	67,8	0,25%
243	273	81,56	0,25%
244	245	111,57	0,25%
247	270	62,94	0,25%
247	248	36,58	0,25%
248	249	36,64	0,25%
248	268	61,02	0,25%
251	265	58,39	0,25%

254	255	118,87	0,25%
259	288	68,02	0,25%
262	287	66,7	0,25%
272	271	88,65	0,25%
272	273	92,32	0,25%
277	273	69,23	0,25%
277	276	172,26	0,25%
278	279	99,5	0,25%
278	277	80,44	0,25%
280	302	67,85	0,25%
280	281	69,29	0,25%
283	285	94,94	0,25%
304	303	106,54	0,25%
304	305	78,77	0,25%
308	307	47,04	0,25%
310	309	66,43	0,25%
312	316	95,23	0,25%
319	320	85,51	0,25%
328	326	70,36	0,25%
335	334	40,61	0,25%
376	384	29,97	0,25%
381	382	30,47	0,25%
382	383	33,6	0,25%
383	385	111,04	0,25%
384	385	33,17	0,25%
411	412	95,67	0,25%
730	729	65,72	0,25%
731	730	21,27	0,25%
733	727	67,07	0,25%
734	731	95,19	0,25%
1061	1060	206	0,25%
1062	1063	170,01	0,25%
1P	2P	43,85	0,25%
256A	256	120,62	0,25%
2P	3P	40,66	0,25%
69A	69	36,09	0,25%
70A	70	15,49	0,25%

Fuente: Autor

Siguiendo los lineamientos planteados en el RAS 2000 para el diseño de alcantarillado sanitario, se procede a plantear la profundidad mínima de la tubería de 1.2 m en los diferentes pozos que carecían de la misma. Se adjunta ANEXO 2 "Tramos".

9.3. MODELO MATEMÁTICO

Para el cálculo de fuerza tractiva, según el RAS 2000 y Resolución 0330, se estipula que esta no debe ser inferior a 0.1 kg/m² evitando la colmatación de las tuberías. Para lograr este cálculo se utilizaron variables como: longitud del tramo, área aferente, pendiente y un diámetro global de 8 pulgadas que varía a través de la red, debido al incremento de caudales en la misma.

Lo primero que se estableció fueron las áreas tributarias de cada tramo, esto permite determinar un caudal de diseño estimado.

Con el fin de confirmar los datos se anexa la tabla con los datos completos como ANEXO 3.

Tabla 10. Asignación de áreas tributarias

Tramo		Área Tributaria					
De	A	Ha				Área Acum	Total
		Comercial y/o Institucional		Vivienda			
		Área Propia	Otras	Área Acum	Área Propia	Otras	Área Acum
771	772	0,13		0,13	0,06		0,06
772	773	0,18	0,13	0,31		0,76	0,76
757	761				0,04		0,04
761	771				0,07	0,04	0,11
771	775	0,15		0,15		0,11	0,11
775	774	0,16	0,15	0,30	0,13	0,11	0,25
774	773	0,03	0,30	0,33	0,56	0,25	0,80
773	790		0,64	0,64	0,08	1,56	1,64
774	788				0,15		0,15
788	790				0,30	0,15	0,45
790	791	0,62	0,64	1,26	0,99	2,09	3,08
791	85PA		4,28	4,28		34,79	34,79
85PA	84PA	0,62	4,28	4,90		34,79	34,79
84PA	83P	0,34	4,90	5,23		34,79	34,79
83P	82P		5,23	5,23		34,79	34,79
82P	81P		5,23	5,23		34,79	34,79

Fuente: Autor

Tabla 11. Diámetros

Tramo		Diseño Hidráulico			
De	A	Long m	Pend %	Diam Nom min 200mm mm, "	Diam. Interior m
771	772	77,19	0,29	200-S8	0,182
772	773	101,07	0,02	200-S8	0,182
757	761	72,23	0,03	200-S8	0,182
761	771	59,77	0,02	200-S8	0,182

771	775	86,05	0,03	200-S8	0,182
775	774	75,94	0,31	200-S8	0,182
774	773	54,25	0,10	200-S8	0,182
773	790	87,00	0,25	200-S8	0,182
774	788	76,72	0,04	200-S8	0,182
788	790	99,54	0,04	200-S8	0,182
790	791	61,03	0,04	200-S8	0,182
791	85PA	5,00	0,04	355-S8	0,327
85PA	84PA	62,10	0,05	355-S8	0,327
84PA	83P	68,89	0,09	355-S8	0,327
83P	82P	6,97	0,53	355-S8	0,327
82P	81P	50,28	0,11	355-S8	0,327

Fuente: Autor

Para el cálculo matemático se utiliza el formato suministrado de forma gratuita por PAVCO (Alcantarillado n Manning)

9.4. MODELACIÓN SOFTWARE

Con respecto a los planos, el levantamiento topográfico y la información del municipio, se procede a la ubicación de los 1194 pozos de inspección y sus respectivos 1139 tramos, respetando el sentido asignado de los flujos y el área aferente de cada tramo.

Tomando como referencia el plano suministrado en el levantamiento topografía, permitiendo una ubicación más fácil y ligera de todos los pozos existentes



Figura 18. Plano alcantarillado

Fuente: Levantamiento topográfico

Se procede a la ubicación de cada pozo y a la asignación de los detalles de cada uno, como lo es la cota rasante y de fondo.

Junctions

General
Junction ID: Jun-01

Flow properties
External inflows: YES
Treatments: NO

Description:

Physical properties
Invert elevation: 177.79 m
Max/rim elev.: 180.188 m
WSEL initial: 0 m
Surcharge elev.: 6 m
Ponded area: 0 m²

Analysis summary
Max water depth: N/A m
Max water elevation: N/A m
Total flooded vol.: N/A ha-mm
Peak inflow: N/A lps
Max flooded overflow: N/A lps
Total time flooded: N/A min

ID /	Invert Elev.	Max/Rim Elev.	WSEL Initial	Sur. Elev.	Ponded Area	Lateral Inflows	Treatments
1 Jun-01	177.79	180.188	0	6	0	YES	NO
2 Jun-02	177.99	179.885	0	6	0	NO	NO
3 Jun-03	178.12	180.443	0	6	0	NO	NO
4 Jun-04	178.07	180.475	0	6	0	YES	NO
5 Jun-05	178.51	180.175	0	6	0	NO	NO
6 Jun-06	177.94	179.901	0	6	0	NO	NO

Figura 19. Asignación de atributos

Fuente: Storm and Sanitary

Se realiza en trazado de la tubería teniendo en cuenta el flujo de las aguas servidas y asignando los atributos solicitados por el programa para cada tramo como cota clave, cota batea y diámetros.

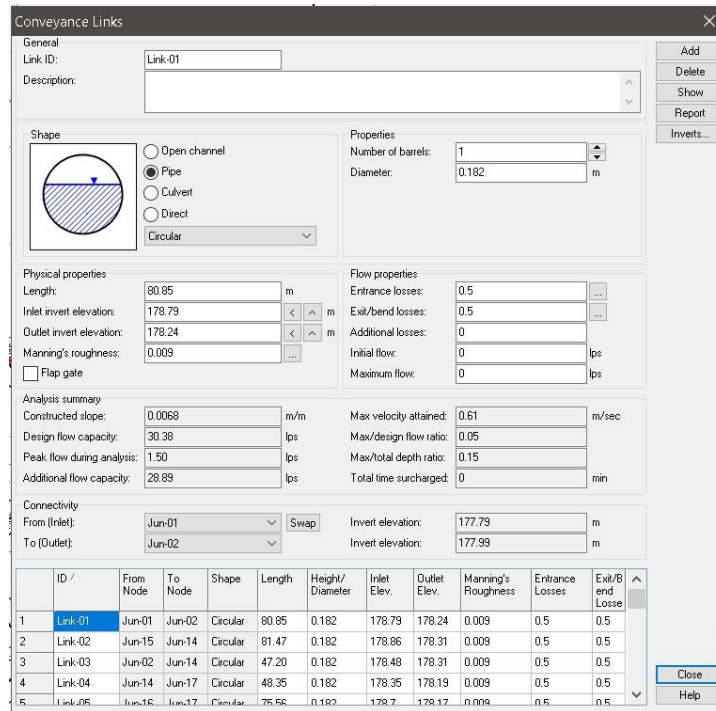


Figura 20. Asignación de atributos tuberías

Fuente: Storm and Sanitary

Se obtiene el siguiente esquema:



Figura 21. Modelación de la red
Fuente: Autor

Para determinar el comportamiento hidrológico del sistema, una vez esté estructurada la red en el software, comprobamos los resultados obtenidos con los datos suministrados en los pasos anteriores y adjunto en el ANEXO 2 “Tramos”.

La modelación nombrada anteriormente se encuentra como ANEXO 4 a este documento de manera magnética.

10. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis se hará correspondiente a las etapas anteriores, con el fin de presentar de manera gráfica y ordenada la información. Estos capítulos serán: catastro, verificación de tramos, modelo matemático y modelación.

- a. Catastro: Con los datos otorgados en el levantamiento topográfico y su respectiva digitalización se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12. Número de pozos

Número de pozos		%
En servicio	990	83
Fuera de servicio	190	16
No encontrados	14	1
Pozos totales	1194	100

Fuente: Autor

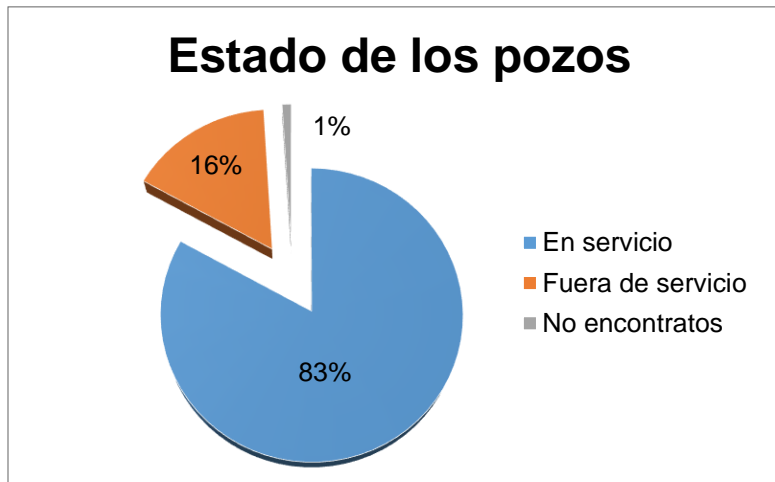


Figura 22. Estado de los pozos

Fuente: Autor

Una vez realizada la tabulación de la información, se evidencia el estado actual de los elementos de la red, identificando los pozos que están fuera de servicio, estos pertenecían a la más red antigua del municipio que era un sistema de alcantarillado sin arrastre de sólidos, que se encuentra fuera de servicio, con tuberías de diámetro de 4 pulgadas y ubicados muy superficialmente, actualmente no se cuenta con información suficiente. Para habilitarla se construyó en paralelo una nueva red que es la que se encuentra funcionando actualmente.

La inspección de los pozos determina un evidente estado de colmatación y de rebose de sus recamaras y tuberías. A continuación, se exponen unos de los puntos más críticos, las demás evidencias se encuentran como ANEXO 5.

Dada las condiciones del municipio y la antigüedad de la red, se presentaron algunos inconvenientes para la inspección de las recámaras ya que algunos se encontraban cubiertos por material de relleno o con tapas fundidas in situ. Esto retrasó la toma de información ya que se realizaron excavaciones manuales y tomas de medida de profundidades imprecisas.

Tabla 13. Pozos destapados

Pozos destapados		%
Sí	1111	93
No	35	3
Sin fecha técnica	48	4
Pozos totales	1194	100

Fuente: Autor

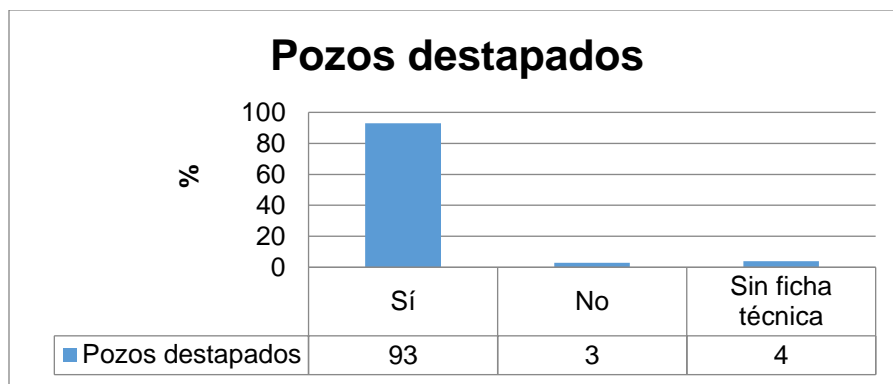


Figura 23. % pozos destapados

Fuente: Autor

El pozo número 17 ubicado en el barrio San Jorge y el 452 ubicado en el barrio la Paz carecen de datos acerca de las cotas de fondo, debido a que se encuentran llenos de material de relleno, además, hay un estimado de 14 pozos que no fueron encontrados por la comisión topográfica, los cuales no se tuvieron en cuenta a la hora del modelado de la red, pero si se muestran en el plano record generado.

Se realiza una lista con el número asignado a cada pozo según su ubicación en el sistema.

Tabla 14. Número asignado para los pozos no encontrados

Pozos no encontrados	
30AP	402
144	404
311	409
313	423
388A	427
395	427
397	51P

Fuente: Autor

Esta inspección permitió caracterizar el estado actual de las tapas en el sistema existente.

Tabla 15. Estado de las tapas

Estado de Tapas		%
Bueno	1068	89
Malo	64	5
No tiene	14	2
Sin ficha técnica	48	4
Tapas totales	1194	100

Fuente: Autor

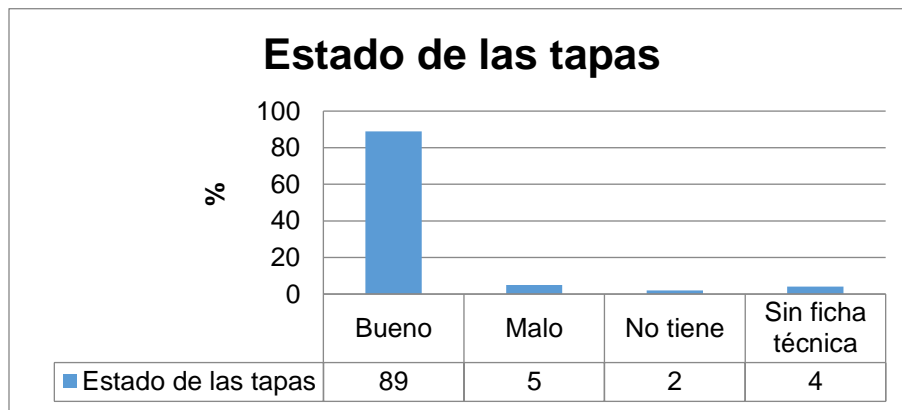


Figura 24. % estado de las tapas

Fuente: Autor

Realizada la tabulación, se determina que es necesario el cambio y abastecimiento de alrededor de 78 tapas, estas aliviarían el problema del ingreso de materiales sedimentarios a las cámaras.

- b. Verificación de tramos: Se realiza la digitalización y análisis de los 1139 tramos determinados en el plano record con su respectiva longitud, pendiente y diámetro, variables que fueron de gran ayuda a la hora de determinar las diferentes cotas que faltaban de la tubería tales como cota clave y cota batea, que no fueron suministradas por la entidad ni identificadas en el levantamiento topográfico.

Los valores se estipularon verificando que las cotas no sobrepasaran la profundidad de los pozos, asimismo, se realiza la división y asignación de las áreas según el uso de suelo del municipio.

Tabla 16. Asignación de áreas tributarias

De	A	Vivienda (ha)	Institucional y/o comercial (ha)
7	24		1,908
1055	1054	0,1262	0,4025
1051	1054		0,1614

De	A	Vivienda (ha)	Institucional y/o comercial (ha)
873	872	0,0476	0,0984
872	871	0,0282	0,0992
871	830	0,1688	0,1792
873	829	0,1548	0,1854
829	830		0,3301
830	817	0,2072	0,1486

Fuente: Autor

Todas las demás áreas se encuentran anexadas en la hoja “áreas tributarias” del ANEXO 2.

En la corroboración de datos, se observa que aproximadamente el 24% de los tramos no cumple con la normativa según el RAS 2000 y resolución 0330, que estipula la profundidad mínima de las tuberías de alcantarillado sanitario en vías, esta no debe ser inferior a 1.2 metros para así evitar que el flujo vehicular afecte de forma directa el comportamiento mecánico de la tubería.

La siguiente figura muestra la estructura hidráulica actual de municipio de San José del Guaviare con todas las modificaciones según la normativa vigente.



Figura 25. Red alcantarillado sanitario

Fuente: Autor

- c. Modelo matemático: Recopilando los datos obtenidos en las anteriores etapas, las variables que nos permitirán deducir el estado de la red son: Número de viviendas por hectárea, Número de habitantes por vivienda, Contribución según uso del suelo, área tributaria, Longitud del tramo, pendiente y diámetro de la tubería.

En el modelo se plantea un diámetro global de 8 pulgadas. La fuerza tractiva es obtenida mediante la tabla dinámica publicada por PAVCO de manera gratuita. No obstante, los diámetros varían a lo largo de la red debido a la acumulación de caudales.

Tabla 17. Diámetros tubería

Cantidad de tramos	Diámetro comercial (in)
1002	8
28	10
13	12
46	14
9	16
20	18
15	27
6	30
1139	TOTAL

Fuente: Autor

Tabla 18. Fuerza tractiva en tuberías

Fuerza tractiva		%
Cumple	240	21,08
No cumple	899	78,92
Total	1139	100

Fuente: Autor

La tabla 18 nos evidencia el mal estado de la red, debido a que la fuerza tractiva en el 78,92% no cumple con la normativa vigente, afectando el normal funcionamiento y generando colmatación. Este sistema fue creado para trabajar por gravedad.

- d. Modelación: La modelación tiene como fin analizar todos los datos anteriormente obtenidos para tener claridad en el comportamiento hidráulico de la estructura.

Esta modelación se considera parcialmente incompleta debido a la veracidad de los datos suministrados por la entidad prestadora de servicio. De los 1139 tramos de tubería 405 presentan una cota batea inferior a la cota de fondo de los pozos que conectan, crenado fallas en la continuidad del sistema de alcantarillado.

A continuación, la tabla 19 permite evidenciar 30 tramos de los 405 que presentan incumplimiento anteriormente mencionados, el resto de tramos se encuentra como *ANEXO 2*.

Tabla 19 Tramos de alcantarillado

DE	TRAMOS			FONDO		COTA BATEA		CHEQUEO
	A	L	PENDIENTE	DE4	A5	DE10	A11	Chequeo 2
4	3	144,75	0,44%	179,685	179,123	179,735	179,098	No Cumple
4	10	50,01	0,70%	179,685	179,779	179,735	179,385	No Cumple
4	5	71,69	0,79%	179,685	179,265	179,735	179,169	No Cumple
5	6	66,26	0,75%	179,265	178,941	179,315	178,818	No Cumple
6	8	47,21	0,45%	178,941	178,980	178,991	178,779	No Cumple
9	8	71,59	0,88%	179,141	178,980	179,191	178,561	No Cumple
10	11	145,08	0,76%	179,779	178,847	179,829	178,726	No Cumple
12	13	121,56	0,27%	178,825	179,017	178,875	178,547	No Cumple
12	19	49,65	0,61%	178,825	178,584	178,875	178,572	No Cumple
14	17	48,35	0,33%	178,039	179,032	178,089	177,929	No Cumple
16	17	75,56	0,71%	179,006	179,032	179,056	178,520	No Cumple
18	17	130,81	0,71%	178,640	179,032	178,690	177,761	No Cumple
18	30	49,50	0,71%	178,640	179,098	178,690	178,339	No Cumple
19	18	120,44	0,40%	178,584	178,640	178,941	178,459	No Cumple
20	19	117,66	0,72%	178,660	178,584	179,127	178,280	No Cumple
21	20	145,57	0,72%	179,463	178,660	179,513	178,465	No Cumple
21	22	62,80	0,64%	179,463	179,300	179,513	179,111	No Cumple
23	25	49,11	0,25%	178,634	178,583	178,684	178,561	No Cumple
27	28	145,67	0,71%	179,197	178,523	179,354	178,320	No Cumple
27	26	65,98	0,68%	179,197	179,027	179,354	178,905	No Cumple
28	29	117,20	0,71%	178,523	178,362	179,170	178,338	No Cumple
29	30	119,60	0,74%	178,362	179,098	178,829	177,944	No Cumple
29	36	47,63	0,18%	178,362	178,464	178,412	178,326	No Cumple
31	34	48,66	0,48%	177,636	177,482	177,686	177,452	No Cumple
36	35	118,73	0,71%	178,464	178,629	178,981	178,138	No Cumple
37	36	117,62	0,71%	178,321	178,464	179,218	178,383	No Cumple
37	52	103,70	0,26%	178,321	178,146	178,371	178,101	No Cumple
38	37	145,33	0,71%	178,964	178,321	179,014	177,982	No Cumple
39	38	53,87	0,44%	177,737	178,964	177,787	177,550	No Cumple
41	42	67,85	0,25%	178,502	178,487	178,552	178,382	No Cumple

Fuente: Autor

Para el modelo del sistema de alcantarillado sanitario del municipio, se tuvieron en cuenta las cotas de la tubería, pozos y el área tributaria asignada a cada tramo. Así como se omiten el estado de las recamaras que presentan hundimiento en los sectores antes nombrados.

Para realizar un análisis, tomamos 4 tramos ubicados en barrios con topografía, ubicación, tiempos de construcción y nivel de afectación diferentes. Cada uno de ellos cuenta con los planos respectivos ANEXO 6. “Planos de perfiles”

Tabla 20. Tramos seleccionados

Perfiles de la tubería		
Pozo inicial	Pozo final	Barrio
378	356	Prados
722	699	Villa Ángela
933	844	Primero de Mayo
531	668	El Porvenir

Fuente: Autor

- Prados de San Sebastián



Figura 26. Tramo barrio Prado de San Sebastián

Fuente: Autor

Se selecciona este tramo debido a que hace parte de los barrios más recientes de San José del Guaviare, por ende, su sistema de alcantarillado también. Aun así, la comunidad manifiesta inconformidades frente a un posible rebose de sus cámaras de inspección en temporada de invierno.

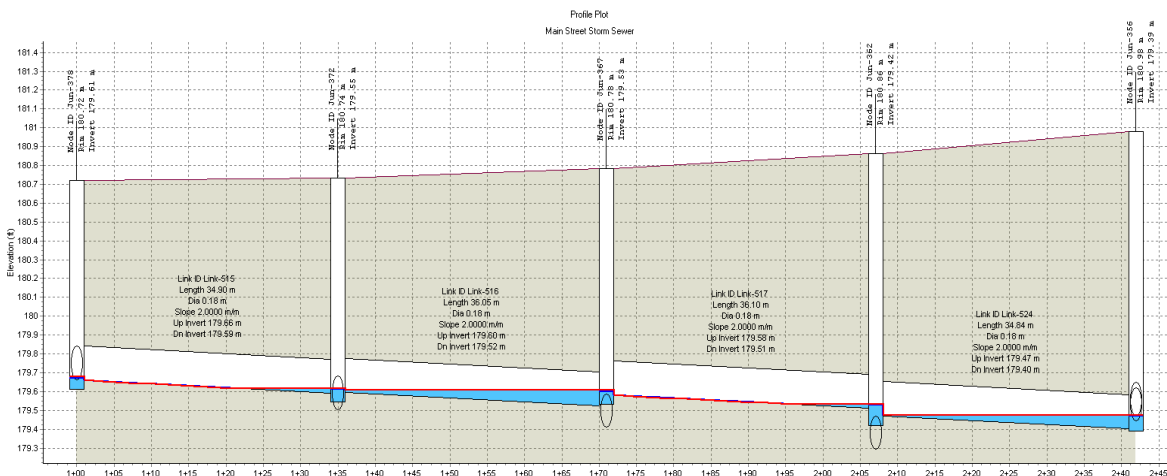


Figura 27. Perfil tramo 378 al 356 Barrio Prado de san Sebastián

Fuente: Storm and Sanitary

El primer tramo seleccionado tiene una longitud de 141,89 metros, 8 pulgadas de diámetro, Pendiente: 0.2%, $Q_{m\acute{a}x}$: 0,0014m³/s, $V_{m\acute{a}xProm}$: 0.33 m/s, fuerza tractiva de 0.07 kg/m² (Tomado del modelo matemático). Actualmente no presenta rebose en sus cámaras.

Basados en los datos suministrado por la entidad prestadoras de servicios, se presenta una irregularidad en las uniones de las tuberías y los pozos, debido a, que las cotas bateas de las tuberías presentan cotas inferiores a las cotas de fondo de los pozos de llegada, interrumpiendo la continuidad del sistema en el modelo.

- *Villa Ángela*

Se analiza este tramo por sugerencia de la empresa prestadora de servicios EMPOAGUAS ESP por supuesta filtración de agua servida, la cual, genera afectaciones en el terreno presentando fallas en las losas de concreto.



Figura 28. Barrió Villa Ángela
Fuente: Autor

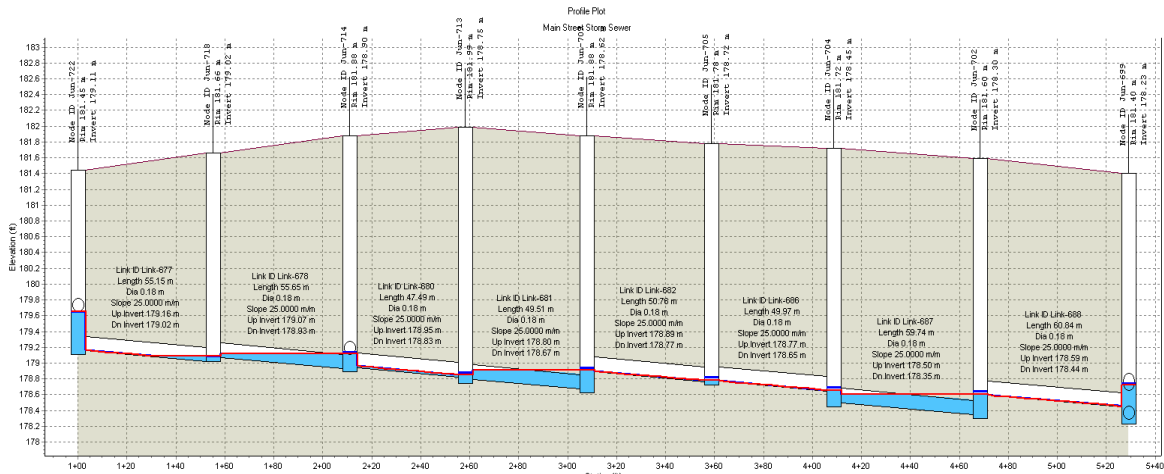


Figura 29. Perfil tramo 722 al 699 Barrió Villa Ángela
Fuente: Storm and Sanitary

La figura 29 permite evidenciar el comportamiento del flujo dentro de los pozos y las tuberías, este tramo cuenta con una longitud de 429,11 metros, una S_{prom} : 0.25% Diámetro de 8 pulgadas. Cuenta con un $Q_{m\acute{a}x}$: 0.0030 m^3/s y $V_{m\acute{a}xProm}$: 0.41 m/s.

Comparando los datos de la modelación con el modelo matemático, para el tramo en cuestión, encontramos una fuerza tractiva de 0,05kg/m². Esto confirma que no existe la fuerza suficiente para generar un arrastre de sólidos y evidencia un estancamiento de las aguas servidas.

- *Primero de Mayo*

El barrio primero de Mayo fue seleccionado por ser un sector residencial y formar parte del tramo de tuberías que reemplazó el sistema antiguo sin arrastres de solidos que existía. Tiene tuberías de PVC con diámetro de 8", S_{prom} : 0.05%, $Q_{m\acute{a}x}$: 0,009 m^3/s , $V_{m\acute{a}xProm}$: 0.24 m/s.



Figura 30. Tramo Barrio Primero de Mayo
Fuente: Autor

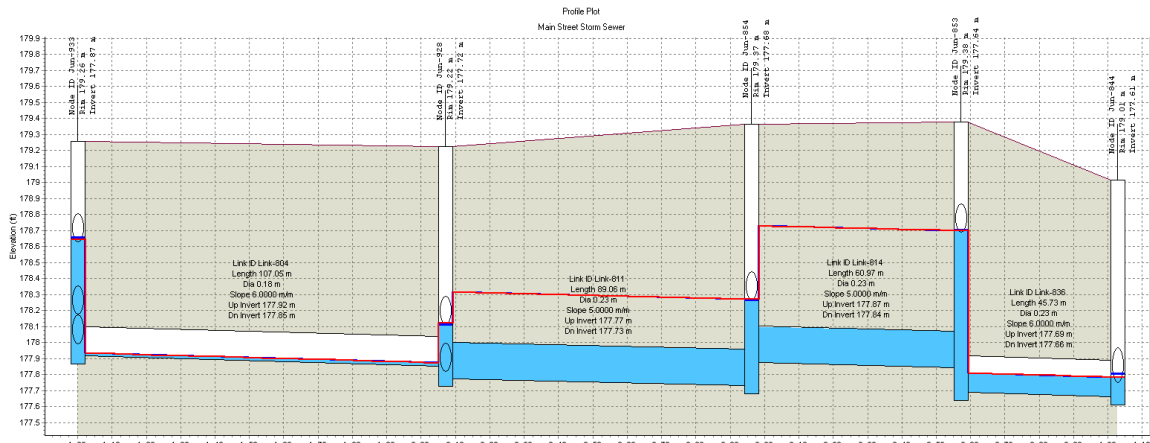


Figura 31. Perfil de tramo 933 a 844 barrió Primero de Mayo
Fuente: Storm and Sanitary

El sistema de tuberías que conforma este tramo está excediendo su máxima capacidad y por ende al no cumplir con la fuerza tractiva, se está generando una obstrucción de aguas servidas en sus cámaras.

- El Porvenir

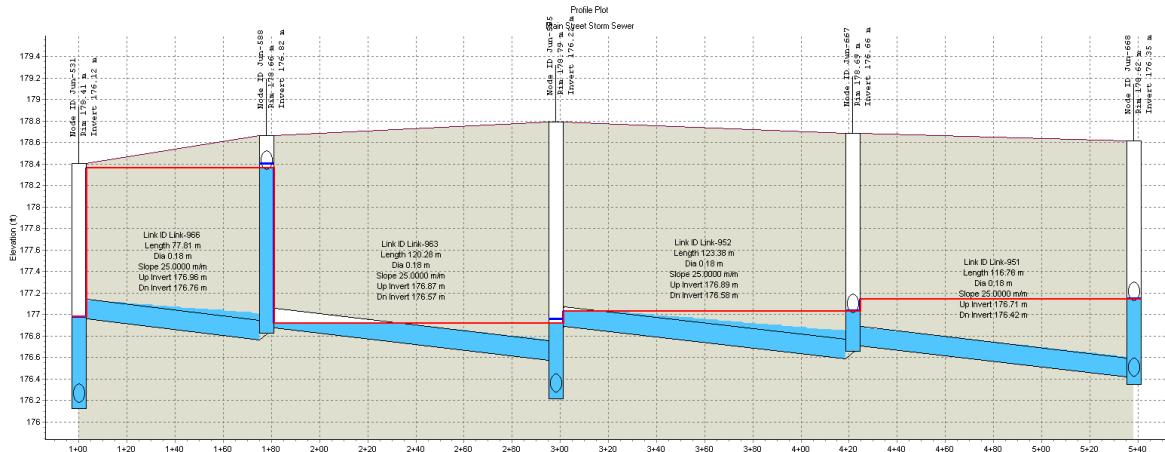


Figura 32. Perfil de tramo 531 a 668 barrió El Porvenir
Fuente: Storm and Sanitary

En este tramo se encuentra uno de los principales problemas y quejas de ciudadanía, debido a que sus recamaras presentan rebose y por ende un foco de malos olores. Su tubería supera su capacidad máxima y la red se encuentra completamente colmatada.



Figura 33. Rebose Cámara
Fuente: Autor



Figura 34. Tramo barrio El Porvenir
Fuente: Autor

El mencionado tramo cuenta con las siguientes características:

- Pendiente promedio: 0.25%,
- $Q_{\text{máx}}$: 0,0099m³/s,
- $V_{\text{máxProm}}$: 0.48 m/s.
- Longitud: 438.23 m
- Fuerza tractiva promedio: 0.05 kg/m²

Esta modelación permite evidenciar un comportamiento anormal de los flujos de agua servida en aproximadamente el 80 % del total dela red, se comprueba el colapso del sistema, así como todas las quejas presentadas por la comunidad.

11. RESULTADOS E IMPACTOS

11.1. RESULTADOS ESPERADOS

Tabla 21 Tabla de resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Levantamiento catastral del sistema de alcantarillado	Levantamiento topográfico	Objetivo específico 1
Análisis de pendientes, velocidades y diámetros de la red de alcantarillado	Memorias de cálculo	Objetivo específico 2
Modelación del sistema de alcantarillado	Software	Objetivo específico 3

Fuente: Autor

11.2. IMPACTOS

Tabla 22 Impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Positivo	Funcionamiento idóneo del sistema de alcantarillado sanitario del municipio	Largo
Educativo	Positivo	Referencias bibliográficas con documentos de alcance similar	Corto
Ambiental	Positivo	Manejo adecuado de los puntos de vertimientos	Mediano y largo

Fuente: Autor

12. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

12.1. CONCLUSIONES

- ❖ Dentro del análisis expuesto en la etapa del levantamiento topográfico y actualización del catastro de la red, de los 1194 pozos existentes 990 pozos están activos, 190 fuera de servicio y 14 no encontrados. Estos últimos no fueron tomados en cuenta, debido a que no se tiene información pertinente sobre ellos, esto concibe un diagnóstico parcialmente incompleto ya que no se cuenta con una información total y real del sistema.
- ❖ Según el diseño, el sistema de alcantarillado está trazado de manera óptima para un funcionamiento por gravedad, contando con 1139 tramos y 52.165,76 metros lineales de tubería. Sin embargo, al revisar el diagnóstico aproximadamente el 79% de estos no cumplen con la fuerza tractiva, indicada según la normativa vigente, volviendo susceptible el sistema a problemas de colmatación y vertimientos de aguas residuales. Sumado a esto, el 24% de las tuberías incumplen con los parámetros de profundidad mínima.
- ❖ El modelo del Sistema de alcantarillado sanitario de San José del Guaviare carece de una información completa, por ello, se procede al planteamiento de supuestos que permitan tener un modelo similar y acertado con el que cuenta en el municipio actualmente. Se determinó, mediante inspecciones visuales y análisis matemáticos, un colapso alrededor de un 80 %. Esta situación puede derivar de una falta de adecuada planeación del diseño, su proceso constructivo y debido mantenimiento.
- ❖ El municipio de San José del Guaviare presenta sectores con una gran afectación con relación al colapso del sistema, tomando como punto de referencia barrios como La Granja, El Modelo y El Provenir, donde existente hundimiento de pozos y rebose de aguas servidas. Considero importante que las entidades competentes brinden pronta y oportuna solución a la problemática, para el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos y el medio ambiente.

12.2. TRABAJOS FUTUROS

- ❖ Siguiendo de manera objetiva los resultados obtenidos en el diagnóstico planteado, para conocer de manera completa y acertada la situación actual del sistema de alcantarillado sanitario del municipio, se propone la utilización de nuevas tecnologías que permitan una óptima recolección de datos conociendo ya los inconvenientes encontrados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. G. Martínez. Toda Colombia. 07 Agosto 2010. <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/guaviare/poblacion.html>.
- [2] Consorcio plan ambiental Guaviare 2015, Actualización de Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del Municipio San José de Guaviare, San José del Guaviare, 2015.
- [3] Marandua Stereo. Habitantes del barrio El Triunfo afectados por vertimiento de aguas residuales en la calle 24. 15 Abril 2018. <https://marandua.com.co/habitantes-del-barrio-triunfo-afectados-vertimiento-aguas-residuales-la-calle-24/>
- [4] Secretaria de Planeación de San José del Guaviare. Plan básico de ordenamiento territorial San José del Guaviare. 2015.
- [5] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Reglamento técnico del sector de Agua potable y Saneamiento básico RAS. 2000.
- [6] Autodesk. Storm and Sanitary Analysis. Autodesk Inc. 2013.
- [7] Fibras y normas de Colombia S.A.S. Blog fibras y normas. <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/aguas-residuales-definicion-e-importancia-2/>
- [8] R. López Cualla. Elementos de Acueductos y alcantarillados. 2003.
- [9] R. del Pilar. Cámaras de caída. Scrib. 2017. <https://es.scribd.com/presentation/94617836/Cámaras-De-Caída>.
- [10] L. F. Ramírez Corredor. Estudio Y Diagnostico De La Red De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial Para El Proceso De Densificación De Un Sector Del Centro De Bogotá. Bogotá. 2016.
- [11] M. Ávila Salgado, Diseño Y Aplicación De Una Guía De Procedimientos Para El Diagnóstico Técnico-Ambiental Del Sistema De Alcantarillado De Aguas Residuales Y Pluviales En El Corregimiento De Salónica En El Municipio De Riofrío En El Departamento Del Valle Del Cauca. Bogotá. 2016.
- [12] K. Poveda A. Hernández. Diagnóstico De La Infraestructura De Las Redes De Alcantarillado Del Municipio De Fosca, Cundinamarca. Bogotá. 2015.
- [13] M. Vargas R. Villegas. Modelación De La Red De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial De La Urbanización Plaza Madrid Mediante El Software Epa Swmm. Bogotá. 2013.
- [14] Climate Data Org. Climate Data Org. 2018. <https://es.climate-data.org/location/4852/>.

ANEXOS

- ANEXO 1: Fichas técnicas de pozos
- ANEXO 2: Catastro sistema de alcantarillado
- ANEXO 3: Análisis matemático
- ANEXO 4: Modelo sistema de alcantarillado
- ANEXO 5: Evidencia fotográfica
- ANEXO 6: Planos
- ANEXO 7: Plano sistema de alcantarillado