

DIAGNÓSTICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DEL GUAVIARE – GUAVIARE

DIAGNOSIS OF THE SANITARY SEWER NETWORK OF THE MUNICIPALITY OF SAN JOSÉ DEL GUAVIARE - GUAVIARE

Wilmar David Cortes González

Estudiante de ingeniería civil, universidad Santo Tomas, wilmarcortes@usantotomas.edu.co

Ing. Iván Darío Acosta Sabogal, Ms (c)

Docente facultad de ingeniería civil, universidad Santo Tomas, ivan.acosta@usantotomas.edu.co

Resumen: La red de alcantarillado sanitario de San José del Guaviare se encuentra activa desde hace más de 20 años mediante un sistema ASAS (Alcantarillado sin arrastres de sólidos) y brinda servicio aproximadamente a 5622 suscriptores, cuenta con 52.165,176 metros lineales de tuberías que están divididos en subsistemas, con 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.

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: San Jose del Guaviare's sanitary sewer network has been active for more than 20 years through a system (Sewage without solid drains) and this provides service to approximately 5,622 subscribers, it has 52.165,176 linear meters of pipes, which are divided into subsystems, with 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.

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.

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

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.

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. DESARROLLO DEL ARTÍCULO

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.

2.1 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:

- 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.
- Etapa 2, Sur-Occidente: Se inspeccionaron los 449 pozos restantes para completar un total del 100% del sistema.

En el desarrollo de la etapa se presentaron los siguientes hechos relevantes: falta de información cartográfica, inconvenientes en la ubicación de los pozos de inspección, presencia de colmatación en la red, hundimientos de cámaras y vertimientos de aguas servidas.



Figura 1. Evidencias etapa de levantamiento topográfico
Fuente: Autor

En la figura 1 evidenciamos lo encontrado a lo largo del desarrollo del levantamiento catastral durante un período de 87 días.

2.2 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 de la información tomada de los datos del levantamiento mencionado en la etapa anterior.

- *Catastro*: Hace referencia a la recopilación de datos, este inicia con la organización de las 1191 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.
- *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.
- *Modelo matemático*: Para el cálculo matemático se utiliza el formato suministrado de forma gratuita por PAVCO (Alcantarillado n Manning). La 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.
- *Modelación de 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.



Figura 2. Modelación de la red
Fuente: Autor

Para determinar el comportamiento hidrológico del sistema, representado en la figura 2, comprobamos los resultados obtenidos con los datos suministrados en los pasos anteriores.

3. 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 1. 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

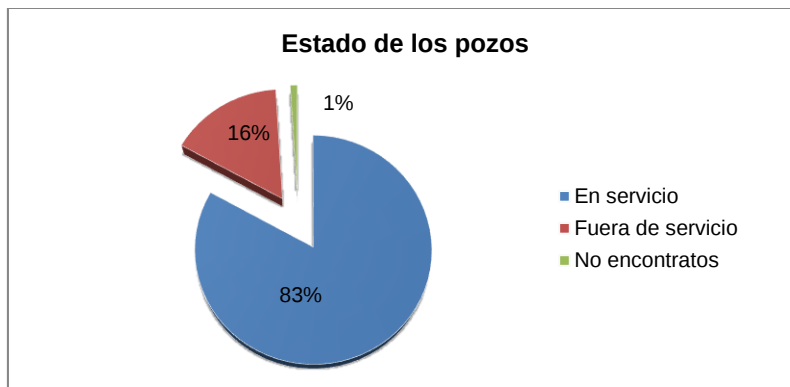


Figura 3. Estado de los pozos

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 red más 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 y no cuenta con información suficiente. Para habilitarla se construyó en paralelo una nueva red que es la que se encuentra funcionando actualmente.

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 2. Pozos destapados

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

Fuente: Autor



Figura 4. % pozos destapados
Fuente: Autor

El pozo número 17 ubicado en el barrio San Jorge y el 452 ubicado en el barrio la Paz carece de dato acerca de la cota de fondo, debido a que se encontraban 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 3. 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 4. 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

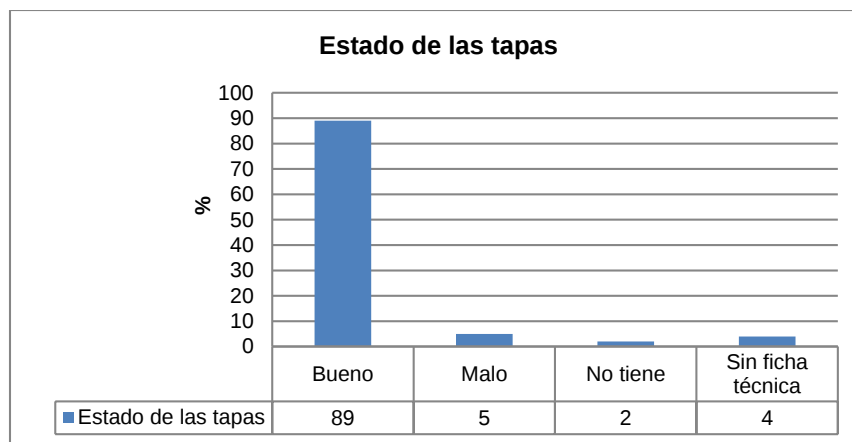


Figura 5. % estado de las tapas

Fuente: Autor

Realizada la tabulación (mostrada en la tabla 4), 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.
- 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 5 Diámetros tuberías

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

En la tabla 5 se puede evidenciar los diámetros manejados a lo largo del sistema de alcantarillado.

Tabla 6. Fuerza tractiva

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

Fuente: Autor

La tabla 6 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: 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.

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.

Para realizar un análisis, tomamos 4 tramos ubicados en barrios con topografía, ubicación, tiempos de construcción y nivel de afectación diferentes, que serán mostrados en la tabla 7.

Tabla 7. 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

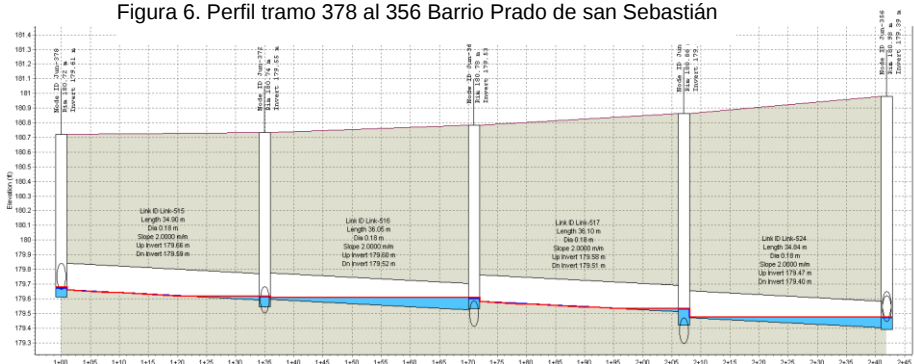
Fuente: Autor

- Prados de San Sebastián

Tabla 8. Datos

Pendiente	0.2	%
Diámetro	8	in
Long	141.89	metros
Q _{máxProm}	0,0014	m ³ /s
V _{máxProm}	0,33	m/s
F. tractiva	0,07	Kg/m ²

Figura 6. Perfil tramo 378 al 356 Barrio Prado de san Sebastián



Fuente: Storm and Sanitary

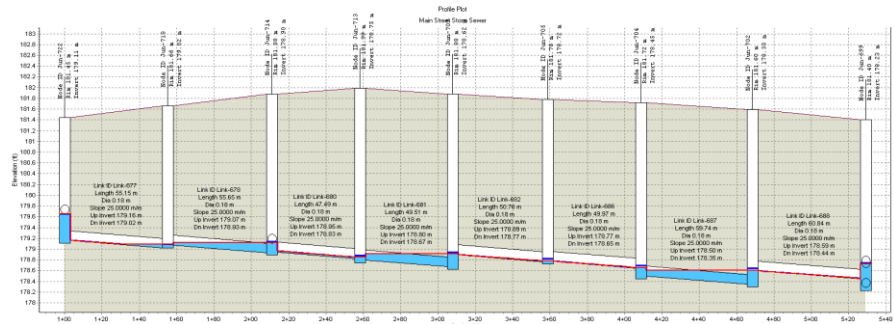
Basados en los datos suministrado por la entidad prestadoras de servicios, se presenta una irregularidad en las uniones de las tuberías y los pozos, debido a, que las cotas bateas de las tuberías presentan cotas inferiores a las cotas de fondo de los pozos de llegada, interrumpiendo la continuidad del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

- *Villa Ángela*

Tabla 9. Datos

Pendiente	0.25	%
Diámetro	8	in
Long	429,11	metros
Q _{máxProm}	0,0030	m ³ /s
V _{máxProm}	0,41	m/s
F. tractiva	0,05	Kg/m ²

Figura 7. Perfil tramo 722 al 699 Barrio Villa Ángela



Fuente: Storm and Sanitary

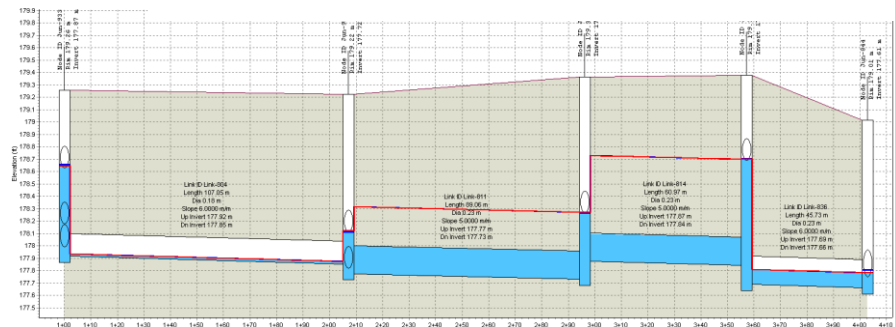
La figura 7 permite evidenciar y comparar los datos de la modelación con el modelo matemático, para el tramo en cuestión, encontramos una fuerza tractiva de 0,05kg/m2. Esto confirma que no existe la fuerza suficiente para generar un arrastre de sólidos y evidencia un estancamiento de las aguas servidas.

- *Primero de Mayo*

Tabla 10. Datos

Pendiente	0.05	%
Diámetro	8	in
Long	302.21	metros
Q _{máxProm}	0,009	m ³ /s
V _{máxProm}	0.24	m/s
F. tractiva	0,05	Kg/m ²

Figura 8. Perfil de tramo 933 a 844 barrió Primero de Mayo



Fuente: Storm and Sanitary

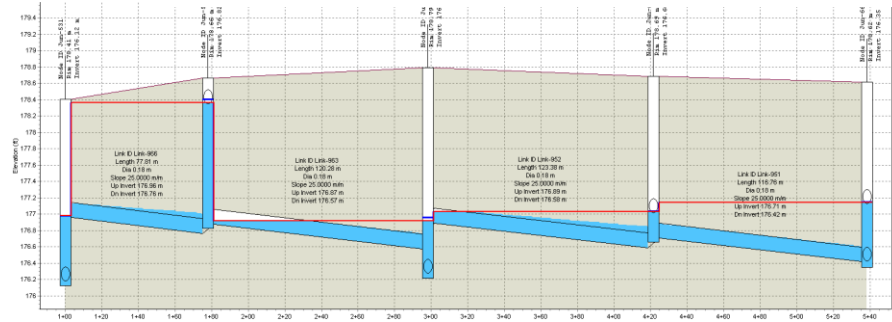
Como se observa en la figura 8, el sistema de tuberías que conforma este tramo está excediendo su máxima capacidad y por ende al no cumplir con la fuerza tractiva, se está generando una obstrucción de aguas servidas en sus cámaras.

- El Porvenir

- Tabla 11. Datos

Pendiente	0.25	%
Diámetro	8	in
Long	438.23	metros
$Q_{\text{máxProm}}$	0,009	m^3/s
$V_{\text{máxProm}}$	0.48	m/s
F. tractiva	0,5	Kg/m^2

Figura 9. 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

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 la quejas presentadas por la comunidad.

4. 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 diagnostico parcialmente incompleto ya que no se cuenta con una información total y real del sistema.
- ❖ Según el diseño, el sistema de alcantarillado esta 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 diagnostico 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.

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.

REFERENCIAS

- [1] A. G. Martínez, «Toda Colombia,» 07 Agosto 2010. [En línea]. Available: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/guaviare/poblacion.html>.
- [2] Consorcio plan ambiental Guaviare 2015, «Actualización PSMV Municipio San José de Guaviare,» San José del Guaviare, 2015.