

Pasantía en la empresa I.H.T S.A.S para la revisión del alcantarillado sanitario y pluvial del barrio Montevideo central, franco y granjas de techo con enfoque a las tecnologías Trenchless

Luz Nohelly García Martínez

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de ingeniería civil  
Proyecto de grado  
Bogotá D.C  
2019

Pasantía en la empresa I.H.T S.A.S para la revisión del alcantarillado sanitario y pluvial del barrio Montevideo central, franco y granjas de techo con enfoque a las tecnologías Trenchless

Luz Nohelly García Martínez  
Cod. 10481428212

Proyecto de grado en la modalidad de pasantía, para optar por el título de ingeniera civil.

Directora

Alexandra Morales  
Ingeniera civil

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de ingeniería civil  
Proyecto de grado  
Bogotá D.C  
2019.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

## DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios ya que me brindó las fuerzas, salud y sabiduría que necesite para poder sacar adelante mi carrera de ingeniería civil.

A mis padres Luz Yadid Martínez García y José Antonio García Trujillo ya que han velado por mi bienestar y el de mis hermanas, con mucho amor, apoyo, trabajo duro y sacrificio, para lograr vernos crecer y superarnos cada día.

Al ingeniero Jimmy Alexander Najar Castaño quien con su amor y apoyo me animó a ser la mejor versión de mi cada día y me enseñó que desfallecer no es una opción.

Los mencionados anteriormente fueron el pilar fundamental para impulsarme a tener compromiso, desarrollo, fuerza, responsabilidad y dedicación para lograr esta meta, por esto tengo el orgullo de dedicar esta etapa a Dios y las personas que más amo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco nuevamente a Dios por bendecirme a lo largo de mi carrera y guiarme por el camino correcto para poder culminarla con satisfacción.

Al ingeniero Santiago Villanueva Valencia por permitirme demostrar y aportar mis conocimientos en su empresa; Ingeniería Hidráulica y Trenchless (I.H.T S.A.S) como pasante.

Agradezco a todos mis docentes quienes compartieron su conocimiento a lo largo de mi preparación como ingeniera civil, de manera especial a la ingeniera Alexandra Morales tutora de mi proyecto de grado por modalidad de pasantía quien me han guiado con paciencia y rectitud como la profesional que es.

## 1.1 Abstract

This thesis is based on the practice of the knowledge acquired throughout the career in a company specialized in hydraulic engineering, hydrological engineering, sanitary engineering and engineering applied to projects in Trenchless technologies. The main rationale is to support the hydraulic revisions in the existing sewers of the pluvial and sanitary sewage system, industrial sector of central Montevideo, franc and roof farms in the city of Bogotá DC and depending on the conditions of the existing collectors propose viable solution alternatives for The entire project with different rehabilitation methods, trenchless construction or Trenchless technologies, supporting the hydraulic design area and thus contributing greatly to the culmination of the ongoing project achieving customer and community satisfaction.

The Hydraulic and Trenchless Engineering company by its acronym IHT SAS is a company with more than 40 years of experience positioned in the city of Bogotá, providing its hydraulic knowledge services, elaborating detailed designs of sanitary sewer, rainwater, aqueduct networks, geometries, structures, hydraulic modeling of different rivers such as Fucha and Tunjuelo, providing technical support with Trenchless technologies in different public and private companies in Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panama, Nicaragua and Peru.

Some of the activities that will be carried out in this company for the good development of the projects in force during the internship will be the collection of topographic data, basic calculations of aqueducts and sewers, hydraulic modeling in the EPA SWMM software (Storm Water Management Model) and QPRO , analyze different solution alternatives according to results, prepare technical reports, draw plans of aqueducts and sewers in AutoCAD 2D according

to design, draw geometric hydraulic structures such as typical boxes for valves, gutters, work wells and sinks as appropriate.

On the other hand, it is sought to detail the procedure of the hydraulic revisions in this document to guide in a practical way any civil engineering student who is interested in the process and criteria to take into account for these reviews, includes the sanitary sewer reviews and pluvial.

## 1.2 Palabra Clave

***Alcantarillado.*** Es un conjunto de redes sanitarias que tienen como objetivo evacuar las aguas residuales, industriales o pluviales de una población generadas desde cualquier construcción y siendo llevadas hasta su desembocadura en un medio natural o planta de tratamiento.

***Diseño pluvial.*** Es el diseño requerido para tratar las aguas generadas por las precipitaciones, que son conducidas por escorrentía superficial en vías, parques, cubiertas de edificios, además de aguas generadas por aseo de las mismas superficies mencionadas.

***Precipitación.*** Es el agua que escurre en la superficie terrestre desde la atmósfera. En diferentes estados dependiendo de las condiciones del clima que conlleva como lo es la lluvia, el granizo y la nieve, todos son tipos de precipitación.

***Topografía.*** Es el conjunto de procedimientos que representan por medio de gráficos de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, se pueden ver en planimetría y altimetría.

***Tubería.*** Es un conducto formado por tubos en forma de cilindro con el objetivo de distribuir líquidos o gases.

***Trenchless.*** Es un grupo de varias tecnologías que por medio de micro túneles busca rehabilitar, construir y reemplazar tubería de diferentes materiales que se encuentra debajo de la superficie evitando afectar el pavimento, parques, andenes etc. En zonas públicas o privadas.

***Zanja.*** Excavación alargada y estrecha que se hace en la tierra con diferentes propósitos como realizar la geometría de la cimentación en un edificio, colocar tuberías, permitir que corra el agua, etc.

### 1.3 Keywords

***Sewerage.*** It is a set of sanitary networks that aim to evacuate wastewater, industrial or stormwater from a population generated from any construction and being taken to its mouth in a natural environment or treatment plant.

***Rain design.*** It is the design required to treat the waters generated by rainfall, which are conducted by surface runoff in roads, parks, roofs of buildings, in addition to water generated by cleaning the same surfaces mentioned.

***Precipitation.*** It is the water that drains on the Earth's surface from the atmosphere. In different states depending on the climate conditions that they entail, such as rain, hail and snow, all types of precipitation.

***Topography.*** It is the set of procedures that represent by means of graphs of the earth's surface, with their shapes and details, which can be seen in planimetry and altimetry.



***Pipeline.*** It is a conduit formed by tubes in the form of a cylinder with the aim of distributing liquids or gases.

***Trenchless.*** It is a group of various technologies that by means of micro tunnels seeks to rehabilitate, build and replace pipes of different materials that are under the surface avoiding affecting the pavement, parks, platforms etc. In public or private areas.

***Ditch.*** Long and narrow excavation that is done in the earth with different purposes such as making the geometry of the foundation in a building, placing pipes, allowing water to run, etc.

## TABLA DE CONTENIDO

1.1	Abstract .....	6
1.2	Palabra Clave.....	7
1.3	Keywords .....	8
2	Introducción.....	15
3	Objetivos.....	16
3.1	Objetivo General .....	16
3.2	Objetivos Específicos.....	16
4	Planteamiento del Problema .....	17
5	Marco Conceptual.....	18
5.1	Misión.....	18
5.2	Visión .....	18
5.3	Compromiso Social .....	19
5.4	Servicios que Ofrece la Empresa .....	19
5.5	Metodologías de Construcción para Tuberías Urbanísticas.....	20
5.5.1	Con Zanja o Corte Abierto (Método Indirecto de Instalación de Tuberías).....	21
5.5.2	Sin Zanja (Tecnología Trenchless): .....	22
5.6	Método de Infiltración del SCS (Soil Conservation Service) para la revisión de alcantarillado pluvial. ....	23
5.7	Método del Hietograma Triangular para ingresar al modelo matemático del alcantarillado pluvial. ....	24
5.7.1	Software Matemático EPA SWMM .....	25
5.8	Esfuerzo tractivo para el alcantarillado pluvial y sanitario .....	26
6	Estado del Conocimiento.....	26
6.1	Proyecto Reducido de Rehabilitación del Colector de la Avenida Portus Illicitanus entre las Calles Elche y San José, Mediante Manga Reversible. Santa Pola (alicante).....	27
6.2	Listado de Métodos Sin Zanja Propuestas en la Literatura según Mañogil.....	28
6.3	Guided auger boring -Pilot pipe jacking (Microtúnel con tubo piloto).....	30
6.4	Pipe eating (Fractura de tubería) .....	31
6.5	Dynamic pipe bursting (Fractura dinámica de tubería ).....	31
7	Desarrollo metodológico de la Pasantía .....	32
7.1	Empalme y Reconocimiento del Proyecto para la Revisión de Redes Pluviales.....	33

7.2	Información Preliminar para la Revisión de Diseños en Redes Existentes de Alcantarillado Pluvial y Sanitario .....	33
7.2.1	Áreas de Diseño Pluvial.....	34
7.2.2	Periodo de Retorno del Evento de Diseño .....	36
7.2.3	Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia .....	36
7.2.4	Duración de las Tormentas y Distribución Temporal.....	37
7.2.5	Modelo Matemático EPA SWMM .....	39
7.2.6	Evaluación Hidráulica de Redes Existentes.....	44
7.3	Propuesta de Mejoramiento para las Redes Existentes .....	48
7.3.1	Perfil Principal para los Pozos LL233-LL222 Existentes en la Carrera 69B. ....	50
7.3.2	Perfil Principal para los Pozos LL142 y LL222 Nuevos Calle 19, Carrera 69 y Calle 17 A.....	51
7.4	Chequeo del Esfuerzo Tractivo con Pendiente Hidráulica.....	52
7.5	Cálculo de Cimentación .....	55
7.6	Tecnología Trenchless propuesta .....	56
7.7	Revisión de Diseños para el Alcantarillado Sanitario .....	56
7.7.1	Zona de Estudio para la Revisión de Redes Existentes Sanitaria .....	56
7.7.2	Información base de Topología .....	57
7.8	Evaluación Sanitaria de Redes Existentes.....	58
7.8.1	Herramientas utilizadas.....	60
8	Resultados.....	61
9	Conclusiones.....	63
10	Referencias.....	64

### Lista de figuras

figura 1. Rehabilitación de tuberías con zanja Adaptado de (Villasaez, 2017) .....	22
figura 2. Rehabilitación de tubería sin zanja Adaptado de (Sanpagas, 2019).....	23
figura 3. Análisis de volumen de escorrentía Adaptado de (Salazar, 2011) .....	24
figura 4. Hietograma triangular Adaptado de (Monsalve, 1995).....	25
figura 5. Esquema de esfuerzo tractivo Fuente. Propia. 2019 .....	26
figura 6. Implementación de método RS CityLiner Adaptado de (Mañogil, 2018) .....	27
figura 7. Guided auger boring (Pilot pipe jacking) Adaptado de Youtube BohrtecGmbH .....	30
figura 8. Pipe eating fuente (Stein, 2004) .....	31
figura 9. Dynamic pipe bursting Adaptado de Youtube Trenchless Solutions.....	32
figura 10. Localización del barrio Montevideo Central Adaptado de Google Earth Pro. 2019 ....	33
figura 11. Tramo LL135 al LL134 en topografía, fuente, consorcio Zona 3-733 .....	34
figura 12. Áreas de drenaje pluvial para el barrio Montevideo Central Fuente Propia. 2019 .....	35
figura 13. Esquema general modelo EPA SWMM red pluvial sector Montevideo Central Fuente Propia. 2019 .....	40
figura 14. Parámetros del área A_LL23 Fuente Propia. 2019 .....	41
figura 15. Parámetros de área A_LL233 Fuente Propia. 2019 .....	42
figura 16. Parámetros de tubería tramo LL144-LL231 Fuente Propia. 2019 .....	42
figura 17. Curva IDF con tiempo al caudal pico de 1 hora. Fuente Propia. 2019 .....	43
figura 18. Pluviómetro asignado en todas las áreas para evaluar todos los colectores Fuente Propia. 2019 .....	44
figura 19. Perfil de flujo máximo entre los pozos LL233 y LL222 tramos existentes - Minuto 51, duración 1 hora para Tr 10 años (Carrera 69B). Fuente Propia. 2019.....	45

figura 20.Perfil de flujo máximo entre los pozos LL142 y LL231 tramos existentes - Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años (Carrera 19) Fuente Propia. 2019 .....	46
figura 21.Perfil de flujo máximo entre los pozos LL132 y LL227 tramos existentes - Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años (Carrera 18A) Fuente Propia. 2019.....	46
figura 22.Perfil de flujo máximo entre los pozos LL131 y LL129 tramos existentes - Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años (Carrera 18). Fuente Propia. 2019 .....	47
figura 23.Esquema general del Modelo SWMM con relación Y/D redes existentes, duración 1 hora, caudal pico de 51 min y TR 10 años. Fuente Propia. 2019 .....	47
figura 24.Perfil de flujo máximo entre los pozos LL233 y LL222- Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años. (Carrera 69B) (Tramos existentes) Fuente Propia. 2019 .....	50
figura 25.Perfil de flujo máximo entre los pozos LL142 y LL222 - Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años. (Calle 19, Carrera 69, Calle 17A) (tramos nuevos). Fuente Propia. 2019.....	51
figura 26.Esquema general del modelo SWMM con relación Y/D de redes existentes. Fuente Propia. 2019 .....	51
figura 27.Hoja de QPRO cálculo de cimentaciones Fuente Propia. 2019 .....	55
figura 28.Localización del barrio Montevideo, Franco, granjas de techo. Adaptado de Google earth Pro. 2019 .....	57
figura 29.Plano de áreas de alcantarillado sanitario1-2 fuente I.H.T.....	59
figura 30.Plano de áreas de alcantarillado sanitario2-2 fuente I.H.T.....	59
figura 31. Hoja de cálculo Qpro fuente I.H.T S.A.S.....	60

### Lista de tablas

Tabla 1. Parámetros IDF para el cálculo de la intensidad TR 10 años Fuente Propia. 2019.....	36
Tabla 2. Cálculo de precipitaciones para duraciones de 15min, 30min, 45min y 1 hora, Fuente Propia. 2019 .....	37
Tabla 3. Hietograma duración 15 min para Tr 10 años, Fuente Propia. 2019 .....	37
Tabla 4. Hietograma duración 30 min para Tr 10 años, Fuente Propia. 2019 .....	38
Tabla 5. Hietograma duración 45 min para Tr 10 años, Fuente Propia. 2019 .....	38
Tabla 6. Hietograma duración 1 hora - 60 min para Tr 10 años, Fuente Propia. 2019.....	38
Tabla 7. Relación de tramos con radios hidráulicos y esfuerzos tractivos. ....	53

## 2 Introducción

Esta tesis se basa en la práctica de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en una empresa especializada en ingeniería hidráulica, ingeniería hidrológica, ingeniería sanitaria e ingeniería aplicada a proyectos en tecnologías Trenchless. El fundamento principal es apoyar las revisiones hidráulicas en los colectores existentes del alcantarillado pluvial y sanitario, sector industrial de Montevideo central, franco y granjas de techo en la ciudad de Bogotá D.C y dependiendo de las condiciones de los colectores existentes proponer alternativas de solución viables para todo el proyecto con diferentes métodos de rehabilitación, construcción sin zanja o tecnologías Trenchless, apoyando el área de diseño hidráulico y así aportar en gran medida a la culminación del proyecto en curso logrando la satisfacción del cliente y la comunidad.

La empresa Ingeniería hidráulica y Trenchless por sus siglas I.H.T S.A.S es una empresa con más de 40 años de experiencia posicionada en la ciudad de Bogotá D.C, prestando sus servicios de conocimientos hidráulicos, elaborando diseños detallados de alcantarillado sanitario, pluvial, redes de acueductos, geometrías, estructuras, modelaciones hidráulicas de diferentes ríos como el Fucha y Tunjuelo, brindando apoyo técnico con tecnologías Trenchless para diferentes empresas públicas y privadas en Colombia, Costa rica, Ecuador, Panamá, Nicaragua y Perú.

Algunas de las actividades que se realizarán en esta empresa para el buen desarrollo de los proyectos vigentes durante la pasantía será la toma de datos topográficos, cálculos básicos de acueductos y alcantarillados, modelaciones hidráulicas en el software EPA SWMM (Storm Water Management Model) y QPRO, analizar diferentes alternativas de solución según resultados, elaborar informes técnicos, dibujar planos de acueductos y alcantarillados en AutoCAD 2D según diseño, dibujar geométricas de estructuras hidráulicas como cajas típicas para válvulas, cunetas en G, pozos de trabajo y sumideros según corresponda.

Por otra parte, se busca detallar el procedimiento de las revisiones hidráulicas en este documento para guiar de manera práctica a cualquier estudiante de ingeniería civil que esté interesado en el proceso y criterios a tener en cuenta para estas revisiones, comprende las revisiones del alcantarillado sanitario y pluvial.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Realizar las pasantías en la empresa I.H.T. S.A.S para apoyar las revisiones hidráulicas en los colectores existentes del alcantarillado pluvial y sanitario sector industrial de Montevideo central, franco y granjas de techo.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Dar cumplimiento efectivo a las labores y actividades asignadas en la empresa I.H.T S.A.S.
- Apoyar y aportar al proceso de la revisión para los colectores existentes ubicados en el sector de los barrios Montevideo central, Franco y Granjas de techo de manera óptima y eficiente.
- Aprender sobre el proceso de revisión para la rehabilitación de alcantarillado sanitario y pluvial ya sea por método con zanja o sin zanja (tecnologías Trenchless), aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.



#### 4 Planteamiento del Problema

Se mencionan los antecedentes y problemáticas del proyecto a revisar a cargo de la pasante, para buscar la viabilidad técnica, económica y ambiental más favorable para el cliente, beneficiando a la comunidad directamente afectada.

En el año 2009 la firma Gómez Cajiao y asociados realizaron para la EAB un diseño de redes en el barrio Montevideo, sobre el sector aferente a la cuenca del río San Francisco. Sin embargo, dicha firma no diseñó la zona central afluyente a la cuenca del río Fucha ya que no lo creyó necesario.

Para el año 2010 y 2011 Consorcio Conexiones 2010 diseñó el alcantarillado de los barrios Franco y Granjas de Techo; construyó una parte del alcantarillado del barrio Franco, en lo que concierne a la cuenca aferente del río Fucha. Acto seguido, la Unión Temporal alianza 707 rediseñó el alcantarillado del barrio Granjas de Techo y una parte del alcantarillado del barrio Montevideo aferente a la cuenca del río Fucha, debido a importantes inconsistencias encontradas en cotas de varios de los diseños anteriores, con esto se construye una parte del rediseño propuesto, en otra parte del barrio Franco, afluyente de la cuenca del río Fucha, quedando pendiente por revisar los diseños del sector central del barrio Montevideo (Villanueva, 2010).

Por esta razón actualmente el consorcio Zona 3-733 desarrolla dentro de su contrato de obra el proyecto de elaboración de diseños hidráulicos sobre el sistema de alcantarillado pluvial del sector industrial de Montevideo central, Franco y Granjas de Techo, determinando el funcionamiento actual del sistema pluvial y sanitario existente para poder dar un correcto funcionamiento al sistema, en beneficio de la comunidad y empresas allí presentes.

Por lo mencionado anteriormente se plantea la siguiente pregunta con base a la actual problemática que se presenta en este proyecto.

¿Cómo revisar el alcantarillado pluvial y sanitario del sector industrial de Montevideo central, franco, granjas de techo en Bogotá, cumpliendo con los requisitos de saneamiento básico, sin que represente costos innecesarios?

## **5 Marco Conceptual**

I.H.T S.A.S es una empresa de consultoría hidráulica, constituida por más de 40 años, en esta empresa participan profesionales con un alto conocimiento y preparación en ingeniería civil especializada en hidráulica, ingeniería hidrológica, ingeniería sanitaria e ingeniería aplicada a proyectos en tecnologías Trenchless.

### **5.1 Misión**

Ingeniería hidráulica y Trenchless S.A.S está orientada a brindar un servicio integral en los campos de diseño para obras civiles con énfasis en ingeniería hidrológicas, hidráulica y sanitaria, asesorías en ingeniería, interventorías de diseño e interventorías de obras, cuyos pilares son el profesionalismo de nuestro equipo al más alto nivel y el compromiso con la búsqueda incesante de nuevas tecnologías, otorgando así soluciones eficientes y oportunas.

### **5.2 Visión**

Ingeniería hidráulica y Trenchless S.A.S está proyectada para ser una de las empresas más reconocidas, por estar siempre al frente de la tecnología y del desarrollo de nuevos procesos de aplicación de la ingeniería de consulta, interventoría y diseño en diferentes proyectos hidráulicos, sanitarios e hidrológicos, que respondan a resolver problemas específicos o complejos para

conservar el equilibrio ambiental, climático y el adecuado uso y disposición del recurso hídrico en sistemas urbanos y rurales.

Proyectar una compañía de confianza y responsabilidad ante el desarrollo social de las comunidades, satisfaciendo clientes tanto del ámbito público como privado, a través de la excelencia en los proyectos de ingeniería hidráulica, usando tecnologías sin zanja (TRENCHLESS), convencionales y consultoría hidráulica e hidrológica a nivel nacional e internacional.

### **5.3 Compromiso Social**

Es relevante para esta empresa el compromiso social siempre buscando la viabilidad técnica, económica y ambiental más favorable para el cliente por cada proyecto que se ejecute.

Su interés principal es que la comunidad directamente afectada por cada proyecto diseñado (hidráulico, hidrológico, sanitario y tecnología Trenchless) sea beneficiada positivamente en su entorno y cotidianeidad.

De manera interna busca beneficiar y fomentar profesionales capacitados, brindando la oportunidad de adquirir conocimiento y experiencia concientizando la importancia de la ética profesional en el campo laboral de la ingeniería civil.

### **5.4 Servicios que Ofrece la Empresa**

- Estudios y Diseños para sistemas de Acueductos
- Estudios y Diseños para sistemas de Alcantarillado.
- Estudios y Diseños de Drenaje Vial.
- Estudios Hidrológicos Urbanos y Rurales.
- Estudios y Diseños de Ingeniería Hidrosanitaria para edificaciones.

- Interventoría de Estudios y Diseños Hidráulicos y Sanitarios.
- Interventoría de Construcción de Redes de Acueducto y Alcantarillado.
- Estudios y Diseños para Sistemas de Riego.
- Estudios y Diseños de Redes de Gas Natural.
- Estudios y Diseños de Proyectos con Tecnologías sin zanja.
- Estudios y Diseños de Proyectos de rehabilitación de alcantarillados.

Para entrar en materia con las actividades de las pasantías es necesario estar familiarizado con los conceptos, cálculos básicos y normas estipuladas para la revisión y posterior diseño del proyecto.

Entre temas relacionados con los diseños mencionados se deben considerar los métodos de excavación para rehabilitación y construcción de tuberías nuevas, pueden implementarse de dos formas diferentes siendo procesos constructivos con zanja o sin zanja.

Debido a que la empresa I.H.T. S.A.S tiene una gran experiencia con las tecnologías sin zanja y es un método de construcción para la rehabilitación de colectores existentes como los que se pueden plantear en la revisión de alcantarillado según el resultado, se hace una breve introducción a estas tecnologías.

## **5.5 Metodologías de Construcción para Tuberías Urbanísticas**

Para llevar a cabo el mantenimiento en una red de alcantarillado se puede generar de dos maneras. La primera haciendo una renovación de la tubería la cual se realiza con zanja cambiando las tuberías antiguas en el sitio y reemplazándolas por unas nuevas según el diseño, la segunda es la rehabilitación que se hace sin zanja mejorando las condiciones internas de la antigua tubería sin llegar a su destrucción.

Este sistema sin zanja es más eficiente para zonas como las que se van a intervenir en este proyecto, de alto movimiento comercial, tráfico vehicular y congestión capitalina, maneja menores tiempos y es posible llevar a cabo el resultado esperado sin afectar el entorno general (Hernández, 2009).

### **5.5.1 Con Zanja o Corte Abierto (Método Indirecto de Instalación de Tuberías)**

Este método implica excavar una zanja a lo largo de la alineación proyectada sobre la tubería, interviniendo la vía, estabilizando las paredes de la zanja para poder construir lechos o cimientos y posteriormente posicionar las secciones de la tubería, rellenar y compactar el terreno para su finalización.

Al mismo tiempo que se realiza el proceso anterior se debe tener en cuenta que las actividades de construcción en cielo abierto se concentran en manejar el flujo de tráfico que se genera a través de caminos de desvíos por otras calzadas, buscando el menor impacto posible para la comunidad realizando las operaciones de relleno, compactación y restablecimiento de la superficie.

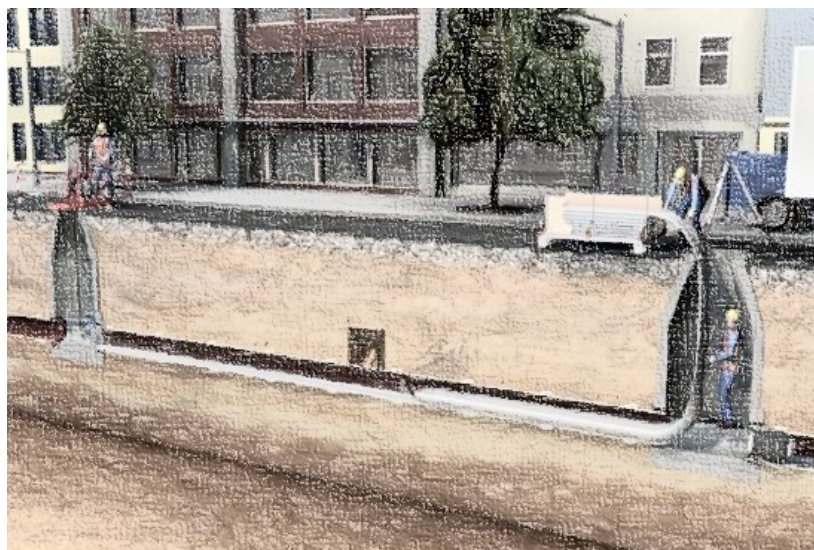
En cuanto se refiere al menor impacto de la comunidad este método no es eficaz ya que genera un alto costo social, por las interrupciones del tráfico, el polvo y ruido generados y a esto se suman los impactos negativos para el medio ambiente por las emisiones de carbono debido a un mayor consumo de combustible, los riesgos de derrumbes de excavación de zanjas o fallas de fondo que pueden provocar daños en las vías y/o predios aledaños donde se implementa la excavación con zanja, tal y como refleja la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** evidenciando el trauma sufrido en la vía (Najafi, 2010).



*figura 1. Rehabilitación de tuberías con zanja Adaptado de (Villasaez, 2017)*

### **5.5.2 Sin Zanja (Tecnología Trenchless):**

Estas tecnologías Trenchless son nuevas tecnologías que se utilizan para la instalación, reparación y mantenimientos de las redes subterráneas, minimizando la necesidad de realizar excavaciones con zanja, estas tecnologías ayudan a reducir el impacto ambiental, mitigando los impactos del tráfico, minorando las emisiones de CO<sub>2</sub> y la generación de ruido en el ambiente. Estas tecnologías Trenchless fueron creadas ecológicamente racionales en el programa AGENDA21 de la ONU, como ejemplo se tiene la figura 2 de manera práctica se evidencian dichas labores (zanja, 2018).



*figura 2. Rehabilitación de tubería sin zanja Adaptado de (Sanpagas, 2019)*

## **5.6 Método de Infiltración del SCS (Soil Conservation Service) para la revisión de alcantarillado pluvial.**

Este método se implementará para la revisión hidráulica del alcantarillado pluvial en el barrio Montevideo Central, en el proceso de empalme con el proyecto y cronograma fue necesario revisar este método en la norma NS 085. Fue desarrollado por el SCS (Soil Conservation Service) que consta de dos partes. En la primera se hace una apreciación del volumen de escorrentía que resulta de una precipitación, figura 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la segunda se determina la distribución del escurrimiento en el tiempo, incluyendo el caudal máximo. Con este método es posible hacer el cálculo sencillo del caudal máximo u obtener las hidrografías resultantes si se realiza el modelo completo lluvia-escorrentía en un software hidrológico (EAB, 2017).

Se utilizará el software EPA SWMM para realizar el modelo completo de lluvia escorrentía.



*figura 3. Análisis de volumen de escorrentía Adaptado de (Salazar, 2011)*

### **5.7 Método del Hietograma Triangular para ingresar al modelo matemático del alcantarillado pluvial.**

Este método se requiere para la revisión de alcantarillado pluvial y busca analizar la tormenta por medio de una representación gráfica de la variación de la precipitación con el tiempo. Se asume una forma triangular para mostrar el aumento rápido y el pico más alto de la lluvia (Ellouze, 2009).

Donde un coeficiente del avance de tormenta  $r$  se define como la relación del tiempo antes del pico  $t_a$  con respecto a la duración total. Luego el tiempo de recesión  $t_b$  está dado por un valor de  $r$  igual a 0.5 esta corresponde a una intensidad pico que ocurre en la mitad de la tormenta, mientras que un valor menor que 0.5 tendrá el pico antes y un valor mayor que 0.5 tendrá el pico después del punto medio de la tormenta. Un valor apropiado de  $r$  se determina calculando la relación entre el tiempo de intensidad pico y la duración de la tormenta para una serie de tormentas de diferentes duraciones, esto se especifica en el diagrama reflejado en la figura 4 (Villanueva S, 2019).



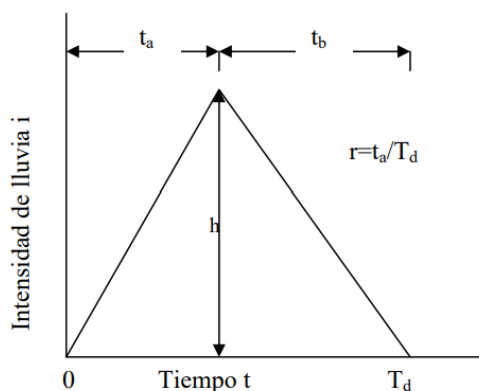


figura 4. Hietograma triangular Adaptado de (Monsalve, 1995)

### 5.7.1 Software Matemático EPA SWMM

Según (Gutierrez, 2005) el software matemático de aguas pluviales de la EPA (SWMM) permite la simulación de precipitaciones, sirve para utilizar un modelo extendido o para un único acontecimiento de aguas lluvias.

Este software funciona por medio de varios módulos el primero modulo trabaja por medio de escorrentía hidrológica con una serie de cuencas, es este módulo cae la lluvia y genera la escorrentía.

El segundo modulo analiza el recorrido de estas aguas por medio de un sistema compuesto por canales, tuberías, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores, que se pueden asignar a cada tramo dibujado en el software.

Del mismo modo este software está habilitada para realizar la evaluación de la calidad y cantidad de agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad de agua de cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

## 5.8 Esfuerzo tractivo para el alcantarillado pluvial y sanitario

Este parámetro se analizará en todas las redes existentes del alcantarillado pluvial y sanitario de los barrios Montevideo central, franco y granjas de techo.

El esfuerzo tractivo es la fuerza que produce un flujo de agua en un alcantarillado sanitario o pluvial en este caso, se relaciona con la capacidad que tiene el sistema de auto limpieza y evitar estancamientos de aguas negras o de lluvias, figura 5, generando malos olores o inundaciones (Acodal, 2019).

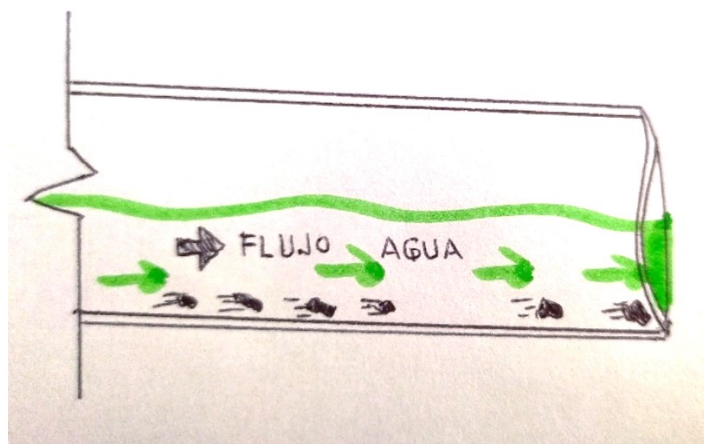


figura 5. Esquema de esfuerzo tractivo Fuente. Propia. 2019

## 6 Estado del Conocimiento

La empresa es especialista en tecnologías Trenchless, por lo cual se soporta este documento con información de otros autores que han realizado proyectos en torno al tema, generando rehabilitaciones con tecnologías sin zanja de distintas maneras como bien se expondrá a continuación, por otro lado, información necesaria o relacionada con temas directos de la pasantía en cuestión.

### **6.1 Proyecto Reducido de Rehabilitación del Colector de la Avenida Portus Illicitanus entre las Calles Elche y San José, Mediante Manga Reversible. Santa Pola (alicante)**

En el documento citado observamos la implementación de la tecnología de rehabilitación en tuberías sin zanja, en este caso se trabaja por un método de inversión con manga, el cual se lleva a cabo por medio de los pozos de inspección o como ellos los nombran pozos de registro, a este método lo denominan técnica RS CityLiner (Mañogil, 2018).

Esto con el fin de generar un recubrimiento nuevo interno en las redes, que sin importar el material con el que fueron construidas (hormigón, gres, plástico, metal, etc.) serán acoplables a la nueva camisa insertada dejando las superficies tal y como se evidencia en la figura 6.

Para el caso práctico de ellos tomaran una red de 121 metros de longitud con un diámetro de 400 mm, que luego de clasificar con las normas determinan una camisa a implementar de 7 mm.



*figura 6.Implementación de método RS CityLiner Adaptado de (Mañogil, 2018)*

Este proceso de rehabilitación por método RS CityLiner inicia con una capa que va alrededor de la tubería existente, está hecha por un tejido con un revestimiento plástico flexible por una sola de sus caras, la cual se infiltra con una mezcla de resina epoxica, una vez infiltrada se introduce en el interior de la tubería que se debe mejorar, quedando adaptada y pegada en su interior. Es importante considerar que, para el endurecimiento de la resina, se aligera el proceso recirculando agua caliente (Mañogil, 2018).

Una vez se tiene esto las ventajas que tienen son la creación de una “tubería dentro de la tubería” sin uniones, este proceso respalda su estanqueidad y funcionamiento durante mucho tiempo. Por el método Trenchless y en un tiempo mínimo de trabajo. Se consideran rangos de aplicación como el diámetro interior debe ser de 150 a 750 mm, que se puede utilizar en tuberías de desagües, gas, alcantarillado sanitario y pluvial, conductos de ventilación, instalaciones industriales, etc. El RS CityLiner es un grupo de procesos y sistemas con los elementos necesarios para realizar el proceso de rehabilitación en el lugar de trabajo como lo es la aplicación de mezcla de resina y endurecedor que garantizan la calidad, la impregnación de resina en la capa. Se debe tener en cuenta el interior de la tubería realizando pruebas con aire y agua para verificar que este al realizar este proceso no hayan quedado fisuras. (Mañogil, 2018).

## **6.2 Listado de Métodos Sin Zanja Propuestas en la Literatura según Mañogil**

En el mundo se tienen diferentes tipos de trabajos con tecnologías Trenchless siendo 20 los descritos en el documento.

- Auger Boring Cradle Type / Perforación Rotativa Helicoidal (PRH) con Hincado
- Auger Boring Track Type 1 and 2 / Perforación Rotativa Helicoidal (PRH) con Carrilera
- HDD Maxi 1, 2 and 3 / Perforación Horizontal Dirigida (PHD) Sistemas Maxi 1, 2 y 3

- HDD Midi / Perforación Horizontal Dirigida (PHD) Sistema Midi
- HDD Mini 1 and 2 / Perforación Horizontal Dirigida (PHD) Sistemas Mini 1 y 2
- HDD Micro / Perforación Horizontal Dirigida (PHD) Sistema Micro
- Microtunneling Auger / Microtunelería Rotativa Helicoidal MRH
- Microtunneling Slurry / Microtunelería “Slurry”
- Non Steerable Impact Mole / Perforación neumática. Sistema no Direccionado
- Steerable Impact Mole / Perforación neumática.Sistema Direccionado
- Pipe Ramming 1 and 2 / Hincado de Tubería Sistemas 1 y 2
- Slurry Horizontal Rotary Boring / Perforación Rotativa Horizontal con “Slurry”
- Rod Pushing / Empuje de Varillaje
- Pilot Tubing / Sistema “Pilot Tubing”
- Water Jetting / Inyección de agua
- Hand Mining / Excavación manual, es una forma de tunelería de servicios públicos y la realizan trabajadores mediante la utilización tanto de equipo neumático o picos y palas. La excavación se ejecuta generalmente dentro de un escudo. El escudo puede ser articulado o fijo.
- Open Face TBM / Máquina tuneleadora de escudo abierto.
- Road Header Method / Método de la rozadora o tuneleadora de ataque puntual.
- New Austrian Tunneling Method / Nuevo Método Austriaco de Tunelería (NMA)
- Closed Face TBM / Máquina tuneleadora de escudo cerrado

De los cuales algunos son implementados en Colombia pero que por practicidad solo se mencionaran los 3 más frecuentemente usados en las intervenciones locales. Se mencionan a continuación.

### 6.3 Guided auger boring -Pilot pipe jacking (Microtúnel con tubo piloto)

Esta tecnología se encarga de introducir una guía piloto por medio de los pozos de trabajo que se construyen para poder introducir la maquina tuneladora, son necesarios dos pozos de trabajo los cuales son denominados pozo de entrada y pozo de salida o lumbreras, este piloto está guiado por láser para delinear el alineamiento exacto que va a llevar la tubería, es supervisado con teodolito y cámara electrónica y es requerido para posteriormente continuar con las siguientes etapas constructivas.

Posterior a esto es introducido un módulo de acero de forma helicoidal, los cuales van formando un tornillo sin fin, estos van transportando el material excavado al pozo de entrada para poder retirar este material, a medida que va avanzando el módulo de acero helicoidal en la parte trasera de este se van instalando los módulos de tubería sin que el terreo quede expuesto a derrumbes o fallos, formando un tren de trabajo continuo entre el empuje e hincado de la tubería entre el pozo de entrada y salida (Stein R. , 2017).

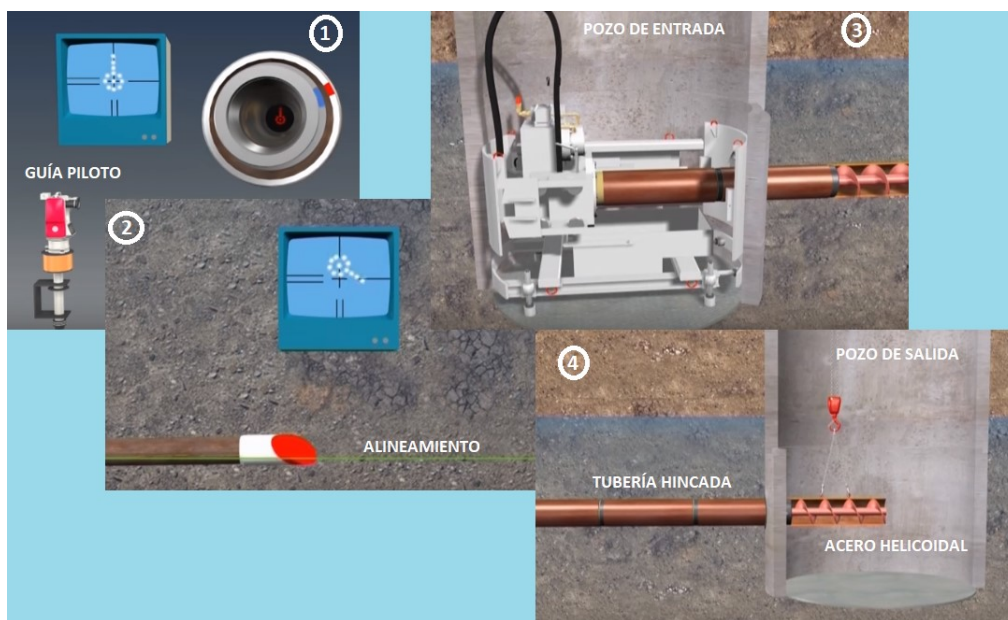
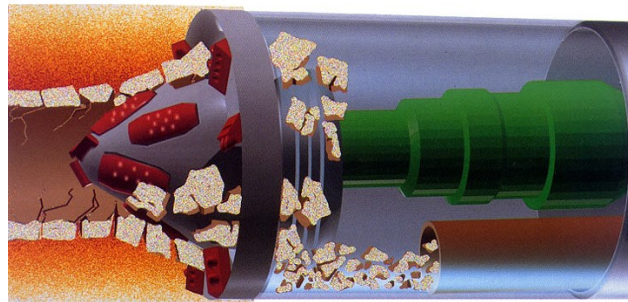


figura 7. Guided auger boring (Pilot pipe jacking) Adaptado de Youtube Bohrtec GmbH

#### 6.4 Pipe eating (Fractura de tubería)

Esta tecnología hace un remplazo de la tubería existente destruyéndola y triturándola. La cabeza de corte es guiada con un piloto en la tubería vieja para asegurar un alineamiento idéntico al original, la tubería nueva se va hincando por la cavidad que va dejando el procedimiento de trituración, ver figura 8.

En esta tecnología también se requieren pozos de lanzamiento y salida para ubicar la maquina tuneladora como la anterior tecnología.



*figura 8. Pipe eating fuente (Stein, 2004)*

#### 6.5 Dynamic pipe bursting (Fractura dinámica de tubería )

Esta tecnología es parecida a la tecnología pipe eating por que también se tritura la tubería existente, con la diferencia que se introduce un piloto de diámetro menor al del existente y por el pozo de salida se conecta la tubería de mayor diámetro en rollos de polietileno y se va halando hacia el pozo de entrada.



La tubería nueva normalmente es de polietileno en rollos, para que tenga la suficiente flexibilidad para que pueda halarse continuamente y ser instalada dentro del hueco que va quedando al ser destruida la tubería vieja (Stein R. , 2017).



figura 9. Dynamic pipe bursting Adaptado de Youtube Trenchless Solutions

## 7 Desarrollo metodológico de la Pasantía

Se cumplieron con las 640 horas estipuladas en el término del tiempo de pasantía, en el cual se participó en diferentes actividades entre las cuales dos de ellas fueron las principales, comprenden las revisiones del alcantarillado pluvial y sanitario, en estas revisiones se realizaron varios cálculos que se describirán más adelante, se revisaron áreas del alcantarillado pluvial y áreas de alcantarillado sanitario tomadas del proyecto unión temporal alianza 707, se llevaron a cabo varios análisis de acuerdo al estado de los colectores existentes, se realizó una modelación hidráulica en el software EPA SWMM e informes donde se evidencian los resultados de todos los procedimientos descritos anteriormente.

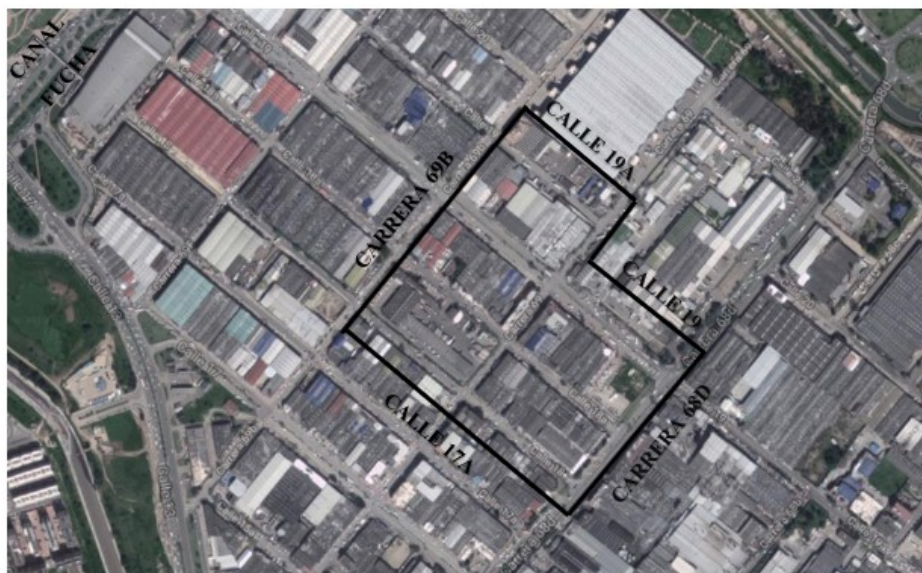


Para llevar a cabo dicho proceso se inició con un reconocimiento y empalme del proyecto con el ingeniero a cargo el cual se describe en el capítulo 7.1 a continuación.

### **7.1 Empalme y Reconocimiento del Proyecto para la Revisión de Redes Pluviales**

La zona de estudio está comprendida entre la calle 17A y calle 19A y entre la carrera 68D y carrera 69B, comprende el barrio Montevideo central con unas coordenadas medias de N-105600, E-95400, ubicado al occidente de la ciudad de Bogotá.

Esta zona se caracteriza por ser un sector industrial, comercial y en un futuro cercano residencial, se encuentra ubicada entre la calle 17A y calle 19A, ver figura 10, comprende un área de drenaje de 20.64 Hectáreas que desembocan en el canal Fucha.



*figura 10. Localización del barrio Montevideo Central Adaptado de Google Earth Pro. 2019*

### **7.2 Información Preliminar para la Revisión de Diseños en Redes Existentes de Alcantarillado Pluvial y Sanitario**

Para iniciar con la revisión hidráulica del alcantarillado pluvial fue necesario revisar y tomar datos de la topografía en la zona, de igual forma esta información fue tomada por la unión

temporal alianza 707 y se complementó con información de topografía del terreno tomando las cotas rasantes, cotas de fondo, longitudes, material de la tubería, pendiente, deflexiones, diámetros nominales e interferencias con redes existentes como las de acueducto, pluviales y sanitarias, calculando el punto de interferencia para saber su cota lomo y cota batea con su respectiva longitud de cada tramo existente en la zona del barrio Montevideo central, franco y granjas de techo (Ver anexo1)

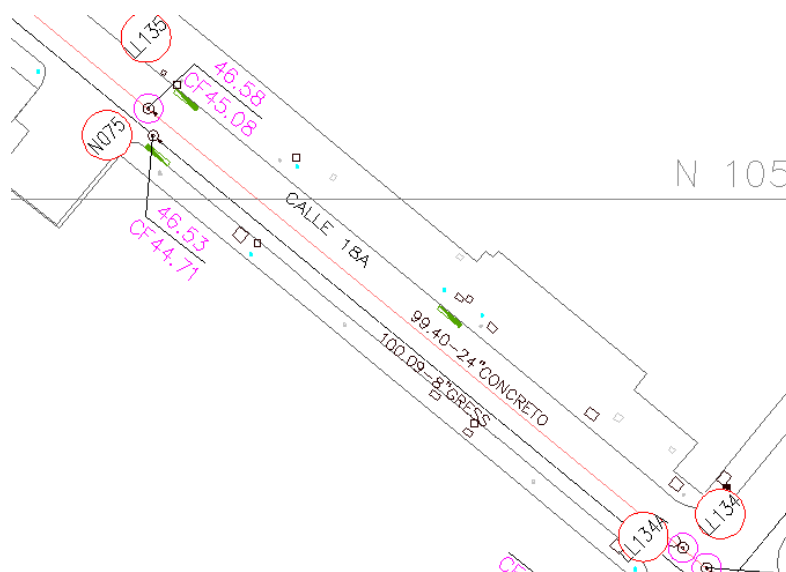


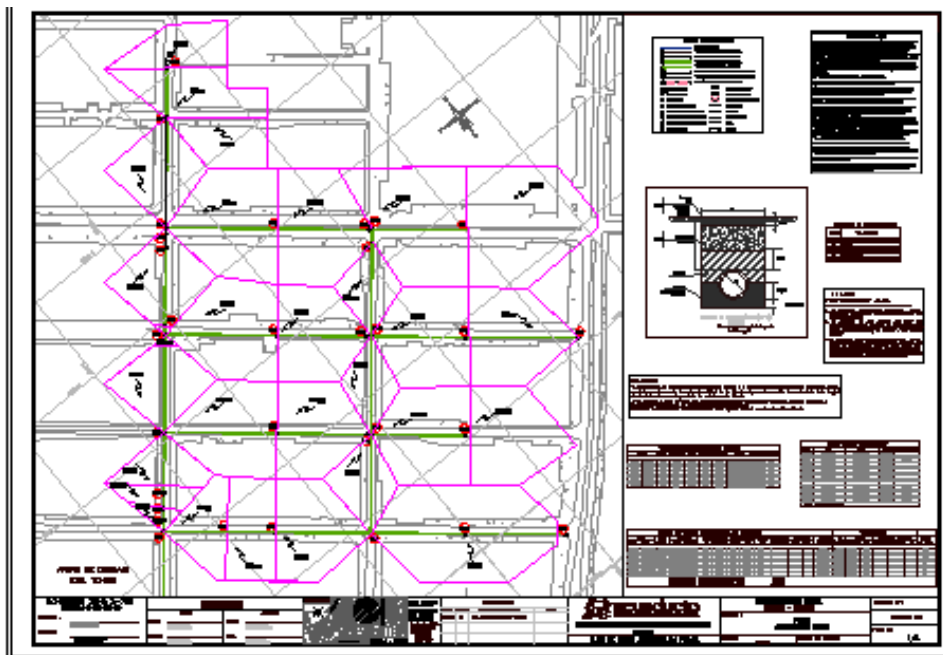
figura 11. Tramo LL135 al LL134 en topografía, fuente, consorcio Zona 3-733

### 7.2.1 Áreas de Diseño Pluvial

Se revisaron las áreas del alcantarillado pluvial teniendo en cuenta la superficie y sumideros en la topografía, en total fueron 20.64 Ha, estas áreas fueron tomadas del diseño del consorcio alianza 707.

Se modificaron de acuerdo a la topografía actual del consorcio Zona 3-733, teniendo en cuenta las cotas rasantes en cada punto y sumideros existentes en la zona, en algunos casos se

debió replantear el área, identificándolas y renombrándolas, a continuación, se presenta dicha información en el (anexo 2) y figura 12. .



*figura 12. Áreas de drenaje pluvial para el barrio Montevideo Central Fuente Propia. 2019*

A partir de la información de topografía y áreas definidas se elaboró el proyecto basándose en las características actuales de la cuenca y utilizando el método de infiltración del SCS (Soil Conservation Service).

Para saber que los colectores existentes funcionan de manera óptima fue necesario realizar un modelo matemático que permitiera simular las condiciones reales de los colectores, es por esto que se realizó la modelación en el software EPA SWMM.

Como se mencionó anteriormente la revisión hidráulica se realizará por medio del software EPA SWMM en el cual los parámetros utilizados serán los mencionados a continuación.

### 7.2.2 Periodo de Retorno del Evento de Diseño

En el diseño inicial los periodos de retorno son de 5 y 10 años según en el informe “plan de saneamiento, manejo de vertimientos y conexiones erradas en la zona 3 fase II” se evidencia que para el periodo de retorno de 10 años siempre dará un pico más alto de máxima escorrentía, por esta razón en la modelación en EPA SWMM se utilizará un periodo de retorno de 10 años, teniendo en cuenta la norma NS-085 de la EAB según el numeral 4.2.1.2, tabla 1 el grado de protección, las características del área de drenaje y el tamaño del área total para el sector diseñado.

El periodo de retorno de diseño se determinó de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas pudieran ocasionar a los habitantes, al tráfico vehicular, comercio, industria, etc (Sistec, 2017).

### 7.2.3 Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia

Es necesario para este modelo de precipitación - escorrentía determinar las curvas de intensidad, duración y frecuencia conociendo las intensidades de precipitación para distintos periodos de retorno buscando patrones de conducta de la lluvia y permitiendo que el diseño sea confiable y efectivo para la ingeniería hidráulica del proyecto, en busca de acercar más el modelo a la realidad logrando un análisis y planificación en un largo plazo (Pizarro, 2019).

Para calcular la intensidad se utilizó la ecuación 1 tomada de la NS-085. De los cuales C1, X0 y C2 se obtuvieron a partir de datos del Excel llamado Ecuación IDF tormentas, según las coordenadas del terreno suministrado por la EAAB, ver tabla 1.

$$I = C1 * (d + X0)^{C2} \quad (1)$$

Este	Norte	Período de Retorno TR (Años)	C <sub>1</sub>	X <sub>0</sub>	C <sub>2</sub>
<b>95364.199</b>	105906.033	10	5322.01647	26.70	-1.09638

En cuanto a la precipitación se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = D_{horas} * I_{mm/h} \quad (2)$$

Por medio de una hoja de cálculo en Excel que se tenía estipulada en la empresa para calcular los datos en diversas duraciones de la curva de intensidad, duración y frecuencia. Se muestra la siguiente tabla donde se calculan las duraciones de tormenta con 15, 30, 45 y 60 minutos.

Tabla 2. Cálculo de precipitaciones para duraciones de 15min, 30min, 45min y 1 hora, Fuente Propia. 2019

<b>CÁLCULO DE PRECIPITACIONES E INTENSIDADES PARA DIVERSAS DURACIONES IDF DE MONTEVIDEO CENTRAL</b>								
C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	X <sub>0</sub>	Tr	DURACIÓN (MIN)	DURACIÓN (H)	PRECIPITACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN (IN)	INTENSIDAD (mm/h)
<b>5322.016</b>	-1.096	26.7	10	15	0.25	22.27	0.88	89.08
<b>5322.016</b>	-1.096	26.7	10	30	0.5	31.80	1.25	63.60
<b>5322.016</b>	-1.096	26.7	10	45	0.75	36.88	1.45	49.17
<b>5322.016</b>	-1.096	26.7	10	60	1	39.93	1.57	39.93

#### 7.2.4 Duración de las Tormentas y Distribución Temporal

Se debe tener en cuenta la duración de tormenta más alta en los diferentes intervalos de tiempo, con el caudal pico en minutos, para el diseño se escogió el uso del hietograma triangular, ya que permite una aproximación muy cercana a la realidad.

A continuación, se presentan los hietogramas acumulativos utilizados en la modelación:

Tabla 3. Hietograma duración 15 min para Tr 10 años, Fuente Propia. 2019

HIETOGRAMA TRIANGULAR 10 AÑOS DURACIÓN 15 Min	
INTERVALO DE TIEMPO	PRECIPITACIÓN
<b>0:00</b>	0.0000000
<b>0:05</b>	4.9490169

<b>0:10</b>	17.3215593
<b>0:15</b>	22.2705763

Tabla 4. Hietograma duración 30 min para Tr 10 años, Fuente Propia. 2019

HIETOGRAMA TRIANGULAR 10 AÑOS DURACIÓN 30 Min	
INTERVALO DE TIEMPO	PRECIPITACIÓN
<b>0:00</b>	0.0000000
<b>0:05</b>	1.7667712
<b>0:10</b>	7.0670849
<b>0:15</b>	15.9009411
<b>0:20</b>	24.7347973
<b>0:25</b>	30.0351109
<b>0:30</b>	31.8018822

Tabla 5. Hietograma duración 45 min para Tr 10 años, Fuente Propia. 2019

HIETOGRAMA TRIANGULAR 10 AÑOS DURACIÓN 45 Min	
INTERVALO DE TIEMPO	PRECIPITACIÓN
<b>0:00</b>	0.0000000
<b>0:05</b>	0.9106015
<b>0:10</b>	3.6424060
<b>0:15</b>	8.1954135
<b>0:20</b>	14.5696240
<b>0:25</b>	22.3097368
<b>0:30</b>	28.6839473
<b>0:35</b>	33.2369548
<b>0:40</b>	35.9687593
<b>0:45</b>	36.8793608

Tabla 6. Hietograma duración 1 hora - 60 min para Tr 10 años, Fuente Propia. 2019

HIETOGRAMA TRIANGULAR 10 AÑOS DURANTE 1h	
INTERVALO DE TIEMPO	PRECIPITACIÓN
<b>0:00</b>	0.0000000
<b>0:05</b>	0.5545470
<b>0:10</b>	2.2181879
<b>0:15</b>	4.9909228
<b>0:20</b>	8.8727516

<b>0:25</b>	13.8636743
<b>0:30</b>	19.9636911
<b>0:35</b>	26.0637078
<b>0:40</b>	31.0546305
<b>0:45</b>	34.9364594
<b>0:50</b>	37.7091942
<b>0:55</b>	39.3728351
<b>1:00</b>	39.9273821

Estos hietogramas se pueden ver asignados en el programa en el siguiente ítem 7.2.5 para cada duración de tiempo figura 17.

### **7.2.5 Modelo Matemático EPA SWMM**

En el transcurso de la pasantía se modificó el modelo matemático para la revisión del contrato No. 1-01-33100-0827-2011 cuyo objeto es el “plan de saneamiento, manejo de vertimientos y conexiones erradas en la zona 3 fase II” El contrato adjudicado tenía como objetivo principal revisar el proyecto previamente elaborado para el barrio Granjas de techo por el Consorcio Conexiones 2010, y el proyecto del barrio Montevideo realizado por la firma Gómez Cajio a este modelo se le debió cambiar las áreas, pozos, pendientes, longitud de cada tubería, coeficiente de Manning según el material de la tubería existente para cada tramo en la zona (Villanueva, 2013). Se anexa el modelo matemático ver (Anexo 3)

Se presenta la figura13 reflejando el modelo demarcado con la zona de estudio.

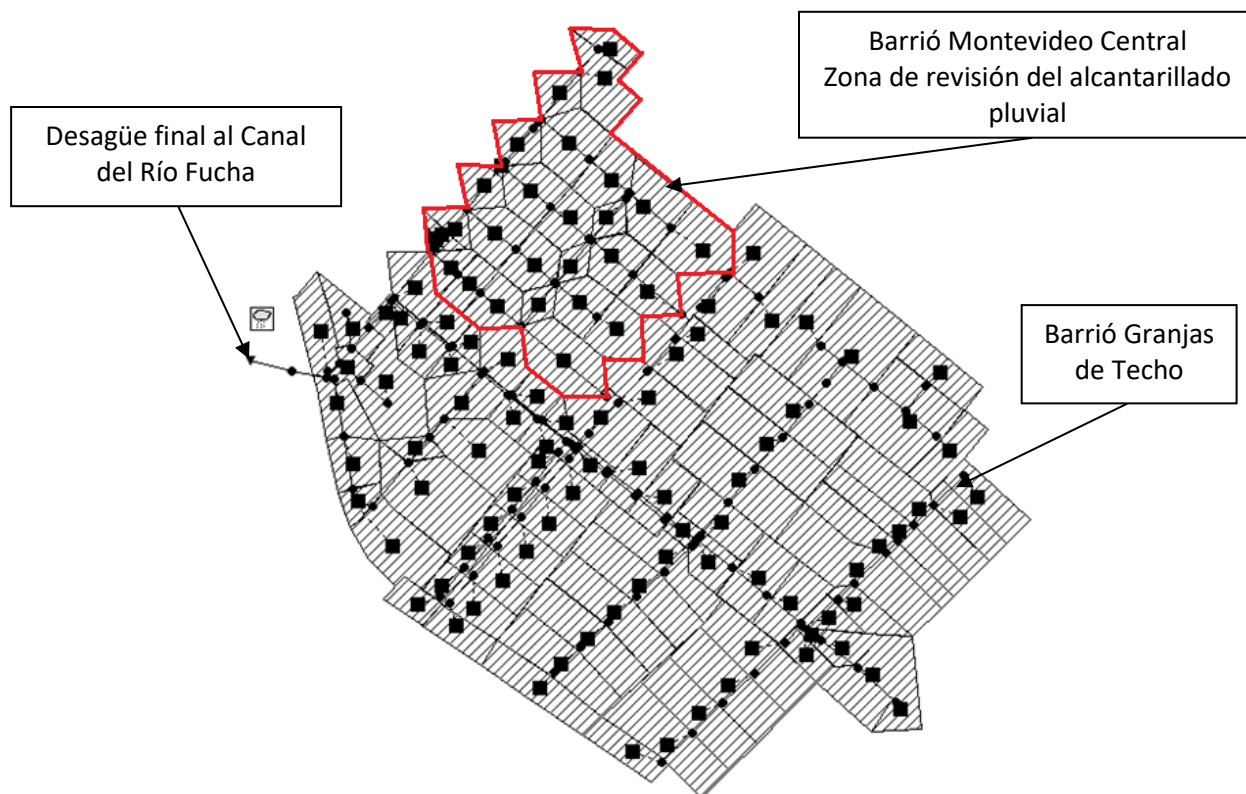


figura 13. Esquema general modelo EPA SWMM red pluvial sector Montevideo Central Fuente Propia. 2019

Los parámetros de las áreas se definieron según los valores reflejados en las figuras 14 y 15 a continuación se nombran cada uno de estos.

- Coordenadas: Coordenadas en el centro de la subcuenca en sentidos X y Y
- Rain gage (pluviómetro asignado a la subcuenca)
- Outlet (name of node or another sub catchment that receives runoff)
- Área (zona de la subcuenca)
- Width (ancho de la trayectoria de flujo superpuesta)
- % slope (pendiente media de asfalto)
- % imperv (porcentaje de superficie impermeable)
- N-imperv (dotación n para zona impermeable)



- N-perv ( manning n para el área permeable)
- d store-imperv (profundidad de almacenamiento de la descarga en zona impermeable)
- d store-perv (profundidad de almacenamiento de la descarga en zona permeable)
- % zero-imperv (profundidad de almacenamiento de la descarga en zona impermeable)
- Subarea routing (profundidad de almacenamiento de la descarga en zona impermeable)
- Percent routed (porcentaje de escorrentía entre sub-areas)
- Infiltration (parámetros de infiltracion)
- Groundwater (parámetros de flujo de aguas subterráneas)
- Snow pack (nombre del juego de parámetros de paquete de nieve (solo para análisis de fusión de nieve solamente)
- Lid controls (control de lid)
- Land uses (asignación de usos de la tierra a la subcuenca)
- Initial buildup (acumulación inicial de contaminantes en la subcuenca)
- Curb length (longitud bordada (si es necesario para funciones de construcción de contaminantes)

Property	Value
Name	A_LL233
X-Coordinate	95387.365
Y-Coordinate	105907.237
Description	
Tag	
Rain Gage	1
Outlet	LL233
Area	0.45
Width	53.99
% Slope	0.3
% Imperv	0
N-Imperv	0.016
N-Perv	0.016
Dstore-Imperv	1.25
Dstore-Perv	1.25
%Zero-Imperv	0
Subarea Routing	OUTLET
User-assigned name of subcatchment	

figura 14. Parámetros del área A\_LL23 Fuente Propia. 2019

Property	Value
Width	53.99
% Slope	0.3
% Imperv	0
N-Imperv	0.016
N-Perv	0.016
Dstore-Imperv	1.25
Dstore-Perv	1.25
%Zero-Imperv	0
Subarea Routing	OUTLET
Percent Routed	100
Infiltration	CURVE_NUMBER
Groundwater	NO
Snow Pack	
LID Controls	0
Land Uses	0
Initial Buildup	NONE
Curb Length	0

✕ coordinate of subcatchment centroid on map

figura 15 Parámetros de área A\_LL233 Fuente Propia. 2019

Una vez se asignan los parámetros de área se continúa definiendo los parámetros de la tubería un ejemplo son los expuestos en la figura 16 para el tramo LL144-LL231, aclarando que estos datos son los tomados en la topografía del consorcio Zona 3-733.

Property	Value
Inlet Node	LL144
Outlet Node	LL231
Description	
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	0.7
Length	116.42
Roughness	0.013
Inlet Offset	*
Outlet Offset	*
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	

Click to edit the conduit's cross section geometry

figura 16. Parámetros de tubería tramo LL144-LL231 Fuente Propia. 2019

La duración de tormenta máxima se realizó con los intervalos de tiempo para la curva IDF de 15, 30, 45 y 60 minutos, de estos tiempos el caudal pico más alto es de una hora, es por esto que se analizaran y evaluaran las redes existentes con el intervalo y con tiempo al caudal pico de una hora, esto se evidencia en lo expuesto en la figura 17 asignando el pluviómetro de una hora para un periodo de retorno de 10 años según la tabla 6.

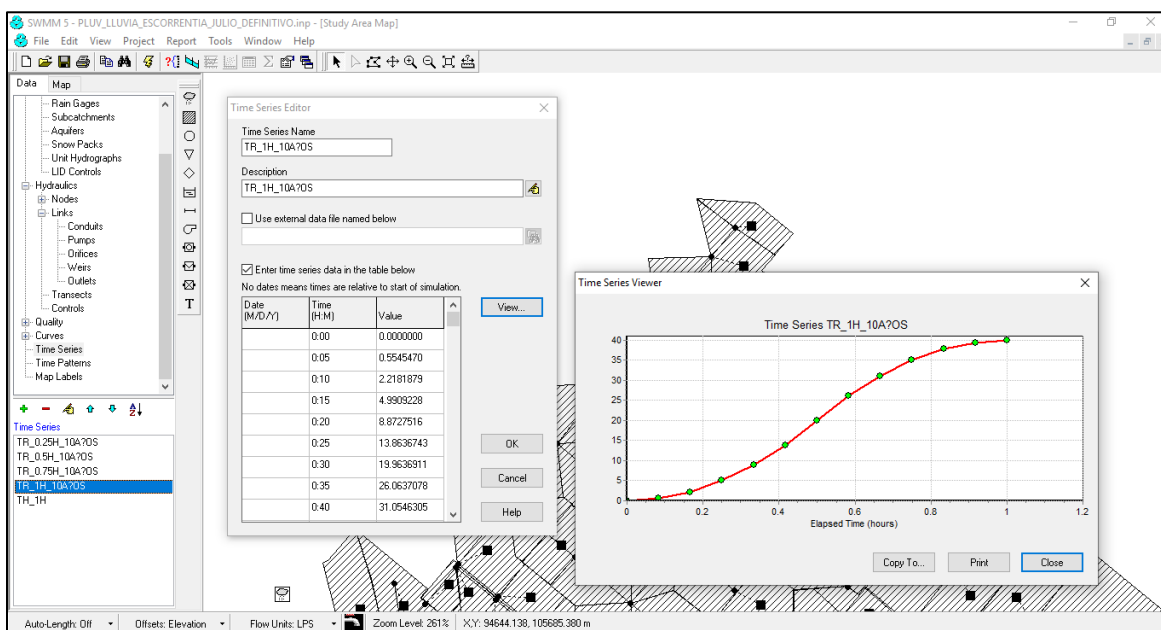


figura 17. Curva IDF con tiempo al caudal pico de 1 hora. Fuente Propia. 2019

Rain Gage 1	
Property	Value
Name	1
X-Coordinate	94740.386
Y-Coordinate	105398.692
Description	
Tag	
Rain Format	CUMULATIVE
Time Interval	0:05
Snow Catch Factor	1
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	TR_1H_10A?DS
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	MM
User-assigned name of rain gage	

figura 18. Pluviómetro asignado en todas las áreas para evaluar todos los colectores Fuente Propia. 2019

Según estos parámetros asignados en las áreas y tramos de tubería existentes se procede a evaluar cada colector corriendo el programa, con esto se describe a continuación cual fue la evaluación hidráulica de estas redes existentes de alcantarillado pluvial.

### 7.2.6 Evaluación Hidráulica de Redes Existentes

La evaluación y análisis hidráulico de las redes existentes se realizó teniendo en cuenta los parámetros del funcionamiento actual en la zona para un TR de 10 años y una lámina de agua de 5 años en el Río Fucha, con una esorrentía máxima de 1 hora y un tiempo al caudal pico de 50 min.

Al correr el modelo se logró evidenciar un déficit en el sistema de alcantarillado pluvial, ya que se presentan inundaciones de  $0.014 \times 10^6$  ltr en el pozo LL231 e inundaciones menores en los pozos LL232-LL233-LL144-LL143-LL142-LL132-LL133-LL135-LL130, adicional a esto los colectores trabajan presurizados, un factor que influye en esta presurización

es la lámina de agua del río Fucha, que es mayor de 0.95 m con respecto al fondo de entrega del colector, esto causa que el agua se devuelva por el colector aumentando la lámina de la misma dentro del colector.

A continuación en la figura 19, figura 20, figura 21, figura 22 se muestran los perfiles y funcionamiento existente del colector evidenciando las presurizaciones en todo el colector y reboses en los pozos mencionados anteriormente.

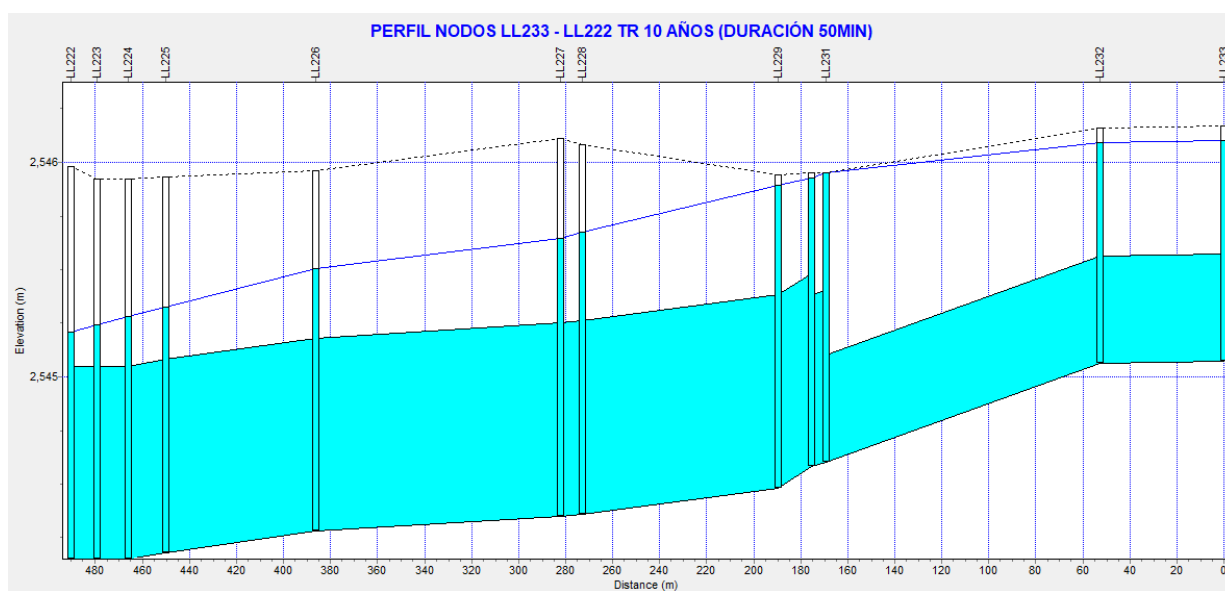


figura 19. Perfil de flujo máximo entre los pozos LL233 y LL222 tramos existentes - Minuto 51, duración 1 hora para Tr 10 años (Carrera 69B). Fuente Propia. 2019

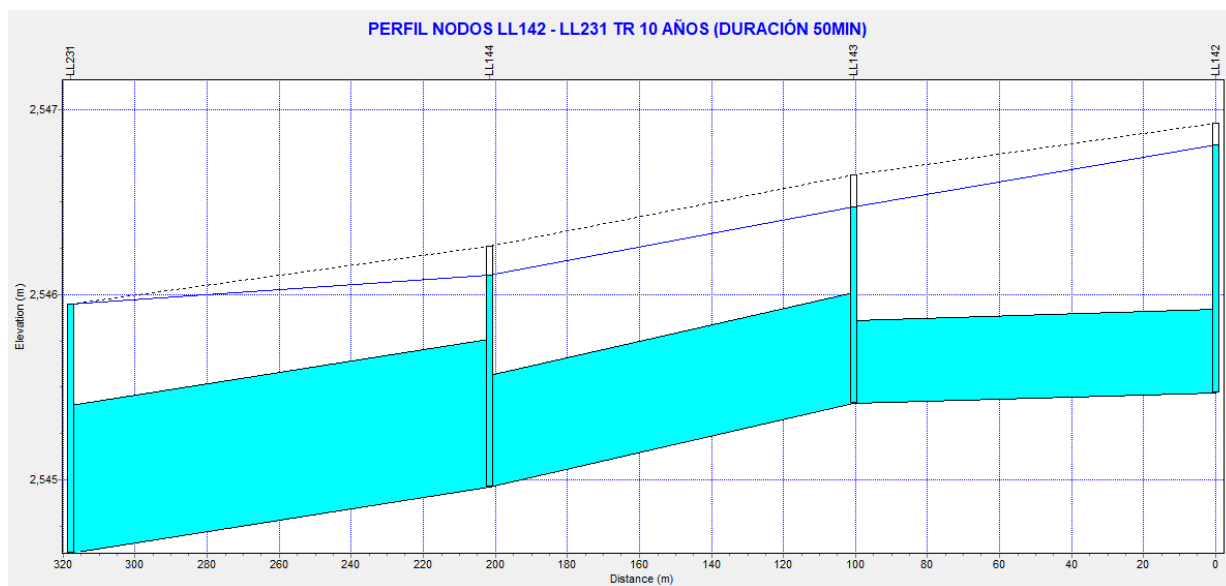


figura 20. Perfil de flujo máximo entre los pozos LL142 y LL231 tramos existentes - Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años (Carrera 19) Fuente Propia. 2019

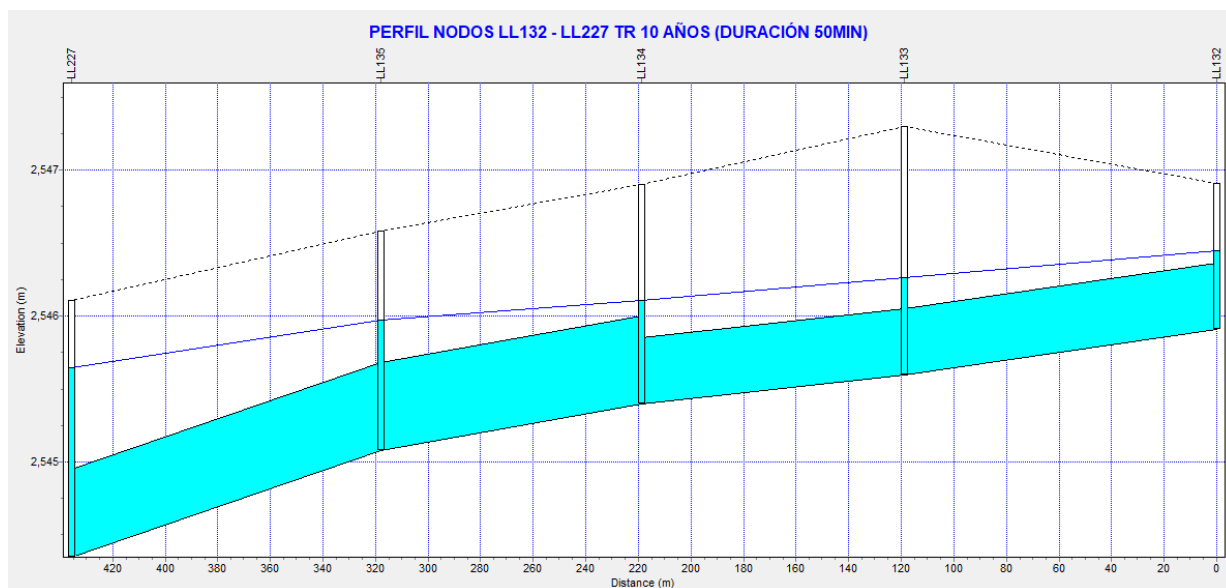


figura 21. Perfil de flujo máximo entre los pozos LL132 y LL227 tramos existentes - Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años (Carrera 18A) Fuente Propia. 2019

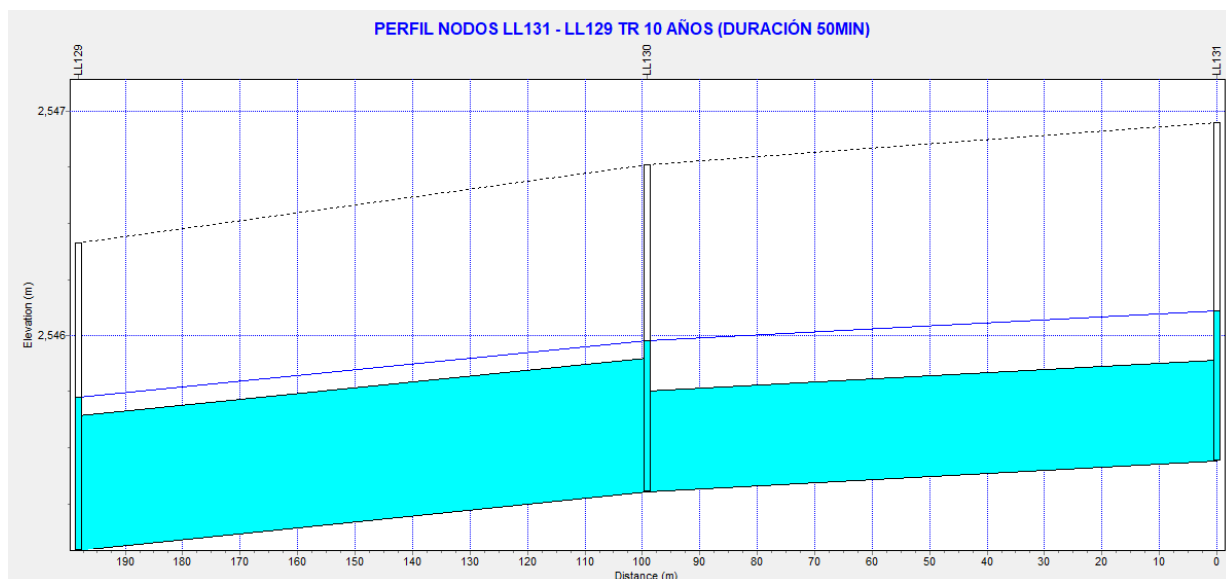


figura 22. Perfil de flujo máximo entre los pozos LL131 y LL129 tramos existentes - Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años (Carrera 18). Fuente Propia. 2019

En la figura 23 se evidencia en color rojo que la mayoría de tramos esta presurizado según la capacidad de cada tubería sobrepasando la capacidad hidráulica de las tuberías existentes.

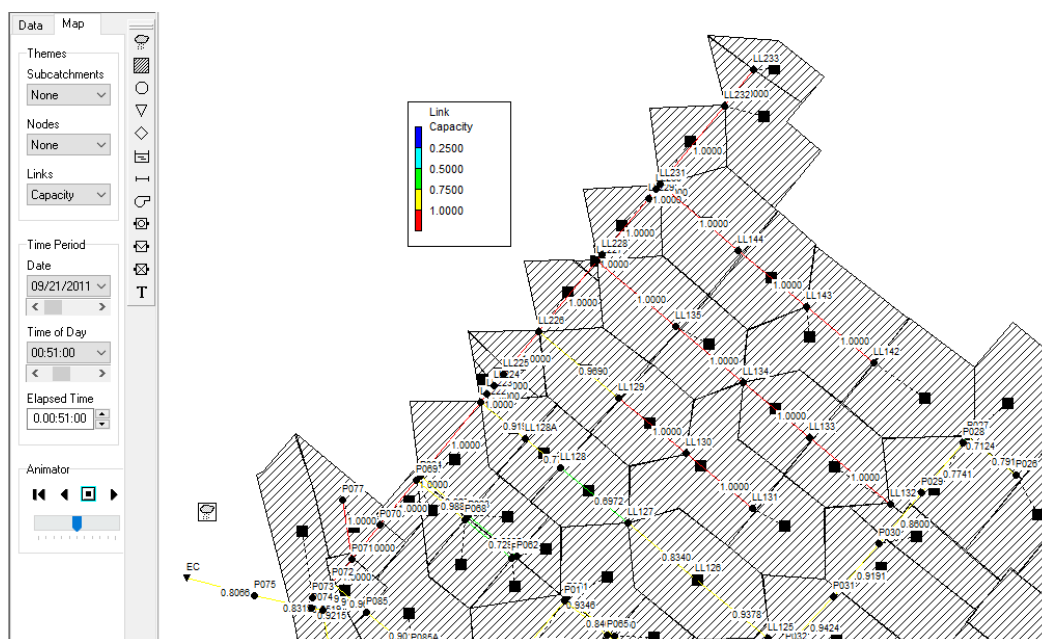


figura 23. Esquema general del Modelo SWMM con relación Y/D redes existentes, duración 1 hora, caudal pico de 51 min y TR 10 años. Fuente Propia. 2019

Por ende, se debe plantear una solución factible que represente los menores costos posibles, menor impacto físico, facilidad constructiva y funcionamiento hidráulico del alcantarillado pluvial de la zona del barrio Montevideo central.

### **7.3 Propuesta de Mejoramiento para las Redes Existentes**

Para esta propuesta se realizan varios modelos matemáticos en el programa EPA SWMM buscando la mejor alternativa de funcionamiento y menor intervención vial posible usando tecnologías Trenchless.

De las cuales la alternativa más viable para dar solución a las presurizaciones y desbordamientos presentados es la siguiente:

Construir un colector por la carrera 69 entre las calles 17A y 19, se plantean cuatro tramos nuevos de concreto reforzado más revestimiento interno con HDPE, para el tramo entre los pozos LL143 al LLN01 se construirán dos tuberías de 24" de diámetro, el siguiente tramo entre los pozos LLN01 al LL134 se construirán dos tuberías de 27" de diámetro y los dos faltantes con diámetro de 36" entre los pozos LL134 al LL127; este colector con el fin de disminuir la presurización que existe en el colector principal de la carrera 69B entre los pozos LL233 y LL222 mejorando sus condiciones hidráulicas, interceptando todas las áreas que llegaban por las calles hasta la carrera 69B, disminuyendo el caudal afluente al colector de la carrera 69B figura 24 y enviándolo a través del colector nuevo a construir por la carrera 69 ver figura 25.

Rehabilitar internamente dos tramos existentes mediante un revestimiento con liner de PVC ubicados en la carrera 69B entre calles 20 y 19, es decir entre los pozos LL233 al LL231, esto con el fin de optimizar hidráulicamente el colector existente modificando el valor del coeficiente de Manning de 0.013 para concreto a 0.010 para PVC, esta modificación permite que



se reduzca la fricción interna entre el flujo y el material lo cual ayuda a despresurizar el sistema y mejora las condiciones hidráulicas del funcionamiento.

Al realizar el revestimiento con liner de PVC se reduce la sección de la tubería, es por esto que se disminuye 2 cm de diámetro interno y se tiene en cuenta en la modelación hidráulica.

Del pozo LL231 al LL222 se presenta una leve presurización como se muestra en la (figura 10) sin riesgo a desbordamientos ya que el sistema está controlado por la lámina de agua en el río Fucha aguas abajo y por esta razón no se recomienda realizar el cambio de la tubería.

Será necesario reemplazar 4 tramos existentes que hacen parte del colector proyectado que pasa por la carrera 69, estos tramos se describen a continuación:

Reemplazar la tubería existente de 18” en concreto para los pozos LL142 y LL143 ubicados en la calle 19 por dos tuberías nuevas de 24” en concreto reforzado con revestimiento en HDPE, esto con el fin de aumentar la capacidad hidráulica y evitar desbordamientos aguas abajo del colector proyectado por la carrera 69.

Por otra parte, la poca profundidad que tiene el tubo a nivel de rasante en el pozo LL143 condicionan a que el material de la tubería sea de concreto reforzado según cálculos de cimentación (ver anexos 3).

Reemplazar las tres tuberías existentes entre los pozos LL127 al LL222 ubicados sobre la Calle 17 dentro de la carrera 69 con carrera 69B, cada tramo por una tubería de 36” de diámetro en concreto reforzado más revestimiento interno con HDPE, estos hacen parte final del colector proyectado en la carrera 69B (Ver figura 11), de igual manera esta tubería se reemplaza para aumentar la capacidad hidráulica y evitar presurizaciones en el sistema.

Construir 3 pozos iniciales (LL143A-LL134A-LL130A) ubicados en las calles 18A,18, 17A por la carrera 69, para interceptar y desviar dichos caudales.

Por lo anterior se presentan los perfiles principales del sistema para un TR de 10 años con una duración de 1 hora evaluando los picos de caudal ocurridos en el minuto 50 de la modelación en la cuenca aferente y lámina de agua de 5 años en el Río Fucha, para las condiciones de diseño planteadas descritas anteriormente:

### 7.3.1 Perfil Principal para los Pozos LL233-LL222 Existentes en la Carrera 69B.

La disminución de caudal se evidencia significativamente al minuto 51 de simulación donde se presenta el caudal pico en el colector existente principal de la carrera 69B, sin embargo se evidencia una presurización, esta se presenta porque está controlada por la lámina de 5 años en el río Fucha mayor de 0.95 m con respecto al fondo, esto con la gráfica expuesta en la figura 24, teniendo en cuenta que esta leve presurización no amerita cambiar todos los colectores, ya que esto representaría un costo adicional en obra y seguiría devolviéndose el agua a causa de la lámina del río Fucha.

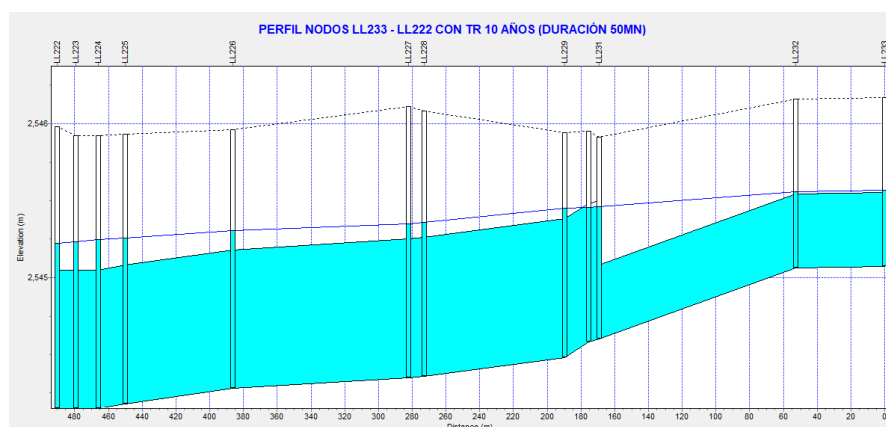


figura 24. Perfil de flujo máximo entre los pozos LL233 y LL222- Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años. (Carrera 69B) (Tramos existentes) Fuente Propia. 2019

### 7.3.2 Perfil Principal para los Pozos LL142 y LL222 Nuevos Calle 19, Carrera 69 y Calle 17 A.

Se evidencia el funcionamiento del colector proyectado al minuto 51 de simulación donde se presenta el caudal pico, ver figura 25, sin mostrar ninguna presurización o desbordamientos.

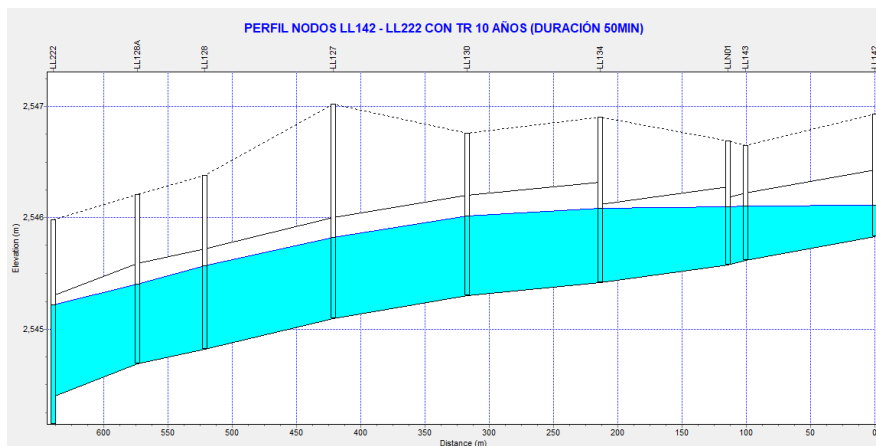


figura 25. Perfil de flujo máximo entre los pozos LL142 y LL222 - Minuto 50, duración 1 hora para Tr 10 años. (Calle 19, Carrera 69, Calle 17A) (tramos nuevos). Fuente Propia. 2019

En la figura 26, se muestra la relación Y/D en el modelo SWMM para las redes existentes y la alternativa propuesta.

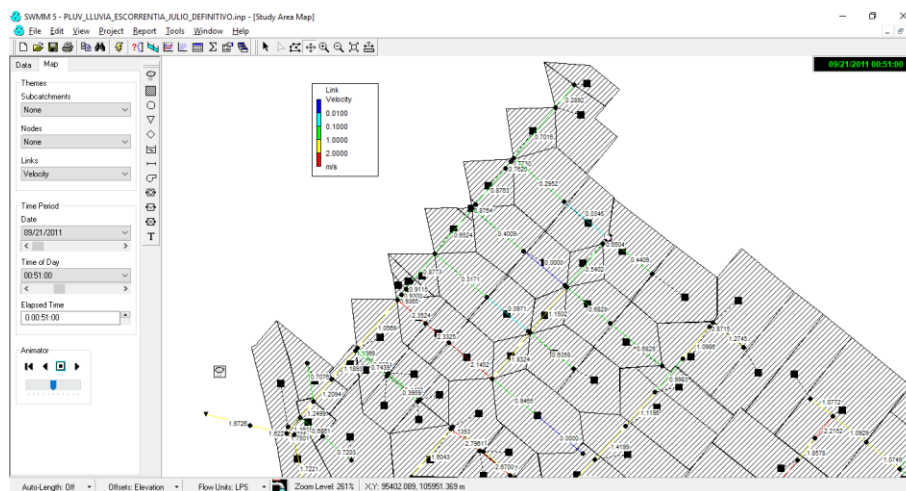


figura 26. Esquema general del modelo SWMM con relación Y/D de redes existentes. Fuente Propia. 2019

Para este colector nuevo fue necesario realizar el cálculo hidráulico, el chequeo del esfuerzo tractivo y cálculo de cimentación, por esto se evidencia a continuación.

#### 7.4 Chequeo del Esfuerzo Tractivo con Pendiente Hidráulica

Se calculo el esfuerzo tractivo se realizó en todas las redes de alcantarillado verificando la velocidad mínima en el sistema, ya que debe permitir unas condiciones de auto limpieza sin almacenar sedimentos (EAB, 2017).

Es por esto que se verificaron las redes existentes ya que, por sus bajas pendientes, diámetros holgados trasportando poco caudal es probable que este parámetro no cumpla, ver anexo 4.

Por esto se realizó el siguiente procedimiento con la ayuda del ingeniero a cargo del proyecto.

Para verificar el parámetro se tuvo en cuenta la norma NS-085 la cual describe que para las velocidades mínimas en alcantarillado pluvial es de 0.45 m/s, a pesar de esto el diseño se realiza de acuerdo a la norma NS-085 de la EAB versión 2.0 aplicable al año 2016, la cual indica que, para sistemas pluviales, la velocidad mínima es aquella que garantice que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 3.0 N/m<sup>2</sup> (0.30 Kg/m<sup>2</sup>) para el caudal de diseño (Villanueva S, 2019).

La fórmula para verificar estas velocidades es la siguiente:

$$\tau = \gamma * R * S \quad (3)$$

Donde,

$\tau$ : Esfuerzo tractivo medio (kg/m<sup>2</sup>).

$\gamma$ : Peso específico del agua residual (kg/m<sup>3</sup>) = 1000 Kg/m<sup>3</sup>.

R: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente del conducto (m/m).

Con la información correspondiente de cada tramo, longitud, average Depth (profundidad de la lámina en cada tramo) tomado del software EPA SWMM, cota batea de salida y entrada, cota de lámina, que es la suma del average Depth de entrada con la cota batea de entrada y de igual forma para la de salida, para cada tramo se calcula la pendiente hidráulica con la siguiente ecuación.

$$P_h = \frac{l - Cota_{entrada}}{Cota_{salida}} \quad (4)$$

Donde:

$P_h$  = Pendiente hidráulica

$l$  = Longitud del tramo

Se toma la pendiente hidráulica más favorable para proceder a calcular el radio hidráulico y posteriormente el esfuerzo tractivo como se muestra a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7. Relación de tramos con radios hidráulicos y esfuerzos tractivos.  
Fuente Propia. 2019

TRAMOS EXISTENTES				
TRAMO		PENDIENTE SELECCIONADA S (M/M)	RADIO HIDRAULICO (M)	ESFUERZO TRACTIVO (KG/M <sup>2</sup> )
DE	A			
LL233	LL232	0.019	0.1485	0.0282
LL232	LL231	0.39	0.1272	0.4959
LL231	LL230	0.32	0.2336	0.7474
LL230	LL229	0.71	0.2023	1.4365
LL229	LL228	0.14	0.2719	0.3806
LL228	LL227	0.1	0.2719	0.2719

LL227	LL226	0.06	0.3248	0.1949
LL226	LL225	0.15	0.3075	0.4613
LL225	LL224	0.06	0.3687	0.2212
LL224	LL223	0.07	0.3619	0.2533
LL223	LL222	0.08	0.3546	0.2836
LL143A	LL144	0.00455	0.1471	0.6692
LL144	LL231	0.00309	0.1933	0.5972
LL231	LL230	0.00325	0.2544	0.8267
LL130A	LL129	0.253	0.0442	0.1119
LL129	LL226	0.639	0.1058	0.6758
LL226	LL225	0.156	0.3051	0.4760
LL125	LL126	0.00112	0.1115	0.1249
LL126	LL127	0.0026	0.1239	0.3221
LL127	LL128	0.0028	0.2737	0.7664
LL128	LL128A	0.00319	0.2740	0.8740
LL128A	LL222	0.00825	0.2350	1.9384
LL134A	LL135	0.32	0.0413	0.1323
LL135	LL227	0.62	0.1086	0.6736
LL227	LL226	0.07	0.3541	0.2479
LL132	LL133	0.003	0.1125	0.3375
LL133	LL134	0.002	0.1125	0.2250
LL134	LL130	0.0011	0.2732	0.3005
LL131	LL130	0.00141	0.1115	0.1572
LL130	LL127	0.00192	0.2739	0.5258
<b>TRAMOS PROYECTADOS</b>				
<b>TRAMO</b>		<b>PENDIENTE SELECCIONADA S (M/M)</b>	<b>RADIO HIDRAULICO (M)</b>	<b>ESFUERZO TRACTIVO (KG/M2)</b>
<b>DE</b>	<b>A</b>			
LL142	LL143	0.00209	0.1790	0.3750
LL143	LLN01	0.00291	0.1760	0.5130
LLN01	LL134	0.00161	0.2060	0.3320
LL134	LL130	0.00115	0.2740	0.3160
LL130	LL127	0.00192	0.2740	0.5260
LL127	LL128	0.00280	0.2740	0.7670
LL128	LL128A	0.00247	0.2740	0.6770
LL228A	LL222	0.00825	0.2390	1.9720

Como se puede observar en la tabla 7 el valor del esfuerzo tractivo calculado para los tramos LL233 a LL232, LL125 a LL126, LL134A a LL135 y LL130A a LL129 son menores a los requeridos por la norma, sin embargo, se debe tener en cuenta que los tramos anteriores son tramos iniciales razón por la cual es difícil que cumplan con el requisito de la norma.

Para los tramos entre los pozos LL142 al LL222 cumple con la totalidad de los parámetros de esfuerzo tractivo para tuberías de aguas lluvias será mayor o igual a 3.0 N/m<sup>2</sup>

(0.30 Kg/m<sup>2</sup>) para el caudal de diseño cumple sin ningún inconveniente, por lo cual se puede garantizar que el colector proyectado en estos tramos cumple con la velocidad necesaria para arrastrar sólidos y funcionar como un sistema autolimpiante.

## 7.5 Cálculo de Cimentación

Se realizó el cálculo de cimentación por medio del software QPRO creado por el ingeniero Santiago Villanueva Valencia, para verificar las cargas que afectan a la tubería que se proyectaron en la propuesta final.

Teniendo en cuenta el cálculo para tuberías rígidas determinando la carga muerta que es producida por el relleno de la zanja sobre la tubería, la carga viva tomando como base el camión C4095 el cual aplica una carga de 8163 kg por llanta y la carga admisible.

A continuación, se muestra en la figura 23 la hoja de QPRO para el cálculo de cimentación y de acuerdo con los datos obtenidos se genera el plano de distribución como se observa en la figura 24.

12	O L E C T O R		C A R A C T E R I S T I C A S D E L A T U B E R I A					C A R A C T E	
13	T R A M O		DIAMETR ESCOGID	ESPESOR DEL TUBO	DIAMETR EXTERIOR	RECUBRI A CLAVE	ALTURA RELLENO	ANCHO DE ZANJA	TIPO RELLENO (GRA/ARE) (LST)(ARD/ARW)
14	DE	A	DIA M	e MM	De M	h crit. M	H crit. M	Bd M	
15									
16									
17									
18									
19									
20	LL142	LL143	0.600	72	0.744	0.43	0.36	1.35	ARE
21	LL143	LLN01	0.600	72	0.744	0.43	0.36	1.35	ARE
22	LLN01	LL134	0.700	83	0.866	0.41	0.33	1.45	ARE
23	LL134	LL130	0.900	100	1.100	0.56	0.46	1.70	ARE
24	LL130	LL127	0.900	100	1.100	0.56	0.46	1.70	ARE
25	LL127	LL128	0.900	100	1.100	0.66	0.56	1.70	ARE
26	LL128	LL128A	0.900	100	1.100	0.62	0.52	1.70	ARE
27	LL128A	LL222	0.900	100	1.100	0.62	0.52	1.70	ARE
28									

figura 27.Hoja de QPRO cálculo de cimentaciones Fuente Propia. 2019

En este cálculo se verifico que las cargas vehiculares no afectaran la tubería provocando deflexiones o el rompimiento de la misma.

En base a este cálculo se definió que el colector nuevo que se planteó en la alternativa propuesta por la carrera 69 tiene que ser de concreto reforzado ya que el recubrimiento del terreno es menor a un metro, según este cálculo también se tomó la decisión de dejar una pacha (dos tubos paralelos) entre los pozos LLN01 al LL134 de 27” de diámetro y los dos faltantes con diámetro de 36” entre los pozos LL134 al LL127.

## **7.6 Tecnología Trenchless propuesta**

Teniendo en cuenta que la vía donde se proponen las modificaciones está en buen estado se procede implementar las tecnologías trenchless quedando sujetas al área de geotecnia ya que dependiendo del tipo de suelo se escoge la tecnología trenchless más apropiada pues esta depende si el suelo es cohesivo o no teniendo en cuenta sus propiedades geotécnicas en general realizando los debidos apiques en el terreno donde se planteó el colector nuevo por la carrera 69.

En cuanto a la rehabilitación de las tuberías existentes mediante un revestimiento con liner de PVC ubicados en la carrera 69B entre calles 20 y 19, es decir entre los pozos LL233 al LL231, se plantea con estas tecnologías sin afectar la superficie, permitiendo el paso vehicular normal, sin afectar el comercio en las zonas industriales.

## **7.7 Revisión de Diseños para el Alcantarillado Sanitario**

### **7.7.1 Zona de Estudio para la Revisión de Redes Existentes Sanitaria**

La zona de estudio está comprendida entre la calle 19 y El Canal San Francisco; entre la carrera avenida 68 y la avenida Boyacá, de acuerdo al esquema de la figura 28. Comprendiendo



los barrios Montevideo, Granjas de Techo y franco en su cuenca aferente al Canal San Francisco con coordenadas medias de N-105800, E-95600, ubicándose al occidente de la ciudad de Bogotá.

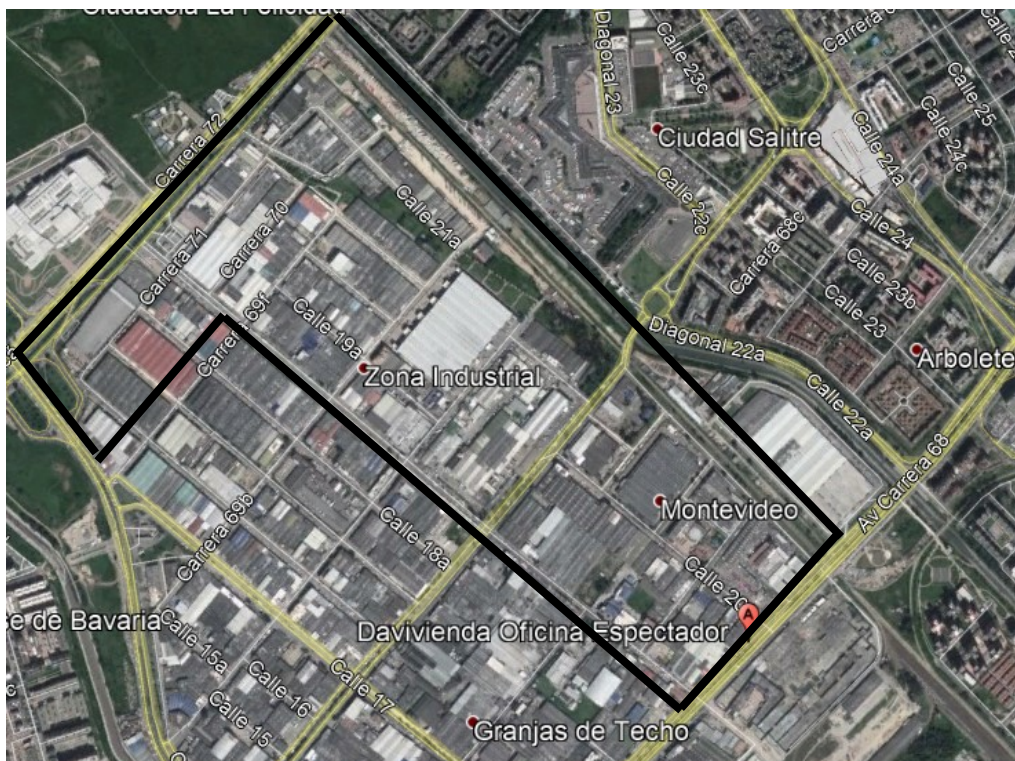


figura 28. Localización del barrio Montevideo, Franco, granjas de techo. Adaptado de Google earth Pro. 2019

### 7.7.2 Información base de Topología

La información del diseño pluvial y sanitario fue tomada del proyecto unión temporal ALIANZA 707 y se complementó con información de topología del terreno extractando las cotas rasantes, cotas de fondo, longitudes, material de la tubería, pendiente, deflexiones, diámetros nominales e interferencias con redes existentes como las de acueducto, pluviales y sanitarias, calculando el punto de interferencia para saber su cota lomo y cota batea con su longitud, de cada tramo existente en la zona del barrio Montevideo central.

## **7.8 Evaluación Sanitaria de Redes Existentes**

Como se habló anteriormente estas redes tienen que ser revisadas para saber si están en la capacidad de funcionar de manera efectiva sin ningún problema y garantizarle a la comunidad un buen manejo de aguas negras en el sector.

Por esto como se describió anteriormente la información necesaria fue tomada de la topografía del consorcio Zona 3-733, a partir de esta información del terreno se realizan las verificaciones en el programa de QPRO, ingresando los datos de rasantes iniciales y finales, áreas propias y acumuladas, cotas bateas, cotas claves, pendientes, diámetros de tuberías, material e interferencias.

Posterior a esto se verifican los parámetros necesarios para que una red sanitaria cumpla según los criterios establecidos en la norma NS-029 del acueducto de alcantarillado de Bogotá los cuales son:



### 7.8.1 Herramientas utilizadas

Las herramientas que se utilizaron fueron dos hojas de cálculo denominadas PLUVGENE y SANIGENE. Para poder utilizarlas se requiere de un computador tipo 486 o superior y además se requiere tener instalada la versión 5.0 de la hoja electrónica QPRO bajo DOS.

Según (Villanueva,1999) La hoja de PLUVGENE (DTHD) consiste en un dibujo en planta con el trazado de los colectores que conforman la red de alcantarillado a diseñar, la identificación que se le va a dar a todos los pozos, los puntos de entregas con las cotas definidas, los tramos con su longitud medida, las áreas de drenajes medidas y asignadas a cada tramo, las cotas de rasantes de todos los pozos bien definidas y los datos técnicos básicos predeterminados (tiempo de concentración inicial, parámetros para intensidad de frecuencia-duración correspondientes al nodo de diseño, zona pluviográfica a la cual pertenece la red a diseñar).

SITUACION COLECTOR				DATOS GEOMETRIC			
CALLE	TRAMO		AREAS DRENADAS		Q. CALC. X	Q. CALC. X	
	DE	A	ACUMUL.	INCREM.	DENSIDAD Acumul.	DENSIDAD Propio	
NUMERO DE TUBERIAS			A.acum.	A.prop.	Q.d. acum	Q.d. prop	
			Hectareas	Hectareas	lt/sg	lt/sg	
1	N034	N035	0,000	1,220	0,00	0,68	
1	N035	N036	0,000	1,730	0,00	0,97	
1	N036	N037	0,000	0,450	0,00	0,25	
1	N037	N038	0,000	0,330	0,00	0,18	
1	N038	N039	0,420	0,000	0,24	0,00	
1	N039	P01	0,420	0,000	0,24	0,00	
1	P01	P02	1,984,730	0,000	1,111,45	0,00	

figura 31. Hoja de cálculo Qpro fuente I.H.T S.A.S

Es importante anotar que cada hoja es capaz de manejar solamente una ruta de cálculo a la vez, de tal manera que para diseñar otra ruta de la misma red hay que generar otro archivo de trabajo utilizando la misma hoja base de PLUVGENE.

En esta hoja se verifican:

- Las velocidades y caudal a tubo lleno
- Las relaciones hidráulicas en la tubería
- El cálculo de relación de caudales para el diámetro escogido
- Características hidráulicas del flujo real
- Caídas hidráulicas y pérdidas de energía
- Chequeo de esfuerzo tractivo con pendiente hidráulica
- Normatividad vigente EAB norma NS-029 y discusión de la misma.

## **8 Resultados**

Se entregaron dos informes uno para la revisión de alcantarillado pluvial y el otro para la revisión de alcantarillado sanitario donde se describe todo el procedimiento, los parámetros que se utilizaron para cada revisión, la descripción del proyecto, sus antecedentes, los cálculos hidráulicos, resultados de simulación de cada revisión.

Se dio cumplimiento al cronograma inicial estipulado en la empresa para la pasantía.

Resumiendo, los resultados y propuesta que se planteó para el alcantarillado pluvial se propuso lo siguiente:

1. Construir un colector nuevo sobre la carrera 69 entre las calles 17A y 19, este se compone de cuatro tramos en concreto reforzado más revestimiento interno con HDPE, para el tramo entre los pozos LL143 al LLN01 se construirán dos tuberías de 24” de diámetro, el siguiente tramo entre los pozos LLN01 al LL134 se construirán dos tuberías de 27” de diámetro y los dos faltantes con diámetro de 36” entre los pozos LL134 al LL127.
2. Rehabilitar internamente dos tramos existentes mediante un revestimiento con liner de PVC ubicados en la carrera 69B entre calles 20 y 19, es decir entre los pozos LL233 al LL231.
3. Será necesario reemplazar 4 tramos existentes que hacen parte del colector proyectado que pasa por la carrera 69, estos tramos se describen a continuación:
  - Reemplazar la tubería existente de 18” en concreto para los pozos LL142 y LL143 ubicados en la calle 19 por dos tuberías nuevas de 24” en concreto reforzado con revestimiento en HDPE.
  - Reemplazar las tres tuberías existentes entre los pozos LL127 al LL222 ubicados sobre la Calle 17 dentro de la carrera 69 con carrera 69B, cada tramo por una tubería de 36” de diámetro en concreto reforzado más revestimiento interno con HDPE, estos hacen parte final del colector proyectado en la carrera 69B
4. Construir 3 pozos iniciales (*LL143A-LL134A-LL130A*) ubicados en las calles 18A,18, 17A por la carrera 69, para interceptar y desviar dichos caudales.

Los resultados para el alcantarillado sanitario son los siguientes:

De acuerdo a la revisión se concluye que:

1. Es necesario realizar la topografía para los pozos que no fueron levantados topográficamente ya que generan inconsistencias al tomar estos datos del sistema de información geográfica de la EAB.
2. En algunos tramos de alcantarillado no cumplen las caídas hidráulicas ya que estas se requieren y en el diseño no se construyeron.

El esfuerzo tractivo para algunos pozos no cumple, estos porque se tomaron las cotas interpoladas del sistema de información geográfica de la EAB, por ende, se debe tener en cuenta la observación número 1.

## 9 Conclusiones

- ✓ Las revisiones y entregas se realizaron dentro del tiempo pactado por el cliente dando cumplimiento efectivo con plazos de entrega.
- ✓ Se apoyó el área de diseño hidráulico con las revisiones del alcantarillado pluvial y sanitario en el sector industrial de Montevideo central, franco y granjas de techo en la empresa I.H.T S.A.S
- ✓ Puse en práctica mis conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería civil con temas relacionados de hidrología, hidráulica, suelos y tecnología Trenchless.
- ✓ Aprender sobre el proceso de revisión para la rehabilitación de alcantarillado sanitario y pluvial ya sea por método con zanja o sin zanja (tecnologías Trenchless).
- ✓ Afianzar y desenvolverme en el software EPA SWMM para cálculos hidráulicos.
- ✓ Aprender de varios factores que solo se pueden adquirir en la práctica al calcular redes de alcantarillados.
- ✓ Conocer un poco más sobre las tecnologías Trenchless e implementaciones en el país.

## 10 Referencias

- Acodal. (2019). Congreso internacional de acodal: agua, saneamiento, ambiente y energías renovables. *Acodal*, 146. Recuperado el 31 de 09 de 2019
- EAB. (06 de 12 de 2017). *Norma tecnica de servicio EAB*. Obtenido de Norma tecnica de servicio EAB:  
[https://www.acueducto.com.co/webdomino/sistec/consultas.nsf/9f360681749225e805256a22006a465e/05256d89005e772c85256a11006c9078?OpenDocument&ExpandSection=1.4&Highlight=0,085#\\_Section1.4](https://www.acueducto.com.co/webdomino/sistec/consultas.nsf/9f360681749225e805256a22006a465e/05256d89005e772c85256a11006c9078?OpenDocument&ExpandSection=1.4&Highlight=0,085#_Section1.4)
- Eduardo hernandez, L. L. (2009). *Nuevos procedimientos en la recuperación de redes de alcantarillados*. Recuperado el 22 de 09 de 2019, de Universidad de la salle:  
<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15220/T40.09%20H43n.pdf?sequence=2&isAllowed=y%20pag%2026>
- Gutierrez, S. C. (2005). *SWMM modelo de gestión de aguas pluviales- Manual del usuario 5.0 VE*. GMMF.
- Manuel Ellouze, H. A. (2009). A triangular model for the generation of synthetic. *Hydrological Sciences Journal*, 54:2, 287-299.
- Mañogil, M. (2018). *Proyecto reducido de rehabilitación del colector de la avenida portus ilicitanus entre las calles Elche y San Jose mediante manga reversible*. Santa Pola, Alicante: Ayuntamiento Santa Pola.
- Monsalve, G. (1995). *Hidrologia en la ingeniería*. Bogota : Grupo editorial 87.
- Moral, J. (2015). *Sistemas de rehabilitación de tubería sin zanja. La experiencia de EMACSA en su utilización*. Córdoba: Empresa municipal de aguas de Córdoba.
- Najafi, M. (2010). *Trenchless technology piping*. Las compañías McGraw-Hill, Inc. Recuperado el 02 de 09 de 2019, de <https://ezproxy.uan.edu.co:2362/content/book/9780071489287>
- Nandhakumar, S. . (2019). Scopus-Estimation of rainfall runoff using SCS-CN and GIS approach in puzhal watershed. *Revista Internacional de Ingeniería Civil y Tecnología*, Volume 10, Issue 1, January 2019, Pages 1978-1998.
- Pizarro, R. (2019). *EIAS Evaluacion del impacto ambiental*. Recuperado el 23 de 09 de 2019, de EIAS Evaluacion del impacto ambiental:  
[http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b\\_modulo\\_IDF.pdf](http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/manuales/b_modulo_IDF.pdf)
- Salazar, H. (2011). *Caliescribe*. Obtenido de <https://caliescribe.com/es/servicios-y-medioambiente/2011/12/17/1789-drenaje-ciudad-y-esorrentia-natural-y-artificial>
- Sanpagas. (2019). *Rehabilitacion de tuberias sin zanja en móstoles*. Obtenido de <https://sanpagas.com/rehabilitacion-de-tuberias-sin-zanja-en-mostoles-mangas/>



- Sistec, A. (06 de 12 de 2017). *EAAB-Norma Técnica*. Obtenido de EAAB-Norma Técnica:  
<https://www.acueducto.com.co/webdomino/sistec/consultas.nsf/9f360681749225e805256a22006a465e/05256d89005e772c85256a11006c9078?OpenDocument&Highlight=0,NS-085>
- Stein. (2004). *Stein & partner Germany* . Obtenido de Unitracc.com:  
<https://www.unitracc.com/know-how/fachbuecher/rehabilitation-and-maintenance-of-drains-and-sewers/rehabilitation/replacement-en/replacement-by-the-trenchless-method-en/unmanned-techniques-en/pipe-eating-en>
- Stein, R. (2017). *Stein Partner GmbH*. Nuremberg: GmbH.
- Villanueva, I. S. (2010). *Antecedentes informe de diseño de alcantarillado pluvial*. Bogota.
- Villanueva, S. (2013). *Plan de saneamiento manejo de vertimientos y conexiones erradas en la zona 3 fase 2*. Bogota.
- Villanueva, S. (2019). *Informe de diseño de alcantarillado pluvial*. Bogotá D.C.
- Villasaez, J. (2017). Rompe AyD pavimento nuevo. *elnorte*.
- Voda, M. ., (2019). Scopus -Romanian River Basins Lag Time Analysis. The SCS-CN Versus RNS Comparative Approach Developed for Small Watersheds. *Water Resources Management*, Volume 33, Issue 1, 1 January 2019, Pages 245-259.
- YANTANI, A. F. (2008). *Universidad Austral de Chile*. Recuperado el 1 de 10 de 2019, de Universidad Austral de Chile:  
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfci363e/doc/bmfci363e.pdf>
- zanja, A. i. (2018). *Libro blanco de las tecnologías sin zanja* . España: IBSTT,Asociación ibérica de tecnologías sin zanja .