

CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE LA AVENIDA  
LIBERTADORES ENTRE LA CALLE 8 NORTE Y LA AVENIDA 2 DE LA CIUDAD  
DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER, PARA LA SIMULACIÓN DE LA LLUVIA  
EN EL SWMM



**ALVARO SNEYDER RUIZ RIVERA**

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

PAMPLONA, COLOMBIA

2021

CONSTRUCCIÓN DEL MODELO CONCEPTUAL DE LA AVENIDA  
LIBERTADORES ENTRE LA CALLE 8 NORTE Y LA AVENIDA 2 DE LA CIUDAD  
DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER, PARA LA SIMULACIÓN DE LA LLUVIA  
EN EL SWMM

Presentado Por:

**Alvaro Sneyder Ruiz Rivera**

**Cod. 1092385980**

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero civil

Director de Tesis

Ing. Diego Ivan Sánchez Tapiero

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Pamplona, Colombia

2021

## DEDICATORIA

*Principalmente a Dios, por inspirarme y darme la fuerza para continuar el proceso de lograr una de las cosas más deseables.*

*A mi madre, Josefina Rivera por su amor, trabajo, sacrificio a lo largo de los años y apoyo incondicional, gracias por llevarme allí y convertirme en lo que soy. Es un orgullo y privilegio ser su hijo.*

*A mi padre, Alvaro Ruiz Paredes por su entrega, sacrificio y consejos en los momentos más difíciles, porque me enseñó que luchando se consiguen las cosas.*

*A mi padrino, Freddy Vásquez quien me apoyo en todo momento, deseando lo mejor de mí, por sus consejos y porque me brindo las puertas de su casa para que pudiera seguir por la lucha de mi sueño.*

*A mi hermano por estar siempre ahí para mí y por el apoyo emocional que me ha brindado durante este período de mi vida.*

*A todas los demás familiares y personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito especialmente aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por darme una experiencia de vida tan satisfactoria y un logro tan maravilloso.

Gracias a la Universidad de Pamplona por permitirme convertirme en un profesional en el campo que me fascina.

Al Ing. Diego Ivan Sánchez Tapiero, mi director de proyecto, por el conocimiento y la colaboración brindada en la elaboración de este documento de principio a fin.

## RESUMEN

El objetivo de la investigación tuvo como finalidad la construcción del modelo conceptual desde la avenida Guaimaral hasta la avenida libertadores entre la calle 8 Norte y la Avenida 3 de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander. Inicialmente se realizó un reconocimiento espacial de la cuenca seleccionada como caso de estudio mediante la ayuda de un sistema de información geográfica (SIG) y un modelo digital de elevación (DEM) descargado de una fuente gratuita, se obtuvo con un Ráster de pendiente la delimitación de la cuenca, conociendo los posibles aportes aguas arriba de la zona. Seguidamente, se realizaron visitas de campo para verificar las áreas tributarias a la cuenca, se revisó in situ la red de drenaje existente y las calles o carreras que sirven como medio de transporte de la escorrentía superficial para producir las inundaciones pluviales, además, se identificó el uso del suelo y puntos importantes donde se presenten cambios de zonas permeables e impermeables. De igual forma, se recogió la información catastral y cartográfica de la zona de estudio, solicitado a las entidades públicas y entes gubernamentales encargadas de los sistemas de evacuación de aguas lluvias. Finalmente, con una clasificación supervisada y no supervisada se discretizó las zonas permeables e impermeables con el fin de conocer el porcentaje de estas áreas y una vez se conocían las áreas de la subcuenca se cargó los datos requeridos para determinar los parámetros geomorfológicos, para así obtener el modelo conceptual.

**ABSTRACT**

The objective of the research was to build the conceptual model from Avenida Guaimaral to Avenida Libertadores between Calle 8 Norte and Avenida 3 in the city of Cúcuta, Norte de Santander. Initially, a spatial recognition of the basin selected as a case study was carried out through the help of a geographic information system (GIS) and a digital elevation model (DEM) downloaded from a free source, the delimitation was obtained with a slope raster of the basin, knowing the possible contributions upstream of the area. Subsequently, field visits were made to verify the tributary areas to the basin, the existing drainage network and the streets or paths that serve as a means of transporting surface runoff to produce rainwater were also identified in situ. land use and important points where changes in permeable and impermeable zones occur. Similarly, the cadastral and cartographic information of the study area was collected, requested from public entities and government entities in charge of the rainwater evacuation systems. Finally, with a supervised and unsupervised classification, the permeable and impervious zones were discretized in order to know the percentage of these areas and once the areas of the sub-basin were known, the data required to determine the geomorphological parameters was loaded, in order to obtain the conceptual model.

## Tabla Contenido

Introducción .....	12
1 Aspectos Preliminares.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.1.1 Descripción del Problema .....	13
1.1.2 Formulación del Problema.....	15
1.2 Justificación .....	15
1.3 Objetivos .....	16
1.3.1 Objetivo General .....	16
1.3.2 Objetivos específicos .....	16
2 Descripción de la zona de estudio.....	17
2.1 Ubicación Geográfica .....	17
2.2 Aspecto Biofísico.....	18
2.2.1 Clima.....	18
2.2.2 Precipitaciones .....	18
2.2.3 Geología.....	21
2.3 Impactos de las Inundaciones en los barrios aledaños .....	22
3 Antecedentes .....	24
4 Marco Referencial.....	28
4.1 Marco teórico .....	28

4.1.1 SIG (Sistema de información geográfico) .....	30
4.1.2 ARCGIS.....	31
4.1.3 GeoSWMM.....	32
4.1.4 SWMM (Storm Water Management Model).....	32
4.2 Marco legal .....	33
4.3 Marco contextual .....	34
5 Metodología.....	36
5.1 Recopilación de la información existente.....	36
5.2 Análisis de la información existente.....	36
5.3 Salidas de reconocimiento y recolección de información a la zona afectada.....	36
5.4 Análisis de la información recolectada y montaje en sistema de información geográfico .....	36
5.5 Levantamiento topográfico mediante un dron y análisis mediante la ayuda computacional.....	37
5.6 Delimitación de la cuenca mediante de un DEM y con la ayuda de un sistema de información geográfico.....	37
5.7 Trazado de Subcuencas y marcación de áreas de entrada y descarga de agua lluvia en la zona .....	38
5.8 Obtención de la construcción modelo conceptual de la subcuenca.....	38
6 Resultados y Análisis.....	39
6.1 Recopilación de la información existente.....	39

6.2 Salidas de reconocimiento y recolección de información a la zona afectada. ....	43
6.3 Levantamiento topográfico de la zona de estudio para luego ser procesado con la ayuda de un computador. ....	49
6.4 Identificar el uso de los suelos y puntos importantes de la zona de estudio para marca los puntos o áreas de entrada y descarga de agua de lluvia en la cuenca. ....	51
6.5 Procesamiento de la información recolectada mediante software especializados	7 53
7 Conclusiones .....	63
8 Recomendaciones .....	65
Referencias.....	66

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> Localización de las comunas del municipio de Cucuta.....	17
<b>Figura 2.</b> Temperatura del municipio de Cúcuta .....	18
<b>Figura 3.</b> Precipitaciones del municipio de Cúcuta .....	19
<b>Figura 4.</b> Distribución horaria de las precipitaciones en el Aeropuerto Camilo Daza de Cúcuta .....	20
<b>Figura 5</b> Ubicación del área de estudio y mapa geológico. ....	22
<b>Figura 6.</b> Inundaciones de los barrios de Cúcuta. ....	23
<b>Figura 7.</b> Colapso del Canal Bogotá. ....	23
<b>Figura 8.</b> Carta dirigida a la EIS Cúcuta.....	39
<b>Figura 9.</b> Respuesta de la EIS Cúcuta.....	40
<b>Figura 10.</b> Carta dirigida a la secretaria de infraestructura municipal de Cúcuta.....	41
<b>Figura 11.</b> Respuesta de la Secretaria Municipal de Cúcuta.....	42
<b>Figura 12.</b> Primer sector barrio Prados del Norte y Tasajeros.....	43
<b>Figura 13.</b> Ubicación de los sumideros de la avenida 2.....	44
<b>Figura 14.</b> Sumideros de Prados del Norte .....	45
<b>Figura 15.</b> Ubicación de Sumideros Barrio Tasajeros .....	45
<b>Figura 16.</b> Sumideros del barrio Tasajeros .....	46
<b>Figura 17.</b> Sector 2 barrio Zulima y Av. Guaimaral.....	47
<b>Figura 18.</b> Inundaciones del Barrio Zulima .....	47
<b>Figura 19.</b> Sumideros del Barrio Zulima .....	48
<b>Figura 20.</b> Tercer sector avenida Libertadores y urbanización Niza .....	49

<b>Figura 21.</b> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2011 .....	50
<b>Figura 22.</b> Imagen satelital de la zona de estudio del año 2021. ....	50
<b>Figura 23.</b> Zonas impermeables de la Cuenca .....	51
<b>Figura 24.</b> Clasificación supervisada.....	52
<b>Figura 25.</b> Clasificación no supervisada.....	53
<b>Figura 26.</b> Modelo Digital de Elevación Preliminar.....	53
<b>Figura 27.</b> Direcciones del flujo en la cuenca.....	54
<b>Figura 28.</b> Canal de Aguas Lluvias.....	55
<b>Figura 29.</b> División de la subcuenca.....	56
<b>Figura 30.</b> Subcuenca dividida en manzanas .....	57
<b>Figura 31.</b> Tabla de atributos de la Subcuenca .....	57
<b>Figura 32.</b> Datos de las coordenadas (x,y) y área de los polígonos.....	58
<b>Figura 33.</b> Pendientes para los diferentes tipos de Cubiertas .....	59
<b>Figura 34.</b> Porcentajes de las zonas impermeables.....	59
<b>Figura 35.</b> Tabla de los Coeficientes de Impermeabilidad y permeabilidad de Manning	60
<b>Figura 36.</b> Tabla de Dstore imperv y Dstore perv. ....	61
<b>Figura 37.</b> Parámetros de la Subcuenca en estudio.....	62

## Introducción

Con el pasar de los tiempos las inundaciones han sido una problemática consistente de la sociedad, lo que lo establece como una prioridad no solo técnica, sino política y social, los cuales deben actuar de manera conjunta para realizar cambios contundentes, teniendo en cuenta que el desarrollo urbano se ha acelerado debido al incremento poblacional, lo que ha generado un impacto en el ecosistema terrestre y acuático y hasta en la misma población.

Las inundaciones son generadas debido al cambio climático, lo que representa un desafío para nuestros municipios debido a la necesidad de desarrollo y la necesidad de conservación, la acelerada urbanización genera un mayor volumen de esorrentía, debido a que las superficies de zonas permeables se reducen, además de ello se debe tener en cuenta la contaminación causada por el hombre, que generan que los sistemas de evacuación como los sumideros, no funcionen correctamente.

Las grandes precipitaciones que se presentan en el municipio de Cúcuta, Norte de Santander propone un reto a nuestra meta, debido a que el municipio no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial y la poca información suministrada de los sumideros. Por esta razón el objetivo principal de la investigación fue la obtención del modelo conceptual de la cuenca, mediante la ayuda de un sistema de información geográfica (SIG) y un modelo digital de elevación (DEM) descargado de una fuente gratuita, se realizó una serie de fases para determinar los parámetros geomorfológicos de la cuenca, además permitió discretizar la zona de estudio en pequeñas subcuencas con información importante con el cual se puedan realizar modelación en el software SWMM.

## **1 Aspectos Preliminares**

### **1.1 Planteamiento del problema**

#### ***1.1.1 Descripción del Problema***

El desarrollo urbano se ha acelerado en la segunda mitad del siglo XX con gran concentración de población en pequeños espacios, impactando en el ecosistema terrestre y acuático y en la propia población a través de inundaciones, enfermedades y pérdida de calidad de vida. Este proceso se da por la falta de control sobre el espacio urbano, lo que tendrá un impacto directo en la infraestructura: abastecimiento de agua, sistema de saneamiento, drenaje urbano e inundación de ríos y residuos sólidos. A medida que se deterioran la calidad de vida y el medio ambiente, el desarrollo urbano en los países en desarrollo avanza de manera insostenible. Este proceso es más importante en América Latina, donde el 77% de la población vive en ciudades (47,2% a nivel mundial). Hay 44 ciudades en América Latina con una población de más de 1 millón (de un total de 388 ciudades del mundo, UN, 2003).

El IDEAM determinó a través de la Investigación Nacional de Recursos Hídricos (2018) que los 190,935 kilómetros cuadrados de tierra del país son propicios para inundaciones, lo que representa aproximadamente el 17% del área continental del país. En este estudio, se encontró que el país ha estado experimentando cambios provocados por el hombre en las posibles llanuras aluviales. El clima es considerado, en primera aproximación, como las condiciones atmosféricas predominantes en un lugar durante un período determinado. Por esta razón, para la descripción del clima se han venido utilizando las estadísticas de las variables meteorológicas. “La distribución espacial y temporal de estas estadísticas permite identificar patrones de comportamiento climático

en una región. El conocimiento de estos patrones tiene diferentes aplicaciones. Hasta el momento, se han desarrollado diferentes descripciones climáticas para el territorio de Colombia” (Pabon, Eslava, & Gomez, 2001).

El planeamiento urbano es realizado para la ciudad formal y para la ciudad informal son apenas analizadas las tendencias de esta ocupación. Uno de los principales problemas relacionados con la infraestructura de agua en el ambiente urbano son las redes de escurrimiento sanitario (muchas veces sin tratamiento), sin la implementación de una red de drenaje urbano lo que lleva las ciudades a sufrir frecuentes inundaciones y aumento de la impermeabilización. La contaminación causada por el agua de escorrentía constituye un gran problema en las áreas urbanas, ya que se ha demostrado que contiene los mismos tipos de contaminantes que se encuentran en las aguas residuales urbanas.

La escorrentía urbana se considera como una fuente de contaminación de difícil localización, pues se origina en áreas extensas, su vertido es intermitente ligado a un fenómeno aleatorio, la lluvia, que cambia con el tiempo, es difícil de obtener muestras de la fuente y está relacionada con el uso de la tierra. (Novotny y Malgrat, 1994).

La acelerada urbanización en las ciudades incrementa los volúmenes de escorrentía al reducirse la cantidad de superficies permeables, el municipio de Cúcuta cuenta con un sistema de drenaje de evacuación de las aguas lluvias, a través de canales abiertos como el canal Bogotá, el canal de la Cabrera entre otros. Estas aguas conducen a tres cauces como son el Río Pamplonita, Zulia y Táchira, el taponamiento por basura y falta de mantenimiento son las principales causas de las inundaciones en la ciudad.

### ***1.1.2 Formulación del Problema***

¿Cómo construir un modelo conceptual de la Subcuenca de la zona de estudio ubicado desde la avenida Guaimaral hasta la avenida libertadores entre la calle 8 Norte y la avenida 3 de la ciudad de Cúcuta, cumpliendo con todos los parámetros geomorfológicos de la cuenca necesarios para generar las simulaciones espacio temporal de la lluvia en el software SWMM?

## **1.2 Justificación**

La presión del suelo urbano para utilizar como suelo urbanizable implica que el municipio cuente con un sistema eficientes de drenajes pluviales, sin embargo, la ciudad de Cúcuta cuenta con un pobre sistema de evacuación de aguas pluviales, causando contaminación e inundaciones a las fuentes hídricas. A lo mencionado anteriormente se le suma la poca cultura ambiental por parte de la población lo que hace que empeore aún más la situación.

En la actualidad el gran porcentaje de las áreas del municipio han sido urbanizadas, causando que las zonas que antes eran permeables, o en los cuales había humedales dejen de serlo y sea el causante de la escorrentía superficial que causan inundaciones.

A lo anteriormente dicho se prevé que los problemas que causan la urbanización pueden ir incrementándose si no se toman medidas de control necesarias y se diseñan soluciones que permitan asegurar el crecimiento sin riesgos para los habitantes de la ciudad.

La presente investigación se enfocará en la construcción de un modelo conceptual de la subcuenca, así como obtener los parámetros geomorfológicos de la zona; permitiendo la obtención de la limitación del área de mayor afectación, la discretización de las zonas permeables e impermeables y los datos de ubicación de la subcuenca (coordenadas y altitudes).

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Construir el modelo conceptual de la subcuenca en estudio como análisis técnico y descriptivo del terreno, con el fin de obtener los parámetros geomorfológicos para la simulación del comportamiento espacio temporal de la lluvia.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

Reconocer la zona de estudio mediante salidas de campo, con el fin de establecer los límites de la cuenca donde se producen las inundaciones

Recolectar la información catastral y cartográfica de la zona de estudio para conocer el compartimiento del flujo ante los eventos de lluvias que se presentan.

Identificar el uso de los suelos y puntos importantes de la zona de estudio para marcar los puntos o áreas de entrada y descarga de agua de lluvia en la cuenca.

Realizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio para luego ser procesado con la ayuda de un computador.

Procesar en softwares especializados toda la información para obtener el modelo topográfico de la zona de estudio en tres dimensiones (3D), determinando los parámetros geomorfológicos de la subcuenca.

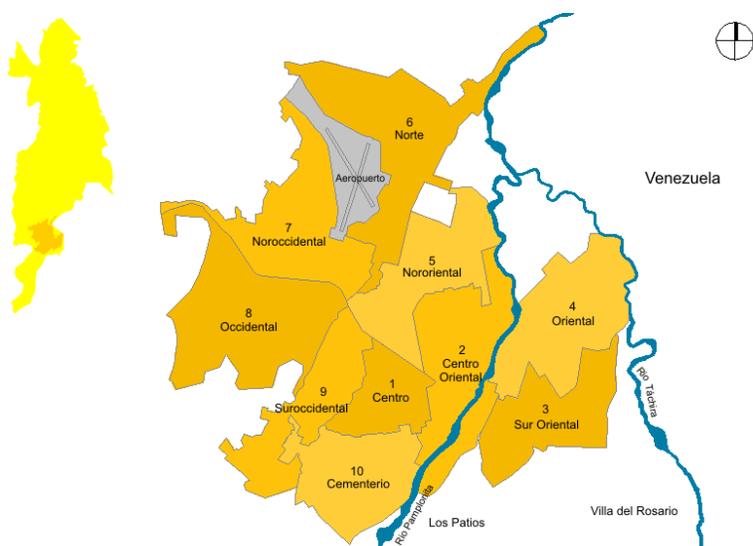
## 2 Descripción de la zona de estudio

### 2.1 Ubicación Geográfica

La avenida libertadores se encuentra ubicada en el municipio de San José de Cúcuta, que se localiza al nororiente del país. Cúcuta, limita por el Norte con el municipio de Tibú; por el Occidente con los municipios del Zulia y San Cayetano; por el Sur con los municipios de Villa del Rosario, Bochalema y Los Patios y por el Oriente la República de Venezuela y el municipio de Puerto Santander.

El área del municipio de Cúcuta es de 1176 km<sup>2</sup>, lo que representa el 5.65% del área, y la altura sobre el nivel del mar es de 320 m. Tiene una temperatura media de 28 ° C y una precipitación media anual de 1041 mm. El municipio cuenta con 10 comunas y la avenida Libertadores se encuentra ubicada en la comuna 5, esta avenida fue inaugurada el 24 de febrero de 1973 por ministerios de obras públicas.

**Figura 1** Localización de las comunas del municipio de Cucuta.



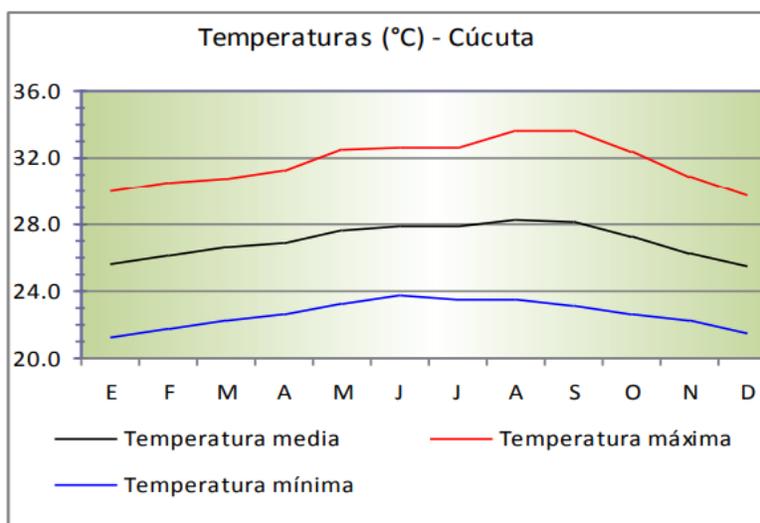
Fuente: Wikimedia Commons

## 2.2 Aspecto Biofísico

### 2.2.1 Clima

Según datos tomados del IDEAM el municipio se clasifica como cálido por lo que la temperatura media es de 25,5 grados centígrados. Al mediodía, la temperatura máxima promedio fluctúa entre 30 y 33 grados centígrados en la madrugada, la temperatura mínima oscila entre 21 y 24 grados centígrados. El sol brilla aproximadamente 6 horas al día la mayor parte del año, pero durante los primeros meses de lluvia la cantidad de luz solar se reduce a 4 horas por día.

**Figura 2.** Temperatura del municipio de Cúcuta



*Fuente:* IDEAM (2021)

### 2.2.2 Precipitaciones

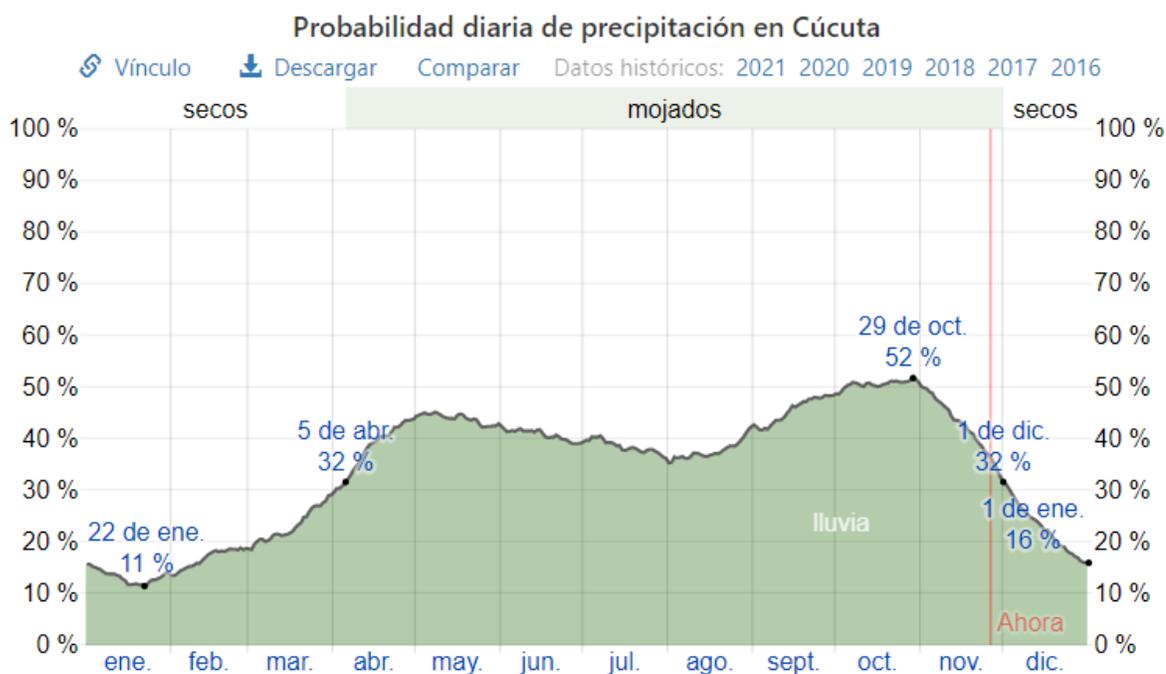
Un día húmedo es un día con al menos 1 mm de precipitación en forma líquida o equivalente líquido. Las posibilidades de días lluviosos en Cúcuta varían mucho durante el año.

La temporada de lluvias dura 7,9 meses, del 5 de abril al 1 de diciembre, con más del 32% de probabilidad de que algún día sea un día lluvioso. El mes con mayor precipitación en Cúcuta es octubre, con un promedio de 15,7 días con al menos 1 mm de lluvia.

La estación seca dura 4,1 meses, del 1 de diciembre al 5 de abril. El mes con el menor número de días lluviosos en Cúcuta es enero, con un promedio de 4.1 días con al menos 1 mm de lluvia.

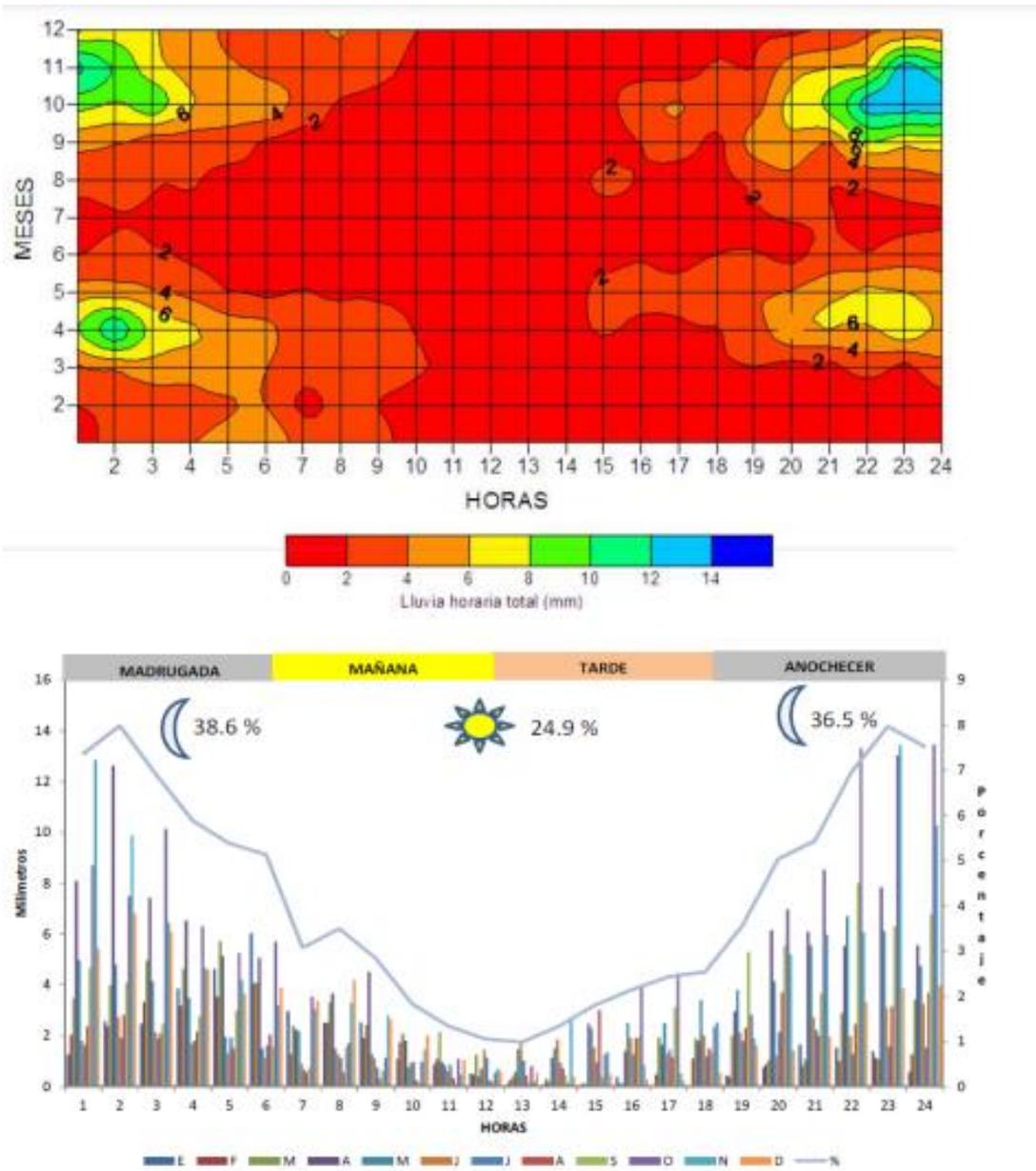
La mayor parte de las lluvias se presentan a las 22:00 HLC (hora legal de Colombia) y especialmente a las 02:00 HLC con una frecuencia del 8%. (Figura 4).

**Figura 3.** *Precipitaciones del municipio de Cúcuta*



Fuente: Datos tomados del IDEAM (2021)

**Figura 4.** Distribución horaria de las precipitaciones en el Aeropuerto Camilo Daza de Cúcuta



Fuente: IDEAM

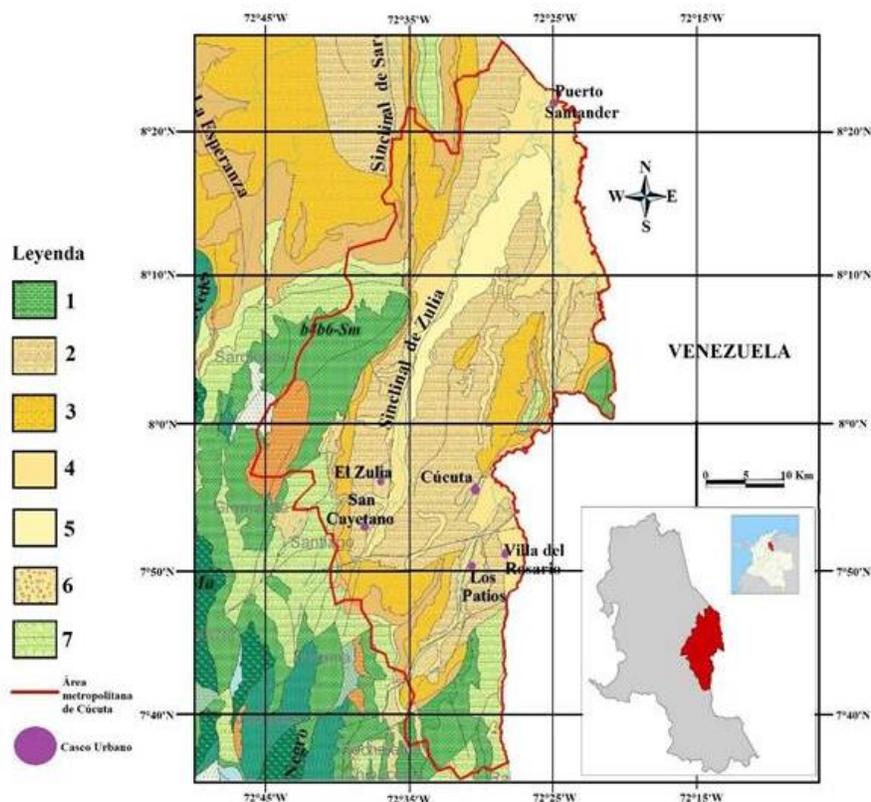
### **2.2.3 Geología**

La geología de Cúcuta y su área metropolitana se deriva de eventos geológicos ocurridos durante la formación de la cuenca del lago Maracaibo, considerado el lago más grande de Sudamérica. Por su gran tamaño, se divide en 33 subcuencas, en particular la Cuenca del Catatumbo ubicada en el suroeste, que aporta el 60% del agua dulce que ingresa al lago. (Valera, 2016).

La subcuenca del Catatumbo ocupa un área de 25.600 kilómetros cuadrados distribuidos entre Colombia y Venezuela. Al norte de Santander, la subcuenca del Catatumbo es de suma importancia porque sobre ella se extiende el 74,55% de su territorio y está densamente poblada. Debido al gran tamaño que presenta, una entidad territorial necesita conocer su desarrollo e historia, entre otras cosas, para que podamos distinguir entre procesos sedimentarios, edad de rocas sedimentarias, etc... y los recursos minerales que contiene. Estas necesidades dan lugar a estudios muy útiles para la difusión de la riqueza subterránea, que despiertan el interés de empresas públicas y privadas. Un ejemplo de lo anterior aparece en quienes describieron el posible origen de las reservas de petróleo en la Cuenca de Maracaibo a partir de los cambios geoquímicos ocurridos durante la formación del esquisto y que, desde el lado venezolano, se consideran portadores del 2% de las reservas de hidrocarburos. (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, 2011).

En Colombia, el Servicio de Geología de Colombia (SGC), que es responsable de organizar el conocimiento geológico del suelo y subsuelo, proporciona herramientas de portales interactivos, como el mapeo geológico de la zona de estudio. Un área donde se puede disfrutar de una variedad de recursos rocosos (figura 5).

**Figura 5** Ubicación del área de estudio y mapa geológico.



Fuente: Servicio Geológico Colombiano 2017

### 2.3 Impactos de las Inundaciones en los barrios aledaños

El municipio de Cúcuta a lo largo de los años ha sufrido de inundaciones, ya que no cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial y que el sistema actual es por medio de canales y sumideros los cuales en temporadas fuertes de lluvias colapsan, los agentes más importantes que sufren de estas inundaciones son:

- Hogares (Población y viviendas)
- Transporte (Buses, taxis, motos, vehículo particular, ciclas)
- Instituciones (Educativas, religiosas y de salud)
- Negocios (Tiendas y microempresas, vendedores ambulantes)

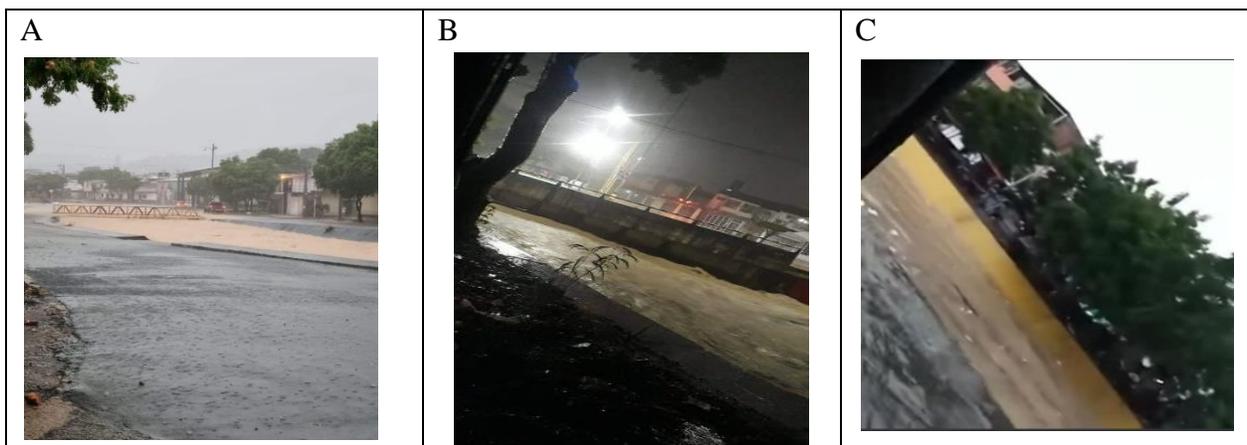
Las figuras 6 muestra la gran problemática que afronta los barrios de Cúcuta y en la figura 7 se puede observar el colapso del canal Bogotá:

**Figura 6.** *Inundaciones de los barrios de Cúcuta.*



Fuente: Cúcuta Es Noticia 2021

**Figura 7.** *Colapso del Canal Bogotá.*



Fuente: Cúcuta Es Noticia 2021

### 3 Antecedentes

El constante aumento de la población incurre en el crecimiento de la expansión urbana de las ciudades, cubriendo el terreno con una capa impermeable, evitando que el agua de lluvia se filtre al suelo. Además, la basura que se deja indiscriminadamente en las vías, obstruyendo las alcantarillas, haciendo que su capacidad sea insuficiente para transportar volúmenes muy altos de agua.

Dado que no se ha establecido ningún sistema de drenaje de aguas pluviales, las aguas lluvias presentan un efecto combinado de erosión y graves condiciones de salud. El agua de lluvia fluye por la superficie del terreno llevándose las partículas sólidas. Estos sedimentos se depositan en lugares bajos, provocando bloqueos, contaminación, olores desagradable e inundaciones.

Según el IDEAM El departamento de norte de Santander, muestra una elevada variación en el territorio con la distribución de la precipitación.

Las lluvias más intensas se registraron en la región del Catatumbo, con aproximadamente 5.000 mm de lluvia al año en partes de la ciudad de Tibú. Se informa que cantidades similares están restringidas a Boyacá en la ciudad de Toledo. La precipitación más débil se encuentra en la parte sur de la región, en ciudades como Silos, Cacota y Labateca, donde la precipitación promedio generalmente no supera los 1000 mm por año. Las regiones de Ocaña, Abrego y La Playa también experimentan escasas precipitaciones, alrededor de 1.000 a 1.500 mm por año. (IDEAM, 2014)

La Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades –EDAN, muestran que los municipios de Cúcuta, Arboledas, Bochalema, El Zulia, San Cayetano, Sardinata, Salazar de las

Palmas, Toledo, Labateca, Puerto Santander, Santiago, Villa del Rosario y Los Patios, entre otros, son de los más afectados por la temporada de lluvias; no obstante, con apoyo de los consejos municipales, organismos de socorro, Ejército y Policía Nacional, en cabeza de la Gobernación, a través de la Consejería para la Gestión del Riesgo de Desastres, se han articulado acciones de atención y respuesta.

Las inundaciones son uno de los fenómenos naturales más comunes de nuestro país, prácticamente todos los años se producen por los desbordamientos de los ríos, debido al exceso de lluvia, que pueden generar daños severos, los efectos negativos de las inundaciones, se deben en gran medida por la actividad humana, por la deforestación y la ubicación de las viviendas en zonas bajas cercanas a los ríos y costas.

Cuando tálamos los árboles para sembrar, destruimos la cobertura vegetal del suelo. Cuando se presentan precipitaciones, la escorrentía superficial lleva arena hacia el punto más bajo, obstruyendo el sistema de evacuación y congestionando los ríos, lo que ocasiona las inundaciones.

Al pasar de los años la infraestructura de drenaje y saneamiento ha ido evolucionando, inicio mediante la canalización de las aguas residuales, luego encauzando las escorrentías superficiales producidas por la lluvia minimizando el riesgo de inundación. Todo esto dio lugar a los sistemas convencionales de saneamiento y drenaje en las ciudades, el cual se basó en colectores cuyo objetivo primordial es de evacuar toda la escorrentía superficial generadas en tiempo de lluvia hacía un medio receptor. En la actualidad existen unos nuevos problemas el cual se aluden a la calidad de las escorrentías, es decir, a la contaminación producida por el hombre y a los índices de urbanización los cuales superan los planeados.

El constante aumento de la población incurre en el crecimiento de la urbanización de las ciudades lo que provoca un aumento en la impermeabilidad, una reducción en los espacios vegetados que reduce en primera instancia la intercepción natural y la evapotranspiración. Como consecuencia de lo anterior se generan mayores volúmenes de escorrentías acelerando los tiempos de respuesta, las actividades humanas causan un daño tanto a la atmósfera como en la superficie de las cuencas urbanas, en la que se producen una amplia gama de contaminantes como lo son: los sedimentos, residuos sólidos, hidrocarburos, elementos patógenos etc. El impacto recibido en el medio donde se reciben todas estas escorrentías se traduce en la concentración de dicha contaminación, lo que genera represamiento e inundaciones.

Los SUDS (sistemas urbanos de drenaje sostenibles) son bastante conocidos, especialmente en Europa, donde estos sistemas son parte del panorama urbano, lo que permite tener un ambiente agradable porque están muy bien incorporados con los alrededores. Los sistemas urbanos de drenajes sostenibles son un nuevo método para el desarrollo de los centros urbanos y para el funcionamiento del mismo, según el grupo de investigación de tecnología de la construcción (GITECO) de la Universidad de Cantabria. La finalidad de los SUDS se podría abreviar en los posteriores ítems según VSC, 1999 (3):

- Proteger los sistemas naturales del ciclo del agua urbana.
- Integrar el tratamiento de las aguas de lluvia en el paisaje.
- Proteger la calidad de las aguas entrante de la escorrentía urbana.
- Reducir volúmenes de escorrentía y caudales punta procedentes de zonas urbanizadas mediante elementos de retención y menos áreas impermeables.

- Incrementar el valor añadido minimizando costes: Minimizar el coste de las infraestructuras

y mejoramiento de los sumideros del sistema de alcantarillado pluvial del área urbana.

## 4 Marco Referencial

### 4.1 Marco teórico

El territorio nacional colombiano enfrenta una problemática actualmente con la pérdida de superficie permeable, debido a las construcciones de mayor albergadura y con la urbanización se han ido perdiendo esas zonas, lo que conlleva a una impermeabilización que antes de forma natural se podía realizar una buena gestión de las lluvias que recibían.

El cambio del sistema ecológico natural a un sistema urbano tiene varias consecuencias sobre el medio ambiente. Algunos de estos cambios es la alteración de la atmosfera, alteración de los ciclos hidrológicos, alteración de los cauces y de los cuerpos de agua entre otros.

- Cambio climático: Un cambio estadísticamente significativo en el estado promedio del clima, o variabilidad, que persiste durante un período prolongado (generalmente décadas o incluso más). El cambio climático puede ser el resultado de procesos naturales endógenos o exógenos, o de cambios antropogénicos en curso en la composición atmosférica o el uso de la tierra. (IPCC, 2013).
- Desastre: Es el resultado de la aparición de uno o más eventos naturales o humanos no intencionales, al crear condiciones favorables a la vulnerabilidad en las personas, bienes, infraestructura, medios de vida, la provisión de servicios o recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción .

- Información catastral: Es el resultado de uno o más eventos naturales o humanos no intencionales que crean condiciones que resultan en la vulnerabilidad de las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de vida, la provisión de servicios o los recursos ambientales.
- Información cartográfica: Es la ciencia aplicada encargada de recolectar, generar y analizar medidas y datos de las áreas de la Tierra, con el fin de representarlas gráficamente en diferentes dimensiones lineales a escalas en miniatura.
- Permeabilidad: Es la capacidad de una sustancia para permitir que un fluido pase sin cambiar su composición.
- Medidas preventivas: están tiene relación con aquellas que se dan durante la etapa de la planeación y que tiene como objetivo evitar que se den problemas asociados a la escorrentía superficial.
- Drenaje Sostenible: El drenaje sostenible se puede definir como el conjunto de elementos que componen la infraestructura urbana - riego - paisaje que tiene como objetivo reproducir fielmente el ciclo hidrológico natural anterior a la urbanización, ya sea química o antropogénica. Este sistema puede luego superar los problemas de cantidad y calidad de la escorrentía urbana, al recolectar, filtrar, almacenar, transportar, almacenar y filtrar el agua superficial, para que no se deteriore e incluso permita, naturalmente, al menos parte del agua sobre el suelo para ser eliminada. La carga de contaminantes que pueden haber sido capturados por procesos de escorrentía urbana previos, con el fin de minimizar el impacto del desarrollo urbano. Desarrollo urbano y maximización de la integración de valores paisajísticos, sociales y ambientales.

- Jardines de lluvia o sumideros: Este es un espacio verde diseñado para almacenar, absorber y evaporar el agua de lluvia. Consiste en una fosa excavada de diferentes profundidades, según el nivel de las aguas subterráneas, en cuyo interior se coloca una capa filtrante. Dentro de este medio crecen plantas típicas de los humedales, que son capaces de sobrevivir gracias a sus raíces sumergidas como cañas, tifus, alfalfa, etc., y dejan un ascenso libre sobre un sustrato que permite el almacenamiento del nivel freático.
- Disfuncionalidades Urbanas: Año tras año, la lluvia ocasiona problemas en el funcionamiento de las estructuras urbanas, estos problemas provocan inundaciones para todos los residentes, erosión de suelos, deterioro de edificios, contaminación, mezcla de aguas superficiales y cloacales, provocando inundaciones. contaminación con la aparición de la enfermedad. Éstos son algunos de los problemas causados por la lluvia. Pero existen otras alteraciones en los entornos urbanos debido al mal uso de canales naturales o artificiales como los vertederos que atraen ratones dañinos y concentran los olores, entre otros.

#### ***4.1.1 SIG (Sistema de información geográfico)***

Un sistema de hardware, software y procedimientos desarrollado para facilitar la recopilación, gestión, procesamiento, análisis, modelado, representación y exportación de datos referenciados espacialmente, para resolver problemas de planificación complejos y de gestión.

La utilidad de los SIG está estrechamente relacionada como un sistema de apoyo a la toma de decisiones, ya que el propio sistema a través de hipótesis de simulaciones conduce a diferentes resultados en función de los datos y acciones elegidas. “La tecnología aplicada a SIG multiplica el valor agregado de un sistema de soporte de decisiones a través de la capacidad de

procesar grandes cantidades de datos interconectados, con un nivel de análisis regional cada vez mayor. Complicado” (Rodriguez & Huerta, 2016).

La base para el futuro surgimiento de los SIG se encuentra varios años antes de la década de 1960, con el desarrollo de nuevos enfoques para la cartografía, que parecen predecir las necesidades futuras sin la gestión informatizada de este sistema. De gran importancia es el trabajo desarrollado por John K. Wright en la American Geographical Society, especialmente con la publicación de sus *Cartographic Elements* en 1953. (Olaya, 2014, págs. 25-26)

Este trabajo ampliaría el campo de la geografía cuantitativa hasta tal punto que, una vez que la informática hubiera alcanzado un cierto nivel de madurez, estas dos disciplinas se fusionarían

#### **4.1.2 ARCGIS.**

Es un programa informático producido y comercializado por ESRI que combina varias aplicaciones para recopilar, editar, analizar, procesar, diseñar, publicar e imprimir información geográfica. Es un programa desarrollado para la creación y uso de mapas inteligentes, que es una forma muy efectiva de organizar, comprender y brindar grandes cantidades de información de una manera más comprensible.

ArcGIS también permite la creación fácil de datos geográficos gracias a la digitalización inteligente, la capacidad de dibujar entidades directamente en un mapa y el almacenamiento en la base de datos geográfica del sistema, y la capacidad de combinar datos de varias fuentes

diferentes es muy útil. Dado que la información a procesar está sujeta a cambios constantes, la creación de mapas de estado en tiempo real.

#### **4.1.3 GeoSWMM**

GeoSWMM, es un modelo geoespacial para la gestión de aguas pluviales y residuales, se desarrolló conjuntamente con ArcGIS de ESRI. Es una herramienta para la modelización dinámica del caudal de lluvia para un único evento o para la simulación a largo plazo de la cantidad y la calidad de la escorrentía procedente principalmente de zonas urbanas. (GeoSWMM, 2015).

También proporciona un entorno integrado para editar las entradas del área de estudio, ejecutar simulaciones hidrológicas, hidráulicas y de calidad del agua y mostrar los resultados en varios formatos. Estos incluyen mapas codificados por colores de áreas de drenaje y sistemas de transporte, tablas de series de tiempo, gráficos y tablas de perfiles. Todas estas características y funciones son accesibles en un entorno SIG.

#### **4.1.4 SWMM (*Storm Water Management Model*)**

Es un modelo dinámico de simulación de escorrentía de lluvia que se utiliza para simular un evento a largo plazo; en términos de cantidad y calidad de escorrentía principalmente de un área urbana. El componente de escorrentía del SWMM opera dentro de un conjunto de subcuencas para recibir lluvias y generar escorrentías y cargas contaminantes. La parte de enrutamiento del SWMM transporta este flujo a través de un sistema de tuberías, conductos, equipos de almacenamiento / procesamiento, bombas y reguladores. SWMM rastrea la cantidad y calidad del flujo generado en cada subcuenca, así como el caudal, la profundidad del flujo y la

calidad del agua en cada tubería y canal durante un período simulado que incluye un período de tiempo múltiple. (EPA, 2015).

SWMM se desarrolló por primera vez en 1971 y ha sido objeto de varias actualizaciones importantes desde entonces. Todavía se usa ampliamente en todo el mundo para la planificación, el análisis y el diseño relacionados con la escorrentía de aguas pluviales, sistemas de alcantarillados y otros sistemas de drenaje en áreas urbanas.

## **4.2 Marco legal**

Dentro del marco normativo legal se hará énfasis el tema del riesgo por inundación en el país.

El primer acercamiento del país con respecto a la normativa del medio ambiente fue cuando se creó el Decreto 28 de 1974 con el cual se da el lugar al Código de Recursos Naturales y de Protección del Medio Ambiente.

En el año de 1991 se expide la Constitución Política de Colombia siendo el principal marco legal sobre el cual reposara toda la política ambiental de país. En 1993 se aprobó la Ley 99, que estableció el Ministerio del Ambiente, el sector público responsable de gestionar el medio ambiente, preservar el medio ambiente y reorganizar los recursos naturales renovables, y se promulgó el Sistema Nacional del Medio Ambiente, SINA y otras condiciones, además de ellos en su artículo 17 se crea el Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM), donde reposa toda la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal del territorio nacional.

Un año después se expide la Ley No. 164 de 1994 adopta la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la cual fue promulgada en Nueva York el 9 de mayo de 1992, que en su artículo 4 en su numeral 8, consigna que “las Partes estudiarán a fondo las medidas que sea necesario tomar en virtud de la Convención, inclusive medidas relacionadas con la financiación, los seguros y la transferencia de tecnologías, para atender a las necesidades y preocupaciones específicas de las Partes que son países en desarrollo derivadas de los efectos adversos del cambio climático o del impacto de la aplicación de medidas de respuesta” dentro de las cuales Colombia cumple con literales b,c,d,e,f,g y h.

Para el año 2000 con la Ley 629, Colombia ratifica el "Protocolo de Kioto a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", suscrito en Kioto el 11 de diciembre de 1997, donde el artículo 2 define en el No. 2 "Protección y mejoramiento de pozos. De conformidad con las disposiciones pertinentes de los acuerdos internacionales en el medio ambiente."

#### **4.3 Marco contextual**

El tema en estudio se realizará en la ciudad de Cúcuta en una de las principales avenidas de la ciudad como lo es la avenida Libertadores, cerca al canal Bogotá, siendo este el foco de las inundaciones presentadas dentro de municipio debido a que en esa zona recaen las aguas provenientes de los barrios aledaños.

El barrio Guaimaral se asentó a partir de 1961, cuando se inició la adjudicación de viviendas a familias numerosas que cumplieran con ciertos requisitos, la carencia de infraestructura vial hacía difícil el acceso en aquellos tiempos y solo existía una ruta de bus que entraba al Mercado Libertadores, daba la vuelta por Gualanday y salía a Zulima por la calle 15,

hasta que poco a poco se normalizaron las vías, convirtiéndolo hoy en uno de los barrios más centrales de la ciudad y vecino del Hospital Universitario Erasmo Meoz (La Opinion , 2021)

## **5 Metodología**

Con el fin de cumplir los objetivos propuestos en la investigación a cabalidad se realizaron las siguientes fases, donde se dio cumplimiento a cada una de ellas.

### **5.1 Recopilación de la información existente**

Se realizó la visita a las entidades a las entidades públicas: IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), EIS (Empresa de acueducto y alcantarillado de Cúcuta), la Alcaldía (secretaría de infraestructura municipal).

### **5.2 Análisis de la información existente**

Debido a que las entidades a las cuales se le solicitó la información no contaban con registros previos del sistema alcantarillado pluvial, ni de los sumideros del sector se hizo un análisis a partir de la información recolectada en campo.

### **5.3 Salidas de reconocimiento y recolección de información a la zona afectada**

Se realizaron salidas de reconocimiento y recolección de información a través de las personas para determinar el área de inundación e identificar los impactos ambientales que este genera.

### **5.4 Análisis de la información recolectada y montaje en sistema de información geográfico**

Con la información recolectada en campo se llevará a cabo un análisis para su posterior montaje en sistema de información geográfico (software especializado).

### **5.5 Levantamiento topográfico mediante un dron y análisis mediante la ayuda computacional.**

Debido a que no se contaba con una persona capacitada para el manejo del dron no se pudo solicitar el permiso a la aeronáutica civil ya que este era un requisito indispensable, por ende se buscaron otras opciones para poder obtener un modelo digital de elevación.

### **5.6 Delimitación de la cuenca mediante de un DEM y con la ayuda de un sistema de información geográfico.**

Con la ayuda de software especializados GIS (ARCGIS) y con la información recolectada en campo, se descarga un DEM (Modelo digital de elevación), el cual fue descargado de la página de ALOS PARSAL que cuenta con una precisión de pixel de 12.5m\*12.5m lo que permite un buen grado de precisión. Como la zona de estudio es desde la avenida guaimaral hasta la avenida libertadores desde la calle 8 Norte y la avenida 2 de la ciudad de San José de Cúcuta, se realizó una máscara y se extrajo el modelo digital del terreno en estudio y con mentoría del director se hace la delimitación de la cuenca en ARCGIS. Una vez se obtuvo el DEM se usó la herramienta fill, la cual permitirá llenar los vacíos que contenga el DEM, obteniendo un archivo de resultado, el cual va a servir como data de entrada para usar la herramienta Flow direction, de la misma forma esta genera un segundo archivo llamado direction; dicho archivo va a contener la dirección del flujo de agua en base a la pendiente, después de esto se aplica el Flow accumulation con el fin de poder determinar la red hídrica y en base a dicha red se va a generar un punto de descarga el cual es el punto de salida de todo el volumen de agua. Una vez planteado este punto se usó la herramienta Watershed la cual va a necesitar dos datas de entrada, primeramente nuestro archivo ráster llamado direction y

seguidamente el punto que se ha fijado como punto de descarga, dando como resultado la delimitación de la cuenca en un formato ráster.

### **5.7 Trazado de Subcuencas y marcación de áreas de entrada y descarga de agua lluvia en la zona**

Una vez se obtuvo la delimitada la cuenca se realizó la delimitación de las subcuencas de la siguiente manera:

1. Se identificaron las zonas de entrada y descarga de las corrientes superficiales.
2. Se identificaron el uso de suelos a partir de la información recopilada en campo.
3. Se delimitaron las manzanas en pequeñas subcuencas con el fin de asignarle toda la información requerida como lo es el área, coordenadas (x,y), área, porcentaje de impermeabilización etc.

### **5.8 Obtención de la construcción modelo conceptual de la subcuenca.**

Una vez se analicen y se determinen los datos en la tabla de atributos se obtiene el modelo conceptual de la Subcuenca, el cual puede ser usado en posteriores investigaciones.

## 6 Resultados y Análisis

La presentación de este capítulo se divide de la misma manera descrita en la metodología del proyecto. Constando de cinco fases importantes para cumplir con los objetivos propuestos:

### 6.1 Recopilación de la información existente.

En la búsqueda de la información catastral de las redes de acueductos y alcantarillado primeramente se hizo las visitas a las entidades como el IGAC en donde de forma verbal me dijeron que todos los documentos que ellos allí tenían, también reposaban en la EIS (Empresa de acueducto y alcantarillado de Cúcuta) en donde inicialmente me acerque de forma virtual mediante una carta (figura 8) a dicho despacho.

**Figura 8.** Carta dirigida a la EIS Cúcuta

Cúcuta, 6 de julio del 2021

Señores  
EIS Cúcuta S.A. E.S.P

Asunto: Solicitud de información

Rad No. 2021-133-001934-2  
2021-07-06 11:39:45 BVDVENS0  
DIRECCIÓN GERENCIAL  
RUIZ RIVERA ALVARO SNEYDER RIVERA  
ANDRÉS BELTRICHO  
EIS Cúcuta  
\*20211330019342\*

Un cordial saludo empresa de acueductos y alcantarillados de Cúcuta, mi nombre es Alvaro Sneyder Ruiz Rivera identificado con la cedula de ciudadanía 1092385980, soy estudiante de la Universidad de Pamplona del programa de Ingeniería Civil perteneciente al grupo de investigación ETENOHA, hoy me acerco a ustedes con el respeto que se merecen, para pedir que requisitos necesito para solicitar la información catastral de las redes de alcantarillado de la Ciudad de Cúcuta, con fines netamente educativos, ya que actualmente me encuentro desarrollando una investigación en una zona de la ciudad que ha sido afectada por la lluvias.

Agradezco su atención prestada y esperando una respuesta positiva por este mismo correo

Alvaro Ruiz  
Alvaro Sneyder Ruiz Rivera  
Cc 1092385980  
Estudiante de la Universidad de Pamplona  
Programa Ing. Civil

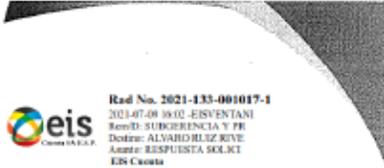
Fuente: Autor

Donde dicha entidad me informa que ellos son un operador a través de Aguas Kpital Cúcuta y que son los encargados de la operación, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura y gestión comercial para la prestación de servicios públicos de acueducto y alcantarillado de la ciudad, además de ellos me sugirieron que le hiciera la solicitud a la secretaria de infraestructura municipal, quienes tienen la competencia en el tema (figura 9).

**Figura 9. Respuesta de la EIS Cúcuta.**



**eis**  
Cúcuta SA E.S.P.  
NIT 890.500.529 - 9



Rad No. 2021-133-001017-1  
2021-07-08 10:02 - EISVENTANI  
ReceíD: SUBGERENCIA Y PE  
Docente: ALVARO RUIZ RIVERA  
Asunto: RESPUESTA SOLICIT  
EIS Cúcuta  
\*20211330010171\*

San José de Cúcuta 7 de julio de 2021

Señor  
**ÁLVARO SNEYDER RUIZ RIVERA**  
Estudiante Ingeniería Civil  
Universidad de Pamplona  
alvaro.ruiz@unipamplona.edu.co  
Ciudad

**Asunto:** Respuesta Radicado EIS 2021-133-001834-2  
**Referencia:** Solicitud de Información redes de alcantarillado

Cordial Saludo.

De acuerdo al asunto y referencia, me permito informarle que la EIS CÚCUTA SA E.S.P., a través del operador Aguas Kpital Cúcuta, es el encargado de la "operación, ampliación, rehabilitación y mantenimiento de la infraestructura y gestión comercial para la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado de la ciudad de San José de Cúcuta". Por lo tanto no es de su competencia el sistema de redes de alcantarillado pluvial.

Sugerimos respetuosamente se haga la solicitud a la Secretaría de Infraestructura Municipal, quien tiene la competencia en este tema.

Atentamente,



**JOSÉ ANTONIO LIZARAZO SARMIENTO**  
Gerente

Anexo: 1 foto

	Nombre y Apellidos	Cargo	Firma
Revisó	JORGE BAYONA	ASESOR TÉCNICO	
Elaboró	LAURA CARDONA	APOYO SUBGERENCIA	

ALCALDÍA DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA | EIS Cúcuta SA E.S.P. | Av 6 CALLE 11 Piso 2 Edificio san José | Código postal 540001 | Tel. 57 5831200-5716015  
www.eiscucuta.com.co | pqr@siscucuta.com.co | notificaciones.judiciales.com.co

Fuente: EIS Cúcuta

Al obtener dicha respuesta me dirigí de forma presencial a la secretaria de infraestructura municipal de la ciudad donde me reuní con el Ing. Ángel Andrey Eder Bohórquez Jauregui quien es el subsecretario de medio ambiente, él me contaba que la ciudad de Cúcuta no contaba con un alcantarillado pluvial, que apenas se estaba realizando un plan maestro en cual todavía estaba en proceso y por ende no podía darme una información, además también le comente que si había información de los sumideros que se encontraban en la zona de estudio, la cual lo hice mediante un oficio dirigido a dicho despacho que hace parte de la Alcaldía (figura 10).

**Figura 10.** *Carta dirigida a la secretaria de infraestructura municipal de Cúcuta*

Cúcuta, 25 de Octubre del 2021

Señores

Secretaría de Infraestructura Municipal de Cúcuta

Asunto: Solicitud de información

Un cordial saludo, mi nombre es Alvaro Sneyder Ruiz Rivers identificado con la cedula de ciudadanía 1092385980, soy estudiante de la Universidad de Pamplona del programa de Ingeniería Civil perteneciente al grupo de investigación ETENDHA, hoy me acerco a ustedes con el respeto que se merecen, para pedir información de planos acerca de los sumideros o colectores de la avenida libertadores desde la calle 2 Norte hasta el canal Bogotá, con fines netamente educativos, ya que actualmente me encuentro desarrollando una investigación en esta zona de la ciudad que ha sido afectada por la lluvias.

Agradezco su atención prestada y esperando una respuesta positiva por este mismo correo

*Alvaro Ruiz*

Alvaro Sneyder Ruiz Rivers

Cc: 1092385980

Estudiante de la Universidad de Pamplona

Programa Ing. Civil

Fuente: Autor

El oficio fue respondido mediante un correo donde mencionaban que debido a que la avenida libertadores fue construida en los años de 1970 ellos no contaban con registros ya que fue una obra contratada por el ministerio de Obras que era una entidad de orden nacional (figura 11), al final de la solicitud de toda la información a los diferentes entes se puede notar la poca recopilación de datos de la ciudad con respecto a las problemáticas que viva la ciudad cada vez que se presentan fuertes precipitaciones.

**Figura 11.** Respuesta de la Secretaria Municipal de Cúcuta.

 <p><b>FALCaldía DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA</b></p>	 <p><b>CÚCUTA 2050. ESTRATEGIA DE TODOS</b></p>
<p>San José de Cúcuta,</p> <p>Señor <b>ALVARO SNEYDER RUIZ RIVERA</b> Estudiante UNIPAMPLONA Programa de Ingeniería Civil. e-mail: <a href="mailto:alvaro.ruiz@unipamplona.edu.co">alvaro.ruiz@unipamplona.edu.co</a> - Cel. 3216630241 Ciudad.</p>	<p><b>Rad No. 2021-802-105806-1</b> 2021-11-17 10:29 - SUBAMBIENTE Depen. Envía: SUBSECRETARIA DE MED OC Destinatario: ALVARO SNEYDER RUIZ Asunto: Solicitud de Informa Folios: 2 A/RKCN:</p>
<p>REFERENCIA: Oficios radicado No. 20211100623702</p> <p>ASUNTO: Solicitud de Información de estudios y diseños Sistema pluvial Avenida Libertadores Calle 2N – Canal Bogotá.</p> <p>Atento saludo;</p> <p>Por medio de la presente, y dando alcance al oficio de la referencia, me permito informarle que, revisado el archivo digital de la Secretaría de Infraestructura, no se encontró soportes técnicos de la infraestructura pluvial existente en la Avenida Libertadores; La Construcción de la Avenida Libertadores data desde los años 1970, obras que en su momento fueron contratadas por el Ministerio de Obras Públicas, entidad que era del orden nacional.</p> <p>CORPONOR, realizó estudios y diseños del sistema Pluvial de la Calle 2N (Avenida D – Río Pamplonita), información que puede ser consultada en dicha entidad; Este estudio seguramente modifica los caudales que llegan de las áreas adyacentes a la avenida libertadores.</p> <p>Sin otro particular,</p> <p>Atentamente;</p> <p style="text-align: center;"></p> <p><b>Ing. ANGEL ANDREY EDER BOHORQUEZ JAUREGUI</b> Subsecretario de Medio Ambiente – SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA</p> <p>Anejo: NA. 800-</p>	<p style="text-align: center;">        Secretaria de Infraestructura Municipal        Calle 10 806-16, edificio Centro Empresarial        Bloque B del Hotel Tonchalá, piso 4.         www.cucuta-nortedesantander.gov.co     </p>

Fuente: Secretaria de Infraestructura Municipal de Cúcuta.

## 6.2 Salidas de reconocimiento y recolección de información a la zona afectada.

Para la recolección de información en campo se realizaron varias visitas a la zona de afectación la cual inicialmente se dividió en 3 sectores, se realizó una salida a campo al primer sector, la cual comprende los barrios Prados del Norte y Tasajeros donde la zona la cual está marcada de color amarillo, abarca desde la calle 16 Norte hasta la calle 21 A Norte y desde la avenida 4 hasta el Canal Bogotá (figura 12), hablando con los habitantes de la zona de Prados del Norte me dijeron que ellos no sufrían de mayor inundación cuando se presentaban fuertes lluvias.

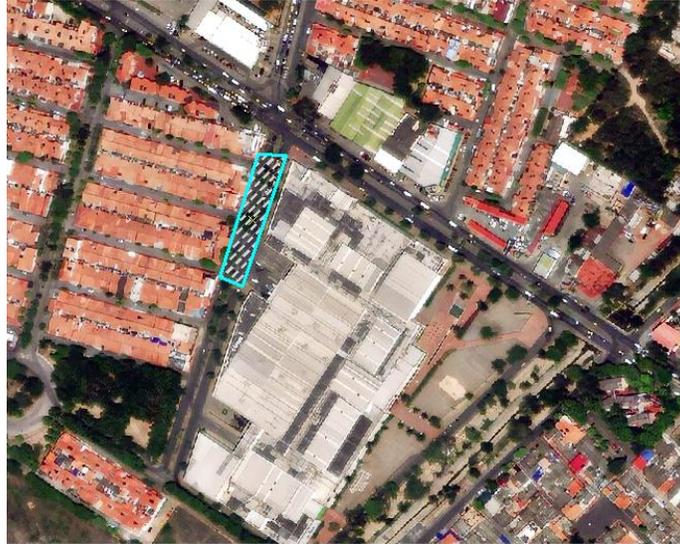
**Figura 12.** Primer sector barrio Prados del Norte y Tasajeros



Fuente: Autor

En la avenida 2 al frente del centro comercial Unicentro desde la calle 21 A Norte hasta la calle 22 A Norte, se encontraron diferentes sumideros (ver figura 13-14), los cuales conectan con el canal Bogotá.

**Figura 13.** *Ubicación de los sumideros de la avenida 2.*



Fuente: Autor

Aunque varios de los sumideros se encontraban colmatados de basuras lo que podía perjudicar a la hora de la evacuación de las aguas lluvias como se puede apreciar en la figura 14A.

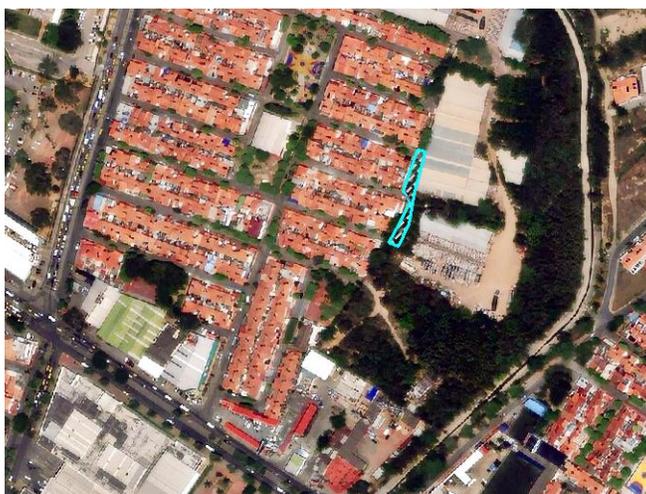
**Figura 14.** *Sumideros de Prados del Norte*



Fuente: Autor

En el barrio Tasajeros me informaron que ellos sufrían cuando caían fuertes precipitaciones ya que el colapso del canal Bogotá hacia que las aguas de la avenida libertadores se fueran para ese sector, el cual, aunque cuenta con sumideros los cuales están ubicados al final de las calles 21 Norte hasta la calle 22 (figura 15) algunos de ellos se encuentran en mal estado (figura 16).

**Figura 15.** *Ubicación de Sumideros Barrio Tasajeros*



Fuente: Propia

**Figura 16.** *Sumideros del barrio Tasajeros*



Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la figura 16 A en uno de los sumideros también se encuentra un canal donde pasa por una fábrica de cerámicas, dicho canal se encuentra cubierto de vegetación y en algunas partes se alcanza apreciar basuras que puede influir en la escorrentía superficial de la zona.

De la misma forma se realizó una salida para la segunda sección el cual comprende el barrio Zulima y la avenida Guaimaral, la zona enmarcada en la figura 17 de color amarillo, abarca desde la avenida 10 A Este hasta la avenida libertadores y desde la calle 9 A Norte hasta el canal Bogotá.

**Figura 17.** Sector 2 barrio Zulima y Av. Guaimaral.



Fuente: Autor

Allí pude comunicarme con el presidente del barrio Zulima, quien me contaba que cuando se presentaban fuertes precipitaciones esta zona, se inundan generando daños en los inmuebles, en los locales comerciales, así como a los microempresarios y también afectando la movilidad. (figura 18).

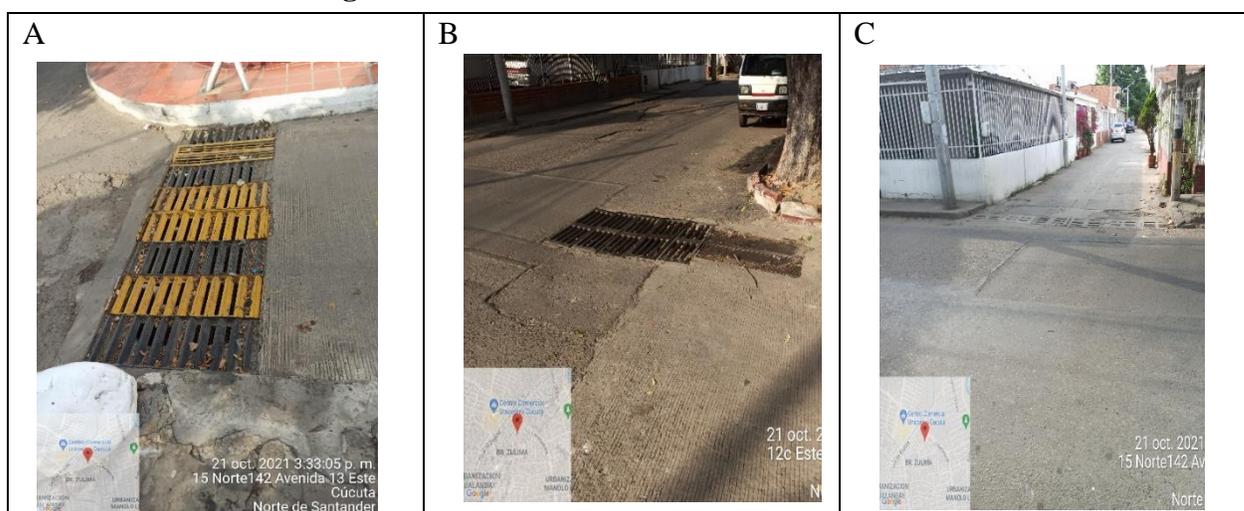
**Figura 18.** *Inundaciones del Barrio Zulima*



Fuente: Junta de Acción Comunal Barrio Zulima

En la figura 18 se puede apreciar las inundaciones que se presentan en la avenida 14 este con calle 15 Norte, además de ello se encontraron sumideros en la calle 18 Norte, pero no da abasto para toda la escorrentía superficial que por allí transcurre ya que algunos de esos sumideros están colmatados de basuras (figura 19) y según información dada por la secretaria de infraestructura municipal apenas se celebró un contrato con la EIS para el mantenimiento de los sumideros de ese sector.

**Figura 19.** *Sumideros del Barrio Zulima*



Fuente: Autor

Asimismo, se realizó la salida al tercer sector el cual está comprendido entre la avenida Libertadores y la avenida 18 Este y desde el canal Bogotá hasta la calle 9 B Norte como se muestra en la figura 20, allí desde la avenida 15 C Este hasta la Avenida 16 Este, entre la calle 20 Norte y la Avenida 16 se presentan empozamiento de aguas cuando se presentan fuertes precipitaciones debido a la pendiente del sector según me comentan los habitantes, además de ello en esa zona no se encuentran sumideros o algún tipo de colector que evacue esa escorrentía, de acuerdo con toda la información recolectada gran parte de este sector la escorrentía superficial va hacia el río Pamplonita.

**Figura 20.** Tercer sector avenida Libertadores y urbanización Niza



Fuente: Autor

### **6.3 Levantamiento topográfico de la zona de estudio para luego ser procesado con la ayuda de un computador.**

Dado que no hay una persona capacitada para operar el dron, no es posible obtener un permiso de vuelo civil porque es un requisito previo, por lo que se ha buscado otras soluciones a lo cual se llegó a manejar un DEM (modelo elevación digital) de ALOS PARSAL, el cual es uno de varios recursos cartográficos incluidos en los productos satelitales ALOS de la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA), que adquirió imágenes de radar entre 2006 y 2011. Para esta investigación se realizó una comparación entre las imágenes satelitales por medio de Google Earth observando que la zona de estudio del año 2011 ilustrada en la figura 21, no presenta mayor novedad a la tomada en el año 2021 que se puede apreciar en la figura 22.

A bordo lleva tres sensores, “el PRISM para imágenes pancromáticas, el radar de apertura sintética PALSAR y el radiómetro AVNIR. Los instrumentos a bordo han suministrado

los DEM multitemporales además de otros productos SAR que podremos descargar en diversas resoluciones, formatos y niveles de producto” (Roberto, 2018).

**Figura 21.** Imagen satelital de la zona de estudio del año 2011



Fuente: Google Earth Pro

**Figura 22.** Imagen satelital de la zona de estudio del año 2021.



Fuente: Google Earth Pro

#### 6.4 Identificar el uso de los suelos y puntos importantes de la zona de estudio para marca los puntos o áreas de entrada y descarga de agua de lluvia en la cuenca.

Primeramente, se realizó visitas en campo donde se identificaron los diferentes usos de suelo, como lo son la zona permeable que se ilustran en la figura 23, dentro de la cuales se pudo observar zonas verdes, parques, canchas de arena y dentro de las zonas impermeables se tiene las canchas de cemento, las vías en asfalto y concreto además de ello se identificaron las viviendas que tenían tejas de barro y tejas de asbesto cemento.

**Figura 23.** *Zonas impermeables de la Cuenca*



Fuente: Autor

Mediante la implementación del software ARCGIS se realizó una clasificación supervisada y no supervisada la cual permite realizar una exploración de diferentes tipos de atributos o clases mediante a análisis estadístico multivariante, proceso por el cual se identifican los valores de cada pixel de una imagen ráster para hacer un análisis de clasificación de clases. Este procedimiento es útil para crear automáticamente mapas de vegetación o uso del suelo.

La clasificación supervisada en ArcGIS hace posible clasificar los datos ráster por cada píxel de una celda, lo que requiere un conocimiento previo de los tipos de áreas de estudio (uso actual de la tierra). Se deben registrar las puntuaciones y asignar un valor numérico a cada categoría como se puede observar en la figura 24.

Figura 24. Clasificación supervisada



Fuente: Autor

Así mismo para la clasificación no supervisada en ArcGIS, no especifica ninguna prioridad para la obtención de capas, es decir, lo hace en base a la probabilidad, lo que lleva a la reclasificación del mapa de bits y la opción de crear archivo de texto respectivamente, para realizar esta acción se utiliza la herramienta Iso Cluster Unsupervised Classification (figura 25).

El problema con el archivo \*.shp obtenido del ráster es que la gran cantidad de polígonos pequeños, pero al mismo tiempo crea errores en el cálculo y visualización visual de defectos, para corregir este error mediante eliminar la generalización de la herramienta, todos Los registros especificados en la hoja de cálculo de acuerdo con un valor mínimo predefinido ejemplo de 100 m2 hacia abajo, para generalizar el shapefile, se puede aplicar tantas veces como sea necesario hasta obtener el resultado requerido.

**Figura 25.** Clasificación no supervisada.



Fuente: Autor

## 6.5 Procesamiento de la información recolectada mediante software especializados<sup>7</sup>

Una vez obtenido el modelo digital de elevación (DEM) descargado de Alos Palsar de la ciudad de Cúcuta, se sube al sistema de información geográfico (ArcGIS) para hacer uso de las herramientas para recortar y obtener el DEM Preliminar de la zona de estudio, como se muestra en la figura 26.

**Figura 26.** Modelo Digital de Elevación Preliminar.



Fuente: Autor

Con el modelo digital de elevación preliminar obtenido anteriormente, se utilizan las herramientas hidrológicas del sistema de información geográfico (ArcGIS) para delimitar la zona de estudio y conocer los puntos de entrada y salida de la misma. Inicialmente, se conoce las zonas de la cuenca por donde el flujo descargaría el agua de lluvia al canal Bogotá y al río pamplonita, como se muestra a continuación.

**Figura 27.** Direcciones del flujo en la cuenca



Fuente: Autor

En la figura 27, se puede observar como la cuenca se divide en dos subcuencas, donde el agua de lluvias de la subcuenca en color verde no genera influencia en la zona de estudio, debido a que descarga el agua en el río pamplonita, esto se puede constatar en las salidas de campo donde se encontró la existencia de un canal por la calle 9 Norte que permite el transporte del agua hasta el río pamplonita pasando por debajo de la avenida libertadores (Figura 28).

**Figura 28.** *Canal de Aguas Lluvias*

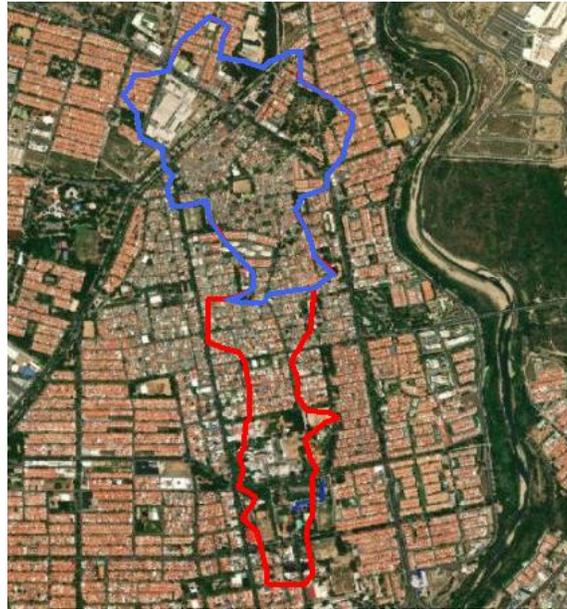


Fuente: Google Maps

De igual forma, se dividió la subcuenca en color rojo que influye directamente en la zona de estudio, ya que su extensión es muy grande y para la simulación de la lluvia en un software de simulación hidráulica e hidrológica el costo computacional sería muy alto, por la anterior, la subcuenca se dividió en dos subcuencas más pequeñas.

En la figura 29, se puede observar la división de la subcuenca aplicando las herramientas del sistema de información geográfico, el área que está en color rojo es la subcuenca aguas arriba, en la cual se realizaría una simulación en el software a una escala mayor con el fin de conocer el valor del caudal de entrada, permitiendo conocer los puntos de entrada a la cuenca en estudio (subcuenca en color azul).

**Figura 29.** División de la subcuenca.



Fuente: Autor

Una vez se conoce la subcuenca la cual tiene un área aproximada de 0,57 kilómetros cuadrados, se inicia ejecutando el GeoSwmm dentro de ARCGIS y creando una data de Subcatchments en donde se le van a anexar los datos, se empiezan a dividir en pequeñas manzanas con el fin de instruirle todos los parámetros necesarios para el modelo (Figura 30). Una vez se obtengan todos los polígonos se abre la tabla de atributos con el fin de analizar y completar los datos de cada manzana (Figura 31).

**Figura 30.** *Subcuenca dividida en manzanas*



Fuente: Autor

**Figura 31.** *Tabla de atributos de la Subcuenca*

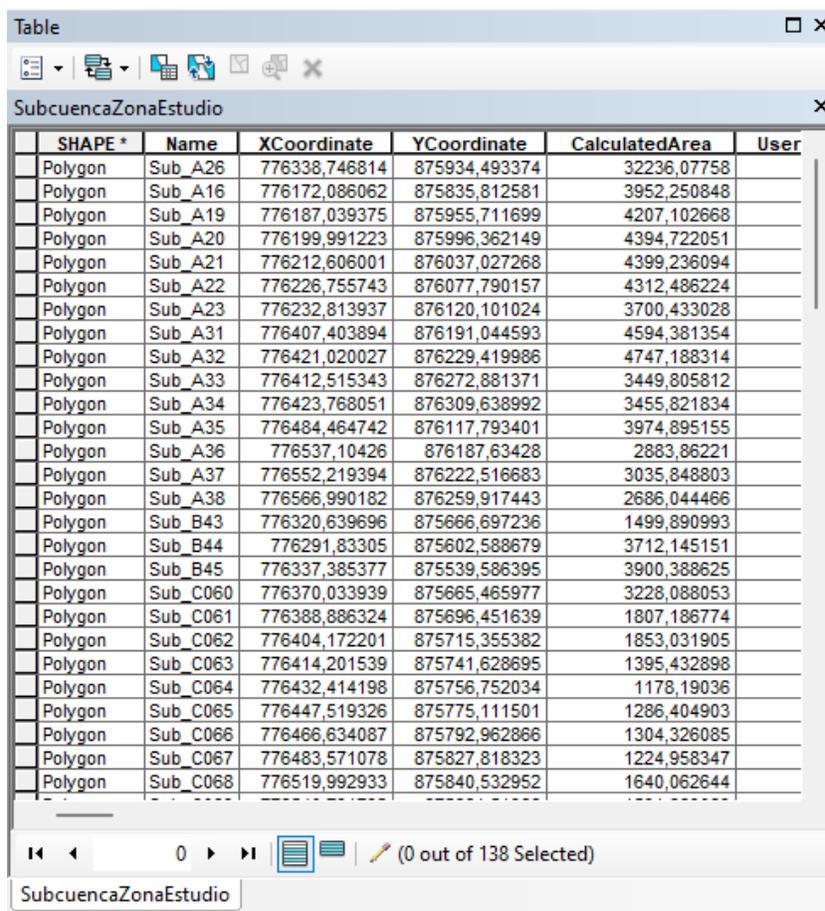
OBJECTID *	SHAPE *	Name
1	Polygon	Sub_A26
2	Polygon	Sub_A16
3	Polygon	Sub_A19
4	Polygon	Sub_A20
5	Polygon	Sub_A21
6	Polygon	Sub_A22
7	Polygon	Sub_A23
8	Polygon	Sub_A31
9	Polygon	Sub_A32
10	Polygon	Sub_A33
11	Polygon	Sub_A34
12	Polygon	Sub_A35
13	Polygon	Sub_A36
14	Polygon	Sub_A37
15	Polygon	Sub_A38
16	Polygon	Sub_B43
17	Polygon	Sub_B44
18	Polygon	Sub_B45
33	Polygon	Sub_C060
34	Polygon	Sub_C061
35	Polygon	Sub_C062
36	Polygon	Sub_C063
37	Polygon	Sub_C064
38	Polygon	Sub_C065
39	Polygon	Sub_C066

(0 out of 138 Selected)

Fuente: Autor

Del mismo modo una vez se encuentra abierta la tabla de atributos se empieza a calcular los datos requeridos, como las coordenadas tanto en (X) como en (Y) y el área de cada polígono como se muestra en la figura 32, las coordenadas están calculadas en metros y el área en metros cuadrados.

**Figura 32.** Datos de las coordenadas (x,y) y área de los polígonos.



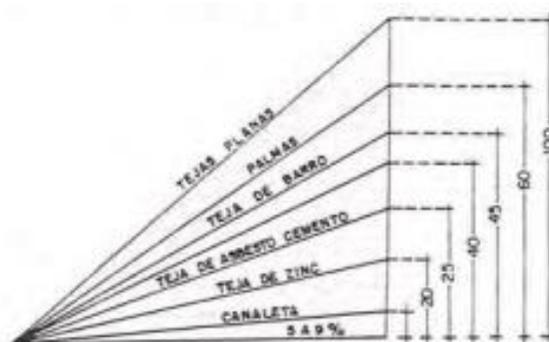
SHAPE *	Name	XCoordinate	YCoordinate	CalculatedArea	User
Polygon	Sub_A26	776338,746814	875934,493374	32236,07758	
Polygon	Sub_A16	776172,086062	875835,812581	3952,250848	
Polygon	Sub_A19	776187,039375	875955,711699	4207,102668	
Polygon	Sub_A20	776199,991223	875996,362149	4394,722051	
Polygon	Sub_A21	776212,606001	876037,027268	4399,236094	
Polygon	Sub_A22	776226,755743	876077,790157	4312,486224	
Polygon	Sub_A23	776232,813937	876120,101024	3700,433028	
Polygon	Sub_A31	776407,403894	876191,044593	4594,381354	
Polygon	Sub_A32	776421,020027	876229,419986	4747,188314	
Polygon	Sub_A33	776412,515343	876272,881371	3449,805812	
Polygon	Sub_A34	776423,768051	876309,638992	3455,821834	
Polygon	Sub_A35	776484,464742	876117,793401	3974,895155	
Polygon	Sub_A36	776537,10426	876187,63428	2883,86221	
Polygon	Sub_A37	776552,219394	876222,516683	3035,848803	
Polygon	Sub_A38	776566,990182	876259,917443	2686,044466	
Polygon	Sub_B43	776320,639696	875666,697236	1499,890993	
Polygon	Sub_B44	776291,83305	875602,588679	3712,145151	
Polygon	Sub_B45	776337,385377	875539,586395	3900,388625	
Polygon	Sub_C060	776370,033939	875665,465977	3228,088053	
Polygon	Sub_C061	776388,886324	875696,451639	1807,186774	
Polygon	Sub_C062	776404,172201	875715,355382	1853,031905	
Polygon	Sub_C063	776414,201539	875741,628695	1395,432898	
Polygon	Sub_C064	776432,414198	875756,752034	1178,19036	
Polygon	Sub_C065	776447,519326	875775,111501	1286,404903	
Polygon	Sub_C066	776466,634087	875792,962866	1304,326085	
Polygon	Sub_C067	776483,571078	875827,818323	1224,958347	
Polygon	Sub_C068	776519,992933	875840,532952	1640,062644	

Fuente: Autor

Seguidamente se ingresan los valores de SlopenInPorcentage el cual hace referencia a la pendiente de cada polígono y teniendo en cuenta que la mayoría de los polígonos se conforma de viviendas se realizó una búsqueda con el fin de encontrar las pendientes recomendadas para los

diferentes tipos de cubierta basados en el libro de construcción autogestionada del Sena se tomaron los valores los cuales se presentan en la figura 33.

**Figura 33.** Pendientes para los diferentes tipos de Cubiertas



Fuente: construcción autogestionada del Sena.

Además de ellos junto con la clasificación supervisada y no supervisada se calcula el porcentaje de área de las zonas impermeables (Figura 34).

**Figura 34.** Porcentajes de las zonas impermeables.

OBJEC	SHAPE *	Name	ImperviousInPercentage	N
1	Polygon	Sub_A26	90	
2	Polygon	Sub_A16	90	
3	Polygon	Sub_A19	90	
4	Polygon	Sub_A20	90	
5	Polygon	Sub_A21	90	
6	Polygon	Sub_A22	90	
7	Polygon	Sub_A23	90	
8	Polygon	Sub_A31	90	
9	Polygon	Sub_A32	90	
10	Polygon	Sub_A33	90	
11	Polygon	Sub_A34	90	
12	Polygon	Sub_A35	90	
13	Polygon	Sub_A36	90	
14	Polygon	Sub_A37	90	
15	Polygon	Sub_A38	90	
16	Polygon	Sub_B43	90	
17	Polygon	Sub_B44	90	
18	Polygon	Sub_B45	90	
33	Polygon	Sub_C060	90	
34	Polygon	Sub_C061	90	
35	Polygon	Sub_C062	90	
36	Polygon	Sub_C063	90	
37	Polygon	Sub_C064	90	
38	Polygon	Sub_C065	90	
39	Polygon	Sub_C066	90	
40	Polygon	Sub_C067	90	
41	Polygon	Sub_C068	90	

Fuente: Autor

Luego se requiere el N imperv y N perv el cual hace referencia a la rugosidad, fue tomado del RAS (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico) que en su título D en la Tabla D.4.14 contiene los Coeficientes de rugosidad de Manning en el cual se aprecian los N para los diferentes tipos de recubrimientos (Figura 35).

**Figura 35.** *Tabla de los Coeficientes de Impermeabilidad y permeabilidad de Manning*

OBJEC	SHAPE *	Name	N Imperv	N Perv	D:
1	Polygon	Sub_A26	0,013	0,022	
2	Polygon	Sub_A16	0,013	0,022	
3	Polygon	Sub_A19	0,013	0,022	
4	Polygon	Sub_A20	0,013	0,022	
5	Polygon	Sub_A21	0,013	0,022	
6	Polygon	Sub_A22	0,013	0,022	
7	Polygon	Sub_A23	0,013	0,022	
8	Polygon	Sub_A31	0,013	0,022	
9	Polygon	Sub_A32	0,013	0,022	
10	Polygon	Sub_A33	0,013	0,022	
11	Polygon	Sub_A34	0,013	0,022	
12	Polygon	Sub_A35	0,013	0,022	
13	Polygon	Sub_A36	0,013	0,022	
14	Polygon	Sub_A37	0,013	0,022	
15	Polygon	Sub_A38	0,013	0,022	
16	Polygon	Sub_B43	0,013	0,022	
17	Polygon	Sub_B44	0,013	0,022	
18	Polygon	Sub_B45	0,013	0,022	
33	Polygon	Sub_C060	0,013	0,022	
34	Polygon	Sub_C061	0,013	0,022	
35	Polygon	Sub_C062	0,013	0,022	
36	Polygon	Sub_C063	0,013	0,022	
37	Polygon	Sub_C064	0,013	0,022	
38	Polygon	Sub_C065	0,013	0,022	
39	Polygon	Sub_C066	0,013	0,022	
40	Polygon	Sub_C067	0,013	0,022	
41	Polygon	Sub_C068	0,013	0,022	

Fuente: Autor

Para lo que tiene que ver con Dstore imperv y Dstore perv hace referencia a la capacidad de encharcamiento que se encuentra en la cuenca por lo general según el manual del SWMM nos recomienda usar un 0,05%.

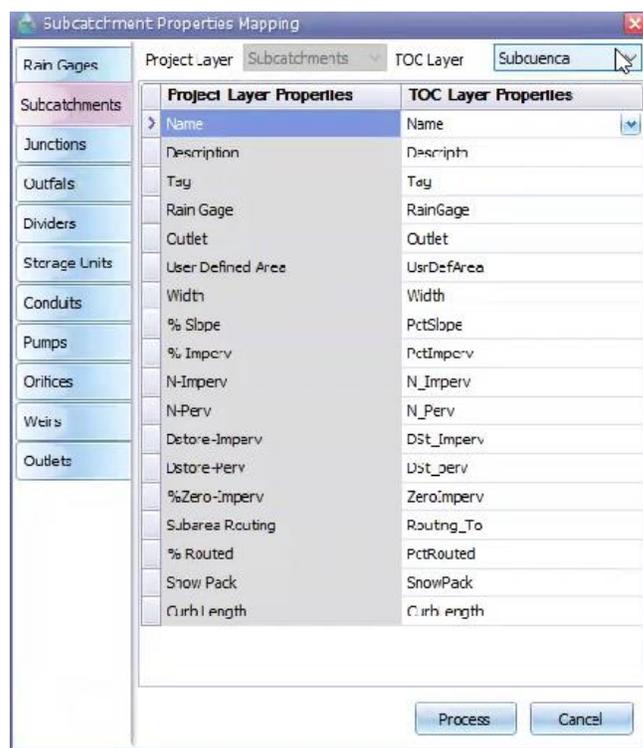
**Figura 36.** *Tabla de Dstore imperv y Dstore perv.*

OBJEC	SHAPE *	Name	Dstore Imperv	Dstore Perv
1	Polygon	Sub_A26	0,05	0,05
2	Polygon	Sub_A16	0,05	0,05
3	Polygon	Sub_A19	0,05	0,05
4	Polygon	Sub_A20	0,05	0,05
5	Polygon	Sub_A21	0,05	0,05
6	Polygon	Sub_A22	0,05	0,05
7	Polygon	Sub_A23	0,05	0,05
8	Polygon	Sub_A31	0,05	0,05
9	Polygon	Sub_A32	0,05	0,05
10	Polygon	Sub_A33	0,05	0,05
11	Polygon	Sub_A34	0,05	0,05
12	Polygon	Sub_A35	0,05	0,05
13	Polygon	Sub_A36	0,05	0,05
14	Polygon	Sub_A37	0,05	0,05
15	Polygon	Sub_A38	0,05	0,05
16	Polygon	Sub_B43	0,05	0,05
17	Polygon	Sub_B44	0,05	0,05
18	Polygon	Sub_B45	0,05	0,05
33	Polygon	Sub_C060	0,05	0,05
34	Polygon	Sub_C061	0,05	0,05
35	Polygon	Sub_C062	0,05	0,05
36	Polygon	Sub_C063	0,05	0,05
37	Polygon	Sub_C064	0,05	0,05
38	Polygon	Sub_C065	0,05	0,05
39	Polygon	Sub_C066	0,05	0,05
40	Polygon	Sub_C067	0,05	0,05
41	Polygon	Sub_C068	0,05	0,05

Fuente: Autor

Una se obtenga todos lo valores de la tabla de atributos requeridos en la subcuenca se procede a exportar esa subcuenca, con el fin de configurar todos los parámetros (Figura 37), para después generar un archivo el cual se puede abrir en el SWMM optimizando el tiempo ya que no se tendría que anexar los parámetros de forma manual.

**Figura 37.** *Parámetros de la Subcuenca en estudio.*



Fuente: Autor

## 7 Conclusiones

- Uno de los factores más influyentes en las inundaciones que se presentan en la zona de estudio es la falta de información y la mala planificación del crecimiento de la ciudad, ya que no se cuenta con un catastro de las redes de alcantarillado pluvial existente, los entidades públicas encargadas no tienen conocimiento como el agua de precipitación que cae a la zona de estudio se evacua, lo que provoca un total abandono al sistema que al final es la principal causa que se presenten inundaciones en la zona..
- Dada la escasa información que se encuentra recolectada en las entidades públicas de la ciudad, acerca del catastro de las redes de alcantarillado y de los sumideros, se puede analizar que quedan factores a la deriva, debido a la falta de interés que presentan estos entes territoriales para realizar una buena planificación que permita brindar una solución viable a la comunidad de la zona de estudio.
- Mediante las visitas a campo y con la clasificación supervisada y no supervisada se pudo realizar una discretización de las zonas permeables e impermeables de la subcuenca obteniendo las áreas y además su porcentaje con el fin de cargar eso datos en el modelo. Se obtuvo un porcentaje del 58.62% del área impermeable del cual se distribuyó de la siguiente manera, tejas de barro 23,59%, tejas de asbesto cemento 20.9% y láminas de zinc estructural 14.13%. El área permeable en la zona alcanzo un 41,38% esto debido a que en la clasificación supervisada y en la imagen satelital las vías de la subcuenca son bastante arbolizadas.
- Con las salidas de campo realizada se obtuvo que en la Subcuenca se encuentran catorce sumideros de los cuales cinco están colmatados de basuras, desperdicios y residuos sólidos, cuatro de ellos su estructura se encuentra en mal estado y los otros

cinco se observan en buen estado, por ende, debido a que la mayoría no están en buen funcionamiento genera inundaciones.

- Se evidencia que en el barrio Zulima desde la calle 15 Norte hasta el canal Bogotá y desde la avenida 12 C Este hasta la avenida libertadores se presentan la acumulación de aguas provenientes de las precipitaciones debido a que la pendiente de esta zona es la más baja de subcuenca y los sumideros de la zona se encuentran colmatados de basura, residuos sólidos y entre otros.

## 8 Recomendaciones

- Se recomienda a los entes correspondientes una constante revisión de los sumideros, en cuanto a mantenimiento y cuidado, pues hasta el momento es el único sistema de evacuación que presenta la ciudad.
- Se recomienda que para nuevos proyectos urbanísticos en la ciudad se tengan en cuenta la implementación de los SUDS (Sistemas Urbanos de Drenajes Sostenibles), como medida de prevención para las inundaciones.
- Se recomienda a las entidades públicas realizar un catastro de las redes de alcantarillado pluvial de la ciudad y de los sumideros, con el fin de que estas puedan ser usadas para futuras investigaciones.

## Referencias

- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental. (2011). Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372018000200133#B42](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372018000200133#B42)
- EPA. (2015). *Storm Water Management Model*. Obtenido de [https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5\\_1\\_manual\\_master\\_8-2-15.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-02/documents/epaswmm5_1_manual_master_8-2-15.pdf)
- GeoSWMM. (2015). *GeoSWMM (Modelo geoespacial de gestión de aguas pluviales)*. Obtenido de <https://help.geoswmm.com/>
- Olaya, V. (2014). *Sistema de información Geográfica*. Obtenido de [https://www.icog.es/TyT/files/Libro\\_SIG.pdf](https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf)
- Roberto. (2018). *Descarga ALOS PALSAR DEM a 12,5 m y 30 m*. Obtenido de <http://www.gisandbeers.com/descarga-alos-palsar-dem-alta-resolucion/>
- Rodriguez, M., & Huerta, J. (2016). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA*. Obtenido de [file:///C:/Users/ACER/Documents/Ponencia\\_130.pdf](file:///C:/Users/ACER/Documents/Ponencia_130.pdf)
- Valera. (2016). *Las arcillas de las formaciones geológicas de un área metropolitana, su uso en la industria cerámica e impacto en la economía regional*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372018000200133#B42](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372018000200133#B42)

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (12 de 2018 de Julio). Manejo de la escorrentía mediante Sistemas de Drenaje Sostenible (SUDS). Obtenido de

<https://www.camacolantioquia.org.co/2018/TECNICO/GuiasDeConstruccion/Fichas/3.5.3..pdf>

CENAPRED. (Agosto de 2009). Inundaciones. Obtenido de

[http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/377/1/images/folleto\\_i.pdf](http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/377/1/images/folleto_i.pdf)

Gobernacion de Norte de Santander. (Julio de 2020). Plan de desarrollo para Norte De Santander 2020-2023. Obtenido de [http://www.nortedesantander.gov.co/Portals/0/PDD%20Nds%202020-2023%20\(Ordenanza%20006%20de%202020\).pdf](http://www.nortedesantander.gov.co/Portals/0/PDD%20Nds%202020-2023%20(Ordenanza%20006%20de%202020).pdf)

IDEAM. (Septiembre de 2014). IDEAM. Obtenido de CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE NORTE DE SANTANDER:

<http://www.ideam.gov.co/AtlasWeb/info/Textos/Departamentos/memoNORTESANTANDER.pdf>

IDIGER. (2016). Riego por inundacion. Obtenido de <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>

IPCC. (2013). Glosario. Obtenido de

[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf)

La Opinion . (17 de Febrero de 2021). Guaimaral, un barrio de Cúcuta forjado por sus habitantes. Obtenido de <https://www.laopinion.com.co/comunidad/guaimaral-un-barrio-de-cucuta-forjado-por-sus-habitantes>

Pabon, J., Eslava, J., & Gomez, R. (Octubre de 2001). Generalidades de la distribucion espacial y temporal de la temperatura del aire y precipitacion en Colombia. Obtenido de

[http://168.176.14.11/fileadmin/content/geociencias/revista\\_meteorologia\\_colombiana/numero04/04\\_05.pdf](http://168.176.14.11/fileadmin/content/geociencias/revista_meteorologia_colombiana/numero04/04_05.pdf)

PAVCO. (2013). Retención de aguas lluvia para reducir volúmenes de escorrentía. Obtenido de <https://pavcowavin.com.co/retencion-de-aguas-lluvia-para-reducir-volumenes-de-escorrentia>

Perales, S., Domenech, J., & Fernandez, E. (Junio de 2015). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en la hidrogeología urbana. Obtenido de <https://www.adta.es/actuaciones/agua/2011%2006%2015%20SistemasUrbanosDrenajeSostenible.pdf>

Permeabilidad. (Abril de 2021). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Permeabilidad>

Raiz, E. (Junio de 2021). Cartografía. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Cartograf%C3%ADa>

Tucci, C. (Marzo de 2006). Inundaciones Urbanas. Obtenido de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/gestion-de-inundaciones/gestion-de-inundaciones-urbanas-esp.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/gestion-de-inundaciones/gestion-de-inundaciones-urbanas-esp.pdf)

Zafra, C., Temprano, J., & Tejero, I. (2009). Evaluación de la contaminación por escorrentía urbana. Obtenido de Ingeniería e Investigación: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/4278/Evaluaci%C3%B3n+de+la+contaminaci%C3%B3n+por+escorrent%C3%ADa+urbana+Sedimentos+depositados+sobre+la+superficie+de+una+v%C3%ADa.pdf?sequence=1>

# Anexos

### **Anexo 1. Recopilación de la información de la zona**



### **Anexo 2. Visita a la zona de estudio ubicación de sumideros.**



Nota: Para ver las fotografías de la ubicación de los sumideros dar [Aquí](#)

Anexo 3. Deterioro de sumideros y colectores.

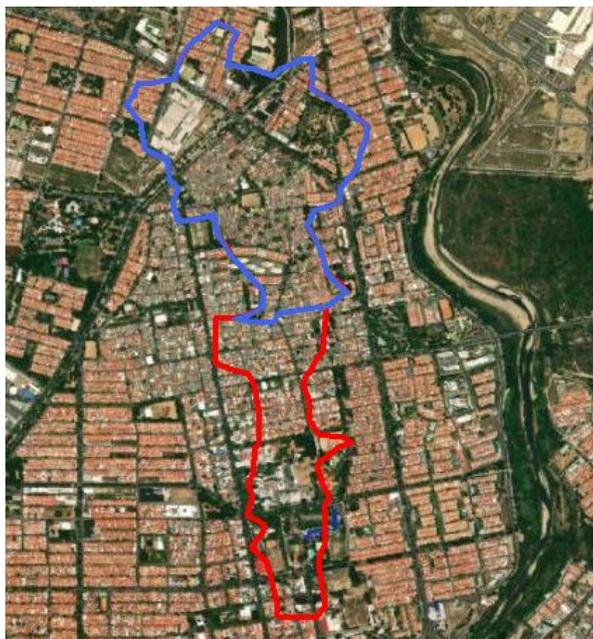


Anexo 4. Tabla de atributos de la Subcuenca.

OBJECTID	SHAPE	Name	XCoordinate	YCoordinate	CalculatedArea	SlopeinPercentage	ImperviousinPercentage	N Imperv	N Per	Dstore Imperv	Dstore Per	ZerolmperviousinPercentage	Subarea0
1	Polygon	Sub_A26	776335,746814	875834,493374	32226,07758	20	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
2	Polygon	Sub_A16	776172,108962	875835,812581	3852,250846	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
3	Polygon	Sub_A19	776187,039375	875955,711699	4207,102688	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
4	Polygon	Sub_A20	776199,991223	875998,362149	4394,722051	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
5	Polygon	Sub_A21	776212,606001	876037,027268	4399,236094	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
6	Polygon	Sub_A22	776226,755743	876077,790157	4312,486224	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
7	Polygon	Sub_A23	776232,813837	876120,101024	3706,433028	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
8	Polygon	Sub_A31	776407,403884	876191,044593	4594,381354	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
9	Polygon	Sub_A32	776421,020027	876229,419986	4747,188314	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
12	Polygon	Sub_A35	776484,464742	876117,793401	3974,895155	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
13	Polygon	Sub_A36	776537,104428	876187,634428	2883,86221	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
16	Polygon	Sub_B43	776320,839696	875666,897236	1499,890993	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
17	Polygon	Sub_B44	776291,83305	875602,588679	3712,145151	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
18	Polygon	Sub_B45	776337,385377	875539,586395	3900,388625	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
33	Polygon	Sub_C060	776370,033939	875665,465977	3226,088053	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
34	Polygon	Sub_C051	776380,898324	875698,451639	1807,198774	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
35	Polygon	Sub_C062	776404,172201	875715,355382	1853,031905	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
36	Polygon	Sub_C063	776414,201539	875741,628695	1395,432898	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
37	Polygon	Sub_C064	776432,414198	875756,752034	1178,19036	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
38	Polygon	Sub_C065	776447,519326	875775,111501	1286,404903	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
39	Polygon	Sub_C066	776466,634087	875792,962066	1304,326085	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
40	Polygon	Sub_C067	776483,871078	875827,818323	1224,958347	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
41	Polygon	Sub_C068	776519,992933	875840,532952	1640,062644	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
42	Polygon	Sub_C069	776540,791732	875861,511366	1591,863063	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
43	Polygon	Sub_C071	776416,948098	875648,220347	1216,21652	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
44	Polygon	Sub_C073	776452,698087	875621,603017	1656,107447	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
45	Polygon	Sub_C072	776453,912873	875684,853662	1135,626151	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
46	Polygon	Sub_C075	776507,339263	875643,313064	1254,85382	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
47	Polygon	Sub_C074	776474,388924	875686,577435	1364,594463	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
48	Polygon	Sub_C076	776498,208324	875711,950793	1810,932021	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
49	Polygon	Sub_C080	776480,698696	875755,399807	1439,973513	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
50	Polygon	Sub_C079	776527,968946	875729,484445	1508,120818	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
51	Polygon	Sub_C077	776532,003904	875655,749901	1383,092844	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
52	Polygon	Sub_C078	776541,444838	875681,690926	1149,321855	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
53	Polygon	Sub_C082	776550,411505	875773,024194	6182,381562	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
54	Polygon	Sub_C085	776594,411747	875810,283881	2205,069205	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
55	Polygon	Sub_C086	776619,257844	875833,845321	2892,815585	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
56	Polygon	Sub_C083	776634,274422	875717,881803	3441,033358	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
57	Polygon	Sub_C084	776672,93349	875736,231188	4069,596093	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
58	Polygon	Sub_C088	776702,575685	875760,649335	4311,759576	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
59	Polygon	Sub_C090	776423,138404	875575,593969	4204,77939	45	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
60	Polygon	Sub_C092	776513,585169	875590,846798	1907,110689	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
61	Polygon	Sub_C093	776525,105215	875559,854125	2124,727032	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET
62	Polygon	Sub_C094	776557,020686	875590,123075	850,954242	25	90	0.013	0.022	0.05	0.05	25	OUTLET

Nota: Dentro de la carpeta comprimida ARCGIS\_CUENCA Abrir el archivo Zona de estudio

### **Anexo 5. Delimitación de la Subcuenca**



Nota: Dentro de la carpeta comprimida ARCGIS\_CUENCA Abrir el archivo [Delimitacion\\_subcuenca](#)