

**ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE (SUDS) PARA
EVITAR RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LA LOCALIDAD DE BOSA.**

PRESENTADO POR:

SAIDDY JINLAY RAMIREZ SANCHEZ

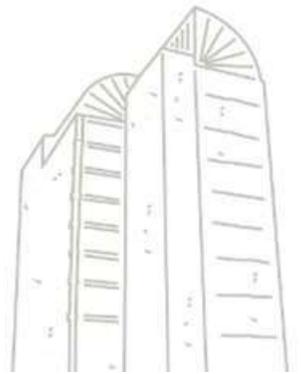
PAULA DANIELA RUBIO PEÑA

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

OCTUBRE 21 DEL 2022



**ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE (SUDS) PARA
EVITAR RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LA LOCALIDAD DE BOSA.**

TRABAJO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

SAIDDY JINLAY RAMIREZ SANCHEZ

PAULA DANIELA RUBIO PEÑA

DIRECTORA:

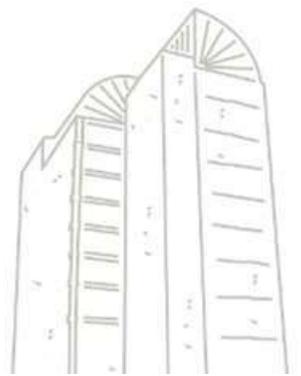
ING. YURI ALEJANDRA CAICEDO PÁEZ

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

OCTUBRE 21 DEL 2020

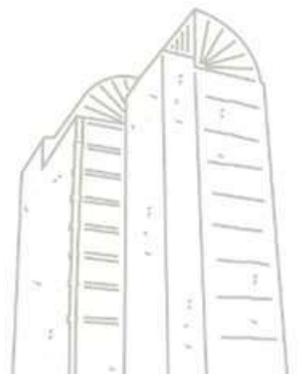


Nota de Aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, octubre de 2022.



AGRADECIMIENTOS

Desde pequeñas nos enseñaron a dar gracias a Dios por todas las cosas que pasan en nuestras vidas, ya sean buenas o malas. Por eso al ver el resultado logrado con este anhelado proyecto, solamente se nos ocurre una palabra: ¡Gracias!

En primer lugar, a la Ingeniera Yuri Alejandra Caicedo Páez agradecemos por sus orientaciones y confianza que nos brindó desde el primer instante que decidimos hacer el proyecto de grado con ella como directora, sin usted y sus virtudes, motivación, paciencia, respeto y constancia en este proyecto no se hubiese culminado de tan grandiosa manera. Sus aportes profesionales formaron una parte importante ya que fueron fundamentales para nosotras.

En segundo lugar, agradecemos a nuestras familias, padres y hermanos, que nos han acompañado durante todo el camino, dándonos su apoyo incondicional y la motivación necesaria para continuar en los momentos más difíciles, quienes en las noches sin dormir nos acompañaron y ayudaron. Hoy al concluir nuestros estudios, les dedicamos a ustedes este logro tan anhelado.

Agradecemos a la Universidad Piloto de Colombia por permitirnos formarnos como profesionales, enseñándonos desde el primer día la importancia de la ética y los valores para así crecer como personas y profesionales, a todos los docentes que nos acompañaron durante este proceso, con la enseñanza de sus valiosos conocimientos rigurosos y precisos, generando un crecimiento en nuestro ser como profesionales.

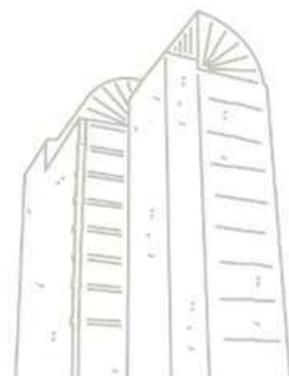
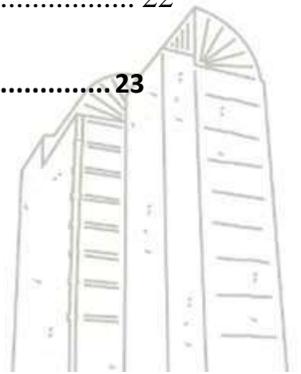
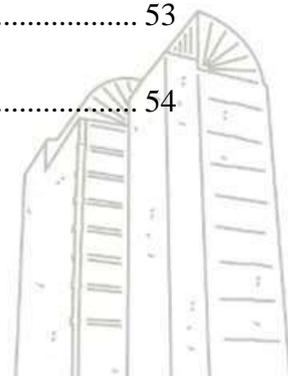


TABLA DE CONTENIDO

1.	PALABRAS CLAVE	10
2.	KEY WORDS	12
3.	RESUMEN	14
4.	ABSTRACT	15
5.	INTRODUCCIÓN.	16
6.	GENERALIDADES DEL PROYECTO	17
5.1	Línea De Investigación.....	17
5.2	Formulación Del Problema.	17
5.3	Antecedentes Y Justificación Del Estudio.	19
5.4	Objetivos	19
5.4.1	<i>Objetivo General</i>	19
5.4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	20
7.	MARCOS DE REFERENCIA	21
6.1	Marco Conceptual	21
6.1.1	<i>Ciclo Hidrológico</i>	21
6.1.2	<i>Alteraciones Hidrologías por la Urbanización</i>	21
6.1.3	<i>Escorrentía e Infiltración en el Área Urbana de Bogotá</i>	22
6.1.4	<i>Definición de SUDS</i>	22
6.2	Marco Teórico	23



6.2.1	<i>Tipología de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS):</i>	23
6.2.2	<i>Planificación de SUDS</i>	32
6.2.3	<i>Selección de SUDS en Países Empobrecidos</i>	33
6.2.4	<i>Análisis de las implicaciones hidrológico-hidráulicas de la implantación de SUDS en entornos urbanos.</i>	36
6.3	Marco Jurídico	37
6.4	Zona de Estudio	41
6.4.1	<i>Características Geográficas y Ambientales</i>	42
6.4.2	<i>Geomorfología y Suelos</i>	43
6.4.3	<i>Hidrología</i>	45
6.4.4	<i>Precipitación</i>	46
6.4.5	<i>Protección ambiental</i>	47
6.4.6	<i>Amenaza ambiental</i>	47
6.4.7	<i>Contaminación del Suelo</i>	47
6.5	Estado del Arte	48
8.	METODOLOGÍA	50
7.1	Fases del Proyecto de Grado	50
7.1.1	<i>Etapa descriptiva de los SUDS</i>	50
7.1.2	<i>Etapa de elegir el tipo de SUDS más adecuado</i>	53
7.1.3	<i>Etapa de esquematización del SUDS más adecuado para la zona</i>	54



7.2 Herramienta de esquematización..... 54

9. RESULTADOS..... 55

8.1 Selección de SUDS 55

8.2 Cálculos del Terreno..... 56

8.3 Resultados de la esquematización 65

10. CONCLUSIONES..... 68

11. RECOMENDACIONES..... 70

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 71

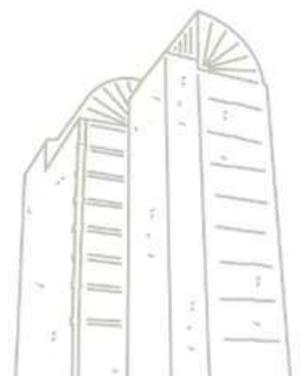
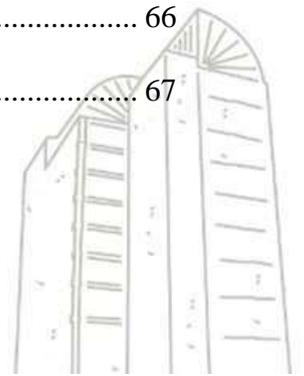


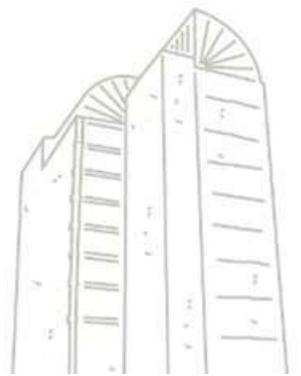
TABLA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Techos verde - SUDS</i>	24
Figura 2 <i>Cuneta Verde</i>	25
Figura 3 <i>Zonas o Filtro de Biorretención</i>	26
Figura 4 <i>Superficies Permeables</i>	27
Figura 5 <i>Esquema en Corte de Dren Filtrante</i>	27
Figura 6 <i>Humedal</i>	28
Figura 7 <i>Tanque tormenta</i>	29
Figura 8 <i>Pozos y Zanjas de Infiltración</i>	30
Figura 9 <i>Franjas Filtrantes</i>	32
Figura 10 <i>Escala Saaty</i>	35
Figura 11 <i>Mapa de la Localidad de Bosa</i>	44
Figura 12 <i>Localización Barrio San Bernardino, Bosa</i>	50
Figura 13 <i>Zona a Implementar la Zanjade Infiltración - Suds</i>	51
Figura 14 <i>Parque Central de Bosa - Zona a implementar el SUDS</i>	51
Figura 15 <i>Zona de estudio inundada (Barrio San Bernardino - Bosa)</i>	53
Figura 16 <i>Propuesta de Andén para la Construcción de la Zanja de Infiltración</i>	57
Figura 17 <i>Propuesta de Andén para la Construcción de la Zanja de Infiltración</i>	57
Figura 18 <i>Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d</i>	59
Figura 19 <i>Zanja, vista en planta</i>	65
Figura 20 <i>Detalle de la zanja</i>	66
Figura 21 <i>Detalle de la tubería de la zanja</i>	66
Figura 22 <i>Detalle de la tubería de la zanja</i>	67



LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 <i>Comparación de algunos Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)</i>	48
Tabla 2 <i>Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia</i>	60
Tabla 3 <i>Estación de precipitación máxima en 24 horas</i>	61
Tabla 4 <i>Análisis de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual</i>	62
Tabla 5 <i>Estación climatológica ordinaria mesetas intensidad-duración-frecuencia</i>	64



1. PALABRAS CLAVE

SUDS: Sistema Urbano de Drenaje Sostenible

Inundación: Áreas fuera de su estado natural cubiertas con grandes cantidades de agua

Zanjas Filtrantes: Tuberías subterráneas que distribuyen el agua uniformemente a través de un material filtrante.

Revit: Software de diseño inteligente que permite la modelación de infraestructura civil

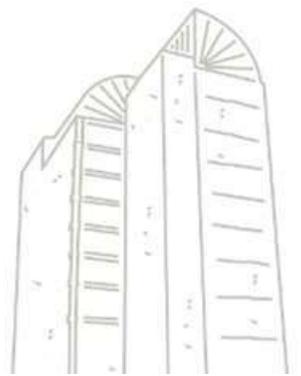
Precipitación: Es el producto de la condensación del vapor de agua atmosférico depositado en la superficie de la tierra

Sostenibilidad: Desarrollo capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades futuras

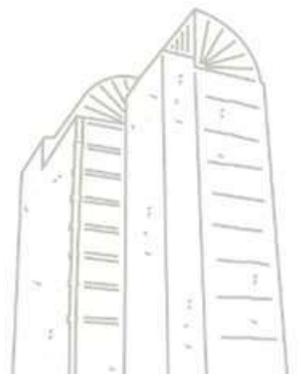
Aguas Pluviales: Aguas lluvias no absorbidas

Alcantarillado: Manejo y control adecuado de las aguas lluvias conduciéndolas hasta una fuente óptima

Damnificados: Padecimiento de un daño colectivo



Drenaje: Disposición de distintos materiales con el objetivo de eliminar agua de un terreno excesivamente húmedo o dar corriente a fuentes hídricas



2. KEY WORDS

SUDS: Sustainable Urban Drainage System

Flood: Areas out of their natural state covered with large amounts of water

Filter Trenches: Underground pipes that distribute water evenly through a filter material.

Revit: Intelligent design software that allows the modeling of civil infrastructure

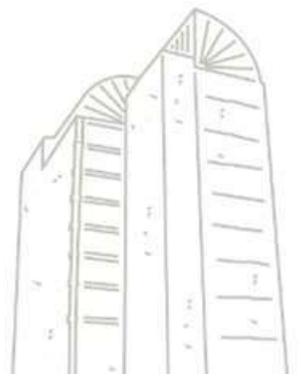
Precipitation: It is the product of the condensation of atmospheric water vapor deposited in the earth's surface

Sustainability: Development capable of satisfying current needs without compromising future resources and possibilities

Rainwater: Rainwater not absorbed

Sewerage: Adequate management and control of rainwater, leading it to an optimal source

Victims: Suffering from a collective damage



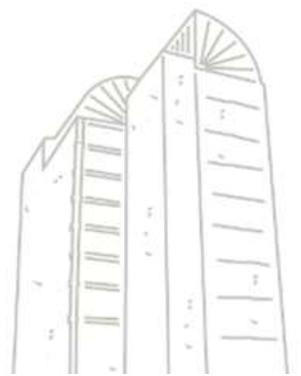
Drainage: Arrangement of different materials with the aim of removing water from excessively wet ground or giving current to water sources



3. RESUMEN

En la actualidad, la ciudad de Bogotá se ha convertido en un refugio para muchos migrantes de diferentes partes del país, lo que provoca un crecimiento exponencial en la población obligando la extensión de la urbanización, lo cual genera sectores sin una red de alcantarillado con la capacidad necesaria para soportar dicho crecimiento, esta problemática es más evidente en la temporada de lluvias debido a que se generan las inundaciones.

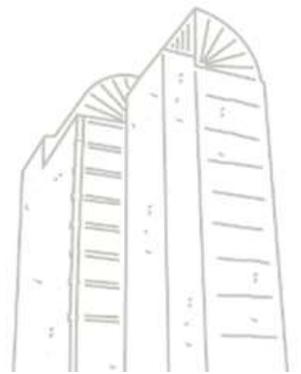
Con base en lo anterior, se vio la necesidad de generar un SUDS como alternativa de mitigación para las inundaciones en épocas de alta precipitación en el barrio San Bernardino ubicado en la localidad de Bosa ya que es una de las zonas más afectadas de la ciudad, para esto, se propone un tipo de SUDS (Sistema Urbano de Drenaje Sostenible) llamado zanjas de infiltración, el cual fue seleccionado después de un análisis de la zona, luego se comparan los diferentes tipos de SUDS, se escoge según sus ventajas y desventajas en relación con la zona de estudio. Por último, se hace un esquema en Revit donde se muestra una simulación de la implementación del SUDS elegido en la zona de estudio.



4. ABSTRACT

Currently, the city of Bogotá has become a refuge for many migrants from different parts of the country, which causes an exponential growth in the population, forcing the extension of urbanization, which generates sectors without a sewage network with the necessary capacity to support said growth, this problem is more evident in the rainy season due to the generation of floods.

Based on the above, it was seen the need to generate a SUDS as a mitigation alternative for floods in times of high rainfall in the San Bernardino neighborhood located in the town of Bosa, since it is one of the most affected areas of the city. For this, a type of SUDS (Sustainable Urban Drainage System) called infiltration ditches is proposed, which was selected after an analysis of the study of the area, then the different types of SUDS are compared, it is chosen according to its advantages and disadvantages in relation to the study area. Finally, a model is made in Revit where a simulation of the implementation of the SUDS chosen in the study area is shown.



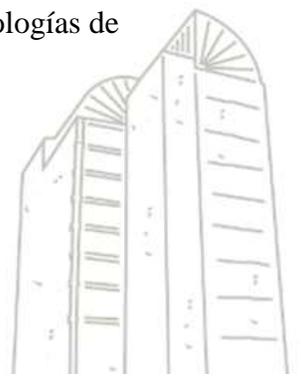
5. INTRODUCCIÓN.

Bogotá se localiza dentro de la zona de confluencia intertropical la cual cruza la ciudad dos veces al año, situación que influye en el comportamiento de las lluvias produciendo dos épocas de lluvias que popularmente se denominan invierno. La primera se presenta en los meses de marzo, abril y mayo, y la segunda en los meses de septiembre, octubre y noviembre. Especialmente hablando, la precipitación se caracteriza por valores medios que oscilan de 69 mm en la localidad de Bosa, al occidente, mientras que los valores medios alcanzan los 142 mm en el sector de Torca, al norte de la ciudad (IDEAM, 2015).

Conforme a lo anterior, una de las necesidades más importantes que tiene la ciudad de Bogotá en términos de clima es la amortiguación de aguas lluvias en el espacio público, sobre todo en los periodos de precipitación, debido a que el rápido desarrollo urbano ha generado la impermeabilización de la ciudad teniéndose pocas coberturas vegetales que ayuden a interceptar el agua lluvia (FOPAE, 2015).

Es frecuente ver las redes de alcantarillado desbordadas en tiempos de lluvia debido a los grandes volúmenes de agua pluvial, sobrepasando en muchas ocasiones la capacidad de los colectores y generando lo que en los últimos años se ha vuelto repetitivo en cada temporada invernal: inundaciones y encharcamientos en las vías y espacio público.

Por tal razón, la finalidad del siguiente proyecto de grado es comparar las tipologías de los SUDS y así concluir cual es el más adecuado para la zona de estudio.



6. GENERALIDADES DEL PROYECTO

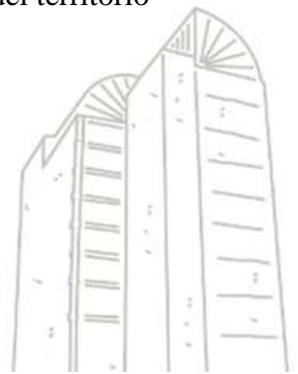
5.1 Línea De Investigación

Sostenibilidad de la infraestructura

5.2 Formulación Del Problema.

Para la primera mitad del siglo XX, Bosa era un municipio de cinco comunidades con una población no más de 20.000 habitantes, con una actividad económica principal de agricultura de subsistencia. También se destacó a partir de este momento que el gobierno del condado y los grupos religiosos eligieran la ubicación para el centro educativo más favorable, el que inicialmente permitía el acceso solo a los descendientes de la llamada nobleza criolla, compuesta por terratenientes, Jerarquía militar, jóvenes comerciantes, banqueros e industriales. (Hernandez, 2016).

En 1954, bajo la dirección del General Gustavo Rojas Pinillas, según decreto núm. 3640 Bosa fue incluida en la Región Especial de Bogotá por el Tratado No. 26, convirtiéndose en el séptimo de la ciudad. Posteriormente, con el acuerdo del 7 de septiembre de 1983 núm. 14, sus limitaciones fueron revisadas y menos extendidas. Según el acuerdo de 1993 no. 8, que redefine los límites de los territorios, actualmente hay 280 comunidades planificadas, de las cuales el 63% ha sido legalizado, el 23% está en proceso y el 14% no ha sido descubierto, cuenta con 726.293 habitantes, su extensión es de 2.466 hectáreas, correspondiente a un 2.87% del total del territorio del Distrito. (Hernandez, 2016).

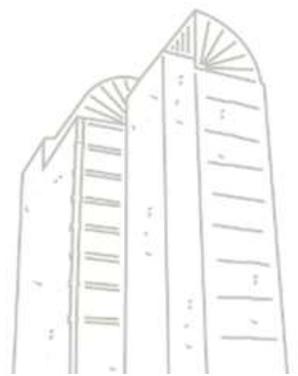


Actualmente, los habitantes expresan su inconformidad respecto a la precariedad que presentan frente al servicio de alcantarillado, esto debido a la falta de inversión por parte de la Alcaldía Local teniendo en cuenta que llevan 16 años sin una red adecuada de alcantarillado.

Las 18 mil personas afectadas cerca del sector de San Bernardino, incluido 15 barrios, tuvieron que sobrevivir a las inundaciones masivas que se produjeron durante la temporada de lluvias. Como alternativa para mitigar este fenómeno, se realizaron sistemas de alcantarillado artesanal, el cual colapsan cuando se presenta altas precipitaciones provocando inundaciones no solo de aguas lluvias sino también de aguas negras estas se rebosan en virtud de la baja capacidad del alcantarillado generando afectaciones de salud y convivencia. (Martínez, 2022)

De acuerdo con lo anterior, podemos deducir que los sistemas de drenaje presentes en la localidad no satisfacen las necesidades básicas de la comunidad en épocas de invierno además del aumento demográfico que se presenta en la zona, por esto se propone implementar un sistema urbano de drenaje sostenible que cumpla con la capacidad hidráulica adecuada para un correcto manejo del agua lluvia y con ello promover un espacio con las condiciones básicas de habitabilidad.

Para ello, la pregunta problema es la siguiente: ¿Cuál es la importancia de implementar un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible en la localidad de Bosa?



5.3 Antecedentes Y Justificación Del Estudio.

Mediante la expansión de la ciudad de Bogotá se generó la adición de los municipios aledaños, entre ellos Bosa, el cual no contaba con una red de alcantarillado preparado para dicha unión. Otro aspecto para tener en cuenta es el crecimiento de la población generado por el desplazamiento derivado del conflicto armado desarrollado en el país el cual genera condiciones de precariedad, pobreza y desolación obligando al desarrollo de barrios marginales (invasiones) carentes de las condiciones básicas como alcantarillado, acueducto, electricidad, entre otras. En la necesidad de una vinculación a la red pública de alcantarillado se generó un desbordamiento en la capacidad instalada, provocada por la ausencia de una adecuada planeación.

Por lo tanto, con la implementación de los SUDS se busca lograr un sistema de drenaje y alcantarillado pluvial para el control de inundaciones, con esto, se vería beneficiada la localidad de Bosa ya que, en los últimos años a raíz de la demanda de personas, se ha convertido en una localidad de gran fluencia económica y residencial.

Una vez implementados los SUDS en esta localidad se dará solución a las inundaciones presentadas en las épocas invernales, lo que conllevará al mejoramiento a las condiciones de salubridad, bienestar en la población y disminución en los tiempos de movilidad.

5.4 Objetivos

5.4.1 Objetivo General

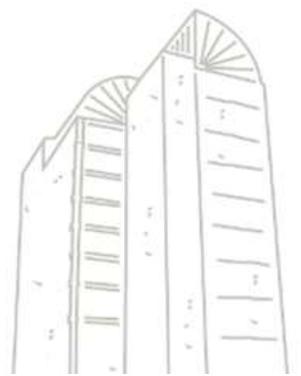
Identificar un diseño metodológico para la aplicación del Sistema de Drenaje Urbano



Sostenible, como alternativa para el drenaje Pluvial en la localidad de Bosa de la ciudad de Bogotá.

5.4.2 *Objetivos Específicos*

1. Identificar las tipologías del Sistema Urbano de Drenaje Sostenible más factible que se adecue con las necesidades de la localidad de Bosa.
2. Determinar el caudal e intensidad presentes en la zona de estudio
3. Disminuir el riesgo de inundaciones en la localidad de estudio mediante el esquema hidráulico.



7. MARCOS DE REFERENCIA

6.1 Marco Conceptual

6.1.1 *Ciclo Hidrológico*

Es el instrumento que transporta el agua a sus diferentes estados a través de la hidrosfera, sin tener un principio y un fin, caracterizándose por ser un proceso continuo. La precipitación puede ser obstruida por la vegetación teniendo la posibilidad de convertirse en escorrentía superficial sobre cuerpos de agua.

6.1.2 *Alteraciones Hidrologías por la Urbanización*

El proceso de urbanización, dadas las prácticas convencionales, conlleva la modificación de la cobertura del suelo, toda vez que las coberturas naturales son reemplazadas por materiales de mejor prestación ingenieril en cuanto a su resistencia mecánica y durabilidad, y que en su mayoría tienden a ser menos permeables. Esta alteración implica la modificación del comportamiento hidrológico de las microcuencas una vez son urbanizadas. Esto último se traduce en una modificación sustancial del hidrograma de respuesta de la cuenca durante un evento de precipitación, ya que se genera un caudal pico mayor al que se generaría en la cuenca en condición natural, también se reduce el tiempo de desfase de la cresta del hidrograma, es decir el tiempo de llegada de la caudal punta al punto de cierre o control de la microcuenca.

Adicionalmente se puede interpretar que la pendiente más pronunciada de la rama ascendente del hidrograma implica que la velocidad de llegada al referido punto es mucho mayor. Otro fenómeno es la disminución del caudal base o flujo base, 26 que es a la vez una disminución en



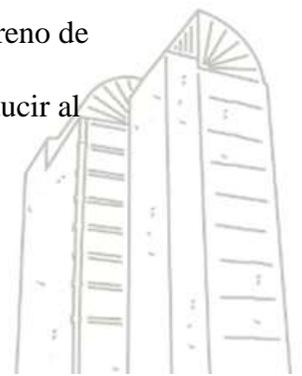
el volumen de infiltración, dada la condición de baja permeabilidad de la cuenca urbanizada, por lo cual también se presenta un aumento en la proporción del volumen de escorrentía, ya que en el área urbanizada la mayor parte del caudal fluye como escorrentía superficial (Jaume, 2016, pág. 29).

6.1.3 Escorrentía e Infiltración en el Área Urbana de Bogotá

Respecto al papel de la infiltración dentro del ciclo hidrológico, se resalta la condición específica del área rural de la cuenca del río Bogotá. Dada la cobertura de esta zona, el tipo de suelo y la topografía se configuran grandes áreas de infiltración que mitigan en gran medida el riesgo de inundación, áreas que se complementan con ríos, quebradas y humedales como reservorios en las temporadas invernales. Se tienen estimaciones del aporte de almacenamiento de escorrentía para la cuenca del río Bogotá, aguas arriba del casco urbano de la ciudad, distribuidas en un 47% del almacenamiento aportado por la cobertura vegetal distribuida en toda la cuenca, un 31.4% por infiltración en el suelo principalmente en los límites de la cuenca y en los cerros del norte, un 14.5% en las áreas de inundación natural en el centro y occidente de la cuenca y un 7.2% en cuerpos de agua de los cuales el 1.2% son humedales (Gunnell, Mulligan, Francis, & Hole, 2019, pág. 417)

6.1.4 Definición de SUDS

Los SUDS se definen como elementos integrantes de la infraestructura hidráulica urbana cuya misión es captar, retener, transportar, almacenar e infiltrar el agua pluvial al terreno de forma que permita eliminar, de modo natural, su carga contaminante e intente reproducir al



máximo el ciclo hidrológico natural previo al proceso urbanizador, los objetivos principales son respetar el régimen hidrológico natural o tratar de restaurarlo, preservar la calidad de las aguas, mejorar el valor del entorno y del paisaje y fomentar la reutilización del agua. (Hernández Samir, 2014, pág. 25).

6.2 Marco Teórico

6.2.1 Tipología de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS):

Estos techos proporcionan un conjunto de funciones adicionales a las de un techo convencional diseñándose y construyéndose con parámetros técnicos relativamente sencillos sin necesidad de utilizar tecnologías costosas o altamente especializadas.” (Gutierrez, 2008), además de esto la implementación de techos verdes es una estrategia frente a la reutilización de aguas de escorrentías para distintas ciudades.

Se clasifican de la siguiente manera:

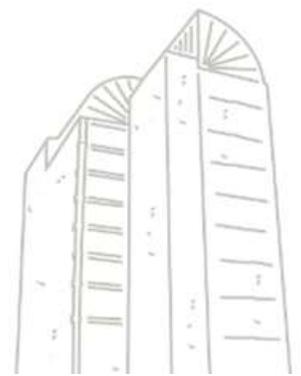
- Control en la fuente: Techos verdes, filtros/ bio retención, pavimentos permeables, drenes filtrantes, entre otras.
- Atenuación de crecientes y descargas controladas: Cuencas verdes, humedales, tanques tormenta, entre otras.
- Recarga de aguas subterráneas: Trincheras y zanjas de infiltración, cunetas verdes/infiltración, sistemas de bio retención, filtros verdes, embalse, entre otras.



6.2.1.1 Techos Verdes. Estos sistemas son altamente promovidos por sus amplios beneficios a las ciudades; entre estos, mejora en eficiencia energética (regula la temperatura), reduce el fenómeno urbano de "isla de calor" y genera más zonas verdes aptas para la recreación pasiva, las cuales generan un alto valor estético; adicionalmente, son atractivos por su capacidad de trata, balancear y reducir caudales pico de esorrentía. Los techos verdes actúan como un césped o prado en el cual se da almacenamiento de agua lluvia en el medio de crecimiento y áreas encharcadas. El exceso de lluvia ingresa a tuberías perforadas en la base del sistema y a tuberías de drenaje por desbordamiento, por medio de las cuales el agua es conducida al sistema de drenaje de la edificación. Como mecanismos de control, durante el evento de lluvia, el agua es evaporada, evapotranspirada o drenada lentamente la descripción de las tipologías de techos verdes y las recomendaciones de su implementación se encuentran en detalle en la Cartilla de Techos Verdes de la Secretaría Distrital de Ambiente, la cual se encuentra como anexo (EcoHabitar, 2012).

Figura 1

Techos verde - SUDS



Nota. Adaptado de *Eco Jardín Mágico*, 2021, Fuente (<https://www.ecojardinmagico.com/guia-para-hacer-un-techo-verde-todo-lo-que-ienes-que-saber-a-la-hora-de-hacerlo/>).

6.2.1.2 Cunetas Verdes. Son canales superficiales abiertos amplios y vegetados, diseñados para que la escorrentía circule lentamente promoviendo así la infiltración del agua lluvias, el filtrado de los contaminantes y la sedimentación de partículas en el suelo. Son un buen sistema de transporte de escorrentía, ya que proporcionan una mejora de la calidad del agua y pueden servir como pretratamiento mientras dirigen el agua hacia otro tipo de tratamiento. (Trapote Jaume & Fernández Rodríguez, 2016).

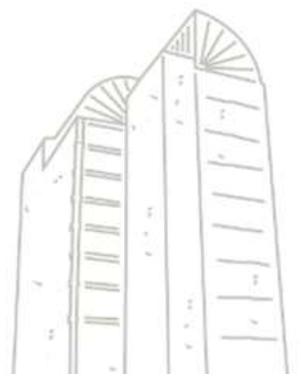
Figura 2

Cuneta Verde



Nota. Adaptado de *Revista Tecnociencia Universitaria Bolivia - Sistema de Drenaje Urbano Sostenible*, (s. f.). Fuente

(http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1991-64692015000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es#:~:text=Las%20cunetas%20verdes%20o%20vegetadas,de%20part%C3%ADculas%20en%20el%20suelo.)).



6.2.1.3 Zonas o Filtro de Biorretención. Zonas poco profundas donde se dispone de un sistema tricapa con dren inferior y cuyo funcionamiento depende de la composición de los suelos del sistema. Permite la remoción de contaminantes y disminuir los picos de caudal. (Abellán, 2016)

Figura 3

Zonas o Filtro de Biorretención



Nota. Adaptado de *Componentes de un área de biorretención*, Abellán, A, 2016, Fuente (<http://sudsostenible.com/componentes-tipicos-de-un-sistema-de-biorretencion/>).

6.2.1.4 Superficies Permeables. Son pavimentos que permiten el paso del agua a través de las capas que lo conforman. Según su diseño pueden ser implementados para reducir el volumen, generar tratamiento y controlar la descarga. Para tener correcto funcionamiento de los pavimentos porosos se debe tener en cuenta los aspectos físicos, ambientales, económicos y reglamentarios. (Abellán, 2016).

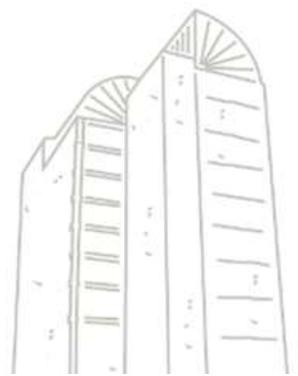


Figura 4

Superficies Permeables

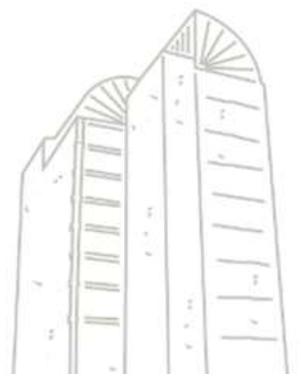


Nota. Adaptado de *Tipos de superficies permeables*, Abellán, A, 2016, Fuente (<http://sudsostenible.com/tipos-superficies-permeables/>).

6.2.1.5 Drenes Filtrantes. Están conformados por excavaciones poco profundas llenas de materiales pétreos gruesos que crean almacenamiento temporal subsuperficial. (Drenes filtrantes o franceses, 2016)

Figura 5

Esquema en Corte de Dren Filtrante



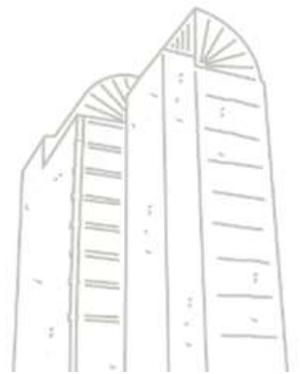


Nota. Adaptado de *Drenes filtrantes o franceses*, 2016, Fuente (<http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/drenes-filtrantes-o-franceses/>).

6.2.1.6 Humedales. Son áreas deprimidas que permiten el almacenamiento temporal del agua de escorrentía y cuentan con una piscina permanente o estacional. Los Humedales o lagos artificiales pueden considerarse como una forma particular de los pondajes húmedos; no obstante, estas estructuras incorporan nuevos elementos de diseño para garantizar el tratamiento del agua lluvia. La piscina permanente permite mejorar la calidad del agua al sedimentar partículas finas, adicionalmente se da lugar a otros fenómenos físicos, químicos y biológicos que garantizan el adecuado tratamiento del agua de escorrentía (Trapote Jaume & Fernández Rodríguez, 2016).

Figura 6

Humedal



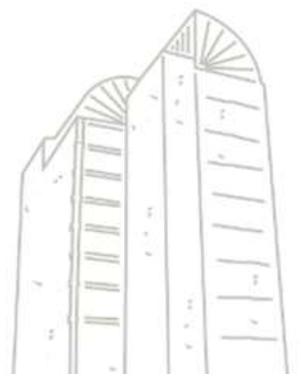


Nota. Adaptado de *Humedales artificiales*, Fernández, J, 2016, Fuente (<http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/humedales/>).

6.2.1.7 Tanque Tormenta. Este tipo de SUDS consiste en la construcción de tanques enterrados o a nivel que permitan la captación y almacenamiento de agua lluvia con el fin de utilizarla con fines no potables tales como el suministro de agua a sanitarios y orinales, lavado de vehículos y riego de jardines y zonas verdes. Estos sistemas deberán diseñarse evitando que se conviertan en un hábitat propicio para la reproducción de vectores. (Trapote Jaume & Fernández Rodríguez, 2016).

Figura 7

Tanque tormenta



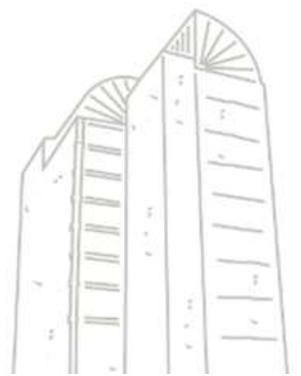


Nota. Adaptado de *“Tanques de tormenta” para la amortiguación de aguas lluvia.* (s. f.). Fuente (<https://hoyconstruccion.com/tecnologia-y-servicios/87/tanques-de-tormenta-para-la-amortiguacion-de-aguas-lluvia>)

6.2.1.8 Pozos y Zanjas de Infiltración. Pozos y zanjas de infiltración son perforaciones y trincheras rellenas de material granular que sirven para recoger y almacenar el agua de escorrentía hasta que se produce la infiltración de esta al terreno natural. Las zanjas son más estrechas y menos profundas que los pozos, siendo más eficientes desde el punto de vista constructivo (National SUDS Working Group, 2003).

Figura 8

Pozos y Zanjas de Infiltración





Nota. Adaptado de *Pozos y zanjas de infiltración*, 2016, Fuente

(<http://sudsostenible.com/tipologia-de-las-tecnicas/medidas-estructurales/pozos-y-zanjas-de-infiltracion/>).

6.2.1.9 Franjas Filtrantes. La franja filtrante es una sección de tierra vegetada con cierta inclinación, diseñada para recibir la escorrentía superficial y facilitar su filtración. Su principal misión es filtrar una lámina de escorrentía atrapando sólidos y aceites (MINVU-DICTUC, 1996). Estos sistemas se utilizan aguas arriba del final del sistema de drenaje o recibiendo escorrentía de cuencas pequeñas. La escorrentía procedente de las carreteras también se puede tratar con estos métodos teniendo especial cuidado en que no se bloquee el paso de la carretera a la franja filtrante. Además, las franjas filtrantes pueden ser utilizadas como pretratamiento para eliminar el exceso de sólidos y contaminantes antes de otros sistemas como cunetas verdes (National SUDS Working Group, 2003).

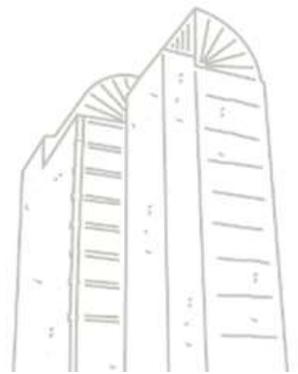


Figura 9

Franjas Filtrantes

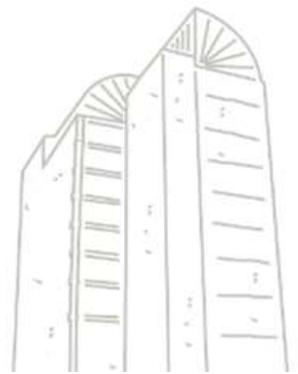


Nota. Adaptado de *Aplicaciones de las franjas filtrantes y consideraciones en su uso*, Abellán, A, 2016, Fuente (<http://sudsostenible.com/aplicaciones-de-las-franjas-filtrantes-y-consideraciones-en-su-uso/>).

6.2.2 Planificación de SUDS

En esta investigación se expondrán dos formas para la selección de SUDS teniendo en cuenta los diferentes criterios.

1. El drenaje sostenible se concibe como un tren o una cadena. Como tal, debe cumplir unos objetivos globales a partir de los resultados parciales correspondientes a cada eslabón o sistema de drenaje individual. Para llegar a una solución final el proceso es cíclico de prueba error, encadenando distintos SUDS hasta ajustarse a los diferentes condicionantes impuestos. Las características finales exigidas constituyen el criterio de diseño (EPA, 1999).



Paso 1: Prevención: Se deben probar las medidas preventivas y comprobar si corresponden al diseño y si cumplen con la capacidad necesaria.

Paso 2: Implementación de sistemas de control en origen (superficies permeables, pozos, etc.)

Una vez hecha la selección, debe existir un proceso de ajuste en el cual se repasa la conveniencia de cada eslabón de la cadena y la posibilidad de agrupar distintas etapas, sustituir o incluso eliminar alguna de ellas manteniendo el nivel de satisfacción obtenido. Todo el proceso debe ser realizado por un equipo multidisciplinar (CIRIA C523, 2001).

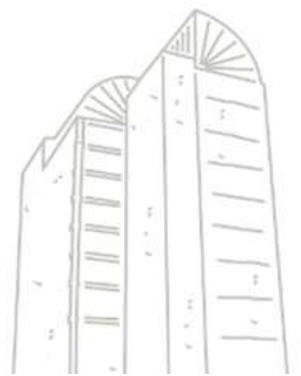
6.2.3 Selección de SUDS en Países Empobrecidos

Se usa el método AHP (Analytic Hierachy Process) para a la ponderación de los criterios.

Paso1: Definición de criterios:

Criterio 1 - Disminución del agua de escorrentía: Los países empobrecidos generalmente disponen de un sistema de drenaje insuficiente debido al coste de construcción y mantenimiento, y muchas veces debido también a la corrupción existente. Generando inundaciones en las poblaciones menos favorecidas. (Arnaiz, 2021)

Criterio 2 - Reducción de los contaminantes: Muchos de los SUDS no solo reducen el volumen del agua de escorrentía, sino que son capaces de reducir la contaminación del agua. (Arnaiz, 2021)



Criterio 3 - Coste de construcción: Los países empobrecidos generalmente tienen dificultades para invertir lo necesario en la mejora de la infraestructura de la ciudad. (Arnaiz, 2021).

Criterio 4 - Coste de mantenimiento: Es prioritario a la hora de evaluar los posibles SUDS a implementar, ya que por mucho que se mejoren los demás criterios si el coste de construcción es asumible pero no lo es su mantenimiento, a largo plazo estos SUDS dejarán de funcionar adecuadamente y el coste de construcción finalmente habrá sido asumido en vano. (Arnaiz, 2021).

Criterio 5 - Aceptación comunitaria: Algunos sistemas de drenaje urbano sostenible aportan valor paisajístico a la zona, lo cual genera una mayor aceptación en la sociedad. (Arnaiz, 2021).

Criterio 6 - Potencial creación de hábitat: Algunos SUDS incluyen zonas verdes, las cuales deben diseñarse adecuadamente con vegetación propia de la zona para evitar plantas invasoras. (Arnaiz, 2021)

Paso 2: Ponderación de los criterios: La ponderación de los diferentes criterios se realizará mediante la técnica AHP (Analytic Hierarchy Process). Utilizando la escala Saaty (Saaty, 2000) se rellena la tabla de correlación entre criterios. (Arnaiz, 2021).

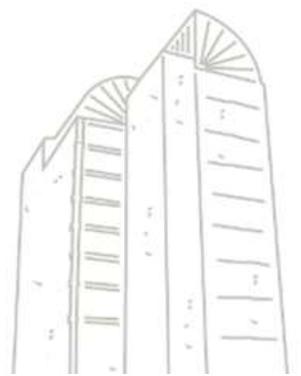


Figura 10

Escala Saaty

Escala	Puntuación numérica	Puntuación recíproca
Importancia extrema	9	1/9
Importancia entre extrema y muy grande	8	1/8
Importancia muy grande	7	1/7
Importancia entre muy grande y grande	6	1/6
Importancia grande	5	1/5
Importancia entre grande y moderada	4	1/4
Importancia moderada	3	1/3
Importancia entre moderada y similar	2	1/2
Importancia similar	1	1

Para conseguir una ponderación de criterios precisa para el estudio de los SUDS más apropiados para implementar en países empobrecidos se ha llevado a cabo la consulta a expertos en la materia mediante una encuesta en la que estiman la importancia de un criterio respecto a otro. (Arnaiz, 2021)

Se ha consultado a 11 expertos en sistemas de drenaje urbano sostenible. En cada encuesta los expertos dan una puntuación según la escala Saaty al comparar todos los criterios entre sí. (Arnaiz, 2021)

Los criterios que se van a comparar son los siguientes: Criterio 1- disminución del agua de escorrentía, criterio 2- reducción de contaminantes, criterio 3- coste de construcción, criterio 4- coste de mantenimiento, criterio 5- aceptación comunitaria, criterio 6- potencial creación de hábitat.

Paso 3: Selección de los SUDS: Para la selección de SUDS y la asignación de valores a todas las alternativas respecto a cada criterio, se tomarán como referencia los datos del manual



“The SUDS manual” (Wood-Ballard, y otros, 2007). Estos datos son cualitativos debido a la imposibilidad de hacer un estudio más concreto por razones como que se necesitaría tener dimensionado cada sistema de drenaje sostenible y que algunos criterios, como los costes, dependen no solo del sistema de drenaje utilizado sino también de los medios materiales y humanos del lugar en el que se implementen. (Arnaiz, 2021)

Se emplearán distintos métodos para confirmar la viabilidad de este estudio ya que esta selección de SUDS resultará determinante para la elaboración de las alternativas del caso de estudio de la ciudad de Córdoba, Veracruz en México. La alternativa finalmente elegida estará por lo tanto directamente ligada a este estudio. (Arnaiz, 2021)

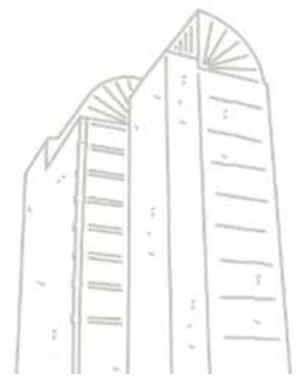
6.2.4 *Análisis de las implicaciones hidrológico-hidráulicas de la implantación de SUDS en entornos urbanos.*

Se relacionan las disminuciones del coeficiente de esorrentía asociadas a diversos grados de implantación de SUDS, con las correspondientes reducciones de la caudal punta y del diámetro del colector que drena la cuenca de estudio, aplicando modelos de cálculo tradicionales, como son el Método Racional y la fórmula de Manning, respectivamente. (Trapote,2016).

Método racional: Se usan las siguientes ecuaciones:

$$Q_p = I * A * C \quad \text{Ec. 1}$$

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{T_C^{1.25} + 1} \quad \text{Ec. 2}$$



$$T_c = 0.3 * L^{0.76} * J^{-0.19} \quad \text{Ec. 3}$$

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c} \quad \text{Ec.4}$$

$$QP = q * C \quad \text{Ec.5}$$

$$q = 0.278 * I * A * K_t \quad \text{Ec. 6}$$

$$Q_P = \left(\frac{1}{n}\right) * J^{\frac{1}{2}} * R_h^{\frac{2}{3}} * S \quad \text{Ec. 7}$$

$$D = \left(\frac{n}{0.31 * J^{\frac{1}{2}}}\right)^{0.375} * Q_P^{0.375} \quad \text{Ec. 8}$$

$$D = \left(\frac{n}{0.31 * J^{\frac{1}{2}}}\right)^{0.375} * (q * C)^{0.375} \quad \text{Ec.9}$$

Fórmula: Abellán (disminución de QP del 74,78% para una reducción de C del 68,57%)

6.3 Marco Jurídico

Acuerdo 391 de 2009 del Consejo de Bogotá: El objetivo de este es formular el Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en los diferentes sectores



socioeconómicos y sistemas ecológicos de la ciudad, e indica que este deberá incluir entre sus estrategias el diseño y construcción sostenible, aspecto en el cual cobra relevancia la implementación de opciones para el diseño de alcantarillado que optimicen su comportamiento hidráulico (Acuerdo 391 de 2009).

Acuerdo 418 de 2009 del Consejo de Bogotá: En este se indica que la Secretaria Distrital de Ambiente de Bogotá promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes y aclara que la dicha entidad y el Jardín Botánico José Celestino Mutis, prestarán la asesoría y el soporte técnico cuando sea necesario sobre las diversas especies vegetales recomendadas, sustratos, nutrientes y mantenimiento de las coberturas vegetales en los techos o terrazas verdes en la Ciudad (Acuerdo 418 de 2009).

Resolución 6523 de 2011 de la Secretaria Distrital de Ambiente: Se reglamenta y adoptan los sistemas urbanos de drenaje sostenibles SUDS para el plan de ordenamiento zonal norte POZN, genera la obligatoriedad según las tipologías de los SUDS en donde se deberá incluir en los proyectos un sistema de gestión de aguas lluvias que posea los tipos de SUDS, describe las características para SUDS en el subsistema vial, espacio público parques, espacio público red de andenes malla vial local e intermedia, en la estructura ecológica principal, estructura socio económica y espacial (Resolución 6523 de 2011).

Resolución 03654 de 2014 de la secretaria Distrital de Ambiente: Tiene por objeto crear y regular el programa de reconocimiento ambiental Bogotá Construcción Sostenible, para proyectos que implementen estrategias de ecourbanismo y/o construcción sostenible en el



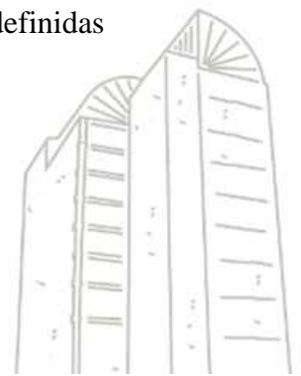
perímetro urbano del Distrito Capital. Esta es relevante considerando la construcción de alcantarillados urbanos pluviales con la implementación de tanques de tormenta (Resolución 03654 de 2014).

Decreto-Ley 2811 de 1974: El Gobierno procurará evitar o prohibirá la utilización de elementos ambientales y recursos naturales renovables que puedan producir deterioro ambiental en países no vecinos, en alta mar o en su lecho, o en la atmósfera o espacio aéreo más allá de la jurisdicción territorial. (Decreto 2811 de 1974 - Gestor Normativo, 2021)

Ley 373 de 1997:

Artículo 1- Programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico. (LEY 373 DE 1997, 2010)

Artículo 4- Reducción de pérdidas. Dentro del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico fijará metas anuales, para reducir las pérdidas en cada sistema de acueducto. Las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales competentes fijarán las metas del uso eficiente y ahorro del agua para los demás usuarios en su área de jurisdicción. Las metas serán definidas



teniendo en cuenta el balance hídrico de las unidades hidrográficas y las inversiones necesarias para alcanzarlas. (LEY 373 DE 1997, 2010)

Ley 9 de 1979: Este título de la presente ley establece las normas sanitarias para la prevención y control de los agentes biológicos, físicos o químicos que alteran las características del ambiente exterior de las edificaciones hasta hacerlo peligroso para la salud humana.

Decreto 485 de 2011: Adopta el Plan Distrital del Agua "Compromiso de Todos" durante una vigencia de 10 años contados a partir de su adopción y podrá ser revisado y ajustado en cada período de gobierno. Contempla el reconocimiento al Mínimo Vital de agua potables, entendido como una cantidad de agua potable medida en metros cúbicos para asegurar a las personas una subsistencia digna con el fin de satisfacer sus necesidades básicas de alimentación, salubridad y saneamiento básico, la cual se ha fijado en 6 metros cúbicos mensuales a cada suscriptor del servicio de acueducto, localizado en su jurisdicción, perteneciente a la clase de uso residencial, cuya vivienda corresponda al estrato socioeconómico 1. (Decreto 485 de 2011 | DASCD, 2011).

Decreto 456 de 2008: Reforma el Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital. Determina que el Sistema de Información Ambiental es el conjunto de personas, procedimientos, formatos, equipos y aplicaciones que sostienen el flujo de información sobre el ambiente y su gestión en el Distrito Capital, dentro y entre las entidades del Sistema Ambiental del Distrito Capital -SIAC y del Distrito Capital, entre éstas y la ciudadanía, y entre el Distrito Capital y el Sistema Nacional Ambiental (SINA), para la aplicación y seguimiento participativos del Plan de



Gestión Ambiental -PGA y la socialización de la información y la responsabilidad ambiental.
(Decreto 456 de 2008 | DASCD, 2008)

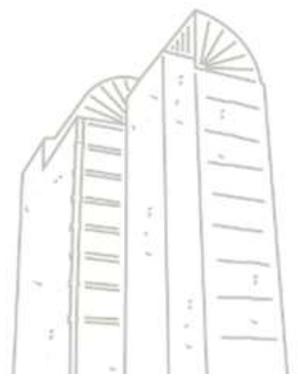
Constitución política de Colombia, Artículo 80: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. (ConstitucionColombia.com, s. f.)

Resolución 5926 de 2011 Secretaría Distrital de Ambiente: Crea y regula el programa de reconocimiento ambiental a Edificaciones Ecoeficientes. PRECO- además de promover proyectos constructivos ecoeficientes, amigables con el entorno, que propendan por la implementación de nuevas tecnologías que favorezcan la sostenibilidad ambiental. (Resolución No. 03654 de 2014», 2019)

Constitución política de Colombia - Capítulo III. De los derechos colectivos y del ambiente - Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.
(ConstitucionColombia.com, s. f.)

Norma técnica NS 166 CRITERIOS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS).

6.4 Zona de Estudio

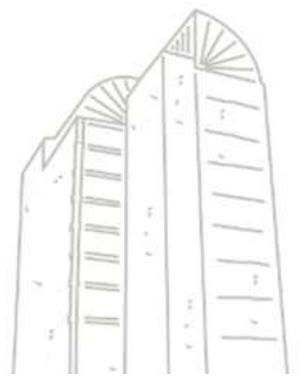


6.4.1 *Características Geográficas y Ambientales*

La localidad de Bosa está situada en el extremo suroccidental de la ciudad de Bogotá, en el marco periférico del Distrito Capital. Con base en la Constitución de 1991 y el Decreto Ley 1421 de 1993, se transformó territorialmente en localidad, definiéndose como Alcaldía Local y el Acuerdo 8 de 1993, redefine los límites de la misma. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

En el aspecto biofísico pertenece al ecosistema sabanero de la altiplanicie cundiboyacense, situada en la margen sur del río Bogotá y atravesada por el río Tunjuelo. Quizás en otras épocas esa abundancia de recursos hídricos representaba unas ventajas, pero en la actualidad la alta contaminación de las aguas de esos dos ríos y los desbordamientos invernales generan riesgos y detrimento en la calidad de vida urbana. El río Bogotá la separa del Municipio de Mosquera. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

Tiene vecindad de calle al occidente con el municipio de Soacha y con la localidad de Kennedy al nororiente. El torrente vehicular de la Autopista Sur la separa en su costado sur de la localidad de Ciudad Bolívar. Está atravesada por varias avenidas metropolitanas que la comunican con el Distrito, avenidas que son usadas como tránsito de vehículos que ingresan a la localidad y algunos en tránsito que ingresan Kennedy Corabastos, a otras localidades y en el occidente y norte de la ciudad. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)



Bosa ha sido organizada en cinco Unidades de Planeación Zonal: 1. Bosa Central – UPZ 85 2. Bosa Occidental – UPZ 84 3. El Apogeo – UPZ 49 4. Tintal – UPZ 87 5. El Porvenir – UPZ 86. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

En su ubicación tiene dos fronteras fuertes, el río Bogotá y la Autopista Sur; También tiene tres vecindades fuertes: Soacha, Kennedy y Ciudad Bolívar. Además, en virtud de las vías principales, las rutas de buses y demás medios de transporte terrestre está fuertemente conectada con toda el área metropolitana y con la amplia geografía del centro, sur y suroccidente del país. En cuanto al transporte urbano, Bosa se encuentra integrada al Sistema de Transmilenio en la ruta trazada por la Autopista Sur. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

Dado el creciente tránsito vehicular, impactos ambientales como la polución de gases y el ruido ambiental tienen una fuerte afectación en las manzanas ubicadas en la zona oriental de las UPZ Bosa Central y Bosa Occidental, además de la zona sur de la UPZ El Apogeo. Estas tres UPZ son las más consolidadas, en contraste con las UPZ El Tintal y El Porvenir, en las márgenes del río Bogotá. Pese a que se considera que Bosa no tiene áreas rurales, en estas dos últimas UPZ se desarrollan actividades agrícolas y pecuarias a campo abierto. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

6.4.2 Geomorfología y Suelos

El área abarcada por la localidad de Bosa cuenta con pendientes que oscilan entre los 0 y 12 grados, lo cual le da una configuración plana, levemente inclinada. Geológicamente, el



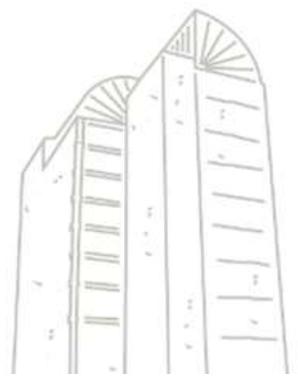
terreno hace parte de la formación del altiplano y la sabana, con origen en el Holoceno y Pleistoceno, con algunos conos aluviales y depósitos coluviales. Los primeros están constituidos por gravas y arenas, los segundos por areniscas y limolitas con una matriz areno-arcillosa, superficialmente los suelos están conformados por arcillas y limos poco permeables de aproximadamente 1 metro de espesor. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

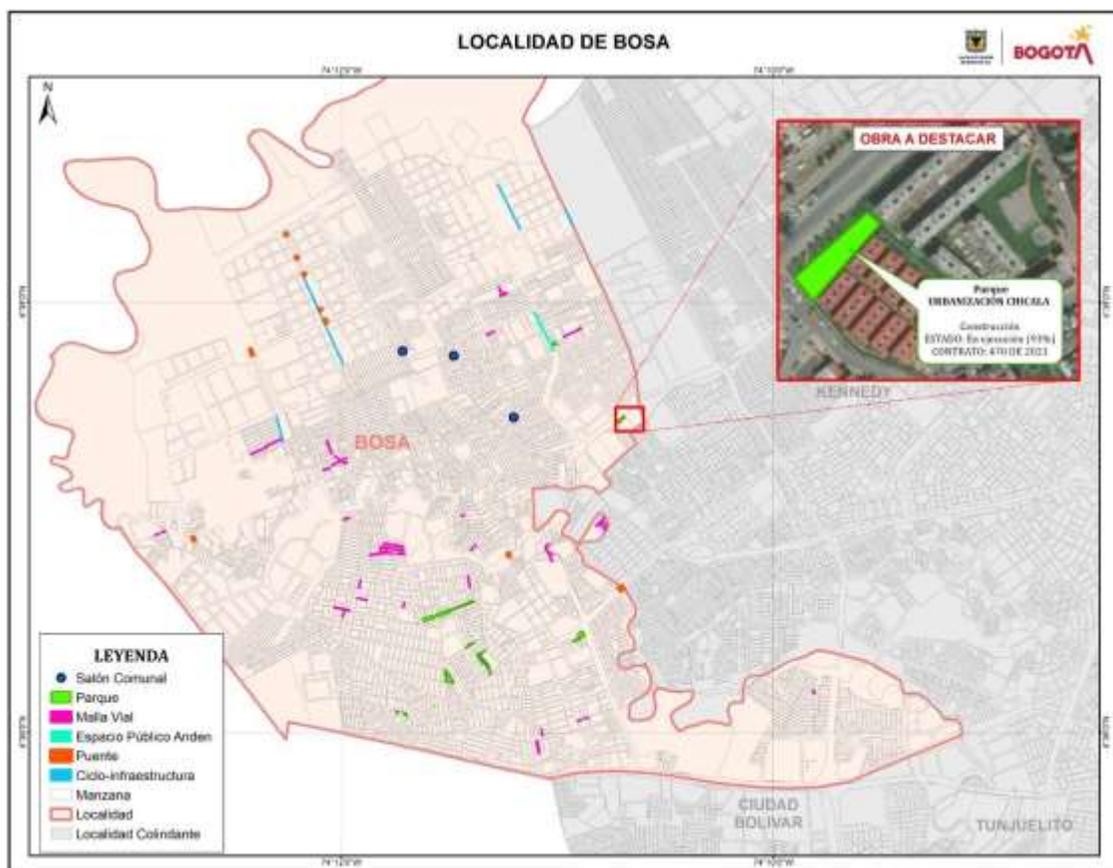
6.4.3. Ubicación

Considerando el objetivo de plantear la posible implementación de los SUDS en el área urbana de la localidad de Bosa ubicada al sur occidente de la ciudad de Bogotá más precisamente en el barrio San Bernardino y el cual limita por el norte con la localidad de Kennedy; por el sur con la localidad de Ciudad Bolívar y el municipio de Soacha; por el oriente con las localidades de Kennedy y Ciudad Bolívar, y por el occidente con el municipio de Mosquera. Se encuentra ubicada en la periferia sur de la ciudad de Bogotá, y presenta un territorio plano formado por depósitos aluviales del río Bogotá y el río Tunjuelo; donde presentan inundaciones constantes en temporada de fuertes lluvias. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

Figura 11

Mapa de la Localidad de Bosa





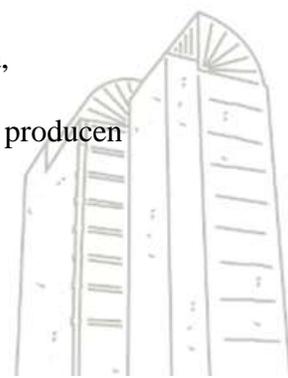
Nota. *Elaboración propia. Información Tomada de: Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021.*

6.4.3 Hidrología

Bosa se caracteriza por tener un clima moderadamente frío, con cerca de 14°C en promedio. Aun así, por ser un clima tropical, el frío se acentúa en jornadas de lluvia o de poco sol. Por otro lado, en los días muy soleados la sensación térmica puede incrementarse hasta los 23°C o más. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

El sistema hidrográfico de la localidad, se encuentra conformado por:

- Cuenca del río Tunjuelo: Conformada por una zona alta rural y una zona baja, actualmente urbanizada, se caracteriza por regímenes de alta pluviosidad que producen



crecientes de gran magnitud. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

- Cuenca del Tintal: Ubicada entre los ríos Fucha y Tunjuelo al occidente del perímetro de servicios hasta el río Bogotá, recibe las aguas de las urbanizaciones localizadas al oriente de la futura Avenida Cundinamarca. De aquí hacen parte los canales Santa Isabel y Tintal IV en la UPZ Occidental 84 y Canal Tintal III y 1° primero de mayo en la UPZ Porvenir 86 que desembocan en el Canal Cundinamarca y posteriormente son bombeados por la estación de Gibraltar al río Bogotá. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)
- Chucuas o humedales: Se encuentran en las áreas más bajas, en algunas depresiones que permanecen inundadas, dando origen a pequeñas zonas pantanosas y encharcadas, que se observa particularmente en el área cercana a la desembocadura del río Tunjuelo y también en la zona sur occidental de la localidad, frente al barrio Manzanares, entre éste y la vereda San José, en donde se encuentra el Humedal de Potrero Grande. Los humedales son característicos en la localidad esto se debe a la presencia del río Bogotá y a la Sub-cuenca del río Soacha. Actualmente la localidad cuenta con dos humedales: El Humedal Tibaníca y el Humedal la Isla. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

6.4.4 Precipitación

Con base en el comportamiento global de las ciudades, especialmente para la localidad en general, tenemos La precipitación acumulada oscila entre 623 y 704 mm, lo que convierte a Bosa



en uno de los El más seco de la ciudad. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

6.4.5 *Protección ambiental*

A pesar de que la Localidad de Bosa cuenta con los humedales de Tibanica, La Isla - Chiguazuque como áreas de protección ambiental reglamentadas según la Ley 357 de 1997, y esto se ratifica en la Política de Humedales se evidencian ausencias claras frente a las acciones que promueve la política en Investigación participativa, educación, comunicación y participación, recuperación, protección y compensación, manejo y uso sostenible y gestión interinstitucional. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

6.4.6 *Amenaza ambiental*

La localidad de Bosa se encuentra atravesada por el río Tunjuelo que deposita sus aguas al río Bogotá hacia el occidente de la localidad y hace parte de uno de los asentamientos humanos más extensos y, quizá, con uno de los más altos índices de pobreza y marginalidad de la ciudad. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

6.4.7 *Contaminación del Suelo*

La expansión urbana que se presenta en la localidad principalmente en el sector de San Bernardino ha acarreado el aumento de las nivelaciones de diferentes terrenos con el propósito de adecuar estas áreas para realizar construcción de predios¹³. La problemática se genera en la inadecuada disposición de residuos sólidos y exposición del suelo por aguas contaminadas y



servidas; además, en algunas zonas se realiza riego de cultivos con aguas altamente contaminadas, y el uso de agroquímicos. (DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA, 2012)

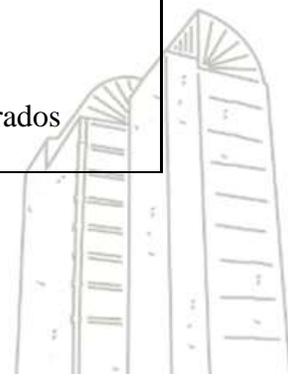
6.5 Estado del Arte

En la tabla 1, se puede evidenciar la comparación de algunos Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles:

Tabla 1

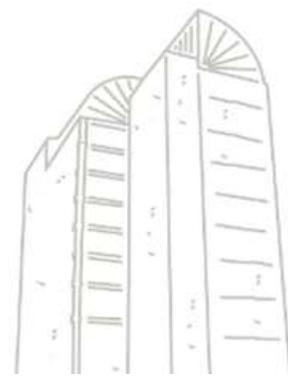
Comparación de algunos Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)

COMPARACIÓN DE SUDS		
SUSD	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Techos Verdes	<ul style="list-style-type: none"> * Absorben el calor y actúan como aislante generando un ahorro de energía * Valor estético al espacio 	<ul style="list-style-type: none"> * De ser mal instalado genera daños en los muros por la penetración de las raíces en los muros * Son demasiados costosos debido a su constante mantenimiento
Cuencas Verdes	<ul style="list-style-type: none"> * Fácil incorporación en el paisaje * Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> * No aptas para zonas escarpadas * No apta para zonas ajardinadas
Zonas o filtros de biorretención	<ul style="list-style-type: none"> * Diseño flexible * Elimina sedimentos finos, materia orgánica y bacterias 	<ul style="list-style-type: none"> * No aptas para zonas con pendientes mayores al 15% * No soporta flujos concentrados



Superficies Permeables	<ul style="list-style-type: none"> *Pueden ser utilizados en zonas de alta densidad poblacional *Flexibilidad en diseño 	<ul style="list-style-type: none"> *No son aptas para vías con tránsito elevado *Al no haber mantenimiento existe riesgo de crecimiento de malezas y obstrucciones
Humedales	<ul style="list-style-type: none"> *Buena aceptabilidad por parte de la comunidad *Alto potencial ecológico, sociales y paisajísticos 	<ul style="list-style-type: none"> *Requiere un flujo base mínimo *Requiere una elevada ocupación del suelo
Zanjas de Infiltración	<ul style="list-style-type: none"> *Se adapta fácilmente al espacio en el que se requiere *Mitiga de forma significativa el volumen de agua de escorrentía y el caudal pico 	<ul style="list-style-type: none"> *Requiere mantenimiento adecuado * Limitado a pequeñas áreas filtrantes
Franjas Filtrantes	<ul style="list-style-type: none"> *Fácil construcción y bajo costo *Se integran fácilmente en el paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> *No son adecuadas para terrenos inclinados *No mitigan de forma significativa el volumen de agua de escorrentía y el caudal pico

Nota. *Elaboración propia*



8. METODOLOGÍA

7.1 Fases del Proyecto de Grado

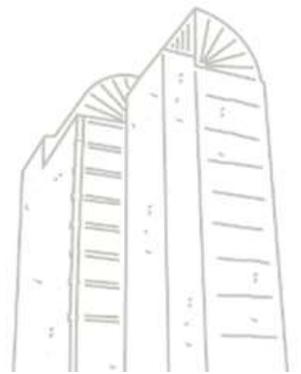
7.1.1 *Etapa descriptiva de los SUDS*

Realizando las siguientes actividades: búsqueda y organización de la información bibliográfica disponible relacionada con los SUDS; revisión de los tipos de SUDS con posible implementación en la zona de estudio, considerando las características de cada tipo de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible y las particularidades propias de la zona de estudio, realizando una visita de campo donde se visualiza el estado del terreno, identificando los barrios más afectados por las inundaciones e investigando diferentes noticias acerca de las mismas.

7.1.1.1 **Visita de campo (fotografías)**

Figura 12

Localización Barrio San Bernardino, Bosa





Nota. Adaptado de *Google Maps*

Figura 13

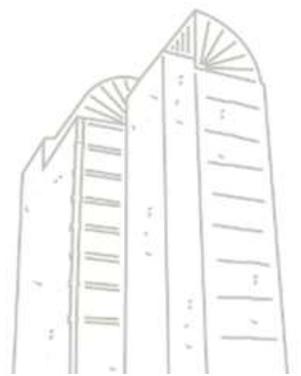
Zona a Implementar la Zanjade Infiltración - Suds



Nota. Adaptado de *Google Maps*

Figura 14

Parque Central de Bosa - Zona a implementar el SUDS





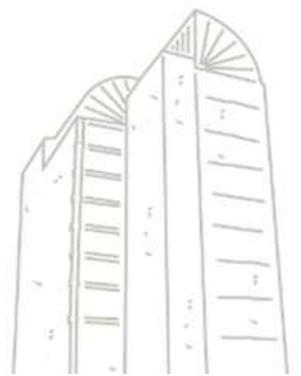
Nota. Adaptado de *Google Maps*

7.1.1.2 Barrios más afectados. Más de 18 mil personas afectadas en el sector de San Bernardino y 15 barrios a su alrededor todos ubicados en la localidad de Bosa, donde se evidencia la necesidad de la población de sobrevivir a las inundaciones masivas que se producen durante la temporada de lluvias. (Tiempo, 2021)

7.1.1.3 Información de las inundaciones (noticias)

1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y MEDIDAS REGULATORIAS PARA INUNDACIONES EN BOSA”. (GORDILLO, 2013)

2. *Familias en Bosa afectadas por inundaciones:* Las fuertes lluvias causaron estragos en varias localidades como Bosa, Usaquén, San Cristóbal y Ciudad Bolívar, sin embargo, las mayores afectaciones se han registrado en Bosa, presentándose 23 casas inundadas en los barrios San Bernardino XVIII, La Libertad, Brasil y Andalucía II. Resultaron damnificadas porque el agua que ingresó a sus viviendas y dañó electrodomésticos y otras pertenencias. (Familias en Bosa afectadas por inundaciones, 2019)



3. *Una zona del sur de Bogotá lleva 16 años sin alcantarillado: Habitantes de 15 barrios en Bosa, denuncian la falta de intervención del distrito afectando a 18 mil personas, especialmente en época de lluvias. (Martínez, 2022)*

Figura 15

Zona de estudio inundada (Barrio San Bernardino - Bosa)



Nota. Adaptado de *Una zona del sur de Bogotá lleva 16 años sin alcantarillado*, Caracol Radio, 2022. Fuente (https://caracol.com.co/emisora/2022/04/21/bogota/1650530004_017006.html).

7.1.2 Etapa de elegir el tipo de SUDS más adecuado

Teniendo en cuenta el análisis realizado en el estado del arte donde se realiza una comparación de las ventajas y desventajas de cada tipo de SUDS considerados para este proyecto, se concluye que el más apto para el caso de estudio son las zanjas filtrantes debido a que el espacio es reducido y cumple con la capacidad de disminuir significativamente el volumen de agua de escorrentía, generando apoyo al alcantarillado en momentos donde es necesario evacuar las aguas lluvias en temporadas de invierno.



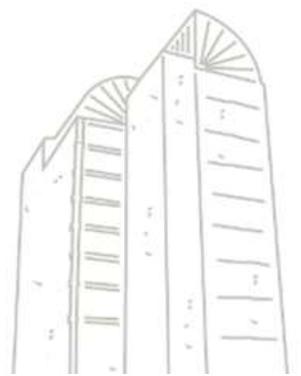
7.1.3 Etapa de esquematización del SUDS más adecuado para la zona

Comprendió los siguientes procesos y gestiones: Visita de campo para tener una mejor visualización de la zona; búsqueda de información acerca de las inundaciones y sus damnificados (zona, noticias, etc.); determinación de los barrios más afectados por este fenómeno. ejecución del esquema: visión de cómo sería el tipo de SUDS elegido según las caracterizas de la zona y su implementación.

7.2 Herramienta de esquematización

REVIT: Metodología de trabajo colaborativa y usando el modelado paramétrico de objetos y elementos constructivos del edificio. Con Revit no sólo dibujas, sino que ya construyes, construyes virtualmente en 3D, lo que llamamos modelar en BIM. (¿Qué es Revit de Autodesk y para qué sirve?, 2022)

Por lo anterior, se escoge realizar una esquematización del Sistema Urbano de Drenaje Sostenible escogido para la zona mediante este programa, debido a la facilidad y estética que ofrece, además de permitir generar un render donde se muestre cada detalle del esquema.



9. RESULTADOS

8.1 Selección de SUDS

Selección de ubicación de las Zanjas Filtrantes

Para la localización de las Zanjas Filtrantes se respetarán las siguientes distancias mínimas:

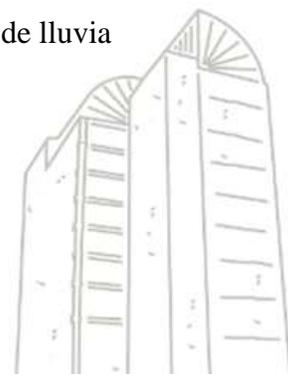
- 1,5 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración.
- 3,0 m distantes de árboles y de cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.
- 15,0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

Estas distancias se medirán en un plano horizontal y desde el punto más cercano de la instalación de Zanjas Filtrantes al elemento en cuestión.

Cálculo de la zona de implementación: BOSA:

En la etapa de construcción de las Zanjas Filtrantes se tienen en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La profundidad de las zanjas será de 0,6 m.
- La separación desde el fondo de la zanja hasta el nivel del freático en tiempo de lluvia será como mínimo de 1,2 m.



- La anchura de las zanjas será de 0,6 m.
- La separación entre zanjas será de 1,8 m, medida entre los ejes de las tuberías de drenaje.
- El número mínimo de zanjas será de dos.
- Las tuberías de drenaje tendrán un diámetro de 4”.
- Las tuberías de drenaje deben ir perforadas con dos líneas paralelas de orificios en su parte inferior de $\frac{1}{4}$ de pulgada cada 20 cm.
- La tubería de drenaje irá embutida en una capa de grava, de tamaño 20-32 m, dejando por encima de la tubería un espesor de grava de 5 cm, y 15 cm por debajo de la misma. En el caso de que haya árboles a menos de 3 m de distancia, el espesor de grava bajo la tubería de drenaje será de 30 cm.
- Por encima de la capa de grava se extenderá una capa de tierra vegetal de unos 30 cm.
- Entre la capa de tierra vegetal y la grava colocada por encima de la tubería de drenaje, se colocará un material barrera (geotextil), para prevenir la migración de finos desde la capa de tierra vegetal a la capa de gravas, y prevenir el posible taponamiento de estas.

(Salas, 2022)

Finalmente, se debe cerrar la zanja con tela y cubrirla con arena o tierra para poder pasar por encima de ella sin peligro para nadie, de manera que quede estética a la vista. (Salas, 2022)

8.2 Cálculos del Terreno

Datos:

1. Longitud del andén: 84.58m

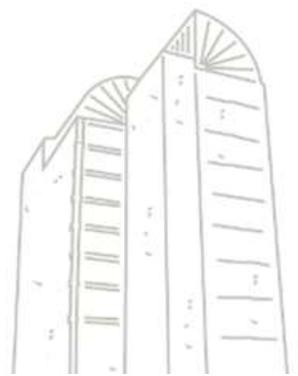


Figura 16

Propuesta de Andén para la Construcción de la Zanja de Infiltración

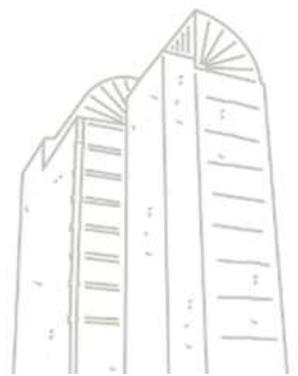


Nota. Adaptado de *Google Earth*

2. Ancho del espacio del andén a usar: 2.34m

Figura 17

Propuesta de Andén para la Construcción de la Zanja de Infiltración





Nota. Adaptado de *Google Earth*

3. Ancho de la zanja: 0.6m
4. Largo de la zanja: 0.9m
5. Separación entre zanjas: 1.8
6. Área de la zanja (SUDS): $(0.9 + 0.9 + 1.8) * 0.6 = 2.16$ m
7. Calculo método racional

Cálculo de la intensidad:

$$i = \frac{a * T^b * M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c} \text{ Ec.10}$$

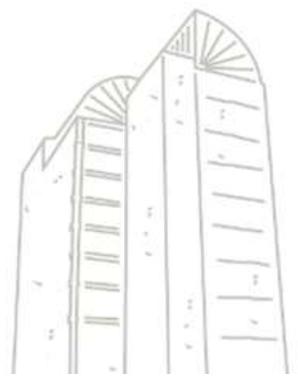
Donde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h)

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

T: Duración de la lluvia, en minutos (min)



a, b, c, d: parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados como se presenta en la figura y se presentan en la siguiente tabla.

Figura 18

Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d

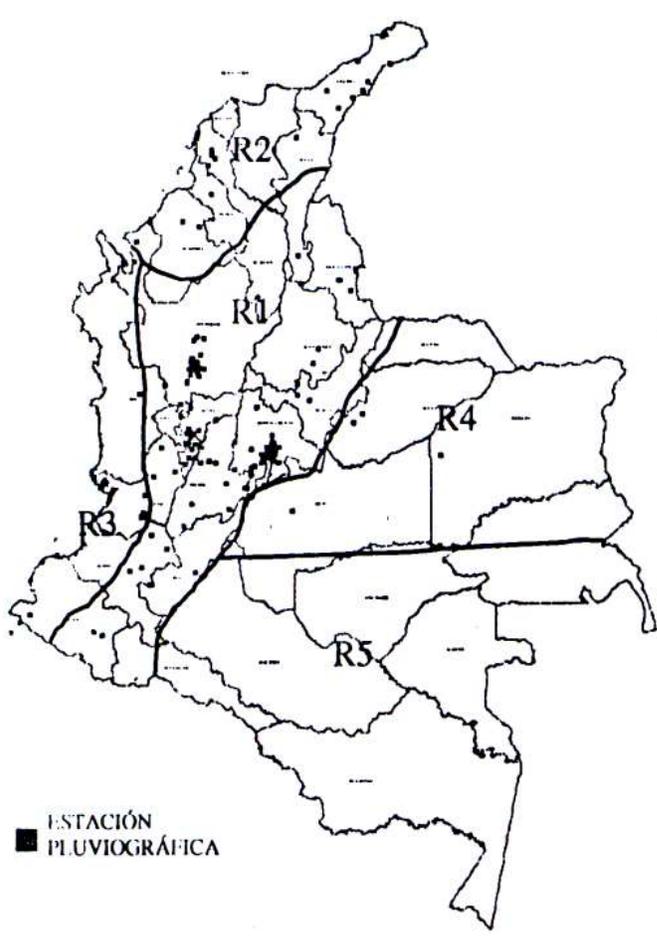


Figura 2.13. - Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d

NOTA: Adaptado de *Manual de drenaje para carreteras*. (2013, 11 abril).

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras>

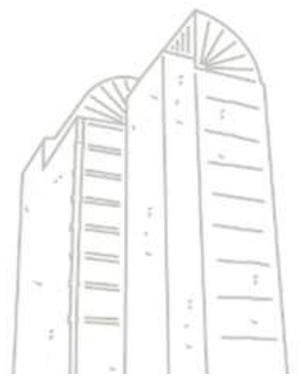


Tabla 2

Valores de los coeficientes *a*, *b*, *c* y *d* para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

Tabla 2.12. - Valores de los coeficientes *a*, *b*, *c* y *d* para el cálculo de las curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

NOTA: Adaptado de *Manual de drenaje para carreteras*. (2013, 11 abril).

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos>

[tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras](https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos/tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras)

Para el caso en estudio se tienen los siguientes datos:

- $a = 0.94$
- $b = 0.1$
- $c = 0.66$
- $d = 0.83$
- Área: $2.16 \text{ m}^2 = 2.16^{-06} \text{ Km}^2$
- $C = 0.8$ Coeficiente de escorrentía resolución 330 de 2017

Los datos para la estación de precipitación máxima en 24 horas son los siguientes:



Tabla 3

Estación de precipitación máxima en 24 horas

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)												
ESTACION : 2120516 RAMADA LA												
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE
1938	5	6	13	19	22	9	8	11	11	22	9	34
1939	2	3	12	16	13	20	10	9	8	20	22	14
1940	9	5	14	22	17	9	3	10	14	58	19	14
1941	8	18	3	11	17	17	2	8	14	27	29	26
1942	9	17	22	24	20	15	27	13	16	18	29	17
1943	28	31	16	12	12	6	6	13	8	22	46	48
1944	9	7	37	10	56	0	0	0	8	20	11	15
1945	5	12	7	39	31	9	5	4	8	110	29	17
1946	9	20	15	16	10	8	19	20	7	20	21	42
1947	3	2	25	7	12	14	21	14	16	28	5	12
1948	2	15	6	12	32	15	9	15	22	7	8	16
1949	13	10	11	16	25	32	17	9	22	16	16	3
1950	18	46	27	25	20	15	10	6	10	24	35	9
1951	16	9	19	16	24	9	8	8	7	15	24	9
1952	5	4	9	18	17	12	16	7	7	6	22	8
1953	4	14	17	21	36	17	5	9	12	24	34	3
1954	15	10	13	21	17	10	13	23	9	17	23	20
1955	8	10	16	38				7				
1956	21	16	21	20	11	17	6	5	18	23	11	23
1957	9	9	16	20	18	10	11	10	28	16	10	10
1958	12	34	17	42	20	7	3	16	33	21	13	50
1960	14	15	13	18	10	5	12	8	18	9	22	24
1962	5	5	27	33	16	16	10	7	11	16	18	18
1963	15	15	27	9	13	27	7	8	5	30	11	9
1964	3	13	17	24	17	22	14	15	11	18	24	17
1966	6	6	21	20	6	29	5	21	7	6	7	16
1966	2	6	7	10	18	14	8	9	7	30	24	22
1967	1	13	8	19	17	8	17	8	26	9	24	25
1968	9	19	22	31	11	9	5	21	11	11	34	6
1969	25	21	21	35	13	42	2	8	29	21	9	12
1970	12	19	4	16	20	17	8	14	7	47	12	8
1971	24	22	19	17	22	17	10	16	25	17	31	14
1972	19	11	20	18	21	11	14	9	10	25	25	12
1973	1	9	9	24	5	16	21	5	8	25	14	16
1974	14	15	9	26	19	13	18	3	18	3	36	11
1975	1	11	34	10	41	23	11	13	20	23	20	15
1976	11	21	21	20	21	14	1	9	15	14	14	22
1977	3	10	6	22	12	6	6	7	29	6	13	13
1978	5	7	12	23	30	17	11	5	16	16	7	9
1979	14	28	18	20	22	7	18	6	25	12	22	19
1980	3	8	22	16	4	14	13	12	12	12	8	19
1981	3	5	6	32	40	11	12	8	12	14	31	16
1982	24	16	23	45	15	8	2	7	5	25	7	20
1983	3	11	26	34	6	14	10	8	6	10	27	22
1984	45	14	9	28	35	18	5	17	18	23	20	12
1985	2	4	7	19	27	10	21	27	20	23	43	11
1986	1	21	15	16	12	12	28	28	21	21	21	1
1988					22							
1991	5	3	24	15	15	9	10	8	15	21	27	18
1992	28	6	11	11	6	3	14	20	15	14	25	9
1993					13	29	4	20	15	30	64	7
1994	25	85	9	29	21	20	9	4	9	14	43	6
1995	2	8	25	30	20	30	15	15	33	17	16	26
1996	7	19	33	18	22	22	9	27	12	12	8	11
1997	15	13	15	15	8	35	7	3	3	22	10	1
1998	2	13	9	30	22	17	12	12	17	36	25	17
1999	10	31	21	7	14	18	9	13	29	32	28	12
2000	10	42	22	10	21	16	17	22	21	20	8	16
2001	25	9	3									
2003	2	15	20	16	12	11	9	7	17	14	15	8
2004	13	14	21	33	20	8	9	14	20	32	28	4
2005	12	6	5	18	29	4	5	14	17	13	18	16
2006	9	4	14	26	21	12	12	8	11	30	16	34
2007	4	4	17	34	13	17	39	3	3	21	3	30
2008	24	12	23	29	26	13	13	13	23	17	17	18
2009	9	22	38	30	4	30	17	7	15	42	16	38
2010	3	21	8	30	13	26	14	8	10	36	38	43
2011	21	16	23	23	20	13	16	7	24	41	38	33
2012	15	8	35	50	16	9	12	10	8	35	18	10
2013	5	7	16	26	15	11	5	24	3	24	50	23
2014	35	27	30	19	45	7	8	28	38	8	28	22
2015	7	8	26	24	9	8	6	3	13	6	18	1
2016	13	13	10	37	13	13	14	14	15	30	14	14
2017	16	4	22	30	28	20	6	34	20	19	23	7
2018	12	7	16	19	31	11	13	13	19	23	29	0

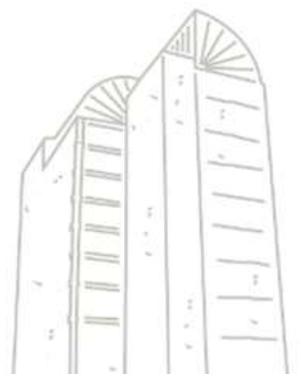
Nota: Adaptado de *Precipitación Máxima en 24 Horas*. (s. f.). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Recuperado 20 de noviembre de 2022, de <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>



De los datos de la estación se obtiene el siguiente análisis de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual:

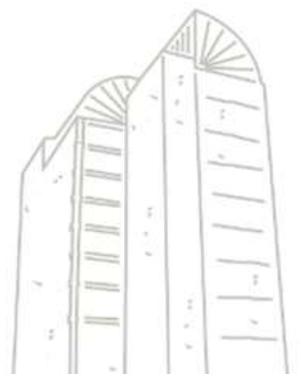
Tabla 4

Análisis de precipitación máxima en 24 horas a nivel anual



AÑO	TOTAL ANUAL
1938	169
1939	155
1940	194
1941	180
1942	246
1943	249
1944	173
1945	276
1946	207
1947	159
1948	159
1949	190
1950	245
1951	165
1952	131
1953	196
1954	183
1956	192
1957	157
1958	268
1960	168
1962	172
1963	167
1964	195
1965	157
1966	157
1967	182
1968	213
1969	238
1970	187
1971	221
1972	195
1973	162
1974	210
1975	222
1976	167
1977	171
1978	158
1979	218,4
1980	157
1981	190
1982	202
1983	197
1984	244
1985	214
1986	199
1991	171
1992	162
1994	283
1995	287
1996	217
1997	156
1998	221
1999	224
2000	225
2003	146
2004	205
2005	157
2006	197
2007	230
2008	220
2009	268
2010	272
2011	275
2012	226
2013	278
2014	295
2015	129
2016	206
2017	238
2018	193
Numero de Datos	71
Media	201,9493
Desviación Típica	40,7751285

Nota: Adaptado de *Precipitación Máxima en 24 Horas*. (s. f.). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Recuperado 20 de noviembre de 2022, de <https://www.car.gov.co/vercontenido/2524>



Los datos con provenientes de un año incompleto o con registro muy bajo no fueron tenidos en cuenta.

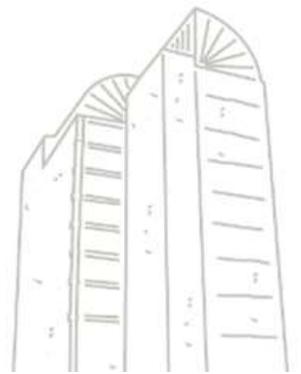
Al aplicar la fórmula regionalizada de las curvas IDF para Colombia, y cambiar sus parámetros para la región No. 1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$i = \frac{0.94 * T^{0.18} * 201.9193^{0.83}}{(t760)^{0.66}} \quad \mathbf{Ec.11}$$

Al reemplazar los valores del tiempo de retorno (T), y la duración (t) se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 5

Estación climatológica ordinaria mesetas intensidad-duración-frecuencia



ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA ORDINARIA MESETAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA						
TIEMPO (min)	PERÍODO DE RETORNO (Años)					
	2	5	10	20	50	100
10	284,606112	335,639777	380,240895	430,768783	508,01136	575,517884
20	180,121032	212,419131	240,64621	272,624213	321,509365	364,232778
30	137,830139	162,544918	184,144518	208,614358	246,021689	278,714007
40	113,994692	134,435458	152,299764	172,537948	203,476299	230,51502
50	98,3838968	116,025439	131,44335	148,910054	175,611609	198,947562
60	87,2297038	102,871151	116,541069	132,027499	155,701788	176,392046
70	78,7915268	92,9198966	105,267454	119,255802	140,639955	159,328738
80	72,1447664	85,0812835	96,387215	109,195523	128,775734	145,887954
90	66,7489082	78,7178762	89,1782134	101,028561	119,144327	134,976688
100	62,265033	73,4299824	83,1876438	94,2419411	111,140776	125,909594
110	58,4689171	68,9531724	78,1159379	88,4962872	104,36485	118,233256
120	55,2057864	65,1049189	73,7563134	83,5573389	98,5402823	111,634698
130	52,3650606	61,7548131	69,9610326	79,2577265	93,4696921	105,890308
140	49,8654473	58,8069859	66,6214867	75,4744087	89,007975	100,835701
150	47,6457307	56,1892446	63,6558897	72,1147317	85,0458632	96,3470879
160	45,6588569	53,8460978	61,0013765	69,1074764	81,499367	92,3293196
170	43,8680101	51,7341284	58,6087603	66,3969201	78,3027719	88,7079485
180	42,2439354	49,8188354	56,4389558	63,9387835	75,4038587	85,4238164

Nota: Adaptado de Elaboración propia

Con esta intensidad se calcula el caudal de la zona de estudio mediante la siguiente ecuación:

$$Q = C * I * A \quad \text{Ec.12}$$

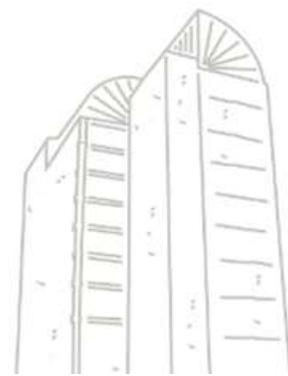
$$Q = 0.8 * 2.12.419 * 2.16^{-06} = 0.0003671 \text{ m}^3/\text{s}$$

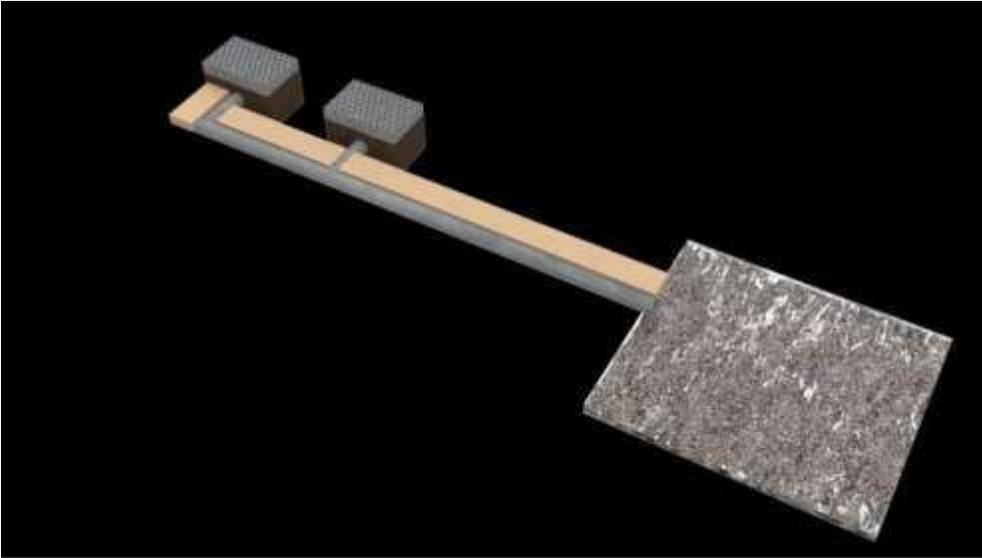
$$Q = 0.367 \frac{l}{s}$$

8.3 Resultados de la esquematización

Figura 19

Zanja, vista en planta





Nota. Elaboración propia – esquematización en REVIT

Figura 20

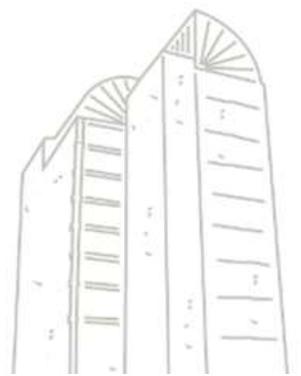
Detalle de la zanja



Nota. Elaboración propia – esquematización en REVIT

Figura 21

Detalle de la tubería de la zanja

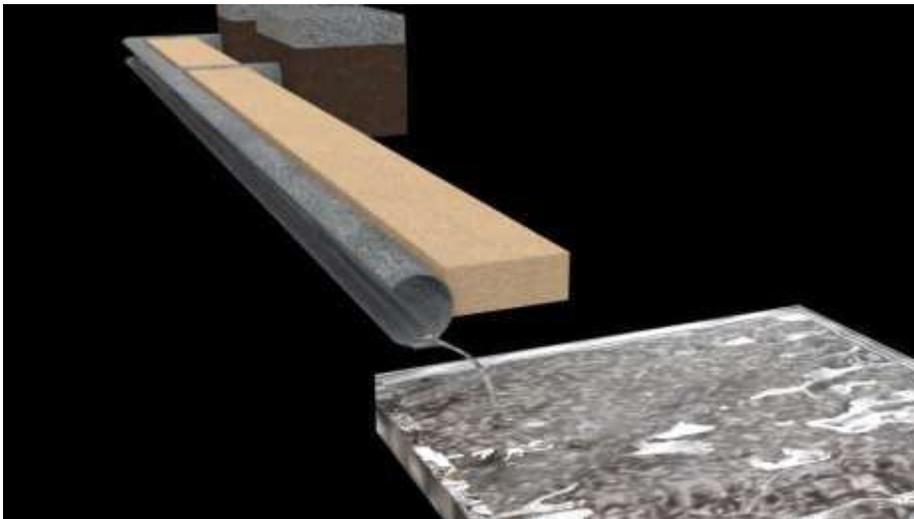




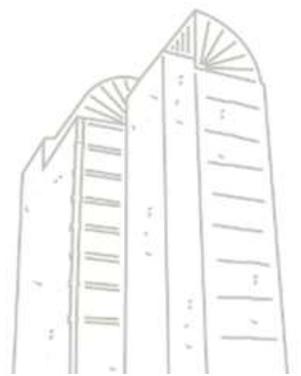
Nota. Elaboración propia – esquematización en REVIT

Figura 22

Detalle de la tubería de la zanja



Nota. Elaboración propia – esquematización en REVIT

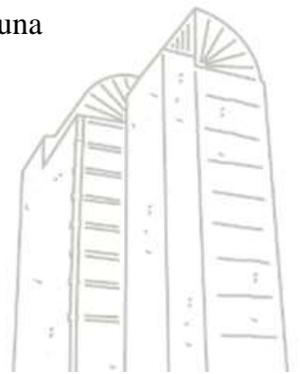


10. CONCLUSIONES

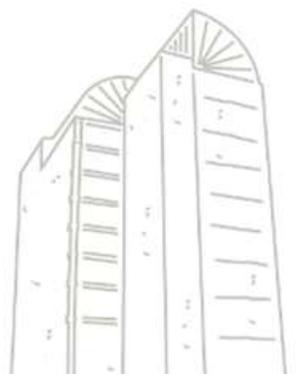
Mediante la investigación e indagación acerca de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles, se logró identificar la variedad de tipologías existentes y determinar las más apropiadas para el objetivo del proyecto, características importantes de los sistemas como sus ventajas y desventajas y reconocer el tipo de SUDS más adecuado según el terreno de estudio. Lo cual nos permitió proponer y generar un esquema de zanjas filtrantes teniendo en cuenta sus propiedades y aptitudes para las necesidades que se presentan en la zona de estudio. Además, se adquirió un amplio conocimiento acerca de las necesidades de la localidad de Bosa generado del acercamiento a una realidad alejada, donde las personas más desfavorecidas son invisibles y sobreviven en condiciones inapropiadas.

Como resultado en la página de la CAR se encontró una estación que brinda los valores de intensidad de precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno, siendo escogida por su cercanía a la zona y su fuente hídrica la cual tiene en común con la localidad, con esta información se obtuvo los datos intensidad-duración-frecuencia, que para este estudio se elige una intensidad con un periodo de retorno de 5 años y una duración de lluvia de 20 minutos con los cuales se calcula un caudal para la zanja de filtración igual a 0.37 l/s.

El esquema propuesto en este proyecto es realizado mediante el programa Revit donde se permite identificar sus características y se hace un acercamiento al funcionamiento del sistema de drenaje urbano sostenible de zanjas de infiltración. Esta propuesta podría generar una mitigación de las inundaciones en temporadas de lluvias en la localidad de Bosa más



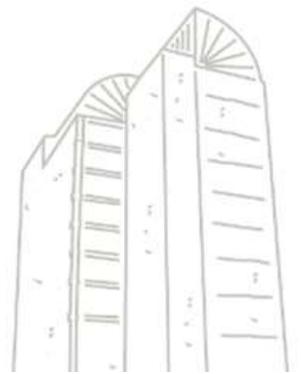
precisamente en el Barrio San Bernandino, el cual presenta una de las poblaciones más afectadas en épocas de alta precipitación debido a la falta de recursos y la precaria infraestructura de alcantarillado en la zona.



11. RECOMENDACIONES

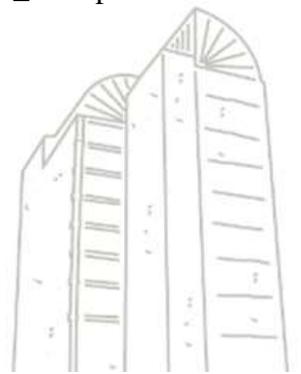
Considerando la importancia que tiene esta investigación y en función de los resultados obtenidos se formula la siguiente recomendación:

1. Quien desee continuar con esta investigación se le recomienda hacer énfasis en la reutilización y/o tratamiento de las aguas que son conducidas por la tubería de las zanjas filtrantes.

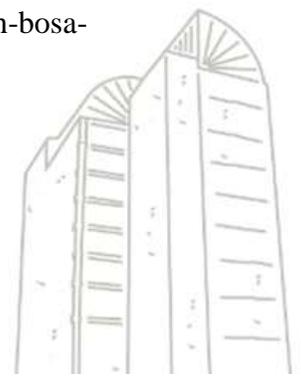


12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernandez, J. M. P. (2016). *LA HISTORIA DE LA LOCALIDAD DE BOSA*. prezi.com. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://prezi.com/vxbc5adlx5lw/la-historia-de-la-localidad-de-bosa/>
2. Lizarazo, l. a. p., & ortega, o. j. s. (2019). descripción de los suds como alternativa de control y regulación de las aguas lluvias y modelación de tanques tormenta en la ciudad de Bogotá [universidad católica de colombia]. <http://file:///c:/users/paula/desktop/estado%20del%20arte%20tesis/descripci%c3%93n%20de%20los%20suds%20como%20alternativa%20de%20control%20y%20regulaci%c3%93n%20de%20las%20aguas%20lluvias%20y%20modelaci%c3%93n%20de%20tanques%20tormenta%20en%20la%20ciudad%20de%20bogot%c3%81.pdf>
3. *Guía para hacer un techo verde, todo lo que tienes que saber*. (2021, 12 febrero). Eco Jardín Mágico. Recuperado 27 de septiembre de 2022, de <https://www.ecojardinmagico.com/guia-para-hacer-un-techo-verde-todo-lo-que-tienes-que-saber-a-la-hora-de-hacerlo/>
4. Jaume, a. t. (12 de diciembre de 2016). gestión de las aguas pluviales en entornos urbanos mediante técnicas de drenaje sostenible. *journal of engineering and technology*, 5(2256–3903), 15. <http://file:///c:/users/paula/desktop/estado%20del%20arte%20tesis/gesti%c3%b3n%20de%20las%20aguas%20pluviales%20en%20entornos%20urbanos.pdf>
5. Cuesta, s. (2021). plan ambiental local de bosa 2021 -2024. http://file:///c:/users/paula/desktop/estado%20del%20arte%20tesis/plan_ambiental_de_bosa.pdf



6. *Castro fresno, d., rod rquez bay n, j., rod rquez Hernández, j., & ballester muñoz, f.* (2005). sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds). *interciencia*, 30(5), 255–260.
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0378-18442005000500004
7. *Gorostegui, a., & Antonia, m.* (2021). estudio multicriterio de alternativas para la construcción de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en países empobrecidos. *urea* repositorio abierto de la universidad de Cantabria.
8. *Decreto 2811 de 1974 - gestor normativo.* (2021, 27 diciembre). función pública. recuperado 23 de septiembre de 2022, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
9. *Constitucioncolombia.com.* (s. f.). recuperado 23 de septiembre de 2022, de <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-80>
10. *Resolución no. 03654 de 2014* ». (2019, 11 julio). observatorio ambiental de bogotá. recuperado 23 de septiembre de 2022, de https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dlm_download&p=3265
11. *Constitucioncolombia.com.* (s. f.-b). recuperado 23 de septiembre de 2022, de <https://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-79>
12. *Martínez, j.* (2022, 10 agosto). *una zona del sur de Bogotá lleva 16 años sin alcantarillado.* *caracol radio.* recuperado 23 de septiembre de 2022, de https://caracol.com.co/emisora/2022/04/21/bogota/1650530004_017006.html
13. *Ljbarreto.* (2020, 30 octubre). *ampliación del alcantarillado en bosa mitigar  el riesgo de inundaciones.* *bogota.gov.co.* recuperado 23 de septiembre de 2022, de <https://bogota.gov.co/servicios/servicios-del-distrito/ampliacion-del-alcantarillado-en-bosa-mitigara-inundaciones>



- 14.** *UN NUEVO CONTRATO SOCIAL Y AMBIENTAL PARA BOSA: Plan de Desarrollo Local 2020-2024.* (2020, junio). ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Recuperado 20 de junio de 2022, de https://www.sdp.gov.co/sites/default/files/anexo_diagnostico_pdl_bosa_version_2.pdf
- 15.** *DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA LOCALIDAD DE BOSA.* (2012, noviembre). COMISIÓN AMBIENTAL LOCAL. Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://www.ambientebogota.gov.co/documents/10184/679250/Diagn%C3%B3stico+Ambiental+Local+Bosa+.pdf/97075adb-cb48-4362-b748-dbf9602296f8?version=1.0#:~:text=Bosa%20pertenece%20al%20ecosistema%20sabanero,fragmentada%20por%20el%20r%C3%ADo%20Tunjuelo.>
- 16.** *ALCALDÍA LOCAL DE BOSA.* (s. f.). Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Recuperado 20 de junio de 2022, de <http://www.bosa.gov.co/mi-localidad/mapas>
- 17.** *¿Qué es Revit de Autodesk y para qué sirve?* (2022, 3 marzo). RF AECO Competence Center. Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://www.rfaeco.com/que-es-revit-de-autodesk-y-para-que-sirve/>
- 18.** Salas, J. J. (2022, 13 octubre). *Zanjas Filtrantes: fundamentos, diseño, selección de ubicación y construcción.* iAgua. Recuperado 21 de octubre de 2022, de <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/zanjas-filtrantes-fundamentos-diseno-seleccion-ubicacion-y-construccion>
- 19.** Tiempo, R. E. L. (2021, 15 junio). *Inundaciones en Bosa y Suba por fuertes aguaceros.* El Tiempo. Recuperado 21 de octubre de 2022, de <https://www.eltiempo.com/bogota/inundaciones-en-bosa-y-suba-por-fuertes-aguaceros-595999>



- 20.** GORDILLO, A. (2013). *Análisis de vulnerabilidad y medidas regulatorias para inundaciones en Bosa*. Universidad Católica de Colombia. Recuperado 20 de octubre de 2022, de <https://1library.co/document/y96r77dy-analisis-de-vulnerabilidad-medidas-regulatorias-para-inundaciones-bosa.html>
- 21.** *Familias en Bosa afectadas por inundaciones*. (2019, 22 marzo). Recuperado 22 de octubre de 2022, de <https://concejodebogota.gov.co/familias-en-bosa-afectadas-por-inundaciones/cbogota/2019-03-22/161642.php>
- 22.** *Decreto 485 de 2011 | DASCD*. (2011, 3 noviembre). <https://www.serviciocivil.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/decreto-485-de-2011>
- 23.** *Decreto 456 de 2008 | DASCD*. (2008, 23 diciembre). <https://serviciocivil.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/decreto-456-de-2008>
- 24.** *Manual de drenaje para carreteras*. (2013, 11 abril). <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras>

