



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN DE SUDS PARA EL CONTROL DEL RIESGO DE
INUNDACIONES EN VÍAS URBANAS**

**SARAGURO GALLARDO GENESIS MAYTE
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN DE SUDS PARA EL CONTROL DEL RIESGO DE
INUNDACIONES EN VÍAS URBANAS**

**SARAGURO GALLARDO GENESIS MAYTE
INGENIERA CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTOS TÉCNICOS

**APLICACIÓN DE SUDS PARA EL CONTROL DEL RIESGO DE
INUNDACIONES EN VÍAS URBANAS**

**SARAGURO GALLARDO GENESIS MAYTE
INGENIERA CIVIL**

SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO

**MACHALA
2023**

APLICACIÓN DE SUDS PARA EL CONTROL DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN VÍAS URBANAS

por Génesis Saraguro

Fecha de entrega: 07-oct-2023 09:01a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2188416490

Nombre del archivo: Trabajo_de_titulaci_n_-_Saraguro_Gallardo_G_nesis_Mayte.docx (3.55M)

Total de palabras: 17511

Total de caracteres: 91213

APLICACIÓN DE SUDS PARA EL CONTROL DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN VÍAS URBANAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 401 words

Excluir bibliografía

Activo

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, SARAGURO GALLARDO GENESIS MAYTE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado APLICACIÓN DE SUDS PARA EL CONTROL DEL RIESGO DE INUNDACIONES EN VÍAS URBANAS, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



SARAGURO GALLARDO GENESIS MAYTE

0707306031

DEDICATORIA

A mi amada madre Mariela, cuyo amor y sabiduría han sido mi respaldo en cada paso de este camino. A mi padre Eduardo, quien desde el cielo me acompaña día tras día. A mi querido hermano Eduardo Luis, por ser mi fuente de inspiración y modelo a seguir a lo largo de esta trayectoria. A mis adorables sobrinos Sebastián, Luan y María Eduarda, quienes iluminan mi vida con su alegría. A mi familia y amigos, quienes me han brindado un respaldo incondicional durante este proceso.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi luz en cada momento de mi vida. A mi querida madre por su inquebrantable paciencia y amor, brindándome su apoyo en los momentos más difíciles. También, expreso mi agradecimiento al Ing. Carlos Sánchez Mendieta, cuya orientación y sabiduría ha sido crucial en la elaboración de este trabajo.

RESUMEN

La investigación se enfoca en el control del riesgo de inundaciones en vías urbanas de la ciudad de Pasaje ubicada en Ecuador, teniendo en consideración que la capacidad del sistema de drenaje es limitada, a causa del aumento del caudal máximo y la escorrentía superficial en temporada de lluvia. Por ello existe la necesidad de proponer medidas sostenibles que permitan minimizar el impacto de las inundaciones urbanas, en este contexto, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) se presentan como una excelente opción para la gestión de aguas pluviales en vías urbanas. Para el diseño del jardín de lluvia, se planteó una metodología basada en cuatro procesos: análisis de la condición existente del área de estudio, análisis de la red de drenaje de la cuenca urbana, propuesta de SUDS y, conexiones a red y mantenimiento. Los resultados obtenidos demuestran que, para la captación de un metro cúbico de escorrentía, se requiere el empleo de cuatro jardines de lluvia para un área de 9.34 ha, los cuales deben contar con una superficie de 4.40 m², además, al aumentar la cantidad de estas unidades se logrará evacuar un volumen mayor de escorrentía.

Palabras claves: *aguas pluviales, inundación, Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, vías urbanas*

ABSTRACT

The research focuses on flood risk control in urban roads in the city of Pasaje, located in Ecuador, taking into consideration the limited capacity of the drainage system due to increased peak flow and surface runoff during the rainy season. Therefore, there is a need to propose sustainable measures to minimize the impact of urban flooding. In this context, Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) emerge as an excellent option for managing stormwater in urban roads. For the design of the rain garden, a methodology based on four processes was proposed: analysis of the existing condition of the study area, analysis of the urban watershed drainage network, SUDS proposal, and network connections and maintenance. The results obtained demonstrate that, to capture one cubic meter of runoff, the use of four rain gardens is required for an area of 9.34 hectares, each of which must have a surface area of 4.40 square meters. Furthermore, increasing the number of these units will allow for the evacuation of a greater volume of runoff.

Keywords: *rainwater, flooding, Sustainable Urban Drainage Systems, urban roads*

ÍNDICE

Introducción	1
Importancia del tema	1
Actualidad de la problemática	1
Estructura del trabajo	2
1. Planteamiento del problema.....	4
1.1 Línea base del proyecto.....	4
1.2 Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos)	5
1.3 Formulación del problema: preguntas científicas.	5
1.4 Delimitación del objeto de estudio.....	6
1.5 Justificación.....	7
1.6 Objetivos: general y específicos.....	7
1.6.1 Objetivo general	7
1.6.2 Objetivos específicos.....	8
2. Estado del arte.....	9
2.1 Antecedentes Contextuales	9
2.2 Antecedentes conceptuales.....	11
2.3 Antecedentes referenciales	14
3. Metodología.....	17
3.1 Modalidad básica de la investigación	17
3.2 Tipo de investigación	17
3.3 Objeto de estudio.....	17
3.4 Descripción de la población y muestra	17
3.5 Materiales y métodos	18
4. Análisis e interpretación de los resultados.....	20
4.1 Análisis de la condición existente del área de estudio	20
4.1.1 Análisis topográfico.....	20
4.1.2 Análisis de geología y geotecnia	21
4.1.3 Análisis hidrológico.....	21
4.1.4 Análisis hidráulico.....	23
4.2 Análisis de la red de drenaje de la cuenca urbana.....	23
4.2.1 Análisis de las cuencas urbanas.....	23

4.2.2 Análisis de superficies impermeables.....	25
4.2.3 Limitación de drenaje	26
4.3 Propuesta de SUDS	31
4.3.1 Selección del tipo de SUDS	31
4.3.2 Dimensiones del SUDS	31
4.4 Conexiones a red y mantenimiento	34
4.4.1 Aliviaderos y conexiones a la red.....	34
4.4.2 Labores de mantenimiento	34
5. Conclusiones.....	35
6. Referencias Bibliográficas	36
Anexos	42

Introducción

Importancia del tema

En Ecuador, las inundaciones, deslaves en cerros, alcantarillas colapsadas son la consecuencia de las estaciones invernales y del llamado fenómeno del niño (Moreira Romero, 2022), estas inundaciones son un problema que conllevan a consecuencias significativas dentro de la sociedad, entre ellas pérdidas materiales, económicas y en el peor de los casos, de vidas humanas. No obstante, es claro evidenciar que en las ciudades de Ecuador aún no se ha logrado superar este inconveniente a pesar de las investigaciones realizadas.

Esto se debe a que los sistemas de drenaje son insuficientes para hacer frente al aumento del volumen de agua generado por las lluvias de alta intensidad que con el paso del tiempo generan inundaciones (Singh et al., 2018), por lo que, existe la necesidad de proponer medidas sostenibles que permitan dar solución a esta falta de planificación y diseño de sistemas de drenaje en vías urbanas y así controlar el riesgo de inundación. Entre una de estas soluciones, se destacan los sistemas urbanos de drenaje sostenible, también conocidos como SUDS.

Los SUDS se utilizan actualmente para enfrentar problemas de aguas pluviales relacionados con la cantidad y calidad de la escorrentía que drena a los ríos y otros cuerpos de agua receptores o al sistema de alcantarillado (Beltrán Huertas et al., 2019). Además, fomenta el uso de soluciones sobre el suelo, como jardines de lluvia, zanjas, techos verdes y humedales; es decir, el papel de los SUDS es recolectar, infiltrar, retardar, almacenar, transportar y tratar la escorrentía en el sitio para mantener la hidrología local existente (Lähde et al., 2019).

Actualidad de la problemática

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pasaje 2019 - 2023 se indica que el cantón presenta una susceptibilidad física a la ocurrencia de inundaciones, debido a las precipitaciones intensas (fenómeno del niño) el que podría ocasionar deslizamientos en masa y torrentes que podrían afectar a la infraestructura

productiva tales como: vías de movilización de productos, canales de riego existentes; y, centros de acopio (PDOT Pasaje, 2019).

Las inundaciones son causadas principalmente a causa de las fuertes precipitaciones; pero factores como el cambio climático, la rápida urbanización y el desarrollo urbano no planificado actúan como un catalizador alterando la respuesta hidrológica de una cuenca urbana (Singh et al., 2018), es decir, estos fenómenos incrementan la velocidad con la que se producen las inundaciones afectando de esta forma al sistema hidrológico, ambiental y ecológico de la zona.

El cambio climático influye directamente en los patrones de precipitación a nivel mundial. Es probable que exista un aumento en la frecuencia de precipitaciones intensas (Singh et al., 2018), por lo que, pueden aumentar el caudal máximo y la escorrentía superficial que transportan contaminantes antropogénicos, lo que deteriora gravemente la calidad del agua de las aguas superficiales (Baek et al., 2020).

Por otra parte, la rápida urbanización se origina a expensas de la pérdida de ecosistemas y tierras, que ocasionan un aumento de superficies impermeables y una disminución de la capacidad de infiltración del suelo, que se espera que empeoren si las ciudades no adoptan medidas sostenibles (Jiménez et al., 2019). A su vez, existe un limitado espacio de expansión que provoca frecuentes inundaciones pluviales, por lo que es poco probable que el drenaje convencional existente trabaje dentro de su capacidad diseñada (Lashford et al., 2019).

En 2018 en el análisis de inundaciones realizado por Zúñiga en algunos países de Latinoamérica, indica que entre los problemas más comunes se encuentra el desarrollo urbano y territorial no planificado y la consecuente reducción de los ecosistemas; aspecto no considerado en los planes de ordenamiento urbano (Zúñiga, 2018). Por lo tanto, la capacidad de los sistemas de drenaje existentes resulta ineficientes y la gestión de inundaciones se ha vuelto insuficiente.

Estructura del trabajo

La estructura de este trabajo consta de cuatro capítulos los cuales se describen a continuación:

El Capítulo I titulado Planteamiento del problema, sirve como base fundamental para comprender la relevancia del proyecto. En este segmento, se establece la línea base del proyecto, la descripción de la situación actual de la zona de estudio, la formulación de preguntas científicas, la justificación y los objetivos de la investigación.

En el Capítulo II, denominado Estado del arte, se realiza una compilación detallada de información proveniente de artículos que respalden la investigación y sirvan como fundamento para la redacción de antecedentes contextuales, conceptuales y referenciales; permitiendo establecer la relevancia del trabajo actual en relación con las contribuciones previas.

En el Capítulo III se detalla la metodología utilizada en este estudio, abordando la modalidad y el tipo de investigación; además se describe la población y muestra seleccionada, así como los métodos teóricos y empíricos utilizados.

El Capítulo IV se enfoca en el análisis e interpretación de los resultados, así como la aplicación de la metodología propuesta. En este contexto, se validó esta metodología aplicada para el caso de estudio de la ciudad de Pasaje, dando como resultado la identificación del tipo de SUDS y su cantidad de dispositivos necesarios para evacuar determinado volumen de escorrentía para el control de riesgo de inundaciones en vías urbanas.

1. Planteamiento del problema

1.1 Línea base del proyecto

La cobertura de servicios básicos dentro de una zona tiene repercusiones en el ámbito social, económico y ambiental. Por ende, se debe garantizar el acceso y la disponibilidad de servicios básicos como agua potable, alcantarillado, recolección de basura, entre otros. En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de viviendas del cantón Pasaje con acceso a servicios básicos, en donde se evidencia que, en la zona urbana, el porcentaje de cobertura de agua potable es del 60%, el de servicio de alcantarillado es del 75%, mientras que el 89.70% disponen del servicio de recolección de basura (PDOT Pasaje, 2019). Por lo que se puede concluir que se cuenta con una disponibilidad media de estos servicios en el cantón, no obstante, en las zonas de estudio estos servicios se encuentran con una cobertura del 100%.

Tabla 1. Viviendas en el cantón Pasaje con acceso a servicios básicos.

Sector	Total viviendas	Agua potable		Alcantarillado		Recolección de basura	
		N° Viviendas	%	N° Viviendas	%	N° Viviendas	%
Pasaje	19527	12793.80	65.52	13244.37	67.83	16253.00	83.23
Rural	5388	4310.40	80.00	2640.12	49.00	3570.00	66.26
Urbano	14139	8483.40	60.00	10604.25	75.00	12683.00	89.70

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEC 2010 (PDOT Pasaje, 2019).

De acuerdo a la Tabla 1 y con la utilización de un Sistema de Información Geográfica, se determinó que la primera zona de estudio cuenta con 763 viviendas, mientras que en la segunda zona existen 444 viviendas, conformando así un total de 1207 viviendas que corresponden al 8.54% del total de viviendas urbanas que cuentan con los servicios de agua potable, alcantarillado y recolección de basura en su totalidad.

Las zonas de estudio se encuentran ubicadas en la parroquia Ochoa León del cantón Pasaje y de acuerdo a la información extraída del PDOT Pasaje del catastro de vías urbanas, se muestra que la parroquia Ochoa León cuenta con un total de 60267.14 m de vías asfaltadas y pavimentadas con un ancho promedio de 8.50 m.

1.2 Descripción de la Situación problemática (Causas y efectos)

La problemática central se basa en la vulnerabilidad a inundaciones que presentan los usuarios de las vías urbanas de la ciudad de Pasaje en temporada invernal, lo cual ocasiona un efecto final que son las inundaciones urbanas locales. Dentro del análisis de la situación problemática se identificaron ciertos factores que son las causas directas del problema en cuestión.

Una de estas causas trata acerca del sistema de drenaje existente en la zona de estudio, puesto que los diámetros y pendientes no abastecen al sistema, y además el tipo de sistema actual es combinado, lo cual provoca un aumento del caudal máximo y escorrentía superficial; por ende, las tuberías se ven afectadas al ser superada su capacidad a la cual fue diseñada, donde es inminente el colapso de la infraestructura de drenaje.

La siguiente causa analizada es acerca de las precipitaciones intensas en temporada invernal, las cuales provocan que la zona de estudio sea susceptible a inundaciones, además, la falta de información sobre posibles puntos de descarga dentro de la ciudad.

Por último, la existencia de superficies impermeables causa una disminución en la capacidad de infiltración del suelo, lo mismo ocurre con los pavimentos impermeables. Existe un limitado espacio para la planificación urbana, por ende, no se adoptan medidas sostenibles para el drenaje que conllevan a problemas medioambientales, sociales y económicos.

1.3 Formulación del problema: preguntas científicas.

Los elementos que componen una infraestructura de drenaje deben ser analizados para determinar si abastecen correctamente al sistema, es decir, si existe un deficiente sistema de drenaje puede conllevar a que la capacidad de las tuberías sea superada y colapsada debido al aumento del caudal máximo y la escorrentía superficial.

Asimismo, es importante el análisis de la influencia hidrológica de las precipitaciones en temporada invernal, que puede ocasionar que una cuenca urbana sea susceptible a inundaciones debido a que el sistema de drenaje existente no es capaz de abastecer los requerimientos del sistema.

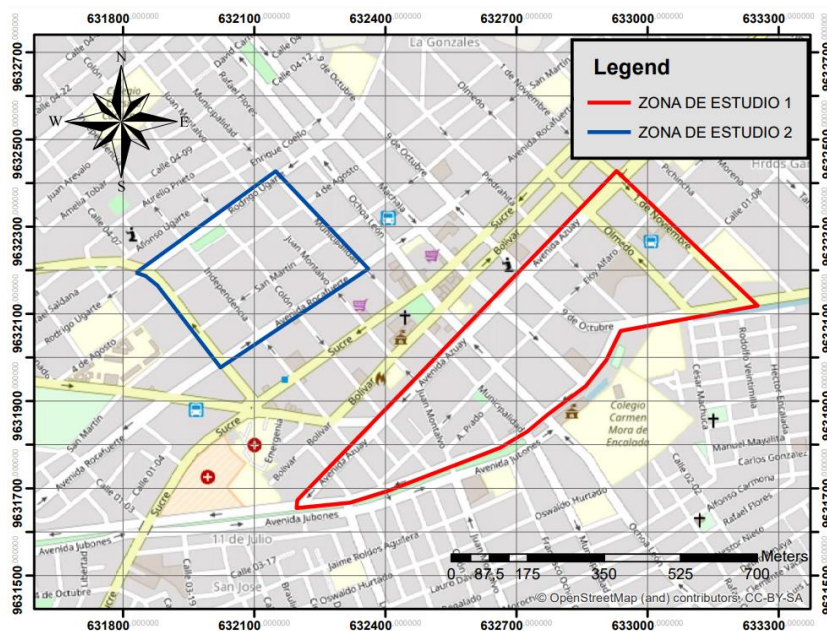
Por otra parte, el aumento poblacional y de zonas urbanizadas conlleva a un limitado espacio de planificación en ciudades y a la existencia de superficies impermeables, dando como resultado que el suelo disminuya su capacidad de infiltración y, por lo tanto, ocasione un aumento de la escorrentía superficial.

Por último, la aplicación de medidas sostenibles en un sistema de drenaje permite dar solución a todos aquellos problemas que se presentan con un sistema convencional, es decir, la implementación de SUDS tiene una influencia en el control del riesgo de inundaciones en vías urbanas.

1.4 Delimitación del objeto de estudio

En el presente trabajo se analiza el riesgo de inundaciones en vías urbanas de la ciudad de Pasaje, para lo cual se seleccionaron dos zonas de estudio tal como se observa en la Ilustración 1, la primera zona se encuentra delimitada al norte por la Avenida Azuay, al sur con la Avenida Jubones y al este con la calle 1 de noviembre; mientras que, la segunda zona está delimitada al norte por la calle Rodrigo Ugarte, al sur con la Avenida Rocafuerte, al este con la calle Municipalidad y al oeste con la Avenida 9 de mayo.

Ilustración 1. Zonas de estudio



Fuente: Elaboración Propia

1.5 Justificación

El presente trabajo se encuentra sustentado con una investigación bibliográfica, en la cual se han analizado artículos científicos, tesis de maestría, documentos oficiales de la ciudad de Pasaje, entre otros. Con el fin de justificar la información obtenida relacionado con los SUDS para el análisis del riesgo de inundaciones en la ciudad de Pasaje.

Pasaje es una ciudad que está influenciada por la presencia de ríos y quebradas, por lo que la zona urbana está expuesta a afectaciones por inundaciones en zonas bajas en estación invernal. Estas afectaciones están relacionadas con el deterioro en las estructuras de viviendas, espacios públicos e instituciones de servicio, colapso de sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario, inundaciones entre otros.

La presencia de precipitaciones intensas en temporada invernal, darían lugar a una mayor frecuencia de inundaciones, que podría conllevar a las afectaciones anteriormente mencionadas. De esta manera, en las áreas afectadas por inundaciones se incrementaría el riesgo de contaminación del agua de consumo humano y consecuentemente de enfermedades y epidemias relacionadas, por lo cual, es importante proponer alternativas que minimicen estas afectaciones y que tengan en cuenta el sistema hidrológico y las características físicas de la zona de estudio.

En este contexto, existe la necesidad de proponer medidas sostenibles que permitan dar solución y control al riesgo de inundación en la ciudad de Pasaje. Para lo cual se plantea la aplicación de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS), con el fin de minimizar el impacto de las inundaciones en las vías urbanas y por ende reducir su vulnerabilidad en temporada invernal. Además, los SUDS constituyen una oportunidad para mejorar la gestión de aguas pluviales ofreciendo múltiples opciones para el control de escorrentía y beneficios adicionales relacionados con aspectos sociales, ambientales y económicos.

1.6 Objetivos: general y específicos

1.6.1 Objetivo general

Proponer la aplicación de SUDS mediante modelos hidrológicos, hidráulicos y herramientas de información geográfica en vías urbanas de la ciudad de Pasaje para el control del riesgo de inundaciones.

1.6.2 Objetivos específicos

Fundamentar conceptualmente mediante referencias bibliográficas la aplicación de SUDS que permita mitigar las inundaciones en zonas urbanas de la ciudad de Pasaje.

Identificar una cuenca urbana vulnerable a inundaciones mediante su caracterización y modelación hidrológica que permita un análisis de la escorrentía superficial en la zona de estudio.

Plantear alternativas de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS) mediante los resultados de la caracterización y modelación hidrológica para el control de riesgo de inundaciones en la ciudad de Pasaje.

2. Estado del arte

2.1 Antecedentes Contextuales

A nivel mundial se han empleado diferentes terminologías para la gestión de aguas pluviales con un enfoque sostenible, las cuales se han desarrollado de manera empírica de acuerdo a la perspectiva y el contexto local de cada país. En Reino Unido se propuso el “Sistema de drenaje urbano sostenible (SUDS)”;

Estados Unidos planteó técnicas como “Mejores prácticas de gestión (BMP)”, “Desarrollo de Bajo Impacto (LID)” e “Infraestructura Verde (GI)”;

por su parte Australia desarrolló el “Diseño urbano sensible al agua (WSUD)” y, por último, China aparece con el concepto de “Construcción de la ciudad esponja (SCC)” también conocida como ciudad elástica al agua. Todas estas técnicas tienen como objetivo la gestión sostenible de las aguas superficiales y subterráneas, y, por lo tanto, la reducción de la posibilidad de anegamiento urbano por colapso del sistema de drenaje (Xue, 2020). Alrededor del mundo, se han realizado diferentes investigaciones con estas terminologías según la realidad de cada país.

En el estudio realizado por Joshi et al. (2021), se analizó el potencial y la rentabilidad de SUDS para disminuir los desbordamientos de alcantarillado combinado para una pequeña cuenca urbana en la ciudad de Zúrich, Suiza. Los resultados arrojaron que el volumen de desbordamiento disminuyó un máximo de 50 a 99%, dependiendo de la técnica SUDS empleada: sistemas de biorretención, pavimento permeable, barril de lluvia y cubierta verde (Joshi et al., 2021). Por otra parte, en la investigación realizada por Arjenaki et al. simularon la red de recolección de escorrentía superficial de la ciudad de Shahrekord, Irán, utilizando métodos de LID. En los resultados se evidenció que el volumen y el escurrimiento máximo de la subcuenca seleccionada para techo verde, pavimento permeable y barriles de lluvia, respectivamente, se redujeron en un 46, 21 y 25% en promedio (Arjenaki et al., 2021).

En la última década, como consecuencia del aumento poblacional y expansión urbana, en América Latina y el Caribe se han incrementado la implementación de SUDS, debido a sus múltiples beneficios que permiten el control de la escorrentía dentro de una localidad (Jiménez et al., 2019). Lo cual concuerda con la investigación realizada por Bermúdez-Valero en su trabajo de grado de maestría titulado “Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en América Latina: ¿Una solución basada en la naturaleza con criterio social?”,

en el cual enuncia que los países con mayor incursión en SUDS son Brasil y Colombia, en donde se han realizado el 80% de las publicaciones totales de la región acerca de la implementación de SUDS (Bermúdez-Valero, 2021).

Los autores Jiménez et al. en su investigación desarrollaron una metodología multiescala para áreas urbanas consolidadas aplicada a la ciudad de Bogotá, Colombia. La cual incluye tres escalas: toda la ciudad, local y microescala. Los resultados presentaron que los tipos de SUDS más adecuados para áreas públicas en Bogotá son cajas de árboles, cisternas, zonas de biorretención, pantanos verdes, cuencas secas de drenaje extendido y zanjas de infiltración, mientras que para viviendas residenciales privadas son los barriles de lluvia, cajas de árboles, techos verdes y pantanos verdes (Jiménez et al., 2019).

En Ecuador, como resultado de las estaciones invernales y del fenómeno del niño se han presentado inundaciones, deslaves en cerros, alcantarillas colapsadas, entre otros. Tal como fue evidente en los años 1997 y 1998, donde estos efectos fueron muy considerables: la red vial costera se encontraba destruida en un 80%, miles de familias afectadas sin vivienda, alrededor de 200 personas muertas o desaparecidas, además de pérdidas económicas (Castro Torres, 2022). Por lo tanto, en los últimos años se han realizado múltiples esfuerzos y propuestas para hacer una transición en el modelo económico enfocado hacia la sostenibilidad, de acuerdo a lo que establece la carta magna en cuanto al reconocimiento de los derechos de la naturaleza” (Moreira Romero, 2022).

Los proyectos de SUDS también han sido tema de análisis en Ecuador, uno de ellos fue el realizado por Castro Torres para la Lotización Pájaro Azul Km. 10.5 vía a Data del Cantón Playas, donde se diseñó dos sistemas, tanto el tradicional de recolección de aguas lluvias como el diseño del SUDS. Con los diseños se probó las falencias del diseño tradicional en lo referente a dimensionamiento, tratamiento de escorrentías y la contaminación. Por su parte, los SUDS específicamente el dren francés, mostró que la captación de las escorrentías no es muy extensa, la contaminación es retenida en las franjas de control ambiental que sirven de filtro natural y mejora el paisaje urbano con la presencia de vegetación (Castro Torres, 2022).

Hidalgo García en su trabajo de investigación presenta una modelación hidrológica para simular la escorrentía superficial generada en una zona urbana del cantón Machala. Para lo cual propone un SUDS de tipo control en la fuente, como el pavimento permeable y el

barril de lluvia. Los resultados arrojaron que la implementación de SUDS en esta zona urbana da resultados positivos, sobre todo la aplicación del pavimento permeable, ya que se reduce en un 57.64 % el volumen de inundación (Hidalgo García, 2019). Sin embargo, en las zonas de estudio no existe un análisis de un proyecto de drenaje sostenible que permita el control del riesgo de inundaciones en temporada invernal y acompañe al drenaje existente, el cual es del tipo combinado, es decir, que transporta las aguas residuales y pluviales y, por lo tanto, no cuenta con la capacidad suficiente para satisfacer la demanda de la ciudad de Pasaje.

2.2 Antecedentes conceptuales

El término “inundación” se refiere al desbordamiento de agua o flujo de agua en áreas que generalmente no están sumergidas. Cuando se trata de áreas urbanas, se mencionan dos tipos de inundaciones: las inundaciones fluviales o desbordadas que son causadas por el desbordamiento de los cursos de agua, y las inundaciones pluviales o repentinas que se originan por las aguas pluviales durante eventos de precipitación (Gimenez-Maranges et al., 2020). Los eventos repentinos como las inundaciones pueden aumentar significativamente a causa de la rápida urbanización y el aumento de superficies impermeables, por lo cual se requiere una búsqueda de resultados más sostenibles para la gestión del riesgo de inundaciones (Wang et al., 2019).

Según los autores Sagala et al. señalan que la vulnerabilidad está compuesta por tres componentes: grado de exposición, susceptibilidad y resiliencia o capacidad de respuesta de una población en un área. Asimismo, mencionan que la vulnerabilidad a inundaciones se conforma de las siguientes partes: los habitantes de un área propensa a inundaciones, un entorno construido o un ecosistema expuesto a peligro de inundación (Sagala et al., 2022). Muchas ciudades en el mundo siguen siendo vulnerables a inundaciones urbanas, a causa de factores como: los altos niveles de precipitación, la rápida urbanización y la ausencia de técnicas sostenibles en los sistemas de drenaje.

Una de las principales causas de las inundaciones urbanas según Salinas-Rodríguez et al. es la capacidad limitada del sistema de drenaje, que durante eventos de lluvias extremas puede causar que la escorrentía sature los componentes de drenaje sobre el suelo (Salinas-Rodríguez et al., 2018). Esto concuerda con el trabajo realizado por Bai et al. donde se menciona que, en muchas ciudades del mundo, existen estándares de drenaje de bajo

nivel, con una capacidad de drenaje deficiente e instalaciones de drenaje obsoletas (Bai et al., 2018). En este contexto, los investigadores han estado lidiando con lo que podría implicar un futuro "urbano resistente a las inundaciones" y cómo podría lograrse desde una perspectiva de planificación y diseño urbano para la gestión del riesgo de inundación (Potter & Vilcan, 2020).

El fenómeno de la urbanización se refiere al aumento de la población que reside en zonas urbanas y que provocan un alto grado de impermeabilización del suelo; cuando las aguas convergen hacia las zonas más bajas dentro de una ciudad, se genera un mayor volumen de escorrentía superficial (Sagala et al., 2022). Además, entre las repercusiones que puede conllevar la expansión urbana se encuentra la pérdida de áreas verdes, ecosistemas o áreas para actividades agrícolas, así como también la contaminación del suelo; esto genera un impacto negativo dentro de la planificación urbana, por ejemplo, en la protección de áreas ambientales, inundaciones o islas de calor urbanas (Salas Pérez et al., 2019).

El uso de materiales como el asfalto y el concreto, al ser materiales impermeables alteran la capacidad de infiltración del suelo, la capa de rodadura de las carreteras están constituidas por estos materiales por lo que son consideradas superficies impermeables y ocasionan la pérdida de capacidad de infiltración del suelo generando impactos ambientales y sociales en la ciudad (Salas Pérez et al., 2019), otros autores como (N. Chen et al., 2019) también mencionan que las carreteras no solo son importantes dentro de las ciudades, sino que también son extremadamente vulnerables a las inundaciones a causa de la impermeabilización, lo cual genera impactos negativos en la ciudad.

La infiltración es el proceso por el cual el agua se mueve desde la superficie hacia el subsuelo, la cual actúa como un control primario sobre la escorrentía superficial y la erosión del suelo (Yilmaz et al., 2022). En la investigación realizada por Shun Chan et al. concluyeron que los sistemas de drenaje urbano modernos, no habían sido diseñados para manejar el aumento de la escorrentía producida por la reducción de infiltración en el entorno urbano (Shun Chan et al., 2018), es decir, la capacidad de estos sistemas no era suficiente para abastecer las necesidades presentadas por la rápida urbanización.

Un sistema de drenaje es aquel que se utiliza para desalojar las aguas residuales y pluviales. Este juega un papel clave en la protección de la vida y la salud de las personas, además de que protege el medio ambiente en las zonas urbanas (Cabrera Delgadillo et al.,

2019), por su parte, los sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS) son una red integrada de áreas con vegetación y espacios abiertos que son utilizados para proteger los principios y funciones de los ecosistemas naturales para la gestión de aguas pluviales (Ferrans et al., 2022), además, los SUDS tienen beneficios más amplios como: mejorar la calidad del agua, mejorar la comodidad, la estética y la biodiversidad, entre otros (Lashford et al., 2019).

El principal objetivo de los SUDS es reducir el riesgo de inundaciones aguas abajo y las posibilidades de contaminación causadas por la escorrentía de aguas superficiales (Sagala et al., 2022). Las técnicas SUDS pueden ayudar a mejorar el paisaje urbano en toda la cuenca y traer consigo beneficios relacionados con los aspectos sociales y ambientales. Es posible aplicar una variedad de técnicas SUDS tanto en espacios públicos como privados, las técnicas más utilizadas son: pavimentos permeables, jardines de lluvia, cubierta verde, zanjas o pozos de infiltración, barril de lluvia, cunetas vegetadas y drenes filtrantes (Fonseca Alves et al., 2022; González, 2020).

Los pavimentos permeables generalmente consisten en bloques de concreto en donde los vacíos son rellenados de arena, grava o tierra, gracias a estos vacíos la escorrentía se filtra a través del pavimento hacia el suelo subyacente, mitigando el impacto de la escorrentía y recargando el agua subterránea. Estos pavimentos son recomendados instalarlos en espacios como estacionamientos, calzadas y bermas, debido a que en estos lugares se tiene un volumen bajo de tráfico y facilidad en el mantenimiento, permitiendo garantizar la permeabilidad de dicho pavimento (Bae & Lee, 2020).

Los jardines de lluvia o también conocidos como sistemas de biorretención, consisten en una depresión en la tierra cubierta con mantillo y medios bien drenados, como suelo con vegetación, arena y/o capas de grava, que permiten almacenar e infiltrar la escorrentía y aumentar la biodiversidad de un sitio al ser estéticamente agradables. Estos sistemas son eficientes para eliminar muchos contaminantes preocupantes como por ejemplo, sólidos en suspensión, hidrocarburos, bacterias indicadoras fecales y metales pesados (Lopez-Ponnada et al., 2020).

Los techos verdes o también llamados cubiertas verdes son superficies con vegetación, que consisten en plantas que son instaladas en el techo de un edificio, estos han llamado la atención de investigadores a nivel mundial debido a los diferentes beneficios que

pueden brindar en varios campos como la mitigación significativa de la escorrentía de aguas pluviales, especialmente si se instalan de forma prolija sobre una cuenca, además pueden mejorar la temperatura urbana en los cañones de las calles y mitigar el efecto de la isla de calor urbano (Bevilacqua et al., 2020).

Los barriles de lluvia o tanques colectores de lluvia se basan en recolectar agua de lluvia de los techos, de tal manera que se almacena temporalmente en tanques para diferentes usos, como riego, lavado de ropa o descarga de inodoros, hacer esto puede reducir la vulnerabilidad de las zonas urbanas al almacenar agua durante períodos sin lluvia y reducir la escorrentía superficial (Onderka et al., 2020).

Por otra parte, los autores Guo et al y Tang et al. coinciden que el modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM), desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU. ha sido uno de los más utilizados a nivel mundial como un modelo dinámico de simulación de escorrentía de lluvia, tanto para el análisis de inundaciones de drenaje urbano y la simulación de la calidad del agua. Además, es posible cuantificar los impactos de las diferentes alternativas de SUDS utilizando escenarios hipotéticos, que permitan al investigador seleccionar la más adecuada para su caso de estudio (Guo et al., 2019; Tang et al., 2021). SWMM estructura el sistema de drenaje en cuatro módulos: atmósfera, superficie terrestre, agua subterránea y transporte. Además, hay tres tipos de modelos para la simulación del flujo de agua en SWMM: flujo constante, onda cinemática y onda dinámica (Bai et al., 2018).

2.3 Antecedentes referenciales

Con la revisión de artículos científicos, se ha observado que varios autores han empleado diferentes enfoques metodológicos en sus investigaciones, entre los cuales se encuentra el estudio realizado por Cubides & Santos denominado “Control de escorrentías urbanas mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Pozos/Zanjas de infiltración”, en la cual describe el uso de SUDS para controlar la escorrentía urbana y utiliza el software EPA SWMM 5.1 para analizar el uso de nuevas alternativas de drenaje complementadas con SUDS, en la localidad de Fontibón, Colombia (Cubides & Santos, 2018). Asimismo, Kian et al. en su investigación denominada “Un análisis de la rehabilitación del drenaje pluvial para sistemas integrados BIOECODS utilizando EPA-SWMM”, diseña un BIOECODS integrado en EPA-SWMM para la rehabilitación de

escorrentías de aguas pluviales en un área urbana, en Malasia (Kian et al., 2021). Además, Sarminingsih et al en su estudio “Revisión y diseño del sistema de drenaje de la carretera Kedungmundu, ciudad de Semarang, con la implementación del Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS)” propone la implementación de barriles de lluvia para controlar el escurrimiento urbano y reducir la descarga de agua de lluvia en el área de la carretera Kedungmundu (Sarminingsih et al., 2022).

Además, Seyedashraf et al., en su investigación “Optimización de muchos objetivos del drenaje sostenible Sistemas en zonas urbanas con diferentes pendientes superficiales” destaca que la pendiente de una cuenca urbana influye en el diseño óptimo, por lo que sugiere que no debe haber una política única para áreas con diferentes pendientes, en Reino Unido (Seyedashraf et al., 2021). Finalmente, Gonzalez et al. en su estudio denominado “Metodología para el diseño de sistemas urbanos de drenajes sostenibles que minimicen el riesgo de inundaciones en vías urbanas” propone una metodología de diseño para los SUDS que pretende abordar las inundaciones urbanas y analizar los problemas de drenaje en la ciudad de Machala, Ecuador (Gonzalez Aguilar et al., 2023). Por lo tanto, a continuación, la Tabla 2 presenta un análisis comparativo de estos trabajos revisados:

Tabla 2. Análisis comparativo de metodologías para el diseño de SUDS

Autores	Conocimiento	Métodos	Aplicaciones prácticas	Conclusiones	Referencias bibliográficas
E. D. Cubides y G. E. Santos	Describe el uso de SUDS para controlar la escorrentía urbana y utiliza el Software EPA SWMM 5.1 para analizar el uso de nuevas alternativas de drenaje complementadas con SUDS	Modelado hidráulico e hidrológico en Software EPA SWMM para análisis de precipitaciones y comportamiento hidráulico	Implementación de pozos de infiltración como alternativa de drenaje.	Los SUDS pueden ser utilizados para controlar la escorrentía superficial en áreas urbanas, lo que incluye las carreteras, y reducir el riesgo de inundación	(Cubides & Santos, 2018)
N. Z. Kian, H. Takaijudin and M. Osman	El artículo diseña un BIOECODS integrado en SWMM para la rehabilitación de escorrentías de aguas pluviales en un área	Modelado de simulación de lluvia-escorrentía en Software EPA SWMM para analizar la gestión de	Gestión efectiva de la cantidad y calidad del agua de lluvia, y reducción en la descarga	La aplicación de BIOECODS permitió analizar el sistema de biorretención integrado, y se	(Kian et al., 2021)

	urbana.	aguas pluviales en áreas urbanas.	de agua de lluvia de áreas impermeables a través de la infiltración.	demonstró que no habría más inundaciones repentinas.	
A. Sarminingsih, D. S. Handayani, A. Astriani	El trabajo propone la implementación de barriles de lluvia para controlar el escurrimiento urbano y reducir la descarga de agua de lluvia de una vía.	Análisis hidrológico y uso de barriles de lluvia como tipo de SUDS.	Implementación de barriles de lluvia. Reducción del vertido de aguas pluviales al canal de drenaje.	La aplicación de SUDS se presenta como una solución para lidiar con las inundaciones y el manejo del agua de lluvia de las calles.	(Sarminingsih et al., 2022)
O. Seyedashraf, A. Bottacin-Busolin y J. J. Harou	El estudio destaca que la pendiente de una cuenca urbana influye en el diseño óptimo, por lo que sugiere que no debe haber una política única para áreas con diferentes pendientes.	Modelación en el software EPA SWMM, que permite simular flujos en canales abiertos, así como flujo presurizado en tuberías de drenaje.	Diseños de drenaje que logran un equilibrio en función de las condiciones específicas de pendiente y superficie de la cuenca urbana.	Identifica la combinación óptima de diferentes componentes de drenaje sostenible.	(Seyedashraf et al., 2021)
J. G. Gonzalez Aguilar, C. E. Sánchez Mendieta, Y. P. Medina Sánchez, F. L. Campuzano Vera	La investigación trata sobre inundaciones urbanas en la ciudad de Machala, analizando los problemas de drenaje.	Modelado hidráulico e hidrológico empleando el Software EPA SWMM	Propuesta de pavimento permeable y área inundable como soluciones para un sistema de drenaje sostenible.	Control de inundaciones en zonas urbanas Implementación de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS)	(Gonzalez Aguilar et al., 2023)

Fuente: El autor

3. Metodología

3.1 Modalidad básica de la investigación

La investigación tendrá un enfoque cuantitativo para abordar la aplicación de SUDS en vías urbanas. Este enfoque se basa en el procesamiento de la información recopilada en campo, para determinar el drenaje natural de las cuencas urbanas identificadas mediante el uso de software.

3.2 Tipo de investigación

El presente estudio se enmarca principalmente en tres tipos de investigación: bibliográfica, de campo y descriptiva.

En cuanto al enfoque bibliográfico, se sustenta en el análisis de contenido mediante una revisión bibliográfica de libros, revistas, artículos, tesis de maestría y manuales referentes a la aplicación de SUDS.

El enfoque de campo permitirá conocer las características de elevación del terreno mediante un levantamiento topográfico, además de recopilar información acerca de las características de la zona de estudio.

El enfoque descriptivo permitirá un análisis detallado de los datos recopilados referentes a las condiciones del área de estudio, en donde, se describirán las características topográficas, geológicas y geotécnicas, hidrológicas, hidráulicas, entre otras.

3.3 Objeto de estudio

El objeto de estudio del presente proyecto se enfoca en la aplicación de medidas de SUDS para vías urbanas de la ciudad de Pasaje.

3.4 Descripción de la población y muestra

Para el caso de estudio, el universo comprendió las calles urbanas del cantón Pasaje, en donde la población corresponde a las calles de la parroquia Ochoa León, que según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pasaje 2019 – 2023 cuenta con un total de 60267.14 m de vías asfaltadas y pavimentadas. En la selección de la muestra,

se aplicó el método de observación directa que permitió la identificación de dos zonas de estudio las cuales se presentaron anteriormente en la Ilustración 1.

3.5 Materiales y métodos

De acuerdo a esta fundamentación teórica, se plantea el proceso metodológico mostrado en la Tabla 3, el cual está basado en los criterios de los autores (Gonzalez Aguilar et al., 2023), (Kian et al., 2021) y (Seyedashraf et al., 2021) para el diseño de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, en donde se presentan los instrumentos y la descripción de los procesos utilizados.

Tabla 3. Descripción del proceso metodológico

Proceso	Descripción	Instrumento	Resultado	Referencias
Análisis de la condición existente del área de estudio	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis topográfico • Análisis de geología y geotecnia • Análisis hidrológico • Análisis hidráulico 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel topográfico • GPS RTK • Software ArcMap 10.3 • Estudio de suelo • Manual “Estudios de Lluvias Intensas” • Software Excel • Planos del catastro de redes de alcantarillado • Software AutoCAD 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo Digital de Elevaciones • Tipo de suelo • Permeabilidad del suelo • Hietograma de precipitación • Red de alcantarillado pluvial • Superficie impermeable y permeable • Coeficiente de escorrentía para cada superficie 	(Kian et al., 2021)
Análisis de la red de drenaje de la cuenca urbana	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de cuencas urbanas • Análisis de superficies impermeables • Limitación de drenaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Software Global Mapper 18 • Software EPA SWMM 5.2 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuencas urbanas • Red de drenaje para modelado • Resultados de la simulación hidrológica 	(Seyedashraf et al., 2021)
Propuesta de SUDS	<ul style="list-style-type: none"> • Selección del tipo de SUDS • Dimensionamiento de SUDS 	<ul style="list-style-type: none"> • Software EPA SWMM 5.2 	<ul style="list-style-type: none"> • Cubiertas vegetales • Parterres inundables • Cunetas 	(Seyedashraf et al., 2021) (Gonzalez Aguilar et al., 2023)

			vegetales • Pavimentos permeables • Drenes filtrantes • Zanjas y pozos de infiltración	
Conexiones a red y mantenimiento	• Dimensionamiento de aliviaderos y conexiones a la red • Selección de labores de mantenimiento	• Manual del Software SWMM • Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde	• Conexiones a red existente o propuestas • Técnicas de mantenimiento • Fichas de mantenimiento	(Gonzalez Aguilar et al., 2023)

Fuente: El autor

La descripción de este proceso abarca el análisis topográfico, análisis de geología y geotecnia, análisis hidrológico, análisis hidráulico y el análisis de superficies impermeables. Con los datos recopilados en la investigación de campo, se determinaron las cuencas urbanas para el caso de estudio con el empleo del software Global Mapper 18; a partir de las cuales se desarrolló el modelo en el software SWMM 5.2, por sus siglas en inglés Modelo de Gestión de Aguas Pluviales, que refleja la realidad actual de la zona estudiada. Con los resultados obtenidos en la simulación hidrológica, se determinará una propuesta de dispositivo SUDS y un segundo modelo hidrológico donde se incluyó la técnica de SUDS seleccionada, con el objetivo de realizar un análisis comparativo entre ambos modelos. Adicionalmente, se dimensionan los aliviaderos y conexiones a la red, y se determinan las labores de mantenimiento que requiera el tipo de SUDS seleccionado. Todos estos procesos se pueden agrupar en cuatro criterios: análisis de la condición existente del área de estudio, análisis de la red de drenaje de la cuenca urbana, propuesta de SUDS; y, conexiones a red y mantenimiento.

4. Análisis e interpretación de los resultados

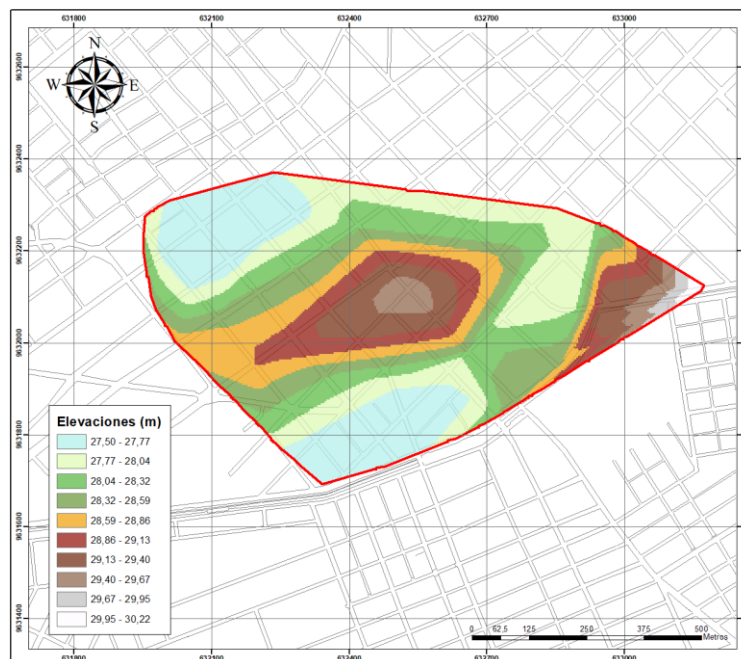
La fundamentación bibliográfica de artículos científicos permitió la elaboración de la propuesta metodológica descrita en la Tabla 3, que engloba todos los procesos y análisis utilizados en las investigaciones de los autores mencionados anteriormente. A continuación, se presentan los resultados de forma detallada, destacando cada uno de los criterios considerados; y con la finalidad de validar la metodología propuesta, se tomará como caso de estudio el sector de la ciudad de Pasaje, tal como se presentó en la Ilustración 1.

4.1 Análisis de la condición existente del área de estudio

4.1.1 Análisis topográfico

Se realizó un levantamiento topográfico detallado en las zonas de estudio, empleando un nivel topográfico para conocer las elevaciones del terreno, además, con el fin de garantizar la precisión de los datos recopilados, se usó un GPS RTK para referenciar las coordenadas de las calles utilizando el sistema de referencia WGS84, Proyección UTM, Zona 17S, dando como resultado el modelo digital de elevaciones (DEM), por sus siglas en inglés. En la Ilustración 2, se observa el mapa de elevaciones de la ciudad de Pasaje, obteniendo un desnivel en la zona urbana de 27.50 msnm hasta 30.22 msnm.

Ilustración 2. Modelo Digital de Elevación de la ciudad de Pasaje



Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Análisis de geología y geotecnia

Para la descripción de la zona de estudio, mediante un análisis documental, se clasificó el suelo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Desde un punto de vista geotécnico, los estratos están constituidos por: limos arcillosos y arenas. Los resultados del perfil estratigráfico llevado a cabo en 2020, por el Laboratorio de Suelos & Ingeniería en Cimentaciones en la zona de estudio, indican que a una profundidad de 1.50 - 2.00 m, el Límite Líquido es del 41.12% y el Índice de Plasticidad es del 15.47%. Esto corresponde a un tipo de suelo limo inorgánico de baja compresibilidad (clasificación ML), que es un tipo de suelo limoso o arcilloso con baja plasticidad; y, por lo tanto, presenta una capacidad media de infiltración.

4.1.3 Análisis hidrológico

El análisis hidrológico constituye una parte fundamental en la modelación, debido a que, se emplea una tormenta de diseño específica, en este caso, el hietograma de precipitación obtenido mediante el método del bloque alterno a partir de las curvas IDF (Intensidad – Duración - Frecuencia). Para obtener estas curvas IDF, se utilizan las ecuaciones representativas de una estación pluviométrica, las cuales se encuentran en el libro “Estudios de Lluvias Intensas” del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI, 2015). Estas ecuaciones permitirán calcular las intensidades máximas de precipitación necesarias para el análisis.

En este contexto, la estación pluviométrica M0040 PASAJE se encuentra más cercana a la zona de estudio y cuenta con intensidades máximas en 24 horas para varios períodos de retorno según el INAMHI, tal como se presenta en la Tabla 4:

Tabla 4. Intensidades máximas en 24 horas para la estación M0040 PASAJE

Estación	X (m)	Y (m)	Z (msnm)	$I_{d_{TR}}$ (mm/hr)				
				TR5	TR10	TR25	TR50	TR100
M0040 PASAJE	636773.72	9632736.04	40	4.17	4.96	5.95	6.67	7.39

Fuente: (INAMHI, 2015)

A continuación, en la Tabla 5 se observan las ecuaciones representativas para dicha estación según los intervalos de tiempo especificados:

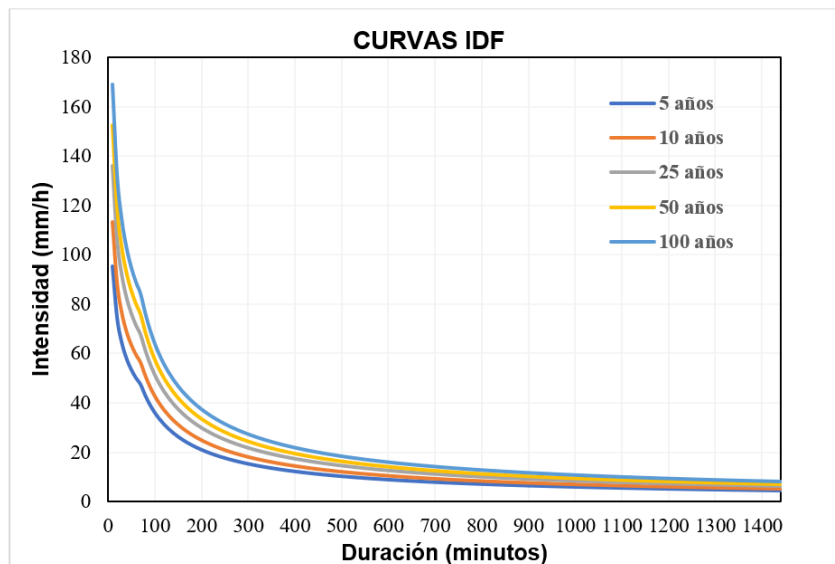
Tabla 5. Ecuaciones representativas de intensidades para la estación M0040 PASAJE

Estación	Intervalos	Ecuaciones
M0040 PASAJE	5 min < 71,23 min	$I_{TR} = 52.135 \cdot t^{-0.358} \cdot Id_{TR}$
	71,23 min < 1440 min	$I_{TR} = 316.81 \cdot t^{-0.781} \cdot Id_{TR}$

Fuente: (INAMHI, 2015)

Con estos insumos, se establecieron las curvas IDF para un período de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años como se muestra en la Ilustración 3, las cuales fueron utilizadas en la creación de los hietogramas de precipitación con un intervalo de 10 minutos.

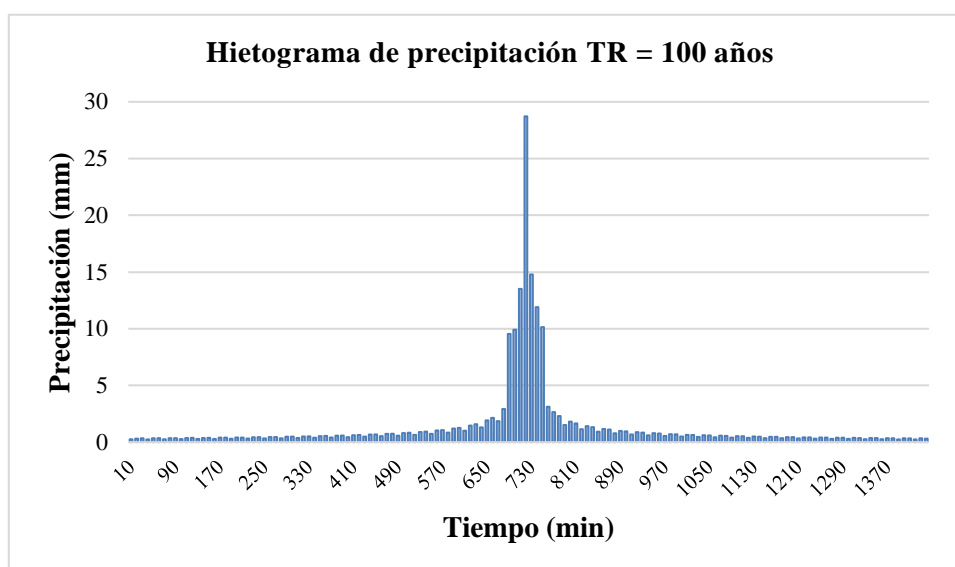
Ilustración 3. Curvas IDF para diferentes períodos de retorno, Estación M0040 PASAJE



Fuente: Elaboración propia

La norma CPE INEN 005-9-1 establece que para sistemas de micro drenaje se dimensionará para el escurrimiento cuya ocurrencia tenga un período de retorno entre 2 y 10 años, mientras que para sistemas de macro drenajes se diseñarán para escurrimientos de frecuencias superiores a los 50 años. Sin embargo, en el caso de estudio se escogió un periodo de retorno de 100 años, para asegurar que el dimensionamiento del SUDS sea capaz de captar el volumen de lluvia correspondiente a ese periodo de retorno y satisfacer las necesidades tanto de micro drenaje y macro drenaje establecidas por la normativa. En la Ilustración 4 se muestra el hietograma de precipitación para un periodo de retorno de 100 años, que será utilizado en el software SWMM como una tormenta de diseño.

Ilustración 4. Hietograma de precipitación para TR = 100 años



Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Análisis hidráulico

Se evidenció mediante la revisión de los planos de la Empresa Pública de Agua, Alcantarillado y Aseo de Pasaje (AGUAPAS EP), la cual se encarga de proveer los servicios de agua potable, alcantarillado y aseo de la ciudad; que el sistema de drenaje existente es de tipo combinado, es decir, transporta aguas servidas y aguas lluvias en una misma tubería; sin embargo, en la modelación no se tomará en cuenta el volumen que aporta estas aguas servidas al sistema, debido a que solo se analizará el impacto de una tormenta de lluvia en la vía urbana. Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pasaje, se trata del subsistema Central, que corresponde al sector centro-norte de la ciudad, abarcando un área de 235 ha, que tiene más de 50 años de servicio. Este drenaje tiene la descarga en un canal abierto que conduce directamente hacia el Río Jubones, sin someter a ningún tipo de tratamiento a estas aguas.

4.2 Análisis de la red de drenaje de la cuenca urbana

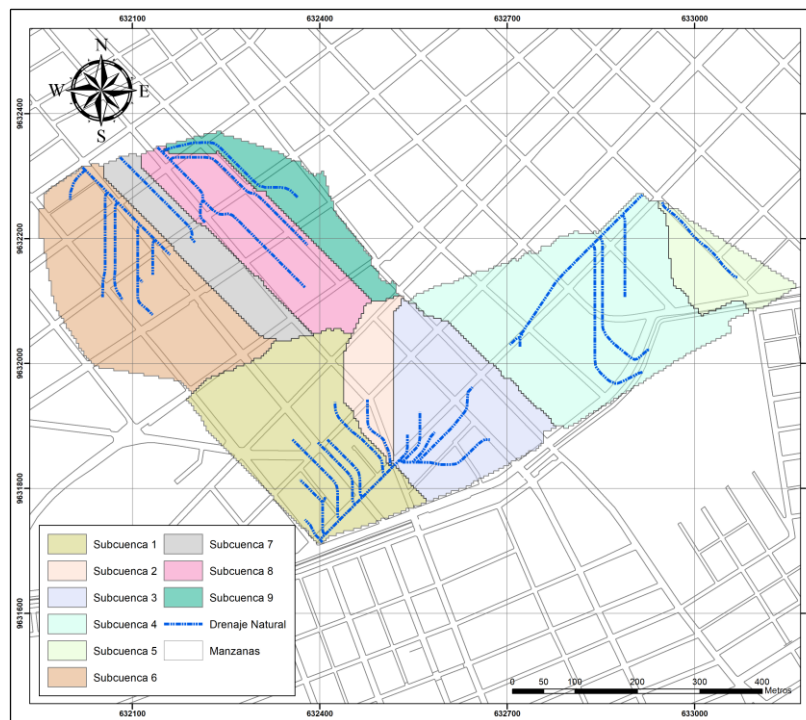
4.2.1 Análisis de las cuencas urbanas

El DEM obtenido anteriormente fue procesado en el software **Global Mapper 18**, el cual “es una aplicación SIG que abarca una gama completa de herramientas de procesamiento de datos espaciales” (Blue Marble Geographics, 2016), como lo es el comando “Create

Watershed” que permite la creación de cuencas y redes de drenaje a partir de datos de terreno. Esta herramienta contempla la opción “Stream Cell Count”, en donde el valor que se ingrese “controla la cantidad de agua que debe fluir a una celda en particular antes de que se considere parte de una corriente” (Blue Marble Geographics, 2017).

Para el caso de estudio, con la herramienta “Create Watershed” se crearon las subcuencas con un valor de “Stream Cell Count” de 1000 celdas y las redes de drenaje con 250 celdas, tal como se muestra en la Ilustración 5, que contiene 9 subcuencas y 4 redes de drenaje.

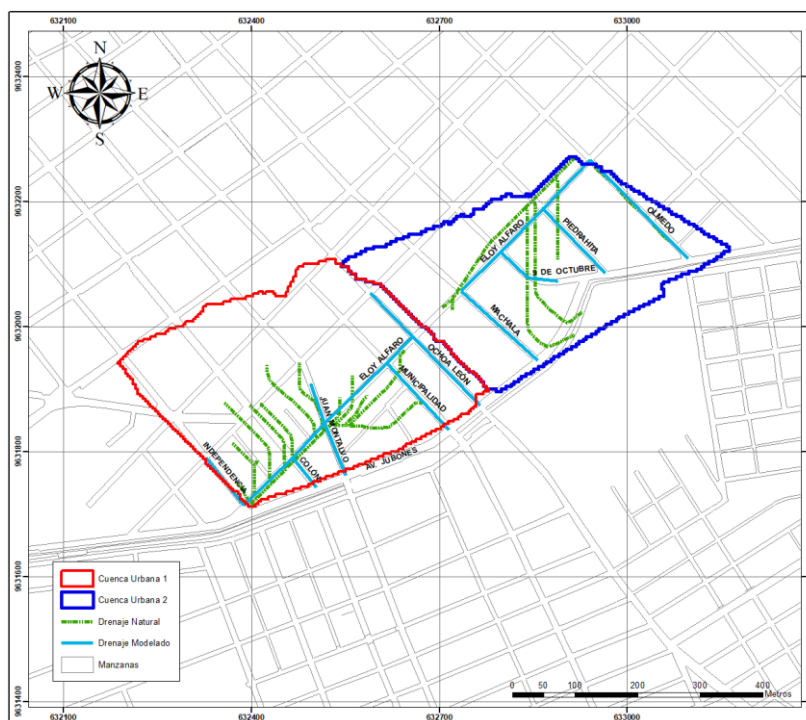
Ilustración 5. Creación de subcuencas y redes de drenaje natural



Fuente: Elaboración propia

El escurrimiento de las cuencas restantes que pertenecen a la zona de estudio 1, fue comparado con la infraestructura existente de drenaje y se comprobó que el escurrimiento coincidía con las calles e intersecciones vulnerables a inundación, por lo tanto, se procedió a trazar líneas rectas en cada una de estas para su utilización en el proceso de modelado. En la Ilustración 6, se muestra la zona de estudio con las dos cuencas urbanas identificadas, la primera cuenca abarca una superficie de 13.25 ha, mientras que la segunda ocupa 11.20 ha. Ambas cuencas poseen su propia red de drenaje natural y el drenaje modelado con las calles, que quedan determinadas por las características de elevación del terreno.

Ilustración 6. Cuencas urbanas con drenaje natural y drenaje modelado



Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Análisis de superficies impermeables

Se calcularon los porcentajes de impermeabilidad para las dos cuencas urbanas identificadas en la zona de estudio 1, encontrando que el 98.10% de la Cuenca 1 es impermeable; por otro lado, la Cuenca 2 presenta un porcentaje de impermeabilidad del 95.95%, según se detalla en la Tabla 6. Ambas cuencas presentan valores altos de impermeabilidad, principalmente debido a la presencia de viviendas, aceras y calles. Además, en la Ilustración 7 se observa el mapa de zonas permeables e impermeables, en donde las zonas de color verde representan las áreas verdes existentes en la zona de estudio.

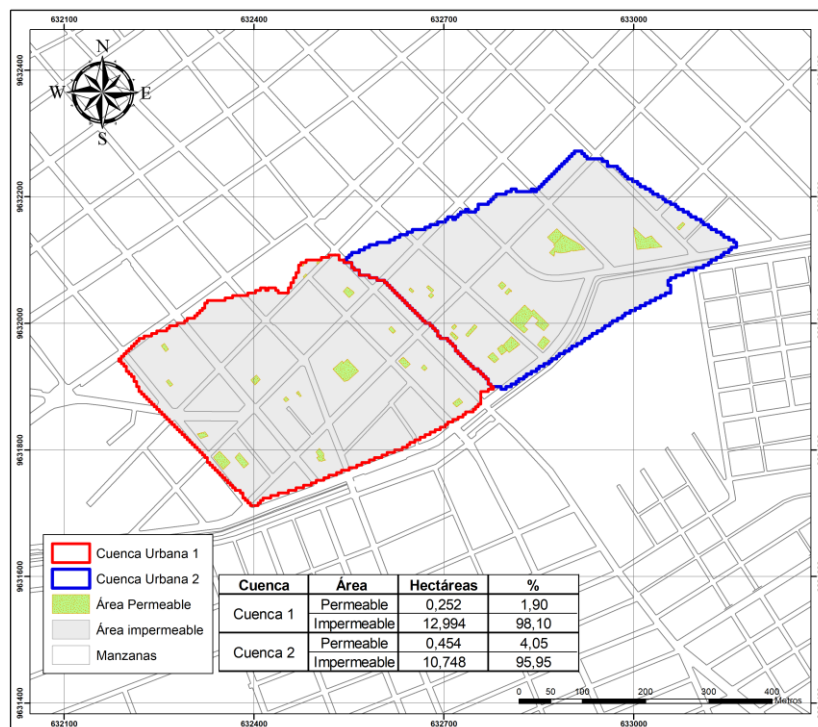
Tabla 6. Superficies de las cuencas urbanas

Cuenca	Superficie	Tipo	Área		%	Coef. N
			ha	km ²		
Cuenca 1	Permeable	Pasto natural	0,252	0,003	1,90	0,13
		Hierba Corta				0,15
	Impermeable	Viviendas	7,979	0,080	60,23	0,012
		Aceras	2,119	0,021	16,00	0,012
		Calles	2,896	0,029	21,86	0,011

Cuenca 2	Permeable	Pasto natural	0,454	0,005	4,05	0,13
		Hierba Corta				0,15
	Impermeable	Viviendas	7,278	0,073	64,97	0,012
		Aceras	1,263	0,013	11,28	0,012
		Calles	2,207	0,022	19,70	0,011

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7. Área permeable e impermeable de las cuencas urbanas



Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Limitación de drenaje

Con la información obtenida previamente, se procedió a construir los dos modelos hidrológicos en SWMM 5.2 correspondientes a las dos cuencas urbanas ya delimitadas, para un período de retorno de 5, 10, 25, 50 y 100 años. Primero, se definieron las unidades de caudal en el programa, en este caso CMS (metros cúbicos por segundo). Luego, se ingresaron los parámetros de las uniones para cada modelo, los cuales resultaron del levantamiento topográfico con nivel, tal como se muestra en la Tabla 7 y en la Tabla 8.

Tabla 7. Parámetros de las uniones para la Cuenca 1

Cuenca 1			
Unión	X (m)	Y (m)	Cota (m)
U1	632326,4879	9631790,634	27,689
U2	632387,5005	9631714,404	27,477
U3	632465,1141	9631790,135	27,371
U4	632503,5366	9631742,465	27,87
U5	632516,729	9631845,052	27,465
U6	632550,4471	9631761,808	27,675
U7	632493,723	9631909,301	27,834
U8	632615,292	9631941,196	27,954
U9	632715,474	9631834,389	28,2
U10	632656,776	9631983,577	28,373
U11	632757,305	9631867,637	28,527
U12	632588,7599	9632054,123	29,418

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Parámetros de las uniones para la Cuenca 2

Cuenca 2			
Unión	X (m)	Y (m)	Cota (m)
U13	632857,4564	9631945,584	28,561
U14	632734,3057	9632057,3	27,909
U15	632798,0638	9632119,751	27,857
U16	632837,174	9632086,578	27,869
U17	632890,194	9632072,712	27,999
U18	632865,1136	9632188,526	27,894
U19	632962,466	9632085,243	29,491
U20	632940,2272	9632266,575	28,014
U21	633095,996	9632107,937	29,645

Fuente: Elaboración propia

Mediante el software ArcMap 10.3 se determinó: el área, el ancho característico, el porcentaje de impermeabilidad y la pendiente de cada subcuenca. Se debe considerar que, para el ancho característico de la subcuenca, el manual sugiere realizar una “estimación inicial que viene dada por el área de la subcuenca dividida por la longitud media máxima del flujo superficial” (Rossman & Simon, 2022).

Seguidamente, se procedió a dibujar las subcuencas en el área de estudio, así como el trazado de las conducciones mediante líneas rectas, que representan las calles urbanas para la simulación. Los valores de los parámetros ingresados se obtuvieron tomando como referencia las recomendaciones presentadas en el manual del software mencionado

anteriormente. A continuación, en la Tabla 9 y Tabla 10 se presentan los parámetros utilizados para las subcuencas modeladas:

Tabla 9. Parámetros de las subcuencas de la Cuenca 1 y Cuenca 2

Cuenca	Sub-cuenca	Área	Ancho	Impermeabilidad	Pendiente	Coef. Manning	
		ha	m	%	%	Impermeable	Permeable
Cuenca 1	S1	6,6192	225,04	98,25	0,5	0,012	0,14
	S2	1,6064	135,14	99,50	0,5	0,012	0,14
	S3	5,0208	254,19	97,45	0,5	0,012	0,14
Cuenca 2	S4	9,3392	258,96	95,97	0,67	0,012	0,14
	S5	1,8624	108,89	95,83	0,67	0,012	0,14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Parámetros de las subcuencas de la Cuenca 1 y Cuenca 2

Cuenca	Sub-cuenca	Almacenamiento depresiones (mm)		%Zero-Imperv	Punto de descarga	Pluviómetro	Horton		
		Impermeable	Permeable				Infil. Max. mm/h	Infil. Min. mm/h	k
Cuenca 1	S1	1,6	7,5	25	U1	LLUVIA	25	3	4
	S2	1,6	7,5	25	U7	LLUVIA	25	3	4
	S3	1,6	7,5	25	U8	LLUVIA	25	3	4
Cuenca 2	S4	1,6	7,5	25	U19	LLUVIA	25	3	4
	S5	1,6	7,5	25	U21	LLUVIA	25	3	4

Fuente: Elaboración propia

También, se llevó a cabo el trazado de las conducciones mediante líneas rectas, que representan las calles urbanas de la zona de estudio. A continuación, en la Tabla 11 se muestran los parámetros de las conducciones para cada cuenca:

Tabla 11. Parámetros de las conducciones de las cuencas

Cuenca	Conducción	Longitud (m)	Inicio	Fin	Coef. Rugosidad	Sección	
						Ancho (m)	Alto (m)
Cuenca 1	C1	97,64	U1	U2	0,011	5,00	0,10
	C2	108,44	U2	U3	0,011	5,00	0,10
	C3	61,23	U4	U3	0,011	5,00	0,10
	C4	75,37	U5	U3	0,011	5,00	0,10
	C5	89,81	U6	U5	0,011	5,00	0,10
	C6	68,24	U7	U5	0,011	5,00	0,10
	C7	137,69	U8	U5	0,011	5,00	0,10
	C8	145,93	U9	U8	0,011	5,00	0,10

	C9	59,31	U10	U8	0,011	5,00	0,10
	C10	154,61	U11	U10	0,011	5,00	0,10
	C11	98,00	U12	U10	0,011	5,00	0,10
Cuenca 2	C12	166,27	U13	U14	0,011	5,00	0,10
	C13	89,25	U14	U15	0,011	5,00	0,10
	C14	54,80	U17	U16	0,011	5,00	0,10
	C15	51,28	U16	U15	0,011	5,00	0,10
	C16	96,05	U18	U15	0,011	5,00	0,10
	C17	141,94	U19	U18	0,011	5,00	0,10
	C18	108,32	U20	U18	0,011	5,00	0,10
	C19	224,09	U21	U20	0,011	5,00	0,10

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se ingresaron los datos del pluviómetro de acuerdo a los Hietogramas de precipitación obtenidos con intervalos de 10 minutos. De esta forma, se logró calibrar el modelo de acuerdo con las condiciones topográficas e hidrológicas del sector, y al ejecutar la simulación, se pudo llevar a cabo el análisis según se detalla a continuación:

En la Tabla 12, se muestran los resultados de la simulación hidrológica de caudal pico y volumen de inundación para las dos cuencas urbanas. Se evidencia que la Cuenca 2 cuenta con un mayor volumen de inundación y, por consiguiente, tiene una mayor incidencia en el objeto de estudio.

Tabla 12. Caudal pico y volumen de inundación para las cuencas urbanas

Período de retorno	Cuenca 1		Cuenca 2	
	Caudal Pico (m ³ /s)	Volumen de inundación (m ³)	Caudal Pico (m ³ /s)	Volumen de inundación (m ³)
5 años	0,35	0	0,28	286
10 años	0,46	1	0,35	448
25 años	0,56	68	0,44	672
50 años	0,65	168	0,51	851
100 años	0,74	295	0,57	1036

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, para el dimensionamiento del SUDS se emplearán los datos obtenidos para un periodo de retorno de 100 años; esta elección también se justifica en los resultados presentados de la Tabla 12, que representa la situación más crítica para ese periodo de retorno. En la Tabla 13, se observan a detalle los

resultados más relevantes de las modelaciones de las dos cuencas urbanas para un periodo de retorno de 100 años, tales como la altura de precipitación total, las pérdidas por infiltración y la escorrentía superficial.

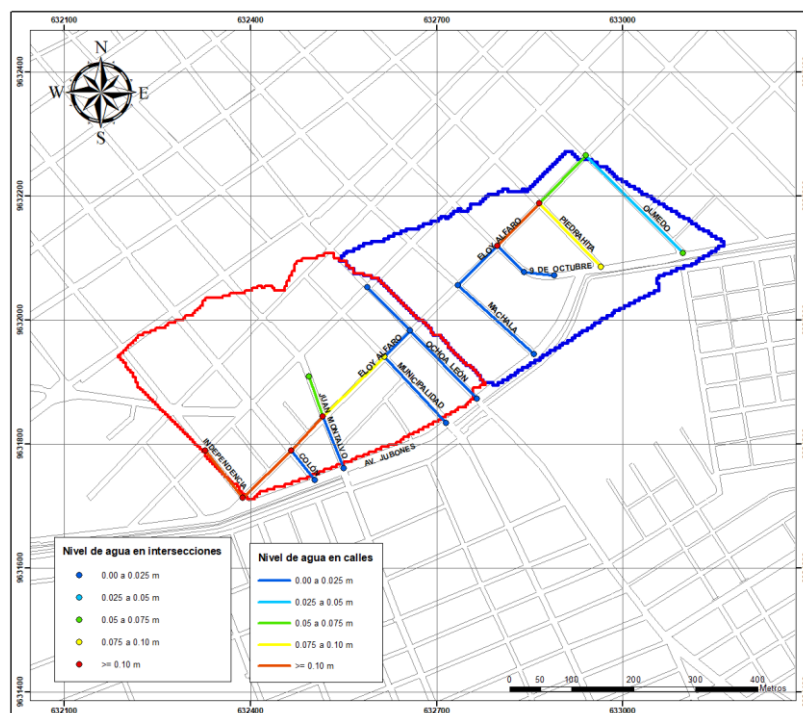
Tabla 13. Cantidad de escorrentía de las cuencas urbanas

Cantidad de escorrentía	Cuenca 1	Cuenca 2
	Altura de precipitación (mm)	Altura de precipitación (mm)
Precipitación total	31,93	31,93
Infiltración	0,52	1,12
Escorrentía superficial	29,76	29,13

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de estudio, se obtuvo que la altura de precipitación total que cae sobre la cuenca urbana es de 31.93 mm, con esta condición, se evidencia que la inundación puede igualar o incluso sobrepasar la profundidad de la acera, tal como se muestra en la Ilustración 8, donde aparece el nivel de agua en calles. Los conductos marcados en color rojo igualan o superan el nivel de acera propuesto. Se observa que las zonas vulnerables se encuentran en la calle Eloy Alfaro, en los tramos comprendidos entre Independencia y Juan Montalvo, y entre 9 de octubre y Piedrahita, es decir, son susceptibles a inundación.

Ilustración 8. Mapa de nivel de agua y drenaje en intersecciones.



Fuente: Elaboración propia

4.3 Propuesta de SUDS

4.3.1 Selección del tipo de SUDS

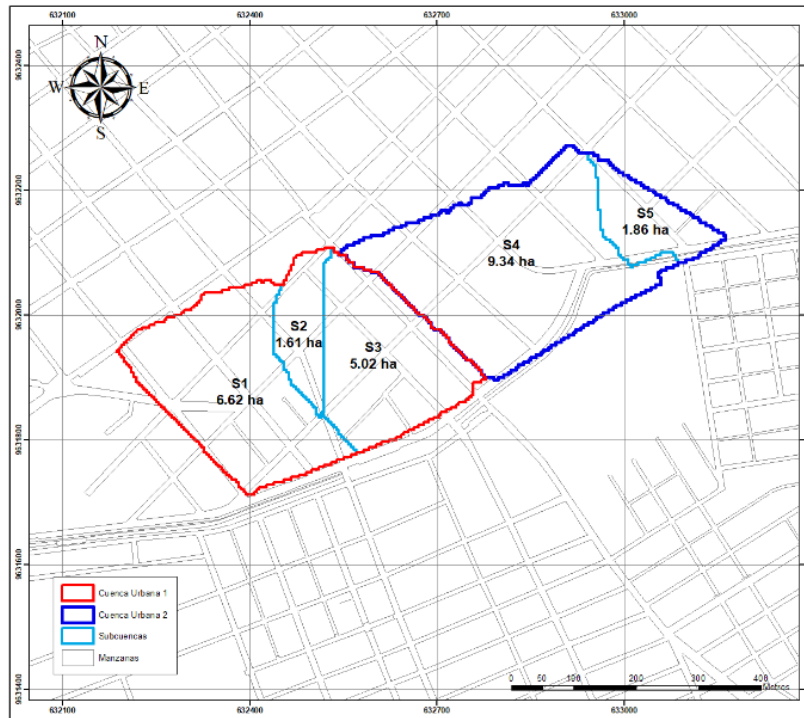
El caso de estudio corresponde a una zona urbana, específicamente el casco central de la ciudad de Pasaje, el cual está constituido por viviendas, aceras, vías y un pequeño porcentaje de áreas verdes, tal como se presentó en la Ilustración 7, lo cual implica que existe una mínima infiltración del suelo en dicha zona. Por lo tanto, se seleccionó como alternativa de SUDS, la aplicación de áreas de biorretención, esta elección se basó en la capacidad de estos dispositivos para ajustarse a la disponibilidad de espacios y mejorar la estética del paisaje urbano.

Las áreas de biorretención o jardines de lluvia, consisten en una depresión en la tierra cubierta con acolchado y medios bien drenados, como suelo con vegetación, arena y/o capas de grava, que permiten almacenar e infiltrar la escorrentía y aumentar la biodiversidad de un sitio al ser estéticamente agradables (Lopez-Ponnada et al., 2020). Los jardines de lluvia cumplen con la función de fijar contaminantes y por ende depurar el agua de lluvia, esto se lleva a cabo a través de mecanismos físicos, químicos y biológicos.

4.3.2 Dimensiones del SUDS

Para el dimensionamiento del SUDS se diseñó para la cuenca con mayor influencia sobre el objeto de estudio, en este caso la Cuenca 2, en donde se tiene que el área de intervención establecida será la calle Eloy Alfaro. En la Ilustración 9, se observa que el área de aportación de la subcuenca S4 tiene un valor de 9.34 ha, la cual será el área que se va a intervenir con la utilización de la técnica jardín de lluvia.

Ilustración 9. Áreas de aportación de las cuencas urbanas



Fuente: Elaboración propia

El dimensionamiento del jardín de lluvia fue referenciado a partir de los criterios establecidos por el “Manual del software SWMM 5.2” y el “Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos” (IMPLAN Hermosillo, 2017; Rossman & Simon, 2022). Además, la investigación de Chen et al. proporciona parámetros de ingeniería detallados para el diseño de jardines de lluvia, los cuales se muestran en la Tabla 14 (S. S. Chen et al., 2021). Estos parámetros tienen un impacto significativo en la infiltración de escorrentía y, por lo tanto, determinan la capacidad y eficiencia de tratamiento, por lo cual, estos valores servirán de guía para la propuesta de diseño de jardín de lluvia.

Tabla 14. Parámetros clave para el diseño de jardines de lluvia

Parámetro de diseño	Valores	Referencias
Ancho de capa filtrante	600 – 2000 mm	(CIRIA, 2015; Water by Design, 2014)
Longitud de capa filtrante	< 40 m	(CIRIA, 2015; Water by Design, 2014)
Profundidad de capa filtrante	600 – 1000 mm 400 – 600 mm	(CIRIA, 2015) (Water by Design, 2014)
Capa drenante	>50 mm	(Water by Design, 2014)

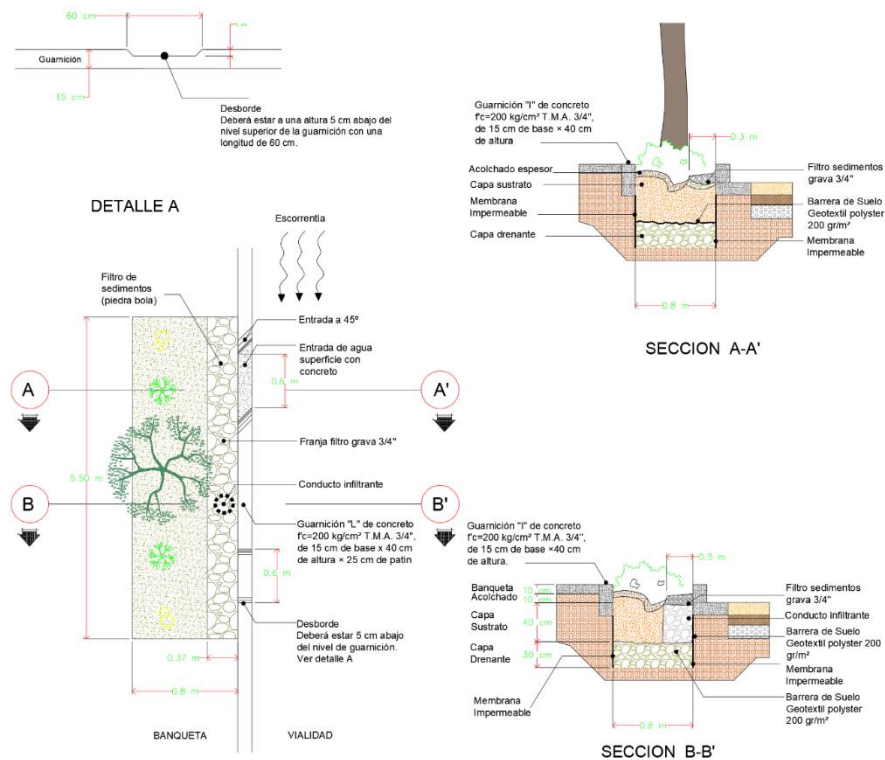
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el caudal de diseño calculado fue de $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$ para un período de retorno de 100 años; en la simulación aplicando jardines de lluvia se realizó un ajuste para la captación de un metro cúbico de lluvia, lo que permitió establecer una correlación directa entre la cantidad deseada de metros cúbicos a evacuar y el número de dispositivos de jardín de lluvia necesarios.

En concordancia con la modelación hidrológica realizada de manera experimental, se obtuvo que se deben colocar cuatro dispositivos dentro de la microcuenca para captar ese metro cúbico de escorrentía, y dependiendo del volumen que se desee evacuar, se deben establecer estrategias para la ubicación de los jardines de lluvia dentro de la zona urbana.

La simulación realizada consideró una dimensión del jardín de lluvia de $0.80 \text{ m} \times 5.50 \text{ m}$, con un área de 4.40 m^2 por cada jardín de lluvia, estableciendo un área total de 17.60 m^2 por los cuatro dispositivos establecidos. A continuación, en la Ilustración 10 se presenta el esquema del detalle constructivo del jardín de lluvia, en el cual, se propuso un espesor de acolchado de 10 cm, una capa filtrante o capa sustrato de 40 cm y una capa drenante de 30 cm. Finalmente, se aconseja que exista un área de vegetación densa en la entrada del jardín de lluvia para que sirva de pretratamiento y disipación de energía.

Ilustración 10. Detalle constructivo del jardín de lluvia



Fuente: Elaboración propia

4.4 Conexiones a red y mantenimiento

4.4.1 Aliviaderos y conexiones a la red

Para eventos de lluvia extremos deben instalarse estructuras de rebose que permitan la descarga controlada del jardín de lluvia a la red. Actualmente, la infraestructura existente de alcantarillado es del tipo combinado, por lo cual es recomendable que exista una red separada para aguas lluvias y aguas residuales.

4.4.2 Labores de mantenimiento

Se concluye con las labores de mantenimiento que se deben llevar a cabo para garantizar un adecuado funcionamiento del jardín de lluvia, según el Manual de Lineamientos de Diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos, el mantenimiento rutinario consiste en podas, deshierbe y riego en temporadas secas, así como la limpieza periódica de las entradas de agua antes y después de la temporada de lluvias (IMPLAN Hermosillo, 2017). Además, otros autores mencionan que el mantenimiento requerido para elementos de biorretención incluye inspecciones trimestrales para detectar erosión y falta de material o vegetación.

5. Conclusiones

Se fundamentó conceptualmente mediante una revisión bibliográfica exhaustiva relacionada con estudios para la aplicación de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible que controlen el riesgo de inundaciones en vías urbanas. El análisis de contenido de artículos científicos permitió la elaboración de una propuesta metodológica basada en los procesos de Análisis de la condición existente del área de estudio, Análisis de la red de drenaje de la cuenca urbana, Propuesta de SUDS y, Conexiones a red y mantenimiento, tomando como caso de estudio el sector de la ciudad de Pasaje, ubicada en Ecuador.

Se identificaron dos cuencas urbanas vulnerables a inundaciones mediante el uso del software Global Mapper 18, luego se comparó el escurrimiento de estas cuencas con la infraestructura existente de drenaje y se comprobó que el escurrimiento coincidía con las calles e intersecciones vulnerables a inundación. De la misma forma, por medio de la caracterización y modelación hidrológica de las cuencas en el software SWMM 5.2 con un período de retorno de 100 años, se analizó la escorrentía superficial de la zona de estudio y los resultados mostraron que el nivel del agua alcanza una altura superior a la de la acera. De esta forma, se logró la validación de la metodología propuesta con aplicación a la ciudad de Pasaje.

En base a los resultados de la modelación, se seleccionó la Cuenca 2 para realizar el análisis y la propuesta de SUDS, en la cual, se planteó como alternativa la utilización de jardines de lluvia, y mediante un ajuste se determinó que para la captación de 1 m³ de escorrentía, se requiere emplear cuatro dispositivos dentro de la superficie de la cuenca correspondiente a 9.34 ha, los cuales deberán tener una dimensión de 0.80 m x 5.50 m cada uno. A medida que se incremente el uso de este tipo de estructuras dentro del área especificada se logrará evacuar un mayor volumen de escorrentía para el control de riesgo de inundaciones en vías urbanas.

6. Referencias Bibliográficas

- Arjenaki, M. O., Sanayei, H. R. Z., Heidarzadeh, H., & Mahabadi, N. A. (2021). Modeling and investigating the effect of the LID methods on collection network of urban runoff using the SWMM model (case study: Shahrekord City). In *Modeling Earth Systems and Environment* (Vol. 7, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00870-2>
- Bae, C., & Lee, D. K. (2020). Effects of low-impact development practices for flood events at the catchment scale in a highly developed urban area. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101412>
- Baek, S. S., Ligaray, M., Pyo, J., Park, J. P., Kang, J. H., Pachepsky, Y., Chun, J. A., & Cho, K. H. (2020). A novel water quality module of the SWMM model for assessing low impact development (LID) in urban watersheds. *Journal of Hydrology*, 586. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124886>
- Bai, Y., Zhao, N., Zhang, R., & Zeng, X. (2018). Storm water management of low impact development in urban areas based on SWMM. *Water (Switzerland)*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/w11010033>
- Beltrán Huertas, D. C., Mancipe Muñoz, N. A., & Rodríguez Sánchez, J. (2019). SUDS TREATMENT TRAIN MODELING USING SWMM. *38th IAHR World Congress - "Water: Connecting the World,"* 38. <https://doi.org/10.3850/38wc092019-1490>
- Bermúdez-Valero, M. L. (2021). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) en América Latina: ¿Una solución basada en la naturaleza con criterio social?* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/59039?show=full>
- Bevilacqua, P., Bruno, R., & Arcuri, N. (2020). Green roofs in a Mediterranean climate: energy performances based on in-situ experimental data. *Renewable Energy*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.085>
- Blue Marble Geographics. (2016). *Global Mapper by Blue Marble Geographics*. <https://www.bluemarblegeo.com/docs/brochures/global-mapper-18-es.pdf>
- Blue Marble Geographics. (2017, November 8). *Create Watershed*. https://www.bluemarblegeo.com/knowledgebase/global-mapper-19/Generate_Watershed.htm
- Cabrera Delgadillo, M. M., Sánchez Campos, G., Mejía Suárez, J. C., & Hernández Pastor, C. (2019). Metodología para el diseño de sistemas de drenaje sanitario y

- pluvial. *Aqua-LAC*, 11(2), 84–96. <https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2019-v11-2-08>
- Castro Torres, N. L. (2022). *Sistema Urbano de Drenaje Sustentable (SUDS) para la lotización Pájaro Azul ubicado en KM. 10.5 Vía a Data del cantón Playas Villamil* [Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4916>
- Chen, N., Yao, S., Wang, C., & Du, W. (2019). A method for urban flood risk assessment and zoning considering road environments and terrain. *Sustainability (Switzerland)*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/su11102734>
- Chen, S. S., Tsang, D. C. W., He, M., Sun, Y., Lau, L. S. Y., Leung, R. W. M., Lau, E. S. C., Hou, D., Liu, A., & Mohanty, S. (2021). Designing sustainable drainage systems in subtropical cities: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 280(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124418>
- CIRIA. (2015). *The Suds manual* (B. Woods Ballard, S. Wilson, H. Udale-Clarke, S. Illman, T. Scott, & Rk. R. Ashley, Eds.; Vol. 1). CIRIA – Construction Industry Research and Information Association. <https://www.ciria.org/ItemDetail?iProductCode=C753F&Category=FREEPUBS>
- Cubides, E. D., & Santos, G. E. (2018). Control de escorrentías urbanas mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Pozos/Zanjas de infiltración. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(24), 32–42. <https://doi.org/10.31908/19098367.3813>
- Ferrans, P., Torres, M. N., Temprano, J., & Rodríguez Sánchez, J. P. (2022). Sustainable Urban Drainage System (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review. In *Science of the Total Environment* (Vol. 806). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150447>
- Fonseca Alves, L. G., de Oliveira Galvão, C., de Farias Santos, B. L., Fernandes de Oliveira, E., & Andrade de Moraes, D. (2022). Modelling and assessment of sustainable urban drainage systems in dense precarious settlements subject to flash floods. *LHB: Hydroscience Journal*, 108(1). <https://doi.org/10.1080/27678490.2021.2016024>
- Gimenez-Maranges, M., Breuste, J., & Hof, A. (2020). Sustainable Drainage Systems for transitioning to sustainable urban flood management in the European Union: A review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 255). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120191>

- Gonzalez Aguilar, J. G., Sánchez Mendieta, C. E., Medina Sánchez, Y. P., & Campuzano Vera, F. L. (2023). Metodología para diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles en vías urbanas. *Revista Ciencia y Construcción*, 4(1), 66–78. <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/view/155>
- González, J. (2020). *Metodología para el diseño de sistemas urbanos de drenajes sostenibles que minimicen el riesgo de inundaciones en vías urbanas*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19269>
- Guo, X., Du, P., Zhao, D., & Li, M. (2019). Modelling low impact development in watersheds using the storm water management model. *Urban Water Journal*, 16(2). <https://doi.org/10.1080/1573062X.2019.1637440>
- Hidalgo García, A. E. (2019). *Análisis Hidrológico para el control de inundaciones mediante la aplicación de sistemas urbanos de drenaje sostenibles, en el cantón Machala* [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15004>
- IMPLAN Hermosillo. (2017). *Manual de lineamientos de diseño de Infraestructura Verde para Municipios Mexicanos*. <https://ciudadesverdes.com/download/manual-de-lineamientos-de-diseno-de-infraestructura-verde-para-municipios-mexicanos/>
- INAMHI. (2015). *Estudio de lluvias intensas: Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*.
- Jiménez, S. L., Martínez, J. A., Muñoz, A. F., Quijano, J. P., Rodríguez, J. P., Camacho, L. A., & Díaz-Granados, M. (2019). A multicriteria planning framework to locate and select sustainable urban drainage systems (SUDS) in consolidated urban areas. *Sustainability (Switzerland)*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/su11082312>
- Joshi, P., Leitão, J. P., Maurer, M., & Bach, P. M. (2021). Not all SuDS are created equal: Impact of different approaches on combined sewer overflows. *Water Research*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116780>
- Kian, N. Z., Takaijudin, H., & Osman, M. (2021). An analysis of stormwater runoff rehabilitation for integrated BIOECODS using EPA-SWMM. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 646(1), 1–16. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/646/1/012048>
- Lähde, E., Khadka, A., Tahvonen, O., & Kokkonen, T. (2019). Can we really have it all?- Designing multifunctionality with sustainable urban drainage system elements. *Sustainability (Switzerland)*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/su11071854>

- Lashford, C., Rubinato, M., Cai, Y., Hou, J., Abolfathi, S., Coupe, S., Charlesworth, S., & Tait, S. (2019). SuDS & sponge cities: A comparative analysis of the implementation of pluvial flood management in the UK and China. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). <https://doi.org/10.3390/su11010213>
- Lopez-Ponnada, E. V., Lynn, T. J., Ergas, S. J., & Mihelcic, J. R. (2020). Long-term field performance of a conventional and modified bioretention system for removing dissolved nitrogen species in stormwater runoff. *Water Research*, 170. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115336>
- Moreira Romero, Á. F. (2022). Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible. *Polo Del Conocimiento*, 7(7). <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4332>
- Onderka, M., Pecho, J., & Nejedlík, P. (2020). On how rainfall characteristics affect the sizing of rain barrels in Slovakia. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 32, 100747. <https://doi.org/10.1016/J.EJRH.2020.100747>
- PDOT Pasaje. (2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Pasaje (2019-2023)*. <https://www.pasaje.gob.ec/pdyot>
- Potter, K., & Vilcan, T. (2020). Managing urban flood resilience through the English planning system: Insights from the ‘SuDS-face.’ *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 378(2168). <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0206>
- Rossman, L., & Simon, M. (2022). *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2*. <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-04/swmm-users-manual-version-5.2.pdf>
- Sagala, S., Murwindarti, A., Avila, B. E., Rosyidie, A., & Azhari, D. (2022). Sustainable Urban Drainage System (SUDS) as Nature Based Solutions Approach for Flood Risk Management in High-Density Urban Settlement. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 986(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/986/1/012055>
- Salas Pérez, C., Coy Castro, D., Acuña Ramírez, K., Páez Cuervo, L., & Upegui, E. (2019). Crecimiento urbano e impermeabilización del suelo alrededor de la Reserva Forestal Thomas van der Hammen, en la ciudad de Bogotá. *Ambiente y Desarrollo*, 23(44). <https://doi.org/10.11144/javeriana.ayd23-44.cuis>

- Salinas-Rodriguez, C., Gersonius, B., Zevenbergen, C., Serrano, D., & Ashley, R. (2018). A semi risk-based approach for managing urban drainage systems under extreme rainfall. *Water (Switzerland)*, *10*(4). <https://doi.org/10.3390/w10040384>
- Sarminingsih, A., Handayani, D. S., & Astriani, A. (2022). Review-Design of Drainage System of Kedungmundu Road, Semarang City with the Implementation of the Sustainable Urban Drainage System (SUDS). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, *19*(2), 251–261. <https://doi.org/10.14710/PRESIPITASI.V19I2.251-261>
- Seyedashraf, O., Bottacin-Busolin, A., & Harou, J. J. (2021). Many-Objective Optimization of Sustainable Drainage Systems in Urban Areas with Different Surface Slopes. *Water Resources Management*, *35*(8), 2449–2464. <https://doi.org/10.1007/S11269-021-02840-4>
- Shun Chan, F. K., Griffiths, J. A., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y. T., Xu, Y., & Thorne, C. R. (2018). “Sponge City” in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. *Land Use Policy*, *76*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.005>
- Singh, P., Sinha, V. S. P., Vijhani, A., & Pahuja, N. (2018). Vulnerability assessment of urban road network from urban flood. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *28*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.03.017>
- Tang, S., Jiang, J., Zheng, Y., Hong, Y., Chung, E. S., Shamseldin, A. Y., Wei, Y., & Wang, X. (2021). Robustness analysis of storm water quality modelling with LID infrastructures from natural event-based field monitoring. *Science of the Total Environment*, *753*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142007>
- Wang, C., Hou, J., Miller, D., Brown, I., & Jiang, Y. (2019). Flood risk management in sponge cities: The role of integrated simulation and 3D visualization. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *39*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101139>
- Water by Design. (2014). *Bioretention Technical Design Guidelines* (Vol. 1). <https://waterbydesign.com.au/download/bioretention-technical-design-guidelines>
- Xue, Z. (2020). *Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible* [Universidad de Alcalá]. <http://hdl.handle.net/10017/44038>
- Yilmaz, D., di Prima, S., Stewart, R. D., Abou Najm, M. R., Fernandez-Moret, D., Latorre, B., & Lassabatere, L. (2022). Three-term formulation to describe infiltration in water-repellent soils. *Geoderma*, *427*, 116127. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2022.116127>

Zúñiga, L. (2018). Resiliencia urbana ante inundaciones por intensas lluvias en contribución al desarrollo urbano equilibrado. *Arquitectura y Urbanismo*, 39(1), 39–50. <https://www.redalyc.org/journal/3768/376858935004/html/>

Anexos

Curvas IDF - Estación M0040 PASAJE

INTERVALOS	ECUACIONES				
5 (min) < 71,23 (min)	ITR =	52.135	*t [^]	-0.358	IdTR
71,23 (min) < 1440 (min)	ITR =	316.81	*t [^]	-0.781	IdTR

	Idtr	10	20	30	40	50	60
5 años	4.17	95.338	74.387	64.336	58.040	53.584	50.198
10 años	4.96	113.399	88.479	76.525	69.036	63.735	59.708
25 años	5.95	136.034	106.140	91.799	82.815	76.457	71.626
50 años	6.67	152.495	118.983	102.907	92.836	85.709	80.293
100 años	7.39	168.956	131.827	114.016	102.858	94.960	88.960

	Idtr	70	80	90	100	110	120
5 años	4.17	47.503	43.114	39.325	36.219	33.621	31.412
10 años	4.96	56.502	51.282	46.775	43.080	39.990	37.363
25 años	5.95	67.780	61.518	56.112	51.679	47.972	44.820
50 años	6.67	75.982	68.962	62.902	57.933	53.777	50.244
100 años	7.39	84.184	76.406	69.692	64.186	59.582	55.668

	Idtr	130	140	150	160	170	180
5 años	4.17	29.508	27.849	26.388	25.091	23.931	22.886
10 años	4.96	35.099	33.125	31.387	29.844	28.464	27.222
25 años	5.95	42.104	39.737	37.652	35.801	34.146	32.655
50 años	6.67	47.199	44.545	42.208	40.133	38.278	36.606
100 años	7.39	52.294	49.353	46.764	44.466	42.409	40.558

	Idtr	190	200	210	220	230	240
5 años	4.17	21.940	21.078	20.290	19.566	18.898	18.281
10 años	4.96	26.096	25.071	24.134	23.273	22.479	21.744
25 años	5.95	31.305	30.075	28.951	27.918	26.965	26.084
50 años	6.67	35.093	33.715	32.454	31.296	30.228	29.240
100 años	7.39	38.881	37.354	35.958	34.675	33.491	32.397

	Idtr	250	260	270	280	290	300
5 años	4.17	17.707	17.173	16.674	16.207	15.769	15.357
10 años	4.96	21.062	20.426	19.833	19.277	18.756	18.266
25 años	5.95	25.265	24.503	23.791	23.125	22.500	21.912
50 años	6.67	28.323	27.468	26.670	25.924	25.223	24.564
100 años	7.39	31.380	30.433	29.549	28.722	27.945	27.215

	Idtr	310	320	330	340	350	360
5 años	4.17	14.969	14.602	14.255	13.927	13.615	13.319
10 años	4.96	17.804	17.368	16.956	16.565	16.194	15.842
25 años	5.95	21.358	20.835	20.340	19.872	19.427	19.004
50 años	6.67	23.943	23.356	22.802	22.276	21.777	21.304
100 años	7.39	26.527	25.877	25.263	24.681	24.128	23.603

	Idtr	370	380	390	400	410	420
5 años	4.17	13.037	12.768	12.512	12.267	12.032	11.808
10 años	4.96	15.507	15.187	14.882	14.591	14.312	14.045
25 años	5.95	18.602	18.218	17.852	17.503	17.168	16.848
50 años	6.67	20.853	20.423	20.013	19.621	19.246	18.887
100 años	7.39	23.103	22.627	22.173	21.739	21.324	20.926

	Idtr	430	440	450	460	470	480
5 años	4.17	11.593	11.387	11.189	10.998	10.815	10.639
10 años	4.96	13.789	13.544	13.308	13.082	12.864	12.654
25 años	5.95	16.542	16.247	15.965	15.693	15.431	15.180
50 años	6.67	18.543	18.213	17.896	17.592	17.299	17.017
100 años	7.39	20.545	20.179	19.828	19.491	19.166	18.854

	Idtr	490	500	510	520	530	540
5 años	4.17	10.469	10.305	10.147	9.994	9.846	9.704
10 años	4.96	12.452	12.257	12.069	11.887	11.712	11.542
25 años	5.95	14.937	14.703	14.478	14.260	14.049	13.846
50 años	6.67	16.745	16.483	16.230	15.985	15.749	15.521
100 años	7.39	18.552	18.262	17.982	17.711	17.450	17.197

	Idtr	550	560	570	580	590	600
5 años	4.17	9.566	9.432	9.302	9.177	9.055	8.937
10 años	4.96	11.378	11.219	11.065	10.915	10.771	10.630
25 años	5.95	13.649	13.458	13.273	13.094	12.921	12.752
50 años	6.67	15.300	15.087	14.879	14.679	14.484	14.295
100 años	7.39	16.952	16.715	16.486	16.263	16.048	15.838

	Idtr	610	620	630	640	650	660
5 años	4.17	8.823	8.711	8.603	8.498	8.396	8.296
10 años	4.96	10.494	10.362	10.233	10.108	9.986	9.868
25 años	5.95	12.588	12.430	12.275	12.125	11.979	11.837
50 años	6.67	14.112	13.934	13.761	13.592	13.429	13.270
100 años	7.39	15.635	15.438	15.246	15.060	14.878	14.702

	Idtr	670	680	690	700	710	720
5 años	4.17	8.199	8.105	8.013	7.923	7.836	7.751
10 años	4.96	9.753	9.640	9.531	9.425	9.321	9.219
25 años	5.95	11.699	11.564	11.433	11.306	11.181	11.060
50 años	6.67	13.115	12.964	12.817	12.674	12.534	12.398
100 años	7.39	14.530	14.363	14.200	14.042	13.887	13.736

	Idtr	730	740	750	760	770	780
5 años	4.17	7.668	7.587	7.508	7.431	7.355	7.281
10 años	4.96	9.121	9.024	8.930	8.838	8.748	8.661
25 años	5.95	10.941	10.825	10.713	10.602	10.495	10.389
50 años	6.67	12.265	12.135	12.009	11.885	11.765	11.647
100 años	7.39	13.589	13.445	13.305	13.168	13.034	12.904

	Idtr	790	800	810	820	830	840
5 años	4.17	7.209	7.139	7.070	7.002	6.936	6.872
10 años	4.96	8.575	8.491	8.409	8.329	8.251	8.174
25 años	5.95	10.287	10.186	10.088	9.991	9.897	9.805
50 años	6.67	11.531	11.419	11.308	11.200	11.095	10.992
100 años	7.39	12.776	12.651	12.529	12.410	12.293	12.178

	Idtr	850	860	870	880	890	900
5 años	4.17	6.809	6.747	6.686	6.627	6.568	6.511
10 años	4.96	8.098	8.025	7.953	7.882	7.813	7.745
25 años	5.95	9.715	9.627	9.540	9.455	9.372	9.291
50 años	6.67	10.891	10.791	10.694	10.599	10.506	10.415
100 años	7.39	12.066	11.956	11.849	11.744	11.640	11.539

	Idtr	910	920	930	940	950	960
5 años	4.17	6.455	6.401	6.347	6.294	6.242	6.191
10 años	4.96	7.678	7.613	7.549	7.486	7.425	7.364
25 años	5.95	9.211	9.133	9.056	8.981	8.907	8.834
50 años	6.67	10.326	10.238	10.152	10.067	9.984	9.903
100 años	7.39	11.440	11.343	11.248	11.154	11.062	10.972

	Idtr	970	980	990	1000	1010	1020
5 años	4.17	6.141	6.092	6.044	5.997	5.951	5.905
10 años	4.96	7.305	7.247	7.189	7.133	7.078	7.024
25 años	5.95	8.763	8.693	8.624	8.557	8.491	8.426
50 años	6.67	9.823	9.745	9.668	9.592	9.518	9.445
100 años	7.39	10.884	10.797	10.712	10.628	10.546	10.465

	Idtr	1030	1040	1050	1060	1070	1080
5 años	4.17	5.860	5.816	5.773	5.730	5.688	5.647
10 años	4.96	6.970	6.918	6.866	6.816	6.766	6.717
25 años	5.95	8.362	8.299	8.237	8.176	8.116	8.058
50 años	6.67	9.373	9.303	9.234	9.166	9.099	9.033
100 años	7.39	10.385	10.307	10.230	10.155	10.081	10.008

	Idtr	1090	1100	1110	1120	1130	1140
5 años	4.17	5.607	5.567	5.528	5.489	5.451	5.414
10 años	4.96	6.669	6.621	6.575	6.529	6.484	6.439
25 años	5.95	8.000	7.943	7.887	7.832	7.778	7.725
50 años	6.67	8.968	8.904	8.842	8.780	8.719	8.659
100 años	7.39	9.936	9.865	9.796	9.728	9.660	9.594

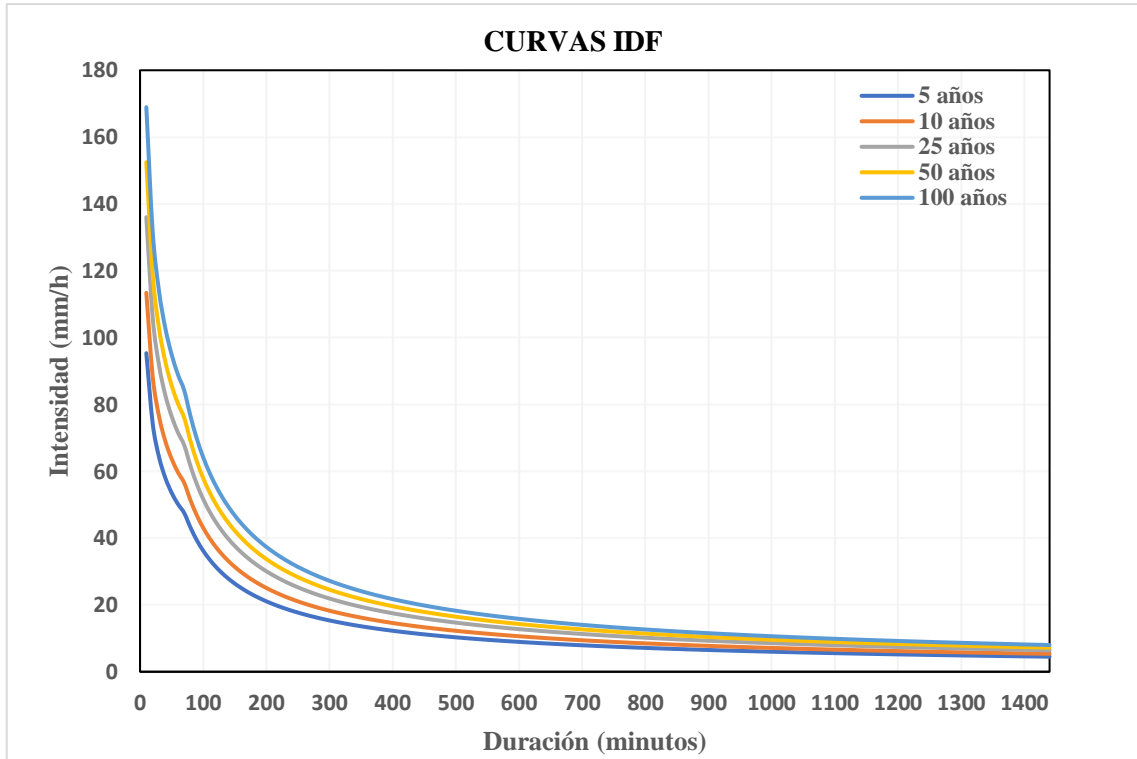
	Idtr	1150	1160	1170	1180	1190	1200
5 años	4.17	5.377	5.341	5.305	5.270	5.235	5.201
10 años	4.96	6.396	6.352	6.310	6.268	6.227	6.186
25 años	5.95	7.672	7.620	7.569	7.519	7.470	7.421
50 años	6.67	8.600	8.542	8.485	8.429	8.374	8.319
100 años	7.39	9.529	9.465	9.401	9.339	9.278	9.217

	Idtr	1210	1220	1230	1240	1250	1260
5 años	4.17	5.167	5.134	5.102	5.070	5.038	5.007
10 años	4.96	6.146	6.107	6.068	6.030	5.992	5.955
25 años	5.95	7.373	7.326	7.279	7.234	7.188	7.144
50 años	6.67	8.266	8.213	8.160	8.109	8.058	8.008
100 años	7.39	9.158	9.099	9.041	8.984	8.928	8.873

	Idtr	1270	1280	1290	1300	1310	1320
5 años	4.17	4.976	4.945	4.915	4.886	4.857	4.828
10 años	4.96	5.918	5.882	5.847	5.812	5.777	5.743
25 años	5.95	7.100	7.056	7.014	6.971	6.930	6.889
50 años	6.67	7.959	7.910	7.862	7.815	7.768	7.722
100 años	7.39	8.818	8.764	8.711	8.659	8.607	8.556

	Idtr	1330	1340	1350	1360	1370	1380
5 años	4.17	4.800	4.772	4.744	4.717	4.690	4.663
10 años	4.96	5.709	5.676	5.643	5.610	5.578	5.547
25 años	5.95	6.848	6.808	6.769	6.730	6.692	6.654
50 años	6.67	7.677	7.632	7.588	7.545	7.501	7.459
100 años	7.39	8.506	8.456	8.407	8.359	8.311	8.264

	Idtr	1390	1400	1410	1420	1430	1440
5 años	4.17	4.637	4.611	4.586	4.560	4.535	4.511
10 años	4.96	5.516	5.485	5.454	5.424	5.395	5.365
25 años	5.95	6.616	6.579	6.543	6.507	6.471	6.436
50 años	6.67	7.417	7.376	7.335	7.294	7.254	7.215
100 años	7.39	8.218	8.172	8.126	8.082	8.038	7.994



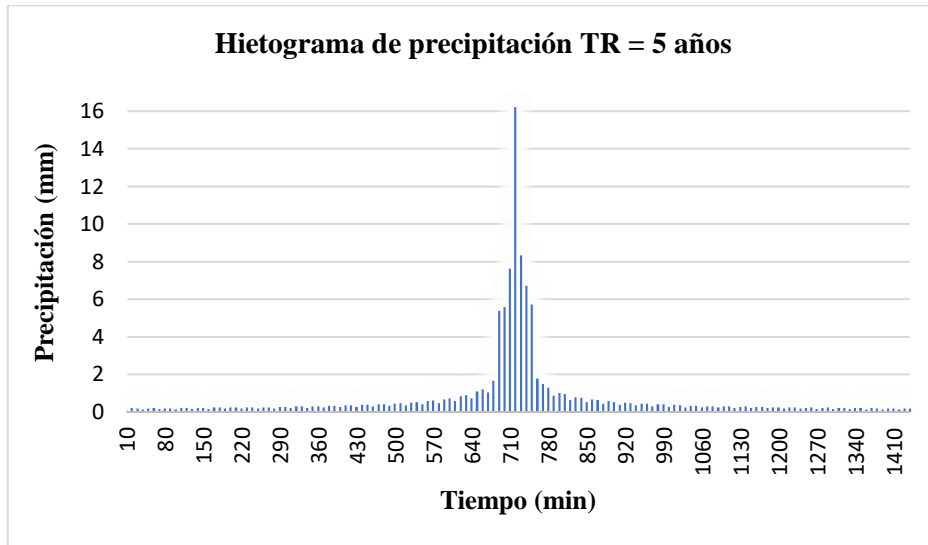
Hietograma de Precipitación - Período de Retorno 5 años

t	t	Intensidad	Precipitación	Dif. Precip.	Dif. Precip.
min	hora	mm/h	mm	mm	mm
10	0.17	95.338	16.21	16.21	0.13
20	0.33	74.387	24.55	8.34	0.2
30	0.50	64.336	32.17	7.62	0.19
40	0.67	58.04	38.89	6.72	0.14
50	0.83	53.584	44.47	5.58	0.18
60	1.00	50.198	50.2	5.73	0.2
70	1.17	47.503	55.58	5.38	0.15
80	1.33	43.114	57.34	1.76	0.19
90	1.50	39.325	58.99	1.65	0.19
100	1.67	36.219	60.49	1.5	0.14
110	1.83	33.621	61.53	1.04	0.22
120	2.00	31.412	62.82	1.29	0.2
130	2.17	29.508	64.03	1.21	0.15
140	2.33	27.849	64.89	0.86	0.21
150	2.50	26.388	65.97	1.08	0.21
160	2.67	25.091	66.99	1.02	0.16
170	2.83	23.931	67.72	0.73	0.23
180	3.00	22.886	68.66	0.94	0.23
190	3.17	21.94	69.55	0.89	0.17
200	3.33	21.078	70.19	0.64	0.24
210	3.50	20.29	71.02	0.83	0.23
220	3.67	19.566	71.81	0.79	0.19
230	3.83	18.898	72.38	0.57	0.25
240	4.00	18.281	73.12	0.74	0.24
250	4.17	17.707	73.84	0.72	0.18
260	4.33	17.173	74.36	0.52	0.25
270	4.50	16.674	75.03	0.67	0.25
280	4.67	16.207	75.69	0.66	0.18
290	4.83	15.769	76.16	0.47	0.27
300	5.00	15.357	76.79	0.63	0.27
310	5.17	14.969	77.39	0.6	0.2
320	5.33	14.602	77.83	0.44	0.29
330	5.50	14.255	78.4	0.57	0.29
340	5.67	13.927	78.97	0.57	0.21
350	5.83	13.615	79.38	0.41	0.3
360	6.00	13.319	79.91	0.53	0.31
370	6.17	13.037	80.44	0.53	0.24
380	6.33	12.768	80.82	0.38	0.32
390	6.50	12.512	81.33	0.51	0.32
400	6.67	12.267	81.82	0.49	0.26
410	6.83	12.032	82.18	0.36	0.35
420	7.00	11.808	82.66	0.48	0.36
430	7.17	11.593	83.12	0.46	0.27
440	7.33	11.387	83.47	0.35	0.37
450	7.50	11.189	83.92	0.45	0.38

460	7.67	10.998	84.35	0.43	0.29
470	7.83	10.815	84.68	0.33	0.41
480	8.00	10.639	85.11	0.43	0.42
490	8.17	10.469	85.53	0.42	0.33
500	8.33	10.305	85.84	0.31	0.45
510	8.50	10.147	86.25	0.41	0.46
520	8.67	9.994	86.65	0.4	0.36
530	8.83	9.846	86.94	0.29	0.51
540	9.00	9.704	87.34	0.4	0.53
550	9.17	9.566	87.72	0.38	0.41
560	9.33	9.432	88	0.28	0.57
570	9.50	9.302	88.37	0.37	0.6
580	9.67	9.177	88.74	0.37	0.47
590	9.83	9.055	89.01	0.27	0.67
600	10.00	8.937	89.37	0.36	0.72
610	10.17	8.823	89.73	0.36	0.57
620	10.33	8.711	89.98	0.25	0.83
630	10.50	8.603	90.33	0.35	0.89
640	10.67	8.498	90.67	0.34	0.73
650	10.83	8.396	90.93	0.26	1.08
660	11.00	8.296	91.26	0.33	1.21
670	11.17	8.199	91.58	0.32	1.04
680	11.33	8.105	91.83	0.25	1.65
690	11.50	8.013	92.15	0.32	5.38
700	11.67	7.923	92.46	0.31	5.58
710	11.83	7.836	92.7	0.24	7.62
720	12.00	7.751	93.01	0.31	16.21
730	12.17	7.668	93.32	0.31	8.34
740	12.33	7.587	93.55	0.23	6.72
750	12.50	7.508	93.85	0.3	5.73
760	12.67	7.431	94.15	0.3	1.76
770	12.83	7.355	94.36	0.21	1.5
780	13.00	7.281	94.65	0.29	1.29
790	13.17	7.209	94.94	0.29	0.86
800	13.33	7.139	95.16	0.22	1.02
810	13.50	7.07	95.45	0.29	0.94
820	13.67	7.002	95.72	0.27	0.64
830	13.83	6.936	95.92	0.2	0.79
840	14.00	6.872	96.21	0.29	0.74
850	14.17	6.809	96.48	0.27	0.52
860	14.33	6.747	96.68	0.2	0.66
870	14.50	6.686	96.95	0.27	0.63
880	14.67	6.627	97.22	0.27	0.44
890	14.83	6.568	97.4	0.18	0.57
900	15.00	6.511	97.67	0.27	0.53
910	15.17	6.455	97.92	0.25	0.38
920	15.33	6.401	98.13	0.21	0.49
930	15.50	6.347	98.38	0.25	0.48

940	15.67	6.294	98.63	0.25	0.35
950	15.83	6.242	98.81	0.18	0.43
960	16.00	6.191	99.06	0.25	0.43
970	16.17	6.141	99.3	0.24	0.31
980	16.33	6.092	99.48	0.18	0.4
990	16.50	6.044	99.73	0.25	0.4
1000	16.67	5.997	99.97	0.24	0.28
1010	16.83	5.951	100.16	0.19	0.37
1020	17.00	5.905	100.39	0.23	0.36
1030	17.17	5.86	100.62	0.23	0.25
1040	17.33	5.816	100.79	0.17	0.34
1050	17.50	5.773	101.03	0.24	0.33
1060	17.67	5.73	101.25	0.22	0.25
1070	17.83	5.688	101.42	0.17	0.31
1080	18.00	5.647	101.65	0.23	0.31
1090	18.17	5.607	101.88	0.23	0.23
1100	18.33	5.567	102.04	0.16	0.3
1110	18.50	5.528	102.27	0.23	0.29
1120	18.67	5.489	102.48	0.21	0.22
1130	18.83	5.451	102.64	0.16	0.27
1140	19.00	5.414	102.87	0.23	0.29
1150	19.17	5.377	103.08	0.21	0.2
1160	19.33	5.341	103.24	0.16	0.27
1170	19.50	5.305	103.45	0.21	0.27
1180	19.67	5.27	103.66	0.21	0.21
1190	19.83	5.235	103.81	0.15	0.25
1200	20.00	5.201	104.02	0.21	0.25
1210	20.17	5.167	104.22	0.2	0.18
1220	20.33	5.134	104.37	0.15	0.24
1230	20.50	5.102	104.59	0.22	0.23
1240	20.67	5.07	104.8	0.21	0.17
1250	20.83	5.038	104.94	0.14	0.22
1260	21.00	5.007	105.15	0.21	0.23
1270	21.17	4.976	105.34	0.19	0.16
1280	21.33	4.945	105.48	0.14	0.21
1290	21.50	4.915	105.67	0.19	0.23
1300	21.67	4.886	105.88	0.21	0.16
1310	21.83	4.857	106.03	0.15	0.21
1320	22.00	4.828	106.22	0.19	0.21
1330	22.17	4.8	106.42	0.2	0.15
1340	22.33	4.772	106.56	0.14	0.21
1350	22.50	4.744	106.74	0.18	0.21
1360	22.67	4.717	106.93	0.19	0.14
1370	22.83	4.69	107.07	0.14	0.21
1380	23.00	4.663	107.25	0.18	0.19
1390	23.17	4.637	107.44	0.19	0.14
1400	23.33	4.611	107.57	0.13	0.19
1410	23.50	4.586	107.77	0.2	0.18

1420	23.67	4.56	107.94	0.17	0.13
1430	23.83	4.535	108.07	0.13	0.17
1440	24.00	4.511	108.26	0.19	0.19



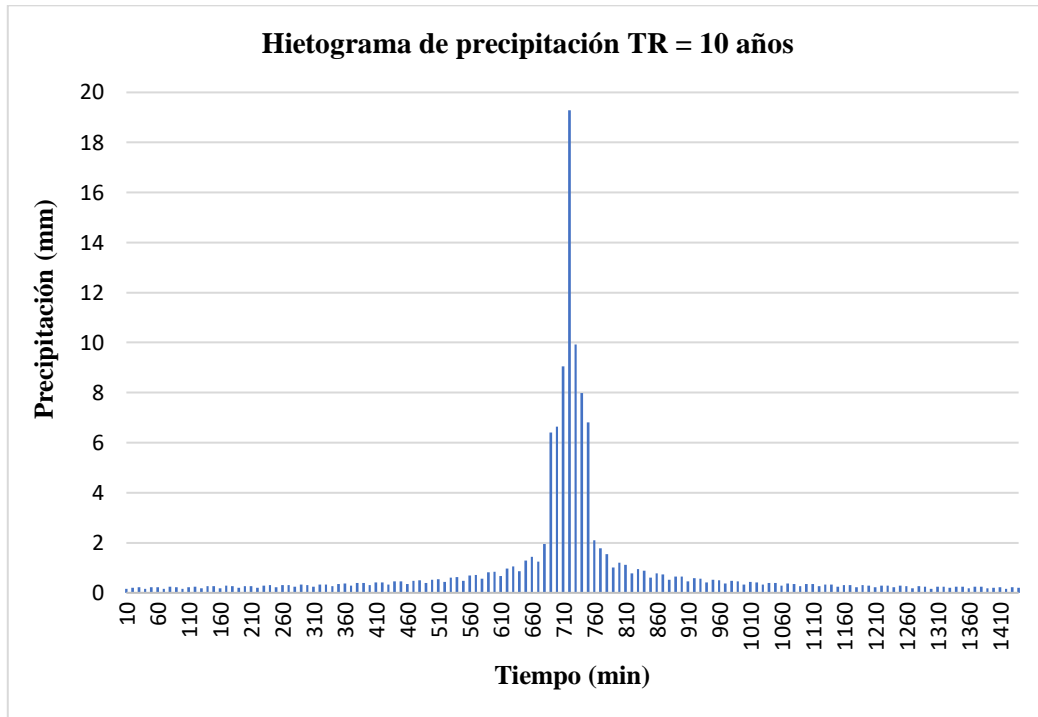
Hietograma de Precipitación - Período de Retorno 10 años

t	t	Intensidad	Precipitación	Dif. Precip.	Dif. Precip.
min	hora	mm/h	mm	mm	mm
10	0.17	113.399	19.28	19.28	0.17
20	0.33	88.479	29.2	9.92	0.2
30	0.50	76.525	38.26	9.06	0.23
40	0.67	69.036	46.25	7.99	0.17
50	0.83	63.735	52.9	6.65	0.22
60	1.00	59.708	59.71	6.81	0.22
70	1.17	56.502	66.11	6.4	0.16
80	1.33	51.282	68.21	2.1	0.25
90	1.50	46.775	70.16	1.95	0.22
100	1.67	43.08	71.94	1.78	0.17
110	1.83	39.99	73.18	1.24	0.23
120	2.00	37.363	74.73	1.55	0.24
130	2.17	35.099	76.16	1.43	0.19
140	2.33	33.125	77.18	1.02	0.27
150	2.50	31.387	78.47	1.29	0.27
160	2.67	29.844	79.68	1.21	0.19
170	2.83	28.464	80.55	0.87	0.28
180	3.00	27.222	81.67	1.12	0.27
190	3.17	26.096	82.72	1.05	0.2
200	3.33	25.071	83.49	0.77	0.27
210	3.50	24.134	84.47	0.98	0.26
220	3.67	23.273	85.41	0.94	0.21
230	3.83	22.479	86.09	0.68	0.28
240	4.00	21.744	86.98	0.89	0.3
250	4.17	21.062	87.83	0.85	0.23
260	4.33	20.426	88.44	0.61	0.3
270	4.50	19.833	89.25	0.81	0.3
280	4.67	19.277	90.02	0.77	0.24
290	4.83	18.756	90.59	0.57	0.32
300	5.00	18.266	91.33	0.74	0.31
310	5.17	17.804	92.05	0.72	0.25
320	5.33	17.368	92.57	0.52	0.33
330	5.50	16.956	93.26	0.69	0.34
340	5.67	16.565	93.92	0.66	0.26
350	5.83	16.194	94.41	0.49	0.36
360	6.00	15.842	95.05	0.64	0.37
370	6.17	15.507	95.68	0.63	0.28
380	6.33	15.187	96.13	0.45	0.39
390	6.50	14.882	96.73	0.6	0.39
400	6.67	14.591	97.32	0.59	0.3
410	6.83	14.312	97.75	0.43	0.41
420	7.00	14.045	98.32	0.57	0.42
430	7.17	13.789	98.87	0.55	0.33
440	7.33	13.544	99.28	0.41	0.45
450	7.50	13.308	99.81	0.53	0.46

460	7.67	13.082	100.34	0.53	0.36
470	7.83	12.864	100.73	0.39	0.49
480	8.00	12.654	101.23	0.5	0.5
490	8.17	12.452	101.73	0.5	0.39
500	8.33	12.257	102.1	0.37	0.53
510	8.50	12.069	102.59	0.49	0.55
520	8.67	11.887	103.06	0.47	0.43
530	8.83	11.712	103.42	0.36	0.6
540	9.00	11.542	103.88	0.46	0.63
550	9.17	11.378	104.34	0.46	0.49
560	9.33	11.219	104.67	0.33	0.69
570	9.50	11.065	105.12	0.45	0.72
580	9.67	10.915	105.55	0.43	0.57
590	9.83	10.771	105.88	0.33	0.81
600	10.00	10.63	106.3	0.42	0.85
610	10.17	10.494	106.72	0.42	0.68
620	10.33	10.362	107.04	0.32	0.98
630	10.50	10.233	107.45	0.41	1.05
640	10.67	10.108	107.85	0.4	0.87
650	10.83	9.986	108.15	0.3	1.29
660	11.00	9.868	108.55	0.4	1.43
670	11.17	9.753	108.94	0.39	1.24
680	11.33	9.64	109.22	0.28	1.95
690	11.50	9.531	109.61	0.39	6.4
700	11.67	9.425	109.99	0.38	6.65
710	11.83	9.321	110.27	0.28	9.06
720	12.00	9.219	110.63	0.36	19.28
730	12.17	9.121	111	0.37	9.92
740	12.33	9.024	111.27	0.27	7.99
750	12.50	8.93	111.63	0.36	6.81
760	12.67	8.838	111.98	0.35	2.1
770	12.83	8.748	112.24	0.26	1.78
780	13.00	8.661	112.59	0.35	1.55
790	13.17	8.575	112.93	0.34	1.02
800	13.33	8.491	113.19	0.26	1.21
810	13.50	8.409	113.52	0.33	1.12
820	13.67	8.329	113.86	0.34	0.77
830	13.83	8.251	114.11	0.25	0.94
840	14.00	8.174	114.44	0.33	0.89
850	14.17	8.098	114.75	0.31	0.61
860	14.33	8.025	115	0.25	0.77
870	14.50	7.953	115.32	0.32	0.74
880	14.67	7.882	115.63	0.31	0.52
890	14.83	7.813	115.87	0.24	0.66
900	15.00	7.745	116.18	0.31	0.64
910	15.17	7.678	116.48	0.3	0.45
920	15.33	7.613	116.71	0.23	0.59
930	15.50	7.549	117.01	0.3	0.57

940	15.67	7.486	117.31	0.3	0.41
950	15.83	7.425	117.54	0.23	0.53
960	16.00	7.364	117.82	0.28	0.5
970	16.17	7.305	118.12	0.3	0.37
980	16.33	7.247	118.34	0.22	0.47
990	16.50	7.189	118.62	0.28	0.46
1000	16.67	7.133	118.91	0.29	0.33
1010	16.83	7.078	119.12	0.21	0.43
1020	17.00	7.024	119.41	0.29	0.42
1030	17.17	6.97	119.67	0.26	0.32
1040	17.33	6.918	119.89	0.22	0.4
1050	17.50	6.866	120.16	0.27	0.4
1060	17.67	6.816	120.44	0.28	0.28
1070	17.83	6.766	120.64	0.2	0.38
1080	18.00	6.717	120.91	0.27	0.36
1090	18.17	6.669	121.18	0.27	0.27
1100	18.33	6.621	121.36	0.18	0.35
1110	18.50	6.575	121.64	0.28	0.35
1120	18.67	6.529	121.9	0.26	0.26
1130	18.83	6.484	122.09	0.19	0.34
1140	19.00	6.439	122.34	0.25	0.33
1150	19.17	6.396	122.61	0.27	0.25
1160	19.33	6.352	122.78	0.17	0.31
1170	19.50	6.31	123.05	0.27	0.31
1180	19.67	6.268	123.29	0.24	0.23
1190	19.83	6.227	123.48	0.19	0.3
1200	20.00	6.186	123.72	0.24	0.28
1210	20.17	6.146	123.96	0.24	0.22
1220	20.33	6.107	124.16	0.2	0.29
1230	20.50	6.068	124.39	0.23	0.29
1240	20.67	6.03	124.64	0.25	0.22
1250	20.83	5.992	124.81	0.17	0.28
1260	21.00	5.955	125.06	0.25	0.27
1270	21.17	5.918	125.28	0.22	0.18
1280	21.33	5.882	125.46	0.18	0.26
1290	21.50	5.847	125.71	0.25	0.25
1300	21.67	5.812	125.95	0.24	0.17
1310	21.83	5.777	126.11	0.16	0.24
1320	22.00	5.743	126.35	0.24	0.24
1330	22.17	5.709	126.57	0.22	0.2
1340	22.33	5.676	126.75	0.18	0.25
1350	22.50	5.643	126.97	0.22	0.25
1360	22.67	5.61	127.18	0.21	0.18
1370	22.83	5.578	127.35	0.17	0.24
1380	23.00	5.547	127.58	0.23	0.24
1390	23.17	5.516	127.81	0.23	0.18
1400	23.33	5.485	127.97	0.16	0.21
1410	23.50	5.454	128.17	0.2	0.23

1420	23.67	5.424	128.39	0.22	0.16
1430	23.83	5.395	128.56	0.17	0.22
1440	24.00	5.365	128.76	0.2	0.2



Hietograma de Precipitación - Período de Retorno 25 años

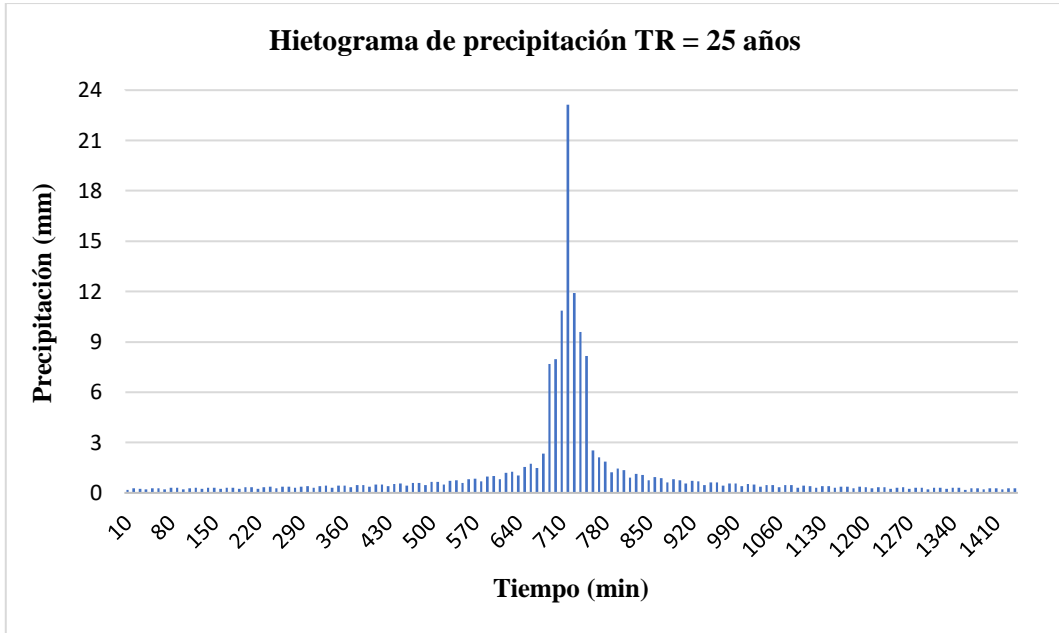
t	t	Intensidad	Precipitación	Dif. Precip.	Dif. Precip.
min	hora	mm/h	mm	mm	mm
10	0.17	136.034	23.13	23.13	0.18
20	0.33	106.14	35.03	11.9	0.27
30	0.50	91.799	45.9	10.87	0.25
40	0.67	82.815	55.49	9.59	0.21
50	0.83	76.457	63.46	7.97	0.28
60	1.00	71.626	71.63	8.17	0.26
70	1.17	67.78	79.3	7.67	0.22
80	1.33	61.518	81.82	2.52	0.3
90	1.50	56.112	84.17	2.35	0.29
100	1.67	51.679	86.3	2.13	0.2
110	1.83	47.972	87.79	1.49	0.28
120	2.00	44.82	89.64	1.85	0.29
130	2.17	42.104	91.37	1.73	0.23
140	2.33	39.737	92.59	1.22	0.31
150	2.50	37.652	94.13	1.54	0.29
160	2.67	35.801	95.59	1.46	0.24
170	2.83	34.146	96.63	1.04	0.31
180	3.00	32.655	97.97	1.34	0.32
190	3.17	31.305	99.24	1.27	0.24
200	3.33	30.075	100.15	0.91	0.33
210	3.50	28.951	101.33	1.18	0.34
220	3.67	27.918	102.46	1.13	0.25
230	3.83	26.965	103.28	0.82	0.34
240	4.00	26.084	104.34	1.06	0.36
250	4.17	25.265	105.36	1.02	0.27
260	4.33	24.503	106.1	0.74	0.36
270	4.50	23.791	107.06	0.96	0.36
280	4.67	23.125	107.99	0.93	0.29
290	4.83	22.5	108.68	0.69	0.38
300	5.00	21.912	109.56	0.88	0.39
310	5.17	21.358	110.42	0.86	0.3
320	5.33	20.835	111.05	0.63	0.41
330	5.50	20.34	111.87	0.82	0.42
340	5.67	19.872	112.67	0.8	0.32
350	5.83	19.427	113.26	0.59	0.44
360	6.00	19.004	114.02	0.76	0.43
370	6.17	18.602	114.77	0.75	0.33
380	6.33	18.218	115.32	0.55	0.46
390	6.50	17.852	116.04	0.72	0.47
400	6.67	17.503	116.75	0.71	0.36
410	6.83	17.168	117.26	0.51	0.49
420	7.00	16.848	117.94	0.68	0.5
430	7.17	16.542	118.61	0.67	0.39
440	7.33	16.247	119.09	0.48	0.53
450	7.50	15.965	119.74	0.65	0.55

460	7.67	15.693	120.37	0.63	0.42
470	7.83	15.431	120.82	0.45	0.58
480	8.00	15.18	121.44	0.62	0.6
490	8.17	14.937	122.04	0.6	0.45
500	8.33	14.703	122.48	0.44	0.65
510	8.50	14.478	123.06	0.58	0.67
520	8.67	14.26	123.63	0.57	0.51
530	8.83	14.049	124.05	0.42	0.72
540	9.00	13.846	124.61	0.56	0.75
550	9.17	13.649	125.16	0.55	0.59
560	9.33	13.458	125.56	0.4	0.82
570	9.50	13.273	126.09	0.53	0.86
580	9.67	13.094	126.62	0.53	0.69
590	9.83	12.921	127.01	0.39	0.96
600	10.00	12.752	127.52	0.51	1.02
610	10.17	12.588	128.02	0.5	0.82
620	10.33	12.43	128.4	0.38	1.18
630	10.50	12.275	128.89	0.49	1.27
640	10.67	12.125	129.37	0.48	1.04
650	10.83	11.979	129.73	0.36	1.54
660	11.00	11.837	130.21	0.48	1.73
670	11.17	11.699	130.68	0.47	1.49
680	11.33	11.564	131.02	0.34	2.35
690	11.50	11.433	131.48	0.46	7.67
700	11.67	11.306	131.94	0.46	7.97
710	11.83	11.181	132.27	0.33	10.87
720	12.00	11.06	132.72	0.45	23.13
730	12.17	10.941	133.15	0.43	11.9
740	12.33	10.825	133.47	0.32	9.59
750	12.50	10.713	133.91	0.44	8.17
760	12.67	10.602	134.33	0.42	2.52
770	12.83	10.495	134.65	0.32	2.13
780	13.00	10.389	135.06	0.41	1.85
790	13.17	10.287	135.48	0.42	1.22
800	13.33	10.186	135.78	0.3	1.46
810	13.50	10.088	136.19	0.41	1.34
820	13.67	9.991	136.58	0.39	0.91
830	13.83	9.897	136.88	0.3	1.13
840	14.00	9.805	137.27	0.39	1.06
850	14.17	9.715	137.66	0.39	0.74
860	14.33	9.627	137.95	0.29	0.93
870	14.50	9.54	138.33	0.38	0.88
880	14.67	9.455	138.7	0.37	0.63
890	14.83	9.372	138.99	0.29	0.8
900	15.00	9.291	139.37	0.38	0.76
910	15.17	9.211	139.73	0.36	0.55
920	15.33	9.133	140.01	0.28	0.71
930	15.50	9.056	140.37	0.36	0.68

940	15.67	8.981	140.73	0.36	0.48
950	15.83	8.907	141	0.27	0.63
960	16.00	8.834	141.34	0.34	0.62
970	16.17	8.763	141.7	0.36	0.44
980	16.33	8.693	141.96	0.26	0.57
990	16.50	8.624	142.3	0.34	0.56
1000	16.67	8.557	142.65	0.35	0.4
1010	16.83	8.491	142.9	0.25	0.53
1020	17.00	8.426	143.24	0.34	0.51
1030	17.17	8.362	143.58	0.34	0.38
1040	17.33	8.299	143.82	0.24	0.48
1050	17.50	8.237	144.15	0.33	0.48
1060	17.67	8.176	144.47	0.32	0.34
1070	17.83	8.116	144.71	0.24	0.46
1080	18.00	8.058	145.04	0.33	0.45
1090	18.17	8	145.36	0.32	0.32
1100	18.33	7.943	145.6	0.24	0.42
1110	18.50	7.887	145.91	0.31	0.41
1120	18.67	7.832	146.22	0.31	0.3
1130	18.83	7.778	146.46	0.24	0.39
1140	19.00	7.725	146.78	0.32	0.39
1150	19.17	7.672	147.07	0.29	0.29
1160	19.33	7.62	147.29	0.22	0.37
1170	19.50	7.569	147.6	0.31	0.38
1180	19.67	7.519	147.9	0.3	0.28
1190	19.83	7.47	148.13	0.23	0.36
1200	20.00	7.421	148.42	0.29	0.34
1210	20.17	7.373	148.71	0.29	0.26
1220	20.33	7.326	148.94	0.23	0.35
1230	20.50	7.279	149.22	0.28	0.34
1240	20.67	7.234	149.53	0.31	0.24
1250	20.83	7.188	149.73	0.2	0.32
1260	21.00	7.144	150.02	0.29	0.33
1270	21.17	7.1	150.31	0.29	0.24
1280	21.33	7.056	150.5	0.19	0.31
1290	21.50	7.014	150.8	0.3	0.32
1300	21.67	6.971	151.06	0.26	0.22
1310	21.83	6.93	151.28	0.22	0.3
1320	22.00	6.889	151.56	0.28	0.29
1330	22.17	6.848	151.82	0.26	0.23
1340	22.33	6.808	152.02	0.2	0.31
1350	22.50	6.769	152.3	0.28	0.29
1360	22.67	6.73	152.57	0.27	0.19
1370	22.83	6.692	152.78	0.21	0.26
1380	23.00	6.654	153.04	0.26	0.28
1390	23.17	6.616	153.29	0.25	0.2
1400	23.33	6.579	153.49	0.2	0.27
1410	23.50	6.543	153.76	0.27	0.26

1420	23.67	6.507	154.02	0.26	0.2
1430	23.83	6.471	154.2	0.18	0.26
1440	24.00	6.436	154.46	0.26	0.26

Hietograma de Precipitación - Período de Retorno 25 años



Hietograma de precipitación - Período de Retorno 50 años

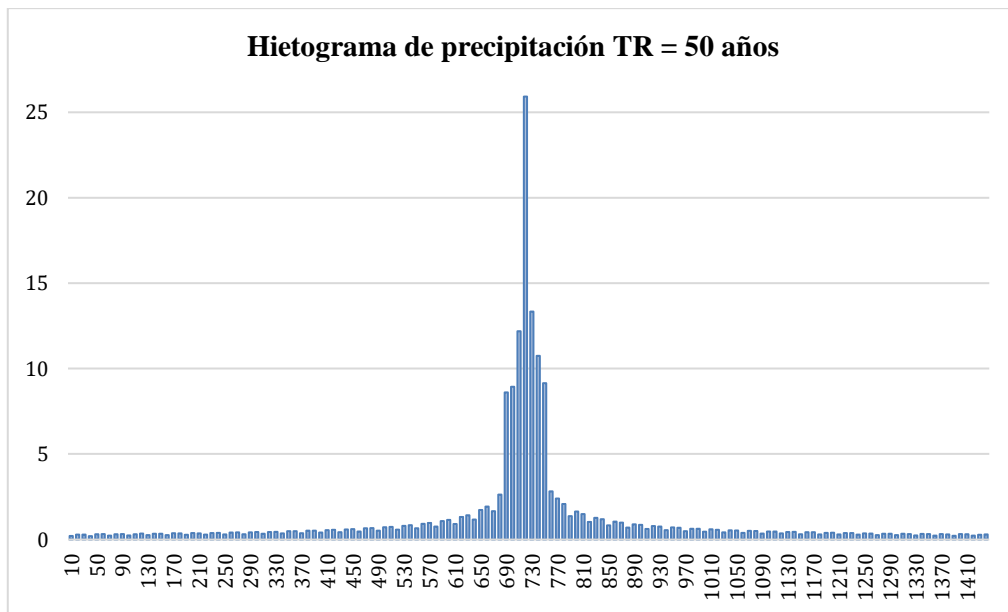
t	t	Intensidad	Precipitación	Dif. Precip.	Dif. Precip.
min	hora	mm/h	mm	mm	mm
10	0,17	152,495	25,92	25,92	0,21
20	0,33	118,983	39,26	13,34	0,29
30	0,50	102,907	51,45	12,19	0,29
40	0,67	92,836	62,2	10,75	0,2
50	0,83	85,709	71,14	8,94	0,31
60	1,00	80,293	80,29	9,15	0,32
70	1,17	75,982	88,9	8,61	0,23
80	1,33	68,962	91,72	2,82	0,31
90	1,50	62,902	94,35	2,63	0,32
100	1,67	57,933	96,75	2,4	0,24
110	1,83	53,777	98,41	1,66	0,31
120	2,00	50,244	100,49	2,08	0,35
130	2,17	47,199	102,42	1,93	0,26
140	2,33	44,545	103,79	1,37	0,34
150	2,50	42,208	105,52	1,73	0,34
160	2,67	40,133	107,16	1,64	0,26
170	2,83	38,278	108,33	1,17	0,37
180	3,00	36,606	109,82	1,49	0,36
190	3,17	35,093	111,24	1,42	0,28
200	3,33	33,715	112,27	1,03	0,38
210	3,50	32,454	113,59	1,32	0,36
220	3,67	31,296	114,86	1,27	0,29
230	3,83	30,228	115,77	0,91	0,38
240	4,00	29,24	116,96	1,19	0,39
250	4,17	28,323	118,11	1,15	0,3
260	4,33	27,468	118,94	0,83	0,41
270	4,50	26,67	120,02	1,08	0,42
280	4,67	25,924	121,07	1,05	0,31
290	4,83	25,223	121,83	0,76	0,42
300	5,00	24,564	122,82	0,99	0,44
310	5,17	23,943	123,79	0,97	0,34
320	5,33	23,356	124,49	0,7	0,44
330	5,50	22,802	125,41	0,92	0,45
340	5,67	22,276	126,3	0,89	0,36
350	5,83	21,777	126,96	0,66	0,49
360	6,00	21,304	127,82	0,86	0,49
370	6,17	20,853	128,66	0,84	0,37
380	6,33	20,423	129,28	0,62	0,52
390	6,50	20,013	130,08	0,8	0,52
400	6,67	19,621	130,87	0,79	0,41
410	6,83	19,246	131,45	0,58	0,55

420	7,00	18,887	132,21	0,76	0,57
430	7,17	18,543	132,95	0,74	0,43
440	7,33	18,213	133,5	0,55	0,59
450	7,50	17,896	134,22	0,72	0,61
460	7,67	17,592	134,93	0,71	0,47
470	7,83	17,299	135,45	0,52	0,66
480	8,00	17,017	136,14	0,69	0,67
490	8,17	16,745	136,81	0,67	0,52
500	8,33	16,483	137,3	0,49	0,72
510	8,50	16,23	137,96	0,66	0,74
520	8,67	15,985	138,59	0,63	0,58
530	8,83	15,749	139,06	0,47	0,8
540	9,00	15,521	139,69	0,63	0,84
550	9,17	15,3	140,3	0,61	0,66
560	9,33	15,087	140,76	0,46	0,92
570	9,50	14,879	141,35	0,59	0,97
580	9,67	14,679	141,95	0,6	0,76
590	9,83	14,484	142,38	0,43	1,08
600	10,00	14,295	142,95	0,57	1,15
610	10,17	14,112	143,52	0,57	0,91
620	10,33	13,934	143,94	0,42	1,32
630	10,50	13,761	144,49	0,55	1,42
640	10,67	13,592	145,03	0,54	1,17
650	10,83	13,429	145,44	0,41	1,73
660	11,00	13,27	145,97	0,53	1,93
670	11,17	13,115	146,49	0,52	1,66
680	11,33	12,964	146,88	0,39	2,63
690	11,50	12,817	147,4	0,52	8,61
700	11,67	12,674	147,91	0,51	8,94
710	11,83	12,534	148,28	0,37	12,19
720	12,00	12,398	148,78	0,5	25,92
730	12,17	12,265	149,27	0,49	13,34
740	12,33	12,135	149,62	0,35	10,75
750	12,50	12,009	150,11	0,49	9,15
760	12,67	11,885	150,58	0,47	2,82
770	12,83	11,765	150,94	0,36	2,4
780	13,00	11,647	151,41	0,47	2,08
790	13,17	11,531	151,86	0,45	1,37
800	13,33	11,419	152,22	0,36	1,64
810	13,50	11,308	152,66	0,44	1,49
820	13,67	11,2	153,1	0,44	1,03
830	13,83	11,095	153,44	0,34	1,27
840	14,00	10,992	153,89	0,45	1,19
850	14,17	10,891	154,33	0,44	0,83
860	14,33	10,791	154,64	0,31	1,05

870	14,50	10,694	155,06	0,42	0,99
880	14,67	10,599	155,49	0,43	0,7
890	14,83	10,506	155,8	0,31	0,89
900	15,00	10,415	156,23	0,43	0,86
910	15,17	10,326	156,65	0,42	0,62
920	15,33	10,238	156,95	0,3	0,79
930	15,50	10,152	157,36	0,41	0,76
940	15,67	10,067	157,75	0,39	0,55
950	15,83	9,984	158,05	0,3	0,71
960	16,00	9,903	158,45	0,4	0,69
970	16,17	9,823	158,84	0,39	0,49
980	16,33	9,745	159,14	0,3	0,63
990	16,50	9,668	159,52	0,38	0,63
1000	16,67	9,592	159,9	0,38	0,46
1010	16,83	9,518	160,19	0,29	0,6
1020	17,00	9,445	160,57	0,38	0,57
1030	17,17	9,373	160,93	0,36	0,42
1040	17,33	9,303	161,22	0,29	0,54
1050	17,50	9,234	161,6	0,38	0,53
1060	17,67	9,166	161,96	0,36	0,39
1070	17,83	9,099	162,24	0,28	0,51
1080	18,00	9,033	162,59	0,35	0,5
1090	18,17	8,968	162,95	0,36	0,35
1100	18,33	8,904	163,21	0,26	0,47
1110	18,50	8,842	163,58	0,37	0,47
1120	18,67	8,78	163,92	0,34	0,36
1130	18,83	8,719	164,18	0,26	0,44
1140	19,00	8,659	164,52	0,34	0,45
1150	19,17	8,6	164,86	0,34	0,31
1160	19,33	8,542	165,12	0,26	0,43
1170	19,50	8,485	165,46	0,34	0,43
1180	19,67	8,429	165,8	0,34	0,3
1190	19,83	8,374	166,06	0,26	0,39
1200	20,00	8,319	166,38	0,32	0,4
1210	20,17	8,266	166,73	0,35	0,3
1220	20,33	8,213	166,97	0,24	0,38
1230	20,50	8,16	167,28	0,31	0,38
1240	20,67	8,109	167,61	0,33	0,29
1250	20,83	8,058	167,85	0,24	0,36
1260	21,00	8,008	168,17	0,32	0,35
1270	21,17	7,959	168,49	0,32	0,26
1280	21,33	7,91	168,72	0,23	0,34
1290	21,50	7,862	169,03	0,31	0,34
1300	21,67	7,815	169,35	0,32	0,26
1310	21,83	7,768	169,58	0,23	0,34

1320	22,00	7,722	169,88	0,3	0,32
1330	22,17	7,677	170,2	0,32	0,24
1340	22,33	7,632	170,42	0,22	0,33
1350	22,50	7,588	170,73	0,31	0,32
1360	22,67	7,545	171,05	0,32	0,23
1370	22,83	7,501	171,25	0,2	0,32
1380	23,00	7,459	171,56	0,31	0,3
1390	23,17	7,417	171,85	0,29	0,22
1400	23,33	7,376	172,08	0,23	0,32
1410	23,50	7,335	172,37	0,29	0,31
1420	23,67	7,294	172,65	0,28	0,23
1430	23,83	7,254	172,86	0,21	0,28
1440	24,00	7,215	173,16	0,3	0,3

Hietograma de Precipitación - Período de Retorno 50 años



Hietograma de precipitación - Período de Retorno 100 años

t	t	Intensidad	Precipitación	Dif. Precip.	Dif. Precip.
min	hora	mm/h	mm	mm	mm
10	0,17	168,956	28,72	28,72	0,25
20	0,33	131,827	43,5	14,78	0,31
30	0,50	114,016	57,01	13,51	0,34
40	0,67	102,858	68,91	11,9	0,24
50	0,83	94,96	78,82	9,91	0,34
60	1,00	88,96	88,96	10,14	0,35
70	1,17	84,184	98,5	9,54	0,25
80	1,33	76,406	101,62	3,12	0,35
90	1,50	69,692	104,54	2,92	0,35
100	1,67	64,186	107,19	2,65	0,27
110	1,83	59,582	109,04	1,85	0,36
120	2,00	55,668	111,34	2,3	0,38
130	2,17	52,294	113,48	2,14	0,28
140	2,33	49,353	114,99	1,51	0,36
150	2,50	46,764	116,91	1,92	0,38
160	2,67	44,466	118,72	1,81	0,28
170	2,83	42,409	120,02	1,3	0,4
180	3,00	40,558	121,67	1,65	0,4
190	3,17	38,881	123,25	1,58	0,3
200	3,33	37,354	124,39	1,14	0,41
210	3,50	35,958	125,85	1,46	0,4
220	3,67	34,675	127,26	1,41	0,32
230	3,83	33,491	128,27	1,01	0,43
240	4,00	32,397	129,59	1,32	0,44
250	4,17	31,38	130,85	1,26	0,33
260	4,33	30,433	131,77	0,92	0,45
270	4,50	29,549	132,97	1,2	0,45
280	4,67	28,722	134,13	1,16	0,34
290	4,83	27,945	134,97	0,84	0,48
300	5,00	27,215	136,08	1,11	0,49
310	5,17	26,527	137,14	1,06	0,37
320	5,33	25,877	137,92	0,78	0,5
330	5,50	25,263	138,95	1,03	0,51
340	5,67	24,681	139,94	0,99	0,39
350	5,83	24,128	140,67	0,73	0,53
360	6,00	23,603	141,62	0,95	0,55
370	6,17	23,103	142,55	0,93	0,41
380	6,33	22,627	143,23	0,68	0,57
390	6,50	22,173	144,12	0,89	0,58
400	6,67	21,739	145	0,88	0,44
410	6,83	21,324	145,64	0,64	0,61

420	7,00	20,926	146,48	0,84	0,63
430	7,17	20,545	147,31	0,83	0,49
440	7,33	20,179	147,91	0,6	0,67
450	7,50	19,828	148,71	0,8	0,68
460	7,67	19,491	149,5	0,79	0,53
470	7,83	19,166	150,07	0,57	0,73
480	8,00	18,854	150,83	0,76	0,74
490	8,17	18,552	151,57	0,74	0,57
500	8,33	18,262	152,12	0,55	0,8
510	8,50	17,982	152,85	0,73	0,83
520	8,67	17,711	153,55	0,7	0,64
530	8,83	17,45	154,08	0,53	0,89
540	9,00	17,197	154,77	0,69	0,93
550	9,17	16,952	155,45	0,68	0,73
560	9,33	16,715	155,95	0,5	1,03
570	9,50	16,486	156,62	0,67	1,06
580	9,67	16,263	157,26	0,64	0,84
590	9,83	16,048	157,75	0,49	1,2
600	10,00	15,838	158,38	0,63	1,26
610	10,17	15,635	159,01	0,63	1,01
620	10,33	15,438	159,47	0,46	1,46
630	10,50	15,246	160,08	0,61	1,58
640	10,67	15,06	160,69	0,61	1,3
650	10,83	14,878	161,13	0,44	1,92
660	11,00	14,702	161,72	0,59	2,14
670	11,17	14,53	162,3	0,58	1,85
680	11,33	14,363	162,73	0,43	2,92
690	11,50	14,2	163,3	0,57	9,54
700	11,67	14,042	163,87	0,57	9,91
710	11,83	13,887	164,28	0,41	13,51
720	12,00	13,736	164,83	0,55	28,72
730	12,17	13,589	165,38	0,55	14,78
740	12,33	13,445	165,78	0,4	11,9
750	12,50	13,305	166,31	0,53	10,14
760	12,67	13,168	166,84	0,53	3,12
770	12,83	13,034	167,23	0,39	2,65
780	13,00	12,904	167,75	0,52	2,3
790	13,17	12,776	168,26	0,51	1,51
800	13,33	12,651	168,64	0,38	1,81
810	13,50	12,529	169,14	0,5	1,65
820	13,67	12,41	169,64	0,5	1,14
830	13,83	12,293	170,01	0,37	1,41
840	14,00	12,178	170,49	0,48	1,32
850	14,17	12,066	170,98	0,49	0,92
860	14,33	11,956	171,33	0,35	1,16

870	14,50	11,849	171,81	0,48	1,11
880	14,67	11,744	172,28	0,47	0,78
890	14,83	11,64	172,62	0,34	0,99
900	15,00	11,539	173,09	0,47	0,95
910	15,17	11,44	173,54	0,45	0,68
920	15,33	11,343	173,89	0,35	0,88
930	15,50	11,248	174,34	0,45	0,84
940	15,67	11,154	174,78	0,44	0,6
950	15,83	11,062	175,11	0,33	0,79
960	16,00	10,972	175,55	0,44	0,76
970	16,17	10,884	175,99	0,44	0,55
980	16,33	10,797	176,32	0,33	0,7
990	16,50	10,712	176,75	0,43	0,69
1000	16,67	10,628	177,17	0,42	0,5
1010	16,83	10,546	177,49	0,32	0,64
1020	17,00	10,465	177,91	0,42	0,63
1030	17,17	10,385	178,31	0,4	0,46
1040	17,33	10,307	178,62	0,31	0,61
1050	17,50	10,23	179,03	0,41	0,59
1060	17,67	10,155	179,44	0,41	0,43
1070	17,83	10,081	179,74	0,3	0,57
1080	18,00	10,008	180,14	0,4	0,55
1090	18,17	9,936	180,54	0,4	0,4
1100	18,33	9,865	180,83	0,29	0,53
1110	18,50	9,796	181,23	0,4	0,52
1120	18,67	9,728	181,62	0,39	0,38
1130	18,83	9,66	181,9	0,28	0,5
1140	19,00	9,594	182,29	0,39	0,48
1150	19,17	9,529	182,67	0,38	0,35
1160	19,33	9,465	182,96	0,29	0,47
1170	19,50	9,401	183,32	0,36	0,47
1180	19,67	9,339	183,7	0,38	0,35
1190	19,83	9,278	183,98	0,28	0,44
1200	20,00	9,217	184,34	0,36	0,44
1210	20,17	9,158	184,72	0,38	0,33
1220	20,33	9,099	184,98	0,26	0,42
1230	20,50	9,041	185,34	0,36	0,42
1240	20,67	8,984	185,7	0,36	0,31
1250	20,83	8,928	185,97	0,27	0,41
1260	21,00	8,873	186,33	0,36	0,4
1270	21,17	8,818	186,68	0,35	0,29
1280	21,33	8,764	186,94	0,26	0,39
1290	21,50	8,711	187,29	0,35	0,39
1300	21,67	8,659	187,64	0,35	0,29
1310	21,83	8,607	187,89	0,25	0,38

1320	22,00	8,556	188,23	0,34	0,36
1330	22,17	8,506	188,58	0,35	0,26
1340	22,33	8,456	188,82	0,24	0,36
1350	22,50	8,407	189,16	0,34	0,36
1360	22,67	8,359	189,5	0,34	0,26
1370	22,83	8,311	189,74	0,24	0,35
1380	23,00	8,264	190,07	0,33	0,34
1390	23,17	8,218	190,41	0,34	0,24
1400	23,33	8,172	190,65	0,24	0,34
1410	23,50	8,126	190,96	0,31	0,33
1420	23,67	8,082	191,3	0,34	0,24
1430	23,83	8,038	191,55	0,25	0,34
1440	24,00	7,994	191,86	0,31	0,31

