



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**CENTRO DE POSGRADOS**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**

**METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE DRENAJES URBANOS EN  
VÍAS URBANAS DE CIUDADES HASTA 300000 HABITANTES, 2020**

**AUTOR: DAVID MANUEL BERMUDEZ PEÑAFIEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL, MENCIÓN VIALIDAD**

**TUTOR: ING. JESUS ENRIQUE ESPINOZA CORREA**

**MACHALA**

**2022**

## **PENSAMIENTO**

“El proceso de urbanización ha producido cambios en el ciclo hidrológico, como: el aumento del volumen de escorrentía, un mayor caudal pico y una respuesta hidrológica mucho más rápida; todo lo anterior produce las inundaciones en las vías urbanas, una problemática urbana mundial.”

(Leopold, 1968)

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi padre David Anival Bermudes Serrano

Dedicado a mi madre Tanya Patricia Peñafiel Zambrano

## **AGRADECIMIENTOS**

- A mis padres por ser el pilar fundamental de mi vida; y por inculcarme valores que me hacen ser mejor persona cada día, por demostrarme que la constancia y perseverancia se puede conseguir todo lo que anhelamos.
- A la Universidad Técnica de Machala, por haberme aceptado a ser parte de sus excelentes ofertas académicas como fue el caso de obtener mi título de Ingeniero Civil y ahora con el programa de maestría dar un paso más en mi evolución como Profesional.
- Al Sr. Ing. Carlos Eugenio Sánchez Mendieta, coordinador del Programa de Maestría de Ingeniería Civil, por su orientaciones y capacitaciones para lograr cumplir con las actividades impuestas por el programa de maestría.
- Al Ing. Jesús Enrique Espinoza Correa, Tutor de este trabajo de titulación, por su paciencia y colaboración en el desarrollo de esta investigación.

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, David Manuel Bermudes Peñafiel, con C.I. 0705007250, declaro que el trabajo de “METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE DRENAJES URBANOS EN VÍAS URBANAS DE CIUDADES HASTA 300000 HABITANTES, 2020”, en opción al título de Magister en Ingeniería Civil Mención Vialidad, es original y autentico; cuyo contenido: conceptos, definiciones, datos empíricos, criterios, comentarios y resultados son de mi exclusiva responsabilidad.



DAVID MANUEL BERMUDES PEÑAFIEL

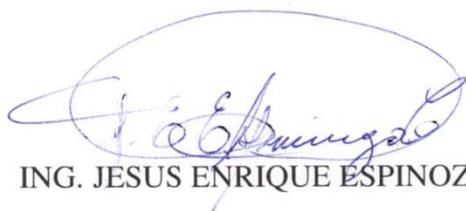
C.I. 070500250

Machala, 2022/12/02

## **REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Jesús Enrique Espinoza Correa, Con C.I. 0703391557; Tutor del trabajo de titulación “METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE DRENAJES URBANOS EN VÍAS URBANAS DE CIUDADES HASTA 300000 HABITANTES, 2020”, en opción al título de Magister en Ingeniería Civil Mención Vialidad, ha sido revisado, enmarcado en los procedimientos científicos, técnicos, metodológicos y administrativos establecidos por el Centro de Posgrado de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), razón por la cual doy fe de los méritos suficientes para que sea presentado a evaluación.



ING. JESUS ENRIQUE ESPINOZA CORREA

C.I. 0703391557

Machala, 2022/12/02

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, David Manuel Bermudes Peñafiel, con C.I. 0705007250, autor del trabajo de titulación “METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE DRENAJES URBANOS EN VÍAS URBANAS DE CIUDADES HASTA 300000 HABITANTES, 2020”, en opción al título de Magister en Ingeniería Civil Mención Vialidad, declaro bajo juramento que:

- El trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.
- Cede a la Universidad Técnica de Machala de forma exclusiva con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
  - a) Incorporar la mencionada obra en el repositorio institucional para su demostración a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia *Creative Commons Attribution-NoCommercial* – Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY NCSA 4.0); la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.
  - b) Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en INTERNET, así como correspondiéndome como Autor la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

DAVID MANUEL BERMUDES PEÑAFIEL

C.I. 0705007250

Machala, 2022/12/02

## **CERTIFICACIÓN DE PUBLICACIÓN**

## RESUMEN

La investigación envuelve los problemas de drenaje que terminan en la inundación de las vías urbanas de ciudades de tipo costeras, por ello se desarrolla una propuesta metodológica para la evaluación de los Drenajes urbanos en vías urbanas de ciudades hasta 300000 habitantes, con la finalidad de reducir riesgo a inundaciones. La importancia de la investigación se basa en la limitación teórica y el poco saber disponible sobre estudios para evaluaciones de los drenajes urbanos relacionados con la inundación en vías. Donde el problema que planteamos es ¿Cómo Evaluar los drenajes urbanos para prevenir inundaciones en vías urbanas?. Para ello nos planteamos como objetivo, evaluar los drenajes urbanos, mediante una metodología que valore su estado para evitar inundaciones en vías urbanas de ciudades hasta 300000 habitantes. Es así que se obtuvo mediante investigaciones bibliográficas y antecedentes investigativos datos y criterios de drenaje urbano e inundaciones en vías urbanas tales como la evaluación del riesgo mediante el análisis de la vulnerabilidad, amenaza y exposición, los cuales se dividen por componentes físicos, económicos, ambientales, sociales, además de factores meteorológicos, hidrológicos, humanos, uso de suelo y evaluación del sistema de drenaje. La información recopilada fueron datos de la empresa pública aplicando análisis documental dirigidas hacia trabajos de mantenimiento, propuestas y proyectos realizados por funcionarios públicos y antecedentes en trabajos investigativos relacionados a los peligros de inundaciones en ciertas zonas de la ciudad. Una vez recopilado los datos necesarios sobre los drenajes urbanos de la ciudad de Machala donde el caso de estudio fue la zona delimitada por las calles Circunvalación norte, Guayas, Marcel Laniado y 10 de agosto, se obtuvo resultados que permitieron conocer el estado actual del funcionamiento del sistema de drenaje urbano donde se encontró un valor de vulnerabilidad de 0.7/1, amenaza 0.6/1 y exposición de 0.75/1, dando una calificación total de 2.05/3, el cual indica que el drenaje urbano tiene un riesgo alto a las inundaciones y se deberán implementar mejoras en la mayoría de indicadores evaluados en el trabajo de investigación.

### **Palabras claves:**

Drenajes Urbanos, Vías Urbanas, Inundación, Impermeabilidad, Escorrentía.

## **ABSTRACT**

The investigation involves the drainage problems that end in the flooding of the urban roads of the city, for this reason a methodological proposal is developed for the evaluation of urban drainage in urban roads of cities up to 300,000 inhabitants, in order to reduce the risk to floods. The importance of the research is based on the theoretical limitation and the little knowledge available on studies for evaluations of urban drainage related to road flooding. Where the problem we pose is How to Evaluate urban drainage to prevent flooding in urban roads? For this, we set ourselves the objective of evaluating urban drainage, through a methodology that assesses its state to avoid flooding in urban roads of cities with up to 300,000 inhabitants. Thus, data and criteria for urban drainage and flooding in urban roads were obtained through bibliographic research and investigative background, such as risk assessment through the analysis of vulnerability, threat and exposure, which are divided by physical, economic, environmental components., social, in addition to meteorological, hydrological, human factors, land use and evaluation of the drainage system. The information collected was data from the public company applying documentary analysis directed towards maintenance work, proposals and projects carried out by public officials and background in investigative work related to the dangers of flooding in certain areas of the city. Once the necessary data on the urban drainage of the city of Machala were collected, where the case study was the area delimited by the streets Circunvalación Norte, Guayas, Marcel Laniado and 10 de Agosto, results were obtained that allowed knowing the current state of operation. of the urban drainage system where a vulnerability value of 0.7/1, threat 0.6/1 and exposure of 0.75/1 were found, giving a total rating of 2.05/3, which indicates that urban drainage has a high risk to floods and improvements should be implemented in most of the indicators evaluated in the research work.

### **Keywords:**

Urban Drainage, Urban Roads, Flooding, Impermeability, Runoff.

## ÍNDICE GENERAL

<b>PENSAMIENTO</b> .....	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA</b> .....	<b>5</b>
<b>REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN</b> .....	<b>6</b>
<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>7</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR</b> .....	<b>8</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE PUBLICACIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>13</b>
<b>LISTA DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
1.1. Antecedentes históricos.....	19
1.2. Antecedentes conceptuales.....	21
1.3. Antecedentes contextuales y referenciales.....	28
<b>CAPÍTULO 2. MÉTODOS</b> .....	<b>32</b>
2.1. TIPO DE ESTUDIO.....	32
2.2. PARADIGMA O ENFOQUE DESDE EL CUAL SE REALIZO.....	32
2.3. POBLACION Y MUESTRA.....	32
2.4. MÉTODOS TEÓRICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS.....	33
2.5. MÉTODOS EMPÍRICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS.....	34
2.6. OPERACIÓN DE VARIABLES.....	34
<b>CAPÍTULO 3. PROPUESTA METODOLÓGICA</b> .....	<b>37</b>

3.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	37
3.2.	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	37
3.3.	JUSTIFICACIÓN.....	39
3.4.	OBJETIVOS.....	39
3.5.	FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA.....	39
3.6.	METODOLOGÍA.....	42
3.7.	PLAN DE MONITOREO Y EVALUACION DE LA PROPUESTA .....	44
<b><i>CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</i></b>		<b>47</b>
4.1.	Vulnerabilidad.....	47
4.2.	Amenaza .....	52
4.3.	Exposición.....	56
4.4.	Evaluación.....	57
<b><i>CONCLUSIONES.....</i></b>		<b>62</b>
<b><i>RECOMENDACIONES.....</i></b>		<b>63</b>
<b><i>BIBLIOGRAFÍA.....</i></b>		<b>64</b>
<b><i>ANEXOS.....</i></b>		<b>71</b>

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1	TIPOS DE DRENAJES URBANOS.....	22
TABLA 2	FUNCIÓN DE SISTEMAS DE DRENAJE URBANO .....	23
TABLA 3	FUNCIONES DE SUDS .....	24
TABLA 4	FUNCIONES PRINCIPALES Y SECUNDARIAS MÁS HABITUALES .....	24
TABLA 5	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SUD'S .....	27
TABLA 6	FUNCIONES DE INTERÉS PÚBLICO .....	28
TABLA 7	DATOS DE INTERÉS .....	30
TABLA 8	VARIABLE DEPENDIENTE .....	35

TABLA 9 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	36
TABLA 10 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD.....	44
TABLA 11 EVALUACIÓN DE AMENAZAS .....	44
TABLA 12 EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN.....	45
TABLA 13 RANGOS DE RIEGO DEL DRENAJE URBANO .....	46
TABLA 14 OBRAS 2021 .....	50
TABLA 16 CRONOGRAMA DE PROYECTOS DE MANTENIMIENTO .....	55
TABLA 17 EVALUACIÓN DE AMENAZA.....	59
TABLA 18 EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN.....	60
TABLA 19 RIESGO DEL DRENAJE URBANO EN MACHALA .....	61

## **LISTA DE ILUSTRACIONES**

ILUSTRACIÓN 1 TIPOS DE DRENAJES URBANOS.....	23
ILUSTRACIÓN 2 MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DE LA CIUDAD DE MACHALA .....	37
ILUSTRACIÓN 3 RIESGO.....	38
ILUSTRACIÓN 4 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGO .....	40
ILUSTRACIÓN 5 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN .....	42
ILUSTRACIÓN 6 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE DRENAJES URBANOS .....	43
ILUSTRACIÓN 7 TOPOGRAFÍA DEL TERRENO .....	47
ILUSTRACIÓN 8 NIVEL DE AGUA EN INUNDACIONES .....	48
ILUSTRACIÓN 9 ESTERO EL MACHO EN ZONA URBANA .....	48
ILUSTRACIÓN 10 MAPA DE INUNDACIONES PLUVIALES .....	49
ILUSTRACIÓN 11 MAPA DE VULNERABILIDAD.....	51
ILUSTRACIÓN 12 CURVA IDF 25 AÑOS .....	52
ILUSTRACIÓN 13 MAPA DE ÁREAS PERMEABLES E IMPERMEABLES .....	53

ILUSTRACIÓN 14 CUENCA URBANA Y SUS DRENAJES.....	54
ILUSTRACIÓN 15 MAPA SENSACIÓN TÉRMICA.....	56
ILUSTRACIÓN 16 EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD.....	58
ILUSTRACIÓN 17 VULNERABILIDAD DEL DRENAJE URBANO .....	58
ILUSTRACIÓN 18 AMENAZAS DEL DRENAJE URBANO.....	59
ILUSTRACIÓN 19 EXPOSICIÓN DEBIDO AL DRENAJE URBANO .....	60
ILUSTRACIÓN 21 INTERCEPTOR SUR .....	71
ILUSTRACIÓN 22 INTERCEPTOR NORTE .....	72
ILUSTRACIÓN 23 INUNDACIONES EN CALLES .....	73
ILUSTRACIÓN 24 ESTERO EL MACHO .....	73
ILUSTRACIÓN 25 FICHA DE OBSERVACION .....	74

## INTRODUCCIÓN

### *Importancia del tema*

El proyecto de investigación tiene un rol muy importante, ya que por la limitación teórica y el poco saber sobre estudios para evaluaciones de los drenajes urbanos que tengan relación con las inundaciones en vías urbanas, por lo cual se elaboró una Metodología para mitigar los riesgos de inundaciones en las vías urbanas de Ciudades Costeras o que se encuentren al nivel del mar, mediante la evaluación de los drenajes urbanos existentes, permitiendo explicar otros aspectos de la realidad local, regional y nacional a los que se encuentra vinculado el problema. Esta investigación es conveniente por el motivo que la Ciudad de Machala se caracteriza por ser una ciudad costera completamente plana en el sentido que se encuentra cerca al nivel del mar, por este motivo cuando hay coincidencia entre las precipitaciones de larga duración y la Pleamar, se tiene como resultado el represamiento de aguas y los sistemas de alcantarillado colapsen en las vías del casco central de Machala.

### *Actualidad de la problemática que se enfrenta*

Las inundaciones de las vías urbanas de la ciudad de Machala, son causadas por diferentes factores tales como: Sistemas de evacuación de aguas insuficientes generado por un mal diseño de obras de drenaje, Machala por ser una ciudad con pendientes bajas o Plana que se encuentra a nivel del mar, la Pleamar nos genera represamiento de aguas en las redes de drenaje, otro motivo son las precipitaciones Pluviales por larga duración que tienen efecto en la accesibilidad de las personas y vehículos, un buen ejemplo es la llegada del Fenómeno Natural “El Niño” que tuvo un promedio de 2991.90mm en el lapso de 19 meses, es decir, en 19 meses llovió más que en 34 años. (Serrano Vincenti et al., 2016)

### *Formulación del problema científico.*

Adicional a esto existe una causa que afecta hasta cierto punto en los represamientos de los drenajes urbanos, el cual consiste en las precipitaciones que se dan en las ciudades circundantes que alimentan el flujo de caudales que ingresan a los canales donde se hacen las descargas de las aguas lluvias de la ciudad de Machala. El problema a resolver en la investigación es ¿Cómo Evaluar el Drenaje Urbano para prevenir inundaciones en vías urbanas de Machala?

### *Delimitación del objeto de estudio*

Por tal motivo el objeto de estudio de la presente investigación son los Drenajes Urbanos en Vías urbanas de la Ciudad de Machala. Las principales causas del problema de investigación se deben a las precipitaciones de larga duración, los sistemas de evacuación de aguas residuales y pluviales son insuficientes, y por los niveles del mar que es donde se realizan las descargas de dichas aguas residuales. Por lo cual nos planteamos un objetivo general que sería Identificar indicadores para la Evaluación de Drenajes Urbanos, que eviten inundaciones en Vías Urbanas.

La conceptualización de la Evaluación de Drenajes Urbanos tiene por objeto el reducir el caudal producido por las precipitaciones, mediante redes de drenajes urbanos que eviten el riesgo de inundaciones, impidan la contaminación de las aguas y minimicen costos económicos en la gestión pluvial para el cumplimiento de objetivos establecidos previamente en función de normas y criterios. Los problemas generados por el agua de lluvia en las ciudades son de sobra conocidos, sobre todo cuando se habla de grandes precipitaciones que desbordan el sistema de drenaje existente, produciendo inundaciones, contaminación difusa por reboses de aguas residuales o pérdidas de servicios urbanos(Sañudo-Fontaneda et al., 2012)

### *Objetivo general de la investigación*

Evaluar los drenajes urbanos, mediante una metodología que valore su estado para evitar inundaciones en Vías Urbanas de ciudades hasta 300000 habitantes.

### *Objetivos específicos*

- Fundamentar bibliográficamente la metodología de evaluación de drenajes urbanos en vías urbanas de ciudades hasta 300000 habitantes.
- Determinar los criterios de evaluación de drenajes urbanos en relación con las inundaciones en vías urbanas de ciudades hasta 300000 habitantes
- Elaborar una Metodología de Evaluación de drenajes urbanos mediante indicadores que permitan reducir inundaciones en vías urbanas.

### *Delimitación del campo de acción.*

El universo y muestra del presente trabajo se definió de tal forma que el universo es el Drenaje Urbano de la Ciudad de Machala y la muestra para la investigación se la

consideró únicamente el sistema de drenaje urbano del casco central de la ciudad de Machala que desemboca en el canal Nuevo Pilo

*Hipótesis o preguntas científicas o ideas a defender.*

Entre las hipótesis planteadas tenemos las siguientes: ¿La evaluación de los drenajes urbanos disminuye las inundaciones en vías urbanas de Machala?, ¿Qué indicadores son necesarios para la evaluación de los drenajes urbanos en relación con las inundaciones en vías urbanas?, ¿Cuáles son las características de los drenajes urbanos en las vías urbanas de la ciudad de Machala?, ¿Qué metodología para la evaluación de drenajes urbanos sostenible disminuye las inundaciones en vías urbanas?

*Estructura del trabajo.*

Para el desarrollo de esta investigación se plantearon cuatro capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el capítulo 1 se muestra el marco teórico donde se recopila la información referenciada a la investigación como antecedentes históricos, teóricos y contextuales los cuales sirven en la conceptualización de la metodología de evaluación de drenajes en vías urbanas.

En el capítulo 2 se muestra los métodos y materiales utilizados. Se presenta la metodología de investigación, paradigma, enfoque, determinación de la población y muestra, el plan de recopilación de datos y procesamiento de la información.

En el capítulo 3 se muestra la propuesta metodológica el cual indica el proceso en la evaluación de drenajes en vías urbanas. Este procedimiento incluye criterios de vulnerabilidad, exposición y amenazas.

En el capítulo 4 se exponen resultados obtenidos luego de aplicar la metodología de evaluación donde se interpretan y argumentan los resultados obtenidos en el estudio de caso el cual es la Ciudad de Machala.

Finalizamos con las conclusiones y recomendaciones sobre los resultados obtenidos de la investigación.

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes históricos

#### *1.1.1. Historia del Drenaje Urbano en el Mundo.*

Deshacerse de las aguas residuales y aguas lluvias de las comunidades ha generado desde siempre un problema de gran preocupación. Durante siglos, las calles servían como cause de evacuación de los desechos de las comunidades, lo que provocaba molestias a los habitantes pues, de ahí se desprendían malos olores y la trasmisión de epidemias. Durante la historia, los sistemas de drenaje urbano tienen diferentes perspectivas, se los considera como un recurso importante, un mecanismo de limpieza citadina, un medio de transporte de desechos, la solución al problema de inundaciones y mecanismo para minimizar molestias de aguas residuales sin control mismas que transmiten enfermedades. (Rosales Morales et al., 2015)

En el siglo XIX las construcciones de sistemas de alcantarillados en las grandes ciudades sufrieron un gran impulso en varios países. Dicho impulso se dio por la relación entre enfermedades endémicas y la ausencia de un correcto drenaje de las aguas residuales y aguas pluviales, estos sistemas fueron construidos hasta mediados del siglo XX sin contar con criterios técnicos rigurosos. (Gómez Valentín, 2007)

A medida que se desarrollaban las civilizaciones se fueron ideando otros modos de evacuación de estos residuos; crearon fosas sépticas en los patios de sus viviendas, lo que no resultaba algo desagradable, debido a que estos pozos requerían limpiezas, y extraer los residuos resultaba algo no tan higiénico. Buscando otras medidas para estas evacuaciones, se construyeron luego canales centrales, enterrados en las calles con sección indefinida, que se convertirían en los primeros modelos de alcantarillados. Más adelante ya con las grandes civilizaciones se empieza a formar redes de alcantarillado, porque en sus inicios estos no mantenían conexión de conductos con las viviendas. (Trapote, 2013) Dando surgimiento al término drenaje urbano, el mismo que durante años ha servido para llevar las aguas residuales fuera de la ciudad. siendo desembocadas en ríos y mares lo que ha provocado que estos pierdan parte de su riqueza natural, y no solo eso, sino que también le resta capacidad de respuestas ante crecidas. Por tal motivo, ya para el siglo XIX los sistemas de alcantarillados se convierten en prioridad para los países.

Pues, los construidos a los inicios no contaban con los criterios técnicos adecuados para el correcto drenaje de aguas residuales y pluviales debido a que, con el desarrollo urbano de las ciudades los volúmenes de drenajes también aumentan, dando paso a la presencia de inundaciones.(Ripollés & Gómez, 1994)

### ***1.1.2. Drenaje Urbano en el Ecuador.***

El desarrollo acelerado de las ciudades y poder satisfacer las necesidades de los habitantes, trae consigo algunas consecuencias negativas que afectan directamente a su medio ambiente. Es por eso que, uno de los muchos objetivos de los sistemas de drenajes, es favorecer la incidencia de los residuos hídricos naturales, a manera de buscar ecosistemas más amigables.

Ecuador, por ejemplo, en épocas invernales presenta graves afectaciones por inundaciones, deslaves de montañas, alcantarillas colapsadas, entre otros. Que causan efectos considerables y desastrosos como; pérdidas de vidas humanas, pérdidas económicas, por nombrar unas. El país sufre repetitivamente problemas de colapso de alcantarillas en sus ciudades, pero, a pesar de estas eventualidades los gobiernos trabajan en esfuerzos conjuntos para minimizar estos efectos enfocándose hacia una sostenibilidad en donde se busque el desarrollo de sus ciudades, sin que afecte los derechos de la naturaleza ni a las generaciones venideras. (Moreira Romero I, 2022)

### ***1.1.3. Territorio y drenaje***

Hablando de territorio como un pedazo o extensión de tierra que pertenece a una división política de un país. Se relaciona con los habitantes y sus culturas, su historia y ecosistemas, pues es ahí donde se desarrollan los asentamientos humanos rurales y urbanos. El suelo por otro lado, presenta distintas condiciones climáticas, de drenaje y geomorfológica. (Cotler et al., 2007) El drenaje y las actividades de los habitantes de zonas rurales y urbanos cumplen funciones importantes para el territorio. Mirándolo desde el punto en que todos vivimos aguas abajo, surge la necesidad de construir sistemas que permitan captar esas aguas y puedan ser drenadas a un cauce natural, pues, si bien es cierto el hombre realiza sin números de acciones en el que siempre se está captando, usando y desechando agua. Por tal motivo, es de suma importancia de que la misma retorne tanto en cantidad y calidad a los cauces de drenajes naturales del territorio. Pero, el retorno de estas aguas trae consigo consecuencias no tan favorables para los

asentamientos que se encuentran aguas más abajo y para los ecosistemas. Por actividades ya sean agropecuarias, industrial, mineras e incluso de actores locales.(Marín & Gutiérrez, 2018)

Algunas de las calles de zonas urbanas cuando llueve se llenan de agua, a lo que se convierten en la primera red de transporte del escurrimiento de esas aguas lluvias, que pasa a sistemas de desagüe captadores de las mismas. Luego a una red de alcantarillado que también tienen la función de transportar aguas pluviales. Pero, si la capacidad de esta red de alcantarillado no es suficiente o colapsa, las aguas podrían salir a las calles y provocar inundaciones en la superficie. Por tal motivo, se ha realizado una serie de estudio para analizar los comportamientos de estas redes de transporte superficiales y redes subterráneas que se encuentran interconectadas formándose lo que se conoce como drenajes dual urbanos. (Concha Jopia & Gómez Valentín, 2009)

## **1.2. Antecedentes conceptuales**

### ***1.2.1. Drenaje Urbano.***

Los drenajes urbanos son recursos que se utilizan para drenar de la manera más rápida posible las aguas lluvias, minimizando los problemas de inundaciones en las urbes. Así como servir de conductos para deshacerse de las aguas residuales y evacuación de los desechos de las comunidades.(Moreira Romero I, 2022) Debido a estos problemas aparece el término drenaje sostenible que no es otra cosa que un sistema de drenaje encargado de evitar inundaciones y la estancia duradera del agua en el terreno producto de alcantarillas saturadas.(Castro Fresno et al., 2005)

### ***1.2.2. Tipología de drenajes urbanos***

A medida que pasan los años se ha buscado mejorar los sistemas de drenajes urbanos. Con variedad de modelos especializados en un sistema de captación de las escorrentías tanto en transporte o modo de infiltración. A modo de contribuir en un agradable ambiente urbano y que mejore la calidad de vida de los habitantes.(Villina et al., 2018) Ahora bien, si tipología aplicada dependerá de la zona en desarrollo. Que podría presentar características para capturar, infiltrar, filtrar y tratar la escorrentía de aguas pluviales de un área del proyecto. (Cerrato et al., 2020)

Tabla 1 Tipos de drenajes urbanos

<b>TIPOS DE DRENAJES URBANOS</b>	
<p>Techos Verdes: Son áreas de vegetación, situadas en la parte superior de los edificios, por razones que incluyen beneficio; visual, valor ecológico y la reducción de la escorrentía de las aguas superficiales.</p>	<p>Franjas Filtrantes: Son franjas de vegetación con pendiente suave, diseñadas para aceptar la escorrentía como flujo laminar desarrollo aguas arriba y, que generalmente, se encuentran entre un área de superficie dura y una corriente receptora, recolección de agua superficial, sistema de tratamiento u alguna otra disposición.</p>
<p>Pavimentos Permeables: Es el terminado superficial urbano, es decir la primera capa receptora de agua, capaz de controlar la escorrentía e infiltración del agua y que permite la marcha de peatones, y vehículos, así como la filtración de la escorrentía hacia la subbase que funciona como almacenamiento temporal. Para luego ser acaudalada hacia los drenajes.</p>	<p>Tanques de Atenuación de Aguas Pluviales: Son sistemas utilizados para crear un espacio vacío debajo del suelo para el almacenamiento temporal de agua superficial antes de la infiltración, la liberación controlada o el uso. Estos sistemas ahorran espacio debido al potencial de uso del terreno sobre los tanques. Pero al ser sistemas estructurales, su costo de instalación puede llegar alcanzar valores altos en comparación con los sistemas de almacenamiento en la superficie.</p>
<p>Humedales Artificiales y Estanques: Son lagunas artificiales que mejoran la calidad de la escorrentía mediante la sedimentación de contaminantes y los procesos biológicos.</p>	<p>Balsas de Retención e Infiltración: Son hoyos ajardinadas que normalmente están secas, excepto durante e inmediatamente después de tormentas. Uno de los beneficios de la calidad del agua de estos sistemas está asociados con la eliminación de sedimentos y materiales flotantes.</p>

Fuente: Sistemas urbanos de drenaje sostenible (Castro et al., 2005)

### **1.2.3. Estructura de drenaje urbano**

Su infraestructura es orientada para corregir los efectos negativos que provoca el desarrollo de la urbe, en otras palabras, aumentar la capacidad de la red de drenaje. Debido al crecimiento poblacional de las ciudades es casi imposible disminuir la escorrentía solamente con infiltración natural del suelo y conducir el agua fuera de la ciudad. Entre los elementos que puede tomar en cuenta para su estructura en zonas urbanas están: las glorietas, parques, aceras con parterres, franjas filtrantes entre otras, que harán el papel de sistemas de retención e infiltración de aguas lluvias que posteriormente llegarán a la red de drenaje. (Trapote, 2013)

### **1.2.4. Clasificación de Drenajes Urbanos.**

Los drenajes urbanos se clasifican según su función en:

Tabla 2 Función de sistemas de drenaje urbano

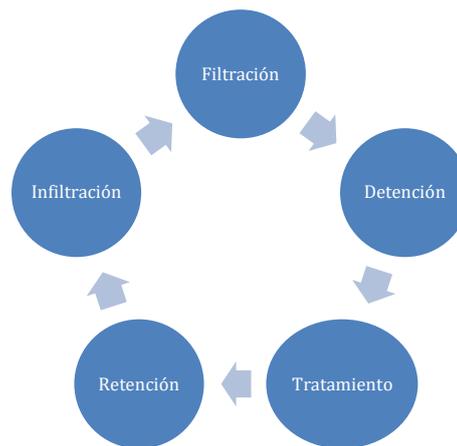
SISTEMAS DE INFILTRACIÓN Y CONTROL	SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y TRANSPORTE	SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y ALMACENAMIENTO
Encargados de retener en el inicio la formación de escorrentía superficial, por medio de superficies permeables y zonas verdes. La ejecución de este sistema se realiza cerca de una edificación, una vía la cual no se situará a menos de cinco metros de distancia entre ellas. Para la optimización este sistema será necesario levantar estudios del suelo, que consisten en pruebas para obtener valores de capacidad de infiltración del terreno, permeabilidad y el nivel freático en la zona.	Encargados de captar y transportar las aguas lluvias, hasta las zonas de tratamiento o de descargas. El transporte de esta descarga se efectúa de manera lenta a manera que la escorrentía en el camino pueda realizar los procesos de infiltración, filtración, evaporación y oxigenación.	Encargados de almacenar grandes volúmenes de agua y su depuración por procesos naturales, para luego ser vertidas en cuencas naturales.

Fuente: Sistemas de drenaje urbano - sumideros de captación de aguas lluvias (Bonilla et al., 2022)

### 1.2.5. Evaluación de Drenajes Urbanos.

Según la Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València. Los drenajes sostenibles son grupos de técnicas que *“reproducen los procesos hidrológicos naturales, y que complementan al drenaje tradicional para la gestión de las escorrentías”* (de la Fuente García et al., 2021) y se los clasifica en varias formas según su función y tipo entre ellos se encuentran:

Ilustración 1 Tipos de drenajes urbanos



Fuente: Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (de la Fuente García et al., 2021)

Tabla 3 Funciones de SUDS

<b>FILTRACIÓN</b>	Tiene la función de retener sedimentos que pueden presentarse en el agua de la lluvia
<b>DETENCIÓN</b>	Como almacenamiento temporal de la escorrentía, y descarga a la red de drenaje
<b>TRATAMIENTO</b>	Favorece procesos biológicos y físicos, como la fitorremediación o las colonias bacterianas para metabolizar contaminantes presentes en la escorrentía y mejorar su calidad
<b>RETENCIÓN</b>	Almacena a medio plazo la escorrentía para usos no potables o recreativos
<b>INFILTRACIÓN</b>	Favorece el flujo vertical así la escorrentía fluye mejor a través del subsuelo

Fuente: Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (de la Fuente García et al., 2021)

Se podría presentar que los sistemas de drenaje urbanos no desempeñen exclusivamente una sola función, pues, gracias a sus características pueden desempeñar más de dos funciones. Se puede evaluar funciones principales y secundarias más habituales dependiendo de los tipos de drenaje urbano, como lo apreciamos a continuación:

Tabla 4 Funciones principales y secundarias más habituales

<b>FUNCIONES</b>	<b>TIPOLOGÍA</b>						
	Techo s Verde s	Balsas de detección e infiltración	Pavimento s permeable s	Drenes filtrante s	Pozos y zanjas de infiltración	Depósito s reticulare s	Humedale s artificiale s y estanques
<b>FILTRACIÓN</b>			P	P	S		
<b>DETENCIÓN</b>	S	P		S		S	S
<b>TRATAMIENTO</b>							P
<b>RETENCIÓN</b>	P						
<b>INFILTRACIÓN</b>		S	S		P	P	

Fuente: Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (de la Fuente García et al., 2021)

### 1.2.6. Precipitación pluvial

Se refiere a un efecto producido por fenómenos atmosféricos, que se mide en milímetros de agua por altura que cae durante el periodo de la lluvia o por intensidad en milímetros por horas en aguacero. Un drenaje pluvial por otro lado se refiere a un sistema

de tuberías colectoras que sirven para recolectar el agua de escorrentía de precipitación pluvial, con la finalidad de no permitir daños materiales y humanos a causa de inundaciones, minimizando el tiempo de concentración del agua, es decir, el tiempo desde la caída de la misma hasta el punto de salida. (Pérez Rafael, 2013) Para las áreas urbanas la infiltración es más reducida, por la falta de vegetación que es quien ayuda a la evapotranspiración evitando que la escorrentía en la superficie aumente. Precisamente la importancia de la construcción de los drenajes urbanos tiene la finalidad de reducir estos efectos negativos del desarrollo de las urbes que cada vez ganan más terrenos, disminuyendo la impermeabilización del suelo. (Cárdenas et al., 2017)

Pero en los últimos tiempos se ha venido aprovechando los recursos hídricos, debido a que la población mundial va en aumento y el no aprovechamiento de estos recursos provoca problemas por factores naturales como las precipitaciones. (Valderrama et al., 2021) Por otro lado el cambio climático es otro factor influyente en los desequilibrios energéticos, ecológicos y sociales “el desarrollo industrial caracterizado por el uso de combustibles fósiles en el consumo de energía también provoca un severo calentamiento global que repercute directamente en la disponibilidad de recursos hídricos como en el caso de las precipitaciones” (Brown et al., 2015) Por ello, la importancia de prestar cuidado a estos cambios tanto climáticos como urbanísticos pues, las ciudades se van poblando cada vez más.

### ***1.2.7. Permeabilidad***

Una superficie permeable es “un pavimento construido por el hombre que permite el paso del agua” (Castro et al., 2005) El material permeable se ubica bajo la superficie que permite el paso del agua pudiendo ser estos: césped, grava adoquines, bloques permeables con huecos, pavimento de bloques impermeables con ranuras sin relleno alguno, pavimento de bloques porosos, o pavimentos continuos de cualquier tipo de mezcla porosa. En donde el agua traspasa la superficie permeable que actúa como filtro para su paso y el exceso de agua pasara a un drenaje superficial construido para su efecto.

### **Alcantarillado combinado**

El alcantarillado combinado se refiere al diseñado y construido para conducir las aguas negras, lluvias y de las industrias. Generalmente en zonas urbanas existen pocos alcantarillados de este tipo. A la mayoría de estos alcantarillados combinados se los puede

lavar cuando llueve pudiendo así realizar limpieza periódica de los mismos. (Pérez Rafael, 2013)

### ***1.2.8. Inundaciones.***

Las inundaciones son una causa natural que puede ser producido por fenómenos atmosféricos, y que provocan un desborde del flujo del agua. Es decir, fuera de su cauce, esto se convierte en un gran problema cuando el hombre no toma consideraciones de zonas inundables y construye asentamientos humanos dentro de esos límites. Estas inundaciones se relacionan a diversas causas por nombrar algunas: lluvias intensas y de larga duración, precipitaciones persistentes, rotura de infraestructura hidráulica, descarga de aguas represadas por glaciares. (Rojas et al., 2014) Vale decir, que la población se afecta ve afectada por inundaciones debido a estos aspectos naturales que provocan situaciones de inundación incluso en las urbes. Pues, las inundaciones son “fenómenos geológicos y geomorfológicos naturales comunes y recurrentes, parte integrante del ciclo fluvial de denudación de las áreas continentales” (Pereyra, 2017)

### ***1.2.9. Factores que causan inundaciones en la ciudad***

#### *Crecimiento desordenado de la ciudad*

El crecimiento acelerado y desordenado de las ciudades, trae consigo afectaciones a la urbe. Motivo por el cual, es un tema de primordial interés para los Gobiernos la planificación y un uso correcto de las reglas urbanísticas. Un Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad, permite crear ciertas restricciones naturales que deben considerarse en los procesos de desarrollo urbanístico. Se debe considerar también redes viales adecuadas con óptimos drenajes para la libre circulación del agua. Incluso la ubicación geográfica de la ciudad misma que se encuentra en zonas bajas, dejar espacios libres en su franja litoral para facilitar la descarga de las aguas pluviales y puedan avanzar sin inconveniente hacia su desembocadura natural.

#### *Poco o nulo mantenimiento de las redes de drenaje*

El mantenimiento oportuno de los sistemas de drenajes es necesario para evitar efectos colaterales en las ciudades. Es decir, garantizar la evacuación de las aguas lluvias y residuales de la ciudad. El taponamiento, obstrucción de estos sistemas de drenaje impide la libre circulación de las aguas las cuales podrían salir a la superficie de la calle y mantenerse por más tiempo. Ya que no es suficiente solo con construir áreas

permeables, pues, la naturaleza es incierta y puede producirse un incremento en los caudales y el volumen de agua aumente. (Ávila, 2012)

*Deforestación de cuencas hidrográficas que reciben aguas que fluyen hacia la ciudad*

En tiempos actuales la deforestación ha aumentado de forma acelerada y sin el control respectivo. El hombre en busca de poseer un espacio donde construir su vivienda, no le ha importado tomar ciertas consideraciones de gran importancia invadiendo así laderas de las cuencas que vierten los ríos y arroyos. Lo que ha provocado presencia de suelos con erosión laminar por las aguas que corren, formando cárcavas y surcos poniendo en peligro la vida de los habitantes, esto induce a la formación de sedimentos que se dirigen hacia los conductos de drenajes, mismos que al mezclarse con residuos sólidos da paso a la formación de conglomerados sedimentarios. Que hace difícil que las corrientes de los ríos tengan libre cauce hacia el mar, produciéndose obstrucciones debajo de puentes fluviales y canales de desagüe. (Planas-Fajardo et al., 2020)

**1.2.10. Ventajas e inconveniente de los sistemas de drenaje sostenible:**

*Tabla 5 Ventajas y desventajas de los SUD's*

<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTE</b>
Permitir el desarrollo urbano donde alcantarillado colapsado	La necesidad de un mantenimiento específico
Proteger propiedades e individuos	La inexperiencia en el sector de la construcción en su adecuada ejecución
Enriquecer visual y ambientalmente la ciudad	La desconfianza que genera frente al drenaje convencional
Simplificar la construcción del drenaje, permitiendo superficies planas, sin alcantarillas ni bombeos	
Mantener y restaurar flujo natural del agua	La existencia de malas experiencias debidas a los puntos anteriores
Proteger y mejorar calidad agua y la biodiversidad.	
Proteger de vertidos accidentales y pérdidas económicas y ambientales	El desconocimiento por parte de los diseñadores que limita su aplicación de partida
Permitir la recarga de los acuíferos	

Fuente: Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (Sañudo et al., 2012)

### ***1.2.11. Diseño de un sistema de drenaje***

Los sistemas de drenaje lo componen un conjunto de conductos subterráneos diseñados con la finalidad de que los flujos de la superficie generados por los aguaceros no presenten afectaciones en los conductos subterráneos. Los drenajes urbanos deben diseñarse para transportar aguas residuales y pluviales. (Rosales Morales et al., 2015) Y deben cumplir funciones de interés público como:

*Tabla 6 Funciones de interés público*

<b>FUNCIONES DE INTERÉS PÚBLICO</b>
Asegurar la recolección segura e higiénica y transporte de todo el alcantarillado sanitario incluyendo aguas residuales domésticas e industriales.
La protección de áreas densamente urbanizadas contra inundaciones.
La protección de los receptores contra daño ambiental

Fuente: Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales. (Rosales Morales et al., 2015)

## **1.3. Antecedentes contextuales y referenciales**

### ***1.3.1. Agenda del Hábitat Sostenible 2036***

El Área de gestión 5 de la Agenda del Hábitat Sostenible 2036 habla sobre la Conservación ambiental y gestión sostenible de recursos y residuos; y define como gestión sostenible de recursos a los *“procesos para hacer un uso eficiente y adecuado de los recursos naturales, humanos y técnicos en la producción, circulación y distribución de bienes y servicios con bajos impactos ambientales, de manera que podamos seguir disfrutándolos y aprovechándolos en el futuro”* y su línea estratégica referente al uso y gestión los recursos naturales de manera sostenible dice lo siguiente: *“Alcanzar el IVU óptimo y reducir el nivel de impermeabilización del suelo, consolidando redes verdes urbanas”* (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2020)

### ***1.3.2. Normas NEVI-12***

Parte del criterio sobre el diseño de drenajes expresa *“las obras de drenaje quedaran definidas principalmente por las condiciones hidráulicas de la corriente que cruza la carretera, unidas a las características de los materiales del cauce y de las riberas”* (Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), 2013)

En base a la Normativa Ecuatoriana Vial NEVI-12 volumen 2: Norma Para Estudios y Diseño Vial expresa lo siguiente referente a la hidrología y drenaje: “*El diseño de desagües y drenajes son obras que persiguen impedir o minimizar la acción de las aguas sobre la obra proyectada mediante encauzamientos y evacuación inocua de las mismas, que pueden provenir directamente de la lluvia caída sobre las superficies expuestas o de las infiltraciones y escurrimientos subterráneos del caso*”

Las características físicas que plantea lo siguiente: “*Otro estudio importante para el proyecto es el hidrológico, relacionado con el comportamiento del agua y la forma como interactúa con la tierra y la atmósfera: precipitaciones o lluvias, escorrentías, infiltraciones, drenajes, etc. Este estudio es fundamental para determinar el trazado de la vía y para el diseño de puentes, cunetas, subdrenes, alcantarillas y demás obras de drenaje y control de erosión*” (Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), 2013)

### ***1.3.3. Especificaciones Técnicas para Sistemas de Alcantarillado de Aguas Machala EP.***

Según el Capítulo VI Alcantarillado en la ciudad de Machala explica lo siguiente:

#### ***Art. 23.- CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO. -***

Los sistemas del servicio de alcantarillado se clasifican en:

*a) SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO. - Se entiende aquel que se utiliza para la conducción conjunta de aguas servidas y de aguas lluvias;*

*b) SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL. - Se entiende aquel que se utiliza únicamente para la conducción de aguas lluvias; y,*

*c) SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO. - Se entiende aquel que se utiliza únicamente para la conducción de aguas servidas.*

Así como su ***Art. 26. CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO. -*** Las instalaciones a la canalización pública que "Aguas Machala-EP" utilizase para transportar las aguas servidas o aguas lluvias desde las cajas de registro instaladas en las veredas se clasifican en:

**1. INDIVIDUALES:** Son las destinadas a evacuar los residuos líquidos de domicilios, comercios, industrias, servicios públicos en forma individual y bajo condiciones normales de caudal y fuerza polutiva.

**2. MÚLTIPLES:** Se consideran tales, las que se utiliza para evacuar las aguas residuales y de aguas lluvias de urbanizaciones, edificios multifamiliares, de propiedad horizontal y de uso compartido y en aquellas se exigirá la presentación del diseño plenamente justificado de las instalaciones hidrosanitarias, como requisito previo a la solicitud de conexión del servicio público.(Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Machala, 2017)

#### **1.3.4. Machala**

La ciudad de Machala, es mundialmente conocida como la Capital Bananera del Mundo. Ciudad costera ubicada al suroeste del país en las orillas del Océano Pacífico, a una altitud de 6 msnm es la capital de la Provincia de El Oro posee un clima tropical con temperatura anual promedio de 22oC.

Con información referenciada del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial la ciudad de Machala obtenemos lo siguiente:

*Tabla 7 Datos de interés*

<b>FECHA DE CREACIÓN</b>	25 de junio de 1824
<b>POBLACIÓN</b>	256.022 habitantes, al año 2010
<b>EXTENSIÓN</b>	349.9. km2
<b>LÍMITES TERRITORIALES</b>	Al Norte: El Guabo AL Sur y Este: Santa Rosa y Pasaje Al Oeste: Archipiélago de Jambelí
<b>DIVISIÓN POLÍTICA</b>	7 parroquias urbanas: Machala, Puerto Bolívar, La Providencia, Nueve de Mayo, Jubones, Jambelí, El Cambio. 1 parroquia rural: El Retiro.
<b>CONEXIONES REGIONALES</b>	Guayaquil (182 km), Durán (175 km), Milagro (163 km), Pasaje (20 km), Cuenca (169 km), Santa Rosa (31 km), Huaquillas (74 km), Loja (239 km) y con ciudades del norte del Perú.
<b>SUELO</b>	Llanuras aluviales, Gran parte del cantón es ocupada por áreas antrópicas y zonas inundadas correspondientes a piscinas camaroneras y manglares y con relieve favorable para labores agropecuarias.

Fuente: Planificación del desarrollo provincia el oro y cantón Machala (Burgo, 2022)

### *Machala sus inicios*

Según exploradores españoles que salieron hacia la isla de Puná posterior a la fundación de la ciudad de Guayaquil llegaron a Balao, y después a la desembocadura del río Jubones. Pero ya en 1537, los españoles descubrieron el poblado de los Machala, que posiblemente se ubicaban en Guarumal, al sur de lo que hoy es la ciudad. La Republica del Ecuador concede a Machala la jerarquía político-administrativa como capital de la provincia de El Oro un 23 de abril de 1884. Desde siempre fue reconocida como una ciudad altamente comercial lo que la hace formar parte de las ciudades con más altos ingresos en el País. Posee un alto potencial turístico, su puerto marítimo, sus parques, sus plazas, su cultura, su iglesia, sus platos típicos y el reconocido evento de la elección de la reina mundial del banano en el que participan candidatas de varios países en donde llega su banano de exportación atrae gran cantidad de turistas.(Aldia, 2021)

## **CAPÍTULO 2. MÉTODOS**

### **2.1. TIPO DE ESTUDIO**

La investigación tiene una modalidad inicial de tipo exploratorio y del tipo descriptivo ya que se encuentra inmerso en donde suceden los hechos, y como investigadores nos limitamos a medir las características del estado actual del sistema de Drenaje Urbano, para identificar los problemas que se generan por las inundaciones en las vías urbanas de la ciudad de Machala.

Para el trabajo de investigación los datos se recopilaron mediante medios Documentales y de Campo, del tipo no experimental porque se realizará en un determinado momento.

### **2.2. PARADIGMA O ENFOQUE DESDE EL CUAL SE REALIZO**

Este trabajo de investigación obedece a un paradigma positivista, porque se asume que se puede realizar una investigación libre de valores, las cuales se basa en que los conocimientos se deben a la experiencia captados por los sentidos. El paradigma positivista se aplica al campo de las ciencias naturales, se califica de cuantitativo, empírico-analítico, racionalista, sistemático gerencial y científico-tecnológico.(Ricoy Lorenzo, 2006)

El enfoque de la investigación es mixto debido a que mantiene un proceso que recolecta, analiza y vincula datos tanto cuantitativos y cualitativos de un estudio o serie de investigaciones que ayudan a responder a un planteamiento.(Ruiz, 2011)

### **2.3. POBLACION Y MUESTRA**

El universo de esta investigación comprende a los sistemas de drenaje en las vías urbanas de la Ciudad de Machala, mostraremos el mapa de las redes existentes en la ciudad como se observa en el **Anexo 1** y el tamaño de la muestra contempla el estudio de una red de drenaje urbano del casco central de la Ciudad de Machala la cual mediante los antecedentes se verifica que existe un área con riesgo de inundaciones los próximos años.

## 2.4. MÉTODOS TEÓRICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS

Los métodos de investigación son las herramientas que los investigadores utilizan para obtener y analizar los datos. Estas incluyen el muestreo, los cuestionarios, las entrevistas, los estudios de casos, el método experimental, los ensayos, grupos de enfoque, análisis demográficos, riesgos o amenazas entre otros.

**Método de Campo:** Se realiza directamente con la fuente de información, en lugar y en el tiempo en que ocurren los fenómenos. Condiciones reales de la experimentación. En este método se realizaron cuestionarios de entrevistas y guías de observación, los mismos que fueron aplicados a las fuentes de información que son los funcionarios públicos, Ingenieros, ciudadanos que tengan conocimiento sobre la problemática de la investigación. (Baena Paz, 2017)

**Método Documental:** Se efectúa a través de consultas en documentos (revistas, libros, informes) o cualquier otro registro que testimonia un hecho o fenómeno (Baena Paz, 2017). Por medio de este método se realizó la recopilación de toda la información teórica usando las técnicas como fichaje bibliográfico de artículos científicos de gran impacto.

Las técnicas de investigación que se utilizaron en la investigación son las siguientes:

- **Análisis documental**, se obtuvo información mediante el análisis de datos o memorias de cálculo.
- **Observación**, se levantó información mediante el registro visual de lo que ocurre en una situación real, se lo implementó con el instrumento que sería una Guía de Observación.

Se utilizaron los siguientes instrumentos para la recopilación de información:

- **Ficha bibliográfica**, son instrumentos tradicionales para ir recabando los datos de la investigación, de fácil manejo y con datos resumidos que ayudan a la fluidez de la redacción (Baena Paz, 2017)

- **Guía de observación**, instrumento que sirve para la recopilación de información por parte del mismo investigador, recurre directamente a su sentido de observación (Baena Paz, 2017)

## **2.5. MÉTODOS EMPÍRICOS CON LOS MATERIALES UTILIZADOS**

El manejo de datos fue por medio de métodos empíricos, se utilizó información obtenida por medio de las Empresas Públicas como es el caso de Aguas Machala EP, se obtuvo información de artículos científicos y los datos de levantamiento de campo se los realizaron por medio de fichas de observación para caracterizar el sistema de drenaje urbano de la muestra.

La revisión documental de la Empresa pública municipal de agua potable y alcantarillado del cantón Machala se realizará mediante el informe de rendición de cuentas del año 2021, este informe se ejecuta debido a que los representantes legales de las empresas públicas están obligados a rendir cuentas, el cual informa a la ciudadanía sobre la gestión desempeñada en el año, indicando los planes, presupuestos contrataciones, etc. Información de utilidad al evaluar criterios de la investigación.

## **2.6. OPERACIÓN DE VARIABLES**

### 2.6.1. Variable Dependiente

Tabla 8 Variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE: EVALUACIÓN DE DRENAJES URBANOS							
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ITEMS	TECNICA	INSTRUMENTOS	INFORMANTES
<p><b>Es un proceso que tiene por objeto el reducir el caudal producido por las precipitaciones, mediante redes de drenajes urbanos que eviten el riesgo de inundaciones, impidan la contaminación de las aguas y minimicen costos económicos en la gestión pluvial para el cumplimiento de objetivos establecidos previamente en función de normas y criterios</b></p>	Proceso	Tipo de sistemas de drenaje	Descriptiva	¿Cuáles son los tipos de sistema de drenajes?	Entrevista	Formulario de entrevista	Funcionarios de Aguas Machala EP
	Caudales	Precipitaciones	mm/año	¿Cuál es el promedio de precipitación anual?	Documental	Fichas bibliográficas	Investigador
	Redes de drenaje	Sistema convencional	Descriptiva	¿Cuál es el sistema de drenaje convencional que opera en la ciudad?	Documental	Planos y memorias	Aguas Machala EP
	Inundaciones en vías urbanas	Cuenca urbana	Metros cuadrados	¿Cuáles son las características morfo métricas de la cuenca?	Documental	Fichas bibliográficas y Memoria de calculo	Investigador
		Superficie	Metros cuadrados	¿Cuáles son las características de la superficie las vías urbanas?	Documental	Fichas bibliográficas y Memoria de calculo	Investigador
		Daños en la estructura de las Vías urbanas	Si - No	¿Se presentan Daños en las Vías Urbanas por las inundaciones?	Entrevista	Formulario de entrevista	Funcionarios de Aguas Machala EP
Contaminaciones	Tipos de Contaminaciones	Descriptiva	¿Qué elementos contaminantes se encuentran en la vía?	Observación	Guía de observación	Investigador	
Costos	Mantenimiento	Bajo – Medio – Alto	¿Cuál es el Costo de los mantenimientos?	Entrevista	Formulario de entrevista	Funcionarios de Aguas Machala EP	
	Instalación de Redes Nuevas	Bajo – Medio - Alto	¿Cuál es el Costo de Instalaciones nuevas de redes de Alcantarillado?				

*Fuente: Elaboración propia*

## 2.6.2. Variable Independiente

Tabla 9 Variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE: INUNDACIONES EN VÍAS URBANAS							
CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	ITEMS	TÉCNICA	INSTRUMENTOS	INFORMANTES
<b>Fenómeno natural producido por precipitaciones o por represamientos de agua por razones antrópicas o naturales que cubren vías urbanas dificultando su accesibilidad</b>	Precipitaciones	Intensidad de precipitaciones	Curvas IDF	¿Cuál es la intensidad de precipitaciones?	Documental	Guía de observación	INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
		Infiltración	Porcentaje	¿Cuál es el porcentaje de infiltración en vías urbanas?	Estadísticas	Tabulaciones y Gráficos Estadísticos	
	Represamientos de aguas por razones naturales	Nivel del Mar	Altura en del espejo de agua	¿Cómo se mide el Nivel del Mar?	Observación	Guía de observación	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada  Aguas Machala EP
		Tiempo de Duración	0 – 6 horas 6 – 12 horas + 12 horas	¿Cuánto Tiempo dura la Pleamar?	Observación	Guía de observación	
		Pendientes	Porcentaje	¿Cuál es la pendiente promedio de la cuenca urbana?	Documental	Planos y memorias de cálculo	
	Represamiento de aguas por razones antrópicas	Taponamientos de sumideros y desagües finales	Si – No	¿Cuál es el motivo por el que se producen los taponamientos?	Observación	Guía de observación	Investigador
Deterioro del drenaje		Años de Vida Útil	¿Cuáles son las causas del deterioro del Drenaje?	Observación	Guía de observación	Investigador	
Inundación de vías urbanas	Impermeabilidad de las vías urbanas	Porcentaje	¿Qué porcentaje de impermeabilidad tienen las vías urbanas?	Documental	Memoria de Cálculo	Funcionarios del GAD de Machala	
Dificultad de accesibilidad	Niveles de inundación	Metros	¿A qué Niveles de inundación se han registrado en las vías urbanas?	Observación	Guía de observación	Investigador	

*Fuente: Elaboración propia*

## CAPÍTULO 3. PROPUESTA METODOLÓGICA

### 3.1. DATOS INFORMATIVOS

#### 3.1.1. Título

Metodología para evaluación de drenajes urbanos en vías urbanas de la ciudad de Machala

#### 3.1.2. Línea de investigación

Planificación, construcción y mantenimiento vial.

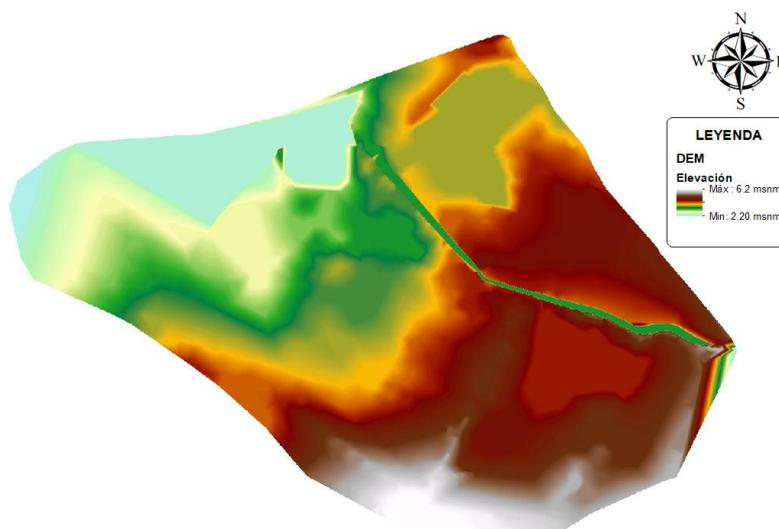
#### 3.1.3. Programa

Programa de Maestría de Ingeniería civil – Mención Vialidad

### 3.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Estudios preliminares aportan con información de la zona, muestra un modelo digital de elevaciones de la ciudad el cual se delimita un área de drenaje y el desnivel que existe en la zona urbana. En la ilustración se observa las alturas de la zona, obteniendo un desnivel de 6.2 msnm hasta 2.20 msnm. (Ramón, 2019)

*Ilustración 2 Modelo digital de elevación de la ciudad de Machala*



**Fuente:** Generación de mapas de riesgo a inundaciones en la zona urbana (Ramón, 2019)

### ***Una metodología de evaluación del riesgo público por inundación por falla del sistema de alcantarillado pluvial***

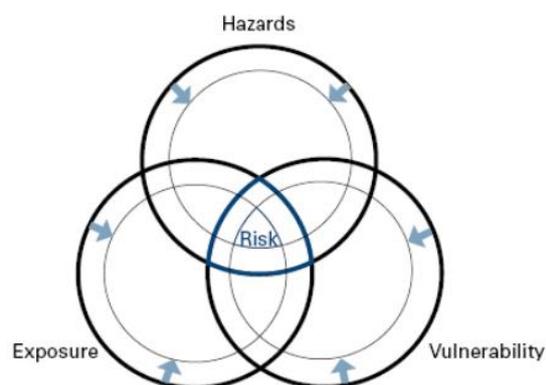
El autor plantea una metodología para evaluar los riesgos de inundación en una ciudad. El inicia con la probabilidad de una falla en el alcantarillado designado a las aguas lluvia, donde establece criterios y aplica índices para la aplicación de escenarios probables de la situación en la que se establece el estudio. Finalmente establece escalas en que caracterizan los riesgos por inundación, con ellos indicaron que en su caso de estudio existe una insuficiencia hidráulica y posible falla del alcantarillado.

### **Gestión del riesgo de inundaciones urbanas**

A menudo, el riesgo se entiende sólo superficialmente al equiparlo con la ocurrencia de un evento extremo o peligro causado por fuerzas naturales o por una combinación de fuerzas naturales e influencias humanas. Aunque es solo un componente en la creación del riesgo. El segundo componente en la creación de riesgo es el hecho de que alguien o algo tiene que estar en riesgo; es decir, vulnerable a un peligro.(Tingsanchali, 2012)

“El riesgo es la probabilidad de una pérdida, y esto depende de tres elementos: peligro, vulnerabilidad y exposición. Si cualquiera de estos tres elementos aumenta o disminuye, entonces el riesgo aumenta o disminuye respectivamente.”

*Ilustración 3 Riesgo*



***Fuente:*** *Urban flood risk management* (Tingsanchali, 2012)

### **3.3. JUSTIFICACIÓN**

El estudio de caso se realizará en la ciudad de Machala en el sector donde se observa en épocas de invierno existe mayor riesgo a inundaciones, proponiendo así obtener información de sectores urbanos y así evaluar el estado del sistema de drenaje. La propuesta se justifica en la evaluación de los sistemas urbanos de drenaje para minimizar el riesgo de inundaciones en vías urbanas.

### **3.4. OBJETIVOS**

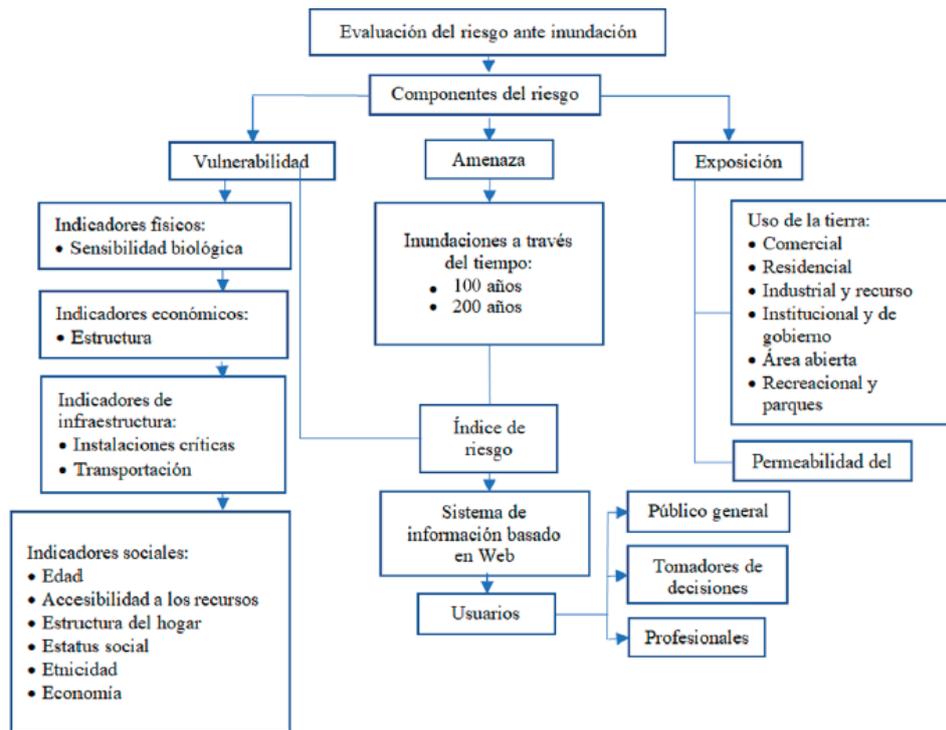
Establecer una metodología que evalúe los drenajes mediante criterios de Vulnerabilidad, exposición y amenazas que permitan el mejoramiento de las condiciones en vías urbanas.

### **3.5. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICA**

#### **Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones.**

La investigación indica que es de mucha importancia poder identificar en las zonas urbanas los elementos que contribuyen al aumento de inundaciones, por eso analiza qué tan propenso o predispuesto se encuentra la urbe en verse afectados. Se analizan 3 elementos: 1. amenaza, 2. exposición y 3. vulnerabilidad. Este estudio se realiza con el fin de ofrecer y crear conocimiento sobre la vulnerabilidad de inundación en zonas urbanas. A continuación muestran la metodología para evaluar los riesgos en las inundaciones.(Cajigal Molina et al., 2019)

Ilustración 4 Metodología de evaluación de riesgo



*Fuente:* Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. (Cajjal Molina et al., 2019)

### **Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac**

Presenta una metodología donde se analiza los riesgos de inundaciones dentro de cuencas urbanas con el fin de reducir los daños ocasionados. Como en el caso de estudio se conoce que en cada invierno se producen problemas de inundación por crecimientos de esteros dentro de la urbe. Con ese contexto el autor determina utilizar dos métodos los cuales serán un modelo numérico y la determinación de los daños, analizando componentes físicos, ambientales y sociales, para finalmente crear mapas de inundación donde se observan las zonas más afectadas en un periodo de 50 y 100 años. (Hernández-Urbe et al., 2017)

### **A regenerative urban stormwater management methodology: the journey of a Mediterranean city**

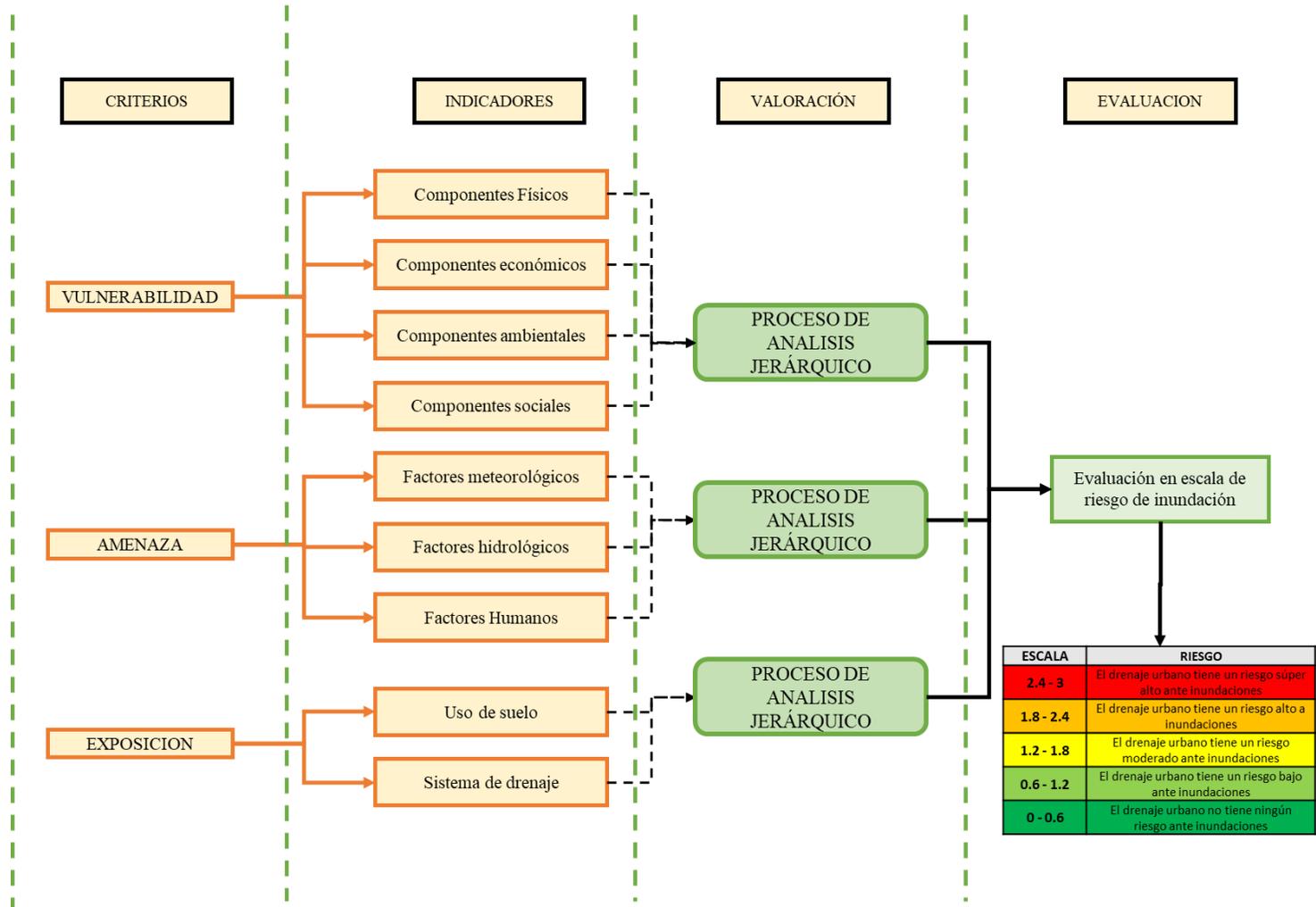
Indica que los drenajes urbanos actualmente se ven alterados por diversos motivos, como el aumento de las zonas urbanas y descarga de la escorrentía, lo que

aumenta el riesgo de inundaciones, disminuye la recarga de los acuíferos y degrada las vías fluviales. Se espera que estos efectos aumenten con el cambio climático. En respuesta, se han desarrollado prácticas de drenaje alternativas y más sostenibles aunque su implementación a gran escala se ha visto limitada en gran parte debido a barreras socio-institucionales.(Perales-Momparler et al., 2015)

Presenta una metodología innovadora de aguas pluviales urbanas regenerativas para la gestión de la transición a nivel de ciudad, que contiene dos principales facilitadores para superar las barreras que arrastran el progreso. Primero, un conjunto estructurado de actividades, la 'rueda', para guiar y documentar el proceso, que es dirigido por un grupo de actores regionales. Luego, un conjunto de indicadores visuales y efectivos que monitorean y evalúan el progreso alcanzado e identifican las estrategias para salir adelante.

### 3.6. METODOLOGÍA

Ilustración 5 Metodología de Evaluación



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6 Metodología de evaluación de drenajes urbanos

CRITERIO	COMPONENTE	INDICADORES	REFERENCIA
<b>VULNERABILIDAD</b>	Componentes Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Topografía del terreno</li> <li>• Vías urbanas</li> <li>• Proximidad a ríos</li> <li>• Capacidad de drenaje</li> </ul>	(Hernández-Uribe et al., 2017) (Cajigal Molina et al., 2019) (Tingsanchali, 2012)
	Componentes económicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversión pública de vías urbanas</li> </ul>	
	Componentes ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento urbano</li> </ul>	
	Componentes sociales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población</li> <li>• Área urbanizada</li> <li>• Áreas no habitadas</li> <li>• Rutas de evacuación</li> </ul>	
<b>AMENAZA</b>	Factores meteorológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia de precipitación</li> </ul>	(Tingsanchali, 2012) (Cajigal Molina et al., 2019) (Perales-Momparler et al., 2015)
	Factores hidrológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel freático</li> <li>• Infiltración</li> <li>• Áreas impermeables</li> <li>• Marea alta</li> <li>• Pendientes de la cuenca urbana</li> </ul>	
	Factores humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en uso de suelo (urbanización, deforestación)</li> <li>• Mantenimientos de infraestructura</li> <li>• Cambio climático</li> <li>• Cohesión social</li> </ul>	
<b>EXPOSICION</b>	Uso de suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comercial</li> <li>• Residencial</li> <li>• Industrial</li> <li>• Área verde</li> <li>• Recreacional</li> <li>• Espacios si uso</li> </ul>	(Cajigal Molina et al., 2019) (Tingsanchali, 2012)
	Sistemas de drenaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcantarillado sanitario</li> <li>• Alcantarillado pluvial</li> </ul>	

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7. PLAN DE MONITOREO Y EVALUACION DE LA PROPUESTA

Mediante las siguientes tablas se indica el valor que se le otorgara a cada indicador en la evaluación de la vulnerabilidad, amenaza y exposición del drenaje urbano ante inundaciones, donde mediante el cumplimiento o no cumplimiento de las directrices propuestas procede a otorgar un valor, el cual se sumara para obtener como resultado el nivel de riesgo de los drenajes urbanos ante inundaciones.

*Tabla 10 Evaluación de vulnerabilidad*

CRITERIO	INDICADOR	DIRECTRIZ	PONDERACION	
			SI	NO
VULNERABILIDAD	Topografía del terreno	¿El terreno es vulnerable a inundaciones?	SI	0.1
			NO	0.0
	Vías urbanas	¿Se produce inundaciones en las vías urbanas?	SI	0.1
			NO	0.0
	Proximidad a ríos	¿La zona poblada está próximo a ríos?	SI	0.1
			NO	0.0
	Capacidad de drenaje	¿La capacidad de drenaje tiene deficiencias?	SI	0.1
			NO	0.0
	Inversión pública de vías urbanas	¿Se observa poca inversión pública en la infraestructura de la zona?	SI	0
			NO	0.1
	Crecimiento urbano	¿Existe crecimiento urbano en la zona de estudio?	SI	0.1
			NO	0.0
	Población	¿Existe población vulnerable en casos de inundaciones?	SI	0.1
			NO	0.0
	Área urbanizada	¿Existen áreas urbanizadas que puedan afectarse por inundaciones?	SI	0.1
			NO	0.0
Áreas no habitadas	¿Existen áreas no habitadas representativas?	SI	0.1	
		NO	0.0	
Rutas de evacuación	¿Inexistencia de rutas de evacuación para emergencias?	SI	0.1	
		NO	0.0	

***Fuente: Elaboración propia***

*Tabla 11 Evaluación de amenazas*

CRITERIO	INDICADOR	DIRECTRIZ	PONDERACION	
			SI	NO
AMENAZA	Frecuencia de precipitación	¿La intensidad de lluvia promedio es mayor a 15 mm/h?	SI	0.1
			NO	0.0
	Nivel freático	¿El nivel freático es menor a 1m de profundidad?	SI	0.1
			NO	0.0

	Infiltración	¿El suelo tiene un bajo porcentaje de infiltración?	SI	0.1
			NO	0.0
	Áreas impermeables	¿Las áreas impermeables son mayores al 80% del total de área?	SI	0.1
			NO	0.0
	Marea alta	¿Las lluvias intensas se combinan con mareas altas?	SI	0.1
			NO	0.0
	Pendientes de la cuenca urbana	¿Existen pendientes en dirección contraria al drenaje?	SI	0.1
			NO	0.0
	Cambios en uso de suelo (urbanización, deforestación)	¿El uso de suelo es distinto al estipulado en ordenanzas municipales?	SI	0.1
			NO	0.0
	Mantenimientos de infraestructura	¿Bajo mantenimientos periódicos en la infraestructura de aguas lluvias?	SI	0.1
			NO	0.0
	Cambio climático	¿Existen islas de calor en la ciudad?	SI	0.1
			NO	0.0
	Cohesión social	¿La ciudadanía bota basura en las calles?	SI	0.1
			NO	0.0

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 12 Evaluación de exposición*

<b>CRITERIO</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>DIRECTRIZ</b>	<b>PONDERACION</b>	
<b>EXPOSICIÓN</b>	Comercial	¿Existen equipamientos de uso comercial?	SI	0.125
			NO	0.0
	Residencial	¿Existen equipamientos de uso residencial?	SI	0.125
			NO	0.0
	Industrial	¿Existen equipamientos de uso industrial?	SI	0.125
			NO	0.0
	Área verde	¿Existen equipamientos de áreas verdes?	SI	0.125
			NO	0.0
	Recreacional	¿Existen equipamientos de uso recreacional?	SI	0.125
			NO	0.0
	Espacios si uso	¿Existen espacios sin uso?	SI	0.125
			NO	0.0
	Alcantarillado sanitario	¿Existen inconformidades con el sistema de aguas residuales?	SI	0.125
			NO	0.0
	Alcantarillado pluvial	¿Existen inconformidades con drenaje pluvial?	SI	0.125
			NO	0.0

*Fuente: Elaboración propia*

Finalizando la evaluación, se sumará el total de los valores obtenidos en la vulnerabilidad, amenaza y exposición de los drenajes urbanos, el cual indicará en que rango en una escala de riesgo se encuentra.

*Tabla 13 Rangos de riesgo del drenaje urbano*

<b>ESCALA</b>	<b>RIESGO</b>
<b>2.4 - 3</b>	El drenaje urbano tiene un riesgo súper alto ante inundaciones
<b>1.8 - 2.4</b>	El drenaje urbano tiene un riesgo alto a inundaciones
<b>1.2 - 1.8</b>	El drenaje urbano tiene un riesgo moderado ante inundaciones
<b>0.6 - 1.2</b>	El drenaje urbano tiene un riesgo bajo ante inundaciones
<b>0 - 0.6</b>	El drenaje urbano no tiene ningún riesgo ante inundaciones

***Fuente:** Elaboración propia*

## CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

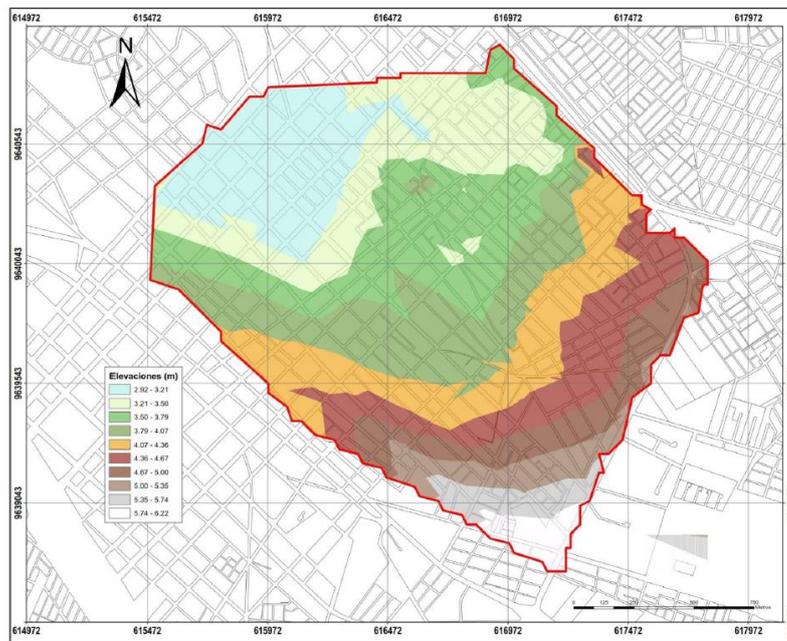
### 4.1. Vulnerabilidad

#### 4.1.1. Componentes Físicos

##### *Topografía del terreno*

Se encontró que la topografía en la zona de estudio se compila como se muestra en la **Ilustración 6**, donde se observa que existe un desnivel de 2.82 m en un área 302 Has, lo que indica que el terreno es vulnerable a inundaciones debido a sus pendientes pequeñas ya que se toma como un terreno plano.

*Ilustración 7 Topografía del terreno*

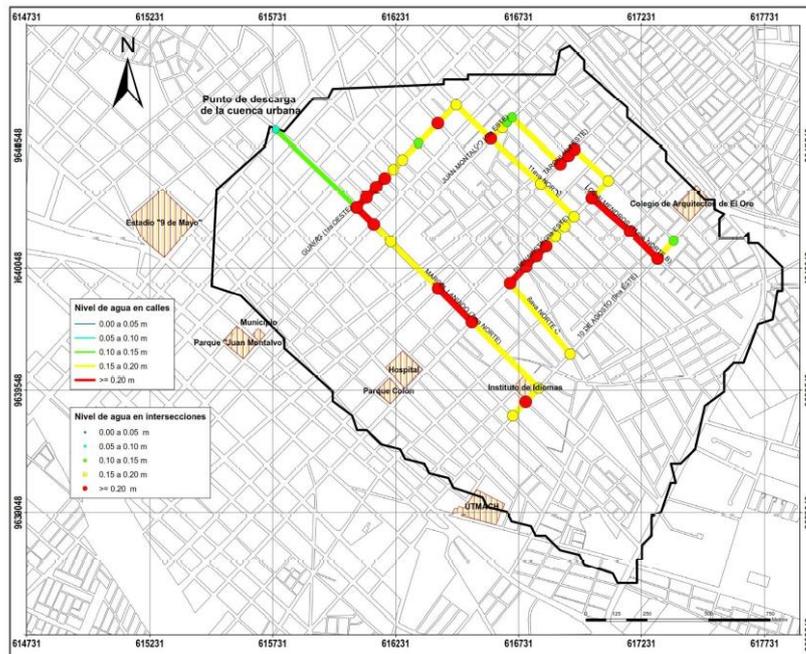


**Fuente:** *Análisis hidrológico para el control de inundaciones* (Hidalgo, 2019)

##### *Vías urbanas*

Para los habitantes de la ciudad de Machala se ha comprobado que se producen inundaciones en las vías urbanas, además se han creado mapas, donde se aprecia que en épocas de invierno se producen inundaciones donde el nivel de agua en las calles supera los 20 cm.

Ilustración 8 Nivel de agua en inundaciones

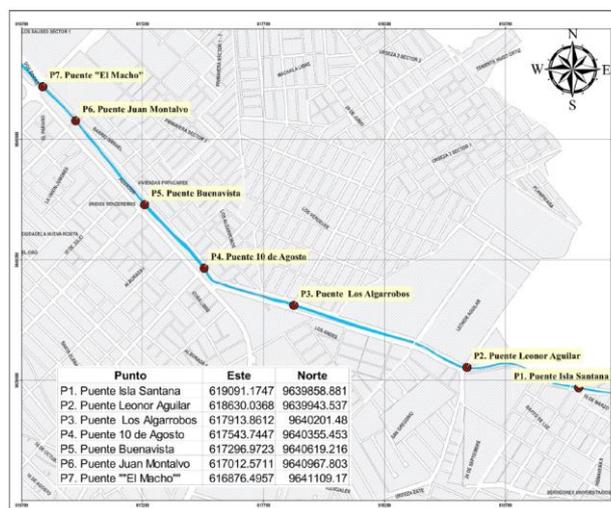


Fuente: Análisis hidrológico para el control de inundaciones (Hidalgo, 2019)

Proximidad a ríos

La ciudad de Machala al ser una zona urbana es considerada como zona poblada en toda su expansión, en la cual cruza el estero denominado “El Macho” el cual tiene un caudal considerable en épocas de invierno.

Ilustración 9 Estero El Macho en zona urbana



Fuente: Generación de mapas de riesgo a inundaciones en la Zona urbana (Ramón, 2019)

## Capacidad de drenaje

En la **Ilustración 9** se muestra el mapa de riesgo de inundación pluvial, con un periodo de retorno de 100 años, el cual muestra que la capacidad de drenaje tiene deficiencias debido a que causara inundaciones.

*Ilustración 10 Mapa de inundaciones pluviales*



**Fuente:** Generación de mapas de riesgo a inundaciones en la Zona urbana (Ramón, 2019)

### 4.1.2. Componentes económicos

#### *Inversión pública de vías urbanas*

En base al informe de Rendición de cuentas del periodo 2021, se observa una inversión pública en la infraestructura con un porcentaje devengado del 66.85%. Donde en el año 2021 se requirió mantener las funciones del sistema de aguas residuales y pluviales por ellos se realizaron un total 242 trabajos en ubicaciones estratégicas de la Ciudad. Logrando optimizar en total 6.317,05 metros lineales en redes, se construyó un total de 275 cajas domiciliarias y se colocaron 849 tapas de alcantarillado. El costo total por todas estas intervenciones fue de \$ 450.514,65

Tabla 14 Obras 2021

RESUMEN DE OBRAS 2021 ADMINISTRACIÓN DIRECTA					
MES	ORD.TRAB.	ML TUB.	CAJAS	TAPAS	INVERSION
<b>ENERO</b>	19	438.36	32	73	\$ 34,949.08
<b>FEBRERO</b>	20	343.81	9	75	\$ 31,038.70
<b>MARZO</b>	15	217.83	6	81	\$ 17,033.72
<b>ABRIL</b>	9	253.2	19	90	\$ 19,646.29
<b>MAYO</b>	9	218.27	8	55	\$ 12,788.00
<b>JUNIO</b>	18	808.2	25	42	\$ 40,479.72
<b>JULIO</b>	27	441.92	27	62	\$ 25,387.00
<b>AGOSTO</b>	33	597.71	29	94	\$ 32,500.47
<b>SEPTIEMBRE</b>	19	709.95	44	118	\$ 47,599.66
<b>OCTUBRE</b>	30	484.65	21	55	\$ 34,915.59
<b>NOVIEMBRE</b>	22	667.65	31	50	\$ 39,343.18
<b>DICIEMBRE</b>	21	1135.5	24	54	\$ 114,833.24
<b>TOTAL</b>	242	6317.05	275	849	\$ 450,514.65

*Fuente: Rendición de cuenta periodo 2021 (Aguas Machala, 2021)*

#### **4.1.3. Componentes ambientales**

##### *Crecimiento urbano*

Dentro de la zona donde se observa el mayor riesgo de inundaciones no presenta mayor crecimiento urbano, sin embargo, en los extremos tanto al norte y sur de la ciudad, se han presentado asentamientos que en los próximos años se prevé aumentaran en su densidad poblacional.

#### **4.1.4. Componentes sociales**

##### *Población*

Tomando la información de los datos del INEC, se encuentra que, en la ciudad, dentro del área de estudio existe poca población vulnerable en casos de inundaciones, tomando como consideración los tipos de vivienda que son más propensas a daños en épocas invernales, en la **Ilustración 10** se muestra la media cantidad de viviendas con menos de 2 cuartos, y se observa una amplia cantidad de viviendas con 2 o más cuartos.



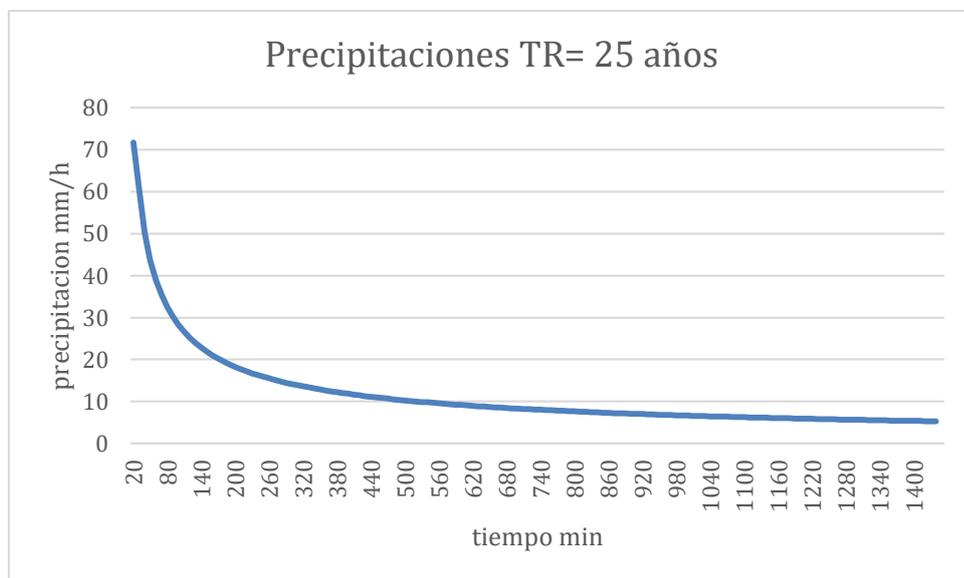
## 4.2. Amenaza

### 4.2.1. Factores meteorológicos

#### *Frecuencia de precipitación*

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) se realizan con las ecuaciones representativas del libro “Estudios de Lluvias Intensas en Ecuador”. Donde se encuentra información de la estación M0072 MACHALA AEROPUERTO, en base a ellos se determinan las curvas IDF, donde se identifica el promedio de precipitación en un periodo de 25 años de como se muestra en la **Ilustración 11**, con esta información obtenemos que el promedio de precipitación es de 12.25 mm/h.

*Ilustración 12 Curva IDF 25 años*



**Fuente:** *Análisis hidrológico para el control de inundaciones* (Hidalgo, 2019)

### 4.2.2. Factores hidrológicos

#### *Nivel freático*

Existen diferentes estudios sobre el suelo de la ciudad de Machala, uno de ellos llamado El Oro: De la geografía económica a la geografía del desecho donde indica que el nivel freático oscila entre 0.90 m y 1.20m. Otro informe más a detalle en el cual se realizaron estudios de suelos mediante perforaciones hasta 10m, encontraron que el nivel freático se encuentra entre 0.28 m y 1.50 m de profundidad.(Fernanda Solíz, 2009; Laboratorio de suelos, 2013)

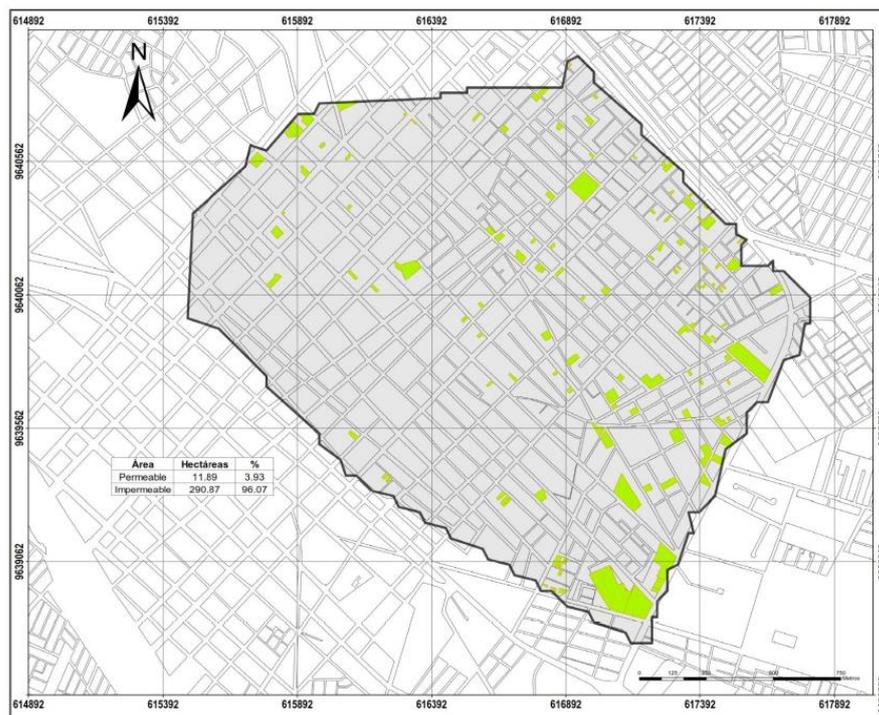
## *Infiltración*

En el artículo “Caracterización física y clasificación taxonómica de suelos en la provincia de El Oro” se realizó la descripción taxonómica de los suelos, donde se encontró material con las siguientes características: En el sector pajonal Arena 22%, Limo 58%, Arcilla 19%, en el sector Santa Inés Arena 34%, Limo 63%, arcilla 2%. (Díaz et al., 2015) Este tipo de suelo mantiene una velocidad de infiltración de 10 – 15 mm/h. Este valor indica que el drenaje del suelo es mínimo, es decir su velocidad de infiltración es propensa a saturarse de manera rápida.

## *Áreas impermeables*

Con la información obtenida de los mapas de áreas permeables e impermeables de la cuenca urbana de la ciudad de Machala, se indica que existe un 3.93% de áreas permeables y un 96.07% de áreas impermeables.

*Ilustración 13 Mapa de áreas permeables e impermeables*



**Fuente:** *Análisis hidrológico para el control de inundaciones* (Hidalgo, 2019)

## *Marea alta*

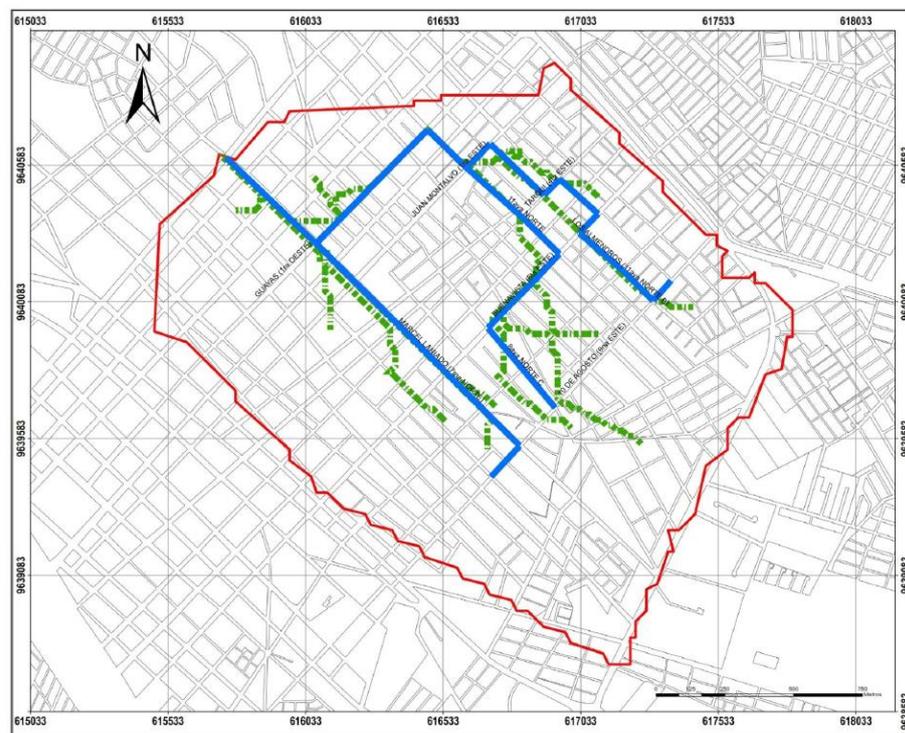
Informes realizados por Aguas Machala indican que gran parte del sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias son combinados y que en épocas de lluvia las

tuberías de descarga quedan sumergidas debido a la marea alta, causando así que el flujo no circule y provoque inundaciones. Además de la gran cantidad de basura acumulada en cunetas y aceras, y las descargas de drenajes de las bananeras que llegan a los canales que circundan la ciudad.

#### *Pendientes de la cuenca urbana*

El mapa de la cuenca urbana y sus drenajes muestra que existen pendientes en dirección al drenaje, lo que indica que no existe mayor problema con contrapendientes que afecten al drenaje de las aguas lluvias.

*Ilustración 14 Cuenca urbana y sus drenajes*



***Fuente:*** Análisis hidrológico para el control de inundaciones (Hidalgo, 2019)

#### ***4.2.3. Factores humanos***

##### *Cambios en uso de suelo (urbanización, deforestación)*

Se verifica que en los planes de uso de suelo emitidos por el Gobierno autónomo descentralizado municipal de Machala, que no existe un cambio en el uso de suelo, y se mantiene al ser una zona céntrica urbanizada.

### Mantenimientos de infraestructura

Aguas Machala indica que, en las épocas cercanas a la invernal, se debe garantizar la evacuación rápida de las aguas lluvias para reducir así daños e insatisfacción en los usuarios. Por ello elaboran un cronograma de trabajo y elaboran proyectos a corto plazo para mitigar inundaciones.

Tabla 15 Cronograma de proyectos de mantenimiento

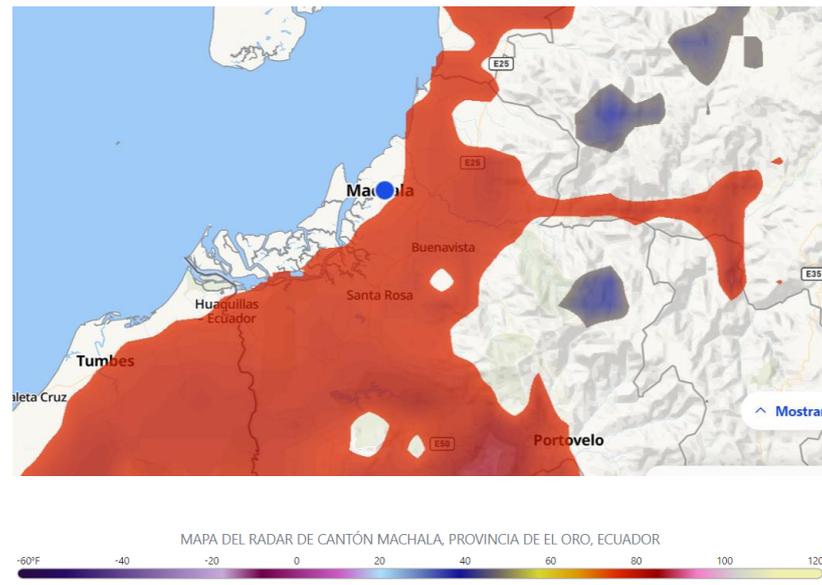
CRONOGRAMA PROYECTOS PLAN PRE INVERNAL						
PROYECTO	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRESUPUESTO
LIMPIEZA DE REDES DE ALCANTARILLADO (PLAN PRE INVERNAL)	X	X	X	X	X	\$24,384.00
LIMPIEZA DE REDES DE ALCANTARILLADO (PLAN PRE INVERNAL)	X	X	X	X	X	\$7,200.00
MINGAS DE LIMPIEZA EN BARRIOS	X	X	X	X		\$18,816.00
MANTENIMIENTO DE DRENAJES DEL CANTÓN MACHALA	X	X	X	X	X	\$120,654.50
OBRA DE AMPLIACIÓN DE REDES TERCARIAS – BARRIO HÉROES DE JAMBELÍ SEGUNDA ETAPA		X				\$3,190.49
OBRAS DE AMPLIACIÓN: INSTALACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO BARRIO VICTORIO RIZO – PRIMERA ETAPA		X	X			\$25,234.78
OPTIMIZACIÓN DE COLECTOR PRINCIPAL: CALLE JUNÍN E/ MANUEL SERRANO Y ARÍZAGA				X		\$14,111.73
OPTIMIZACIÓN DE COLECTOR PRINCIPAL: CALLE PÁEZ E/ GUABO Y KLEBER FRANCO				X		\$9,042.01
CONTROL DE INUNDACIONES: OPTIMIZACIÓN DE COLECTOR PRINCIPAL BARRIO VENECIA: CALLE 1RA SUR DE 15AVA OESTE A 17AVA OESTE					X	\$24,225.28

*Fuente: Rendición de cuenta periodo 2021 (Aguas Machala, 2021)*

### Cambio climático

Mediante radares se crean mapas que indican temperaturas, sensación térmica, lluvias, entre otros factores climáticos, en ellos se encuentra que en la ciudad de Machala existe una sensación térmica superior a los 30 °C

Ilustración 15 Mapa sensación térmica



**Fuente:**(Mapa y Radar Del Tiempo En Cantón Machala, Provincia de El Oro, Ecuador: The Weather Channel / Weather.Com, n.d.)

### Cohesión social

Durante el invierno en el año 2021 las lluvias intensas lograron evidenciar la cantidad de basura acumulada en las redes de alcantarillado como efecto de la mala educación ambiental de la ciudadanía al botar basura en las calles, y de no respetar horarios de recolección, por ello se tuvo que desplegar operativos 24/7 para la rápida evacuación de las aguas acumuladas. (Aguas Machala, 2021)

## 4.3. Exposición

### 4.3.1. Uso de suelo

Para el uso de suelo se realizaron fichas de observación como se observan en el **Anexo x**, las cuales indicaron la existencia o inexistencia de diferentes equipamientos expuestos a inundaciones en la zona.

USO DE SUELO		EQUPIAMIENTOS
SERVICIO PUBLICO	Servicio publico	X
	Mercados públicos	X
SERVICIO DE ABASTECIMIENTO	Restaurantes y cafeterías	X
	Autoservicio	-
	Centros comerciales	X
	Locales comerciales	X

<b>RESIDENCIAL</b>	Edificios de uso residencial	X
	Viviendas menores a 3 pisos	X
<b>RECREACION</b>	Áreas verdes	X
	Ocio o entretenimiento	X
<b>SALUD</b>	Equipamiento de salud - clínicas	X
	Equipamiento de salud - hospitales	-
	Farmacias	-
<b>EDUCACION</b>	Equipamiento educativo - primaria	X
	Equipamiento educativo - secundaria	X
	Equipamiento educativo - superior	-
	Academia	-
<b>ZONA BANCARIA</b>	Bancos	-
<b>HOTELERIA</b>	Hoteles	-
<b>SIN USO</b>	Espacios sin uso	-

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.3.2. Sistemas de drenaje**

##### *Alcantarillado sanitario*

En base a lo estipulado por la empresa pública Aguas Machala se indica que uno de los problemas que afronta el sistema de alcantarillado es la antigüedad que tienen las redes y los desperdicios arrojados en la calle los cuales ocasionan que el sistema alcantarillado colapse, por lo que los usuarios continuamente demandan una intervención por limpiezas a las redes. (Aguas Machala, 2021)

##### *Alcantarillado pluvial*

Se indica que gran parte del sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias es de tipo combinado, por lo que no existe separación ni tratamiento adecuado para cada tipo de drenaje. Esto además de la gran cantidad de basura acumulada en las cunetas y aceras y las descargas de drenajes de las bananeras que llegan a la ciudad produce inconformidades en el drenaje pluvial. (Aguas Machala, 2021)

#### **4.4. Evaluación**

Con cada uno de los indicadores evaluados, se procede a ponderar con el cumplimiento o no cumplimiento expresado en las directrices propuestas. Es así que en la evaluación de la vulnerabilidad se obtuvo:

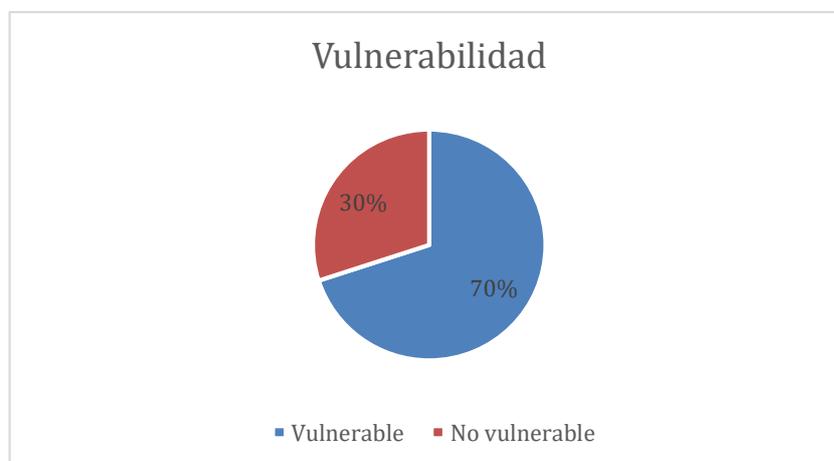
La topografía al ser un terreno plano es propensa a inundaciones, las vías urbanas presentan inundaciones en épocas invernales, la zona urbana esta próxima a ríos lo que genera mayor vulnerabilidad, la capacidad de drenaje tiene deficiencias, existe una inversión pública por parte de Aguas Machala, existe un crecimiento urbano fuera de las zonas de inundación, existe una población vulnerable en las zonas de inundaciones, toda el área en los alrededores es urbanizada, no existen zonas no habitadas de gran extensión, finalmente no existen rutas de evacuación más allá de propuestas de implementación.

*Ilustración 16 Evaluación de vulnerabilidad*

CRITERIO	INDICADOR	PONDERACION
<b>VULNERABILIDAD</b>	Topografía del terreno	0.1
	Vías urbanas	0.1
	Proximidad a ríos	0.1
	Capacidad de drenaje	0.1
	Inversión pública de vías urbanas	0
	Crecimiento urbano	0
	Población	0.1
	Área urbanizada	0.1
	Áreas no habitadas	0
	Rutas de evacuación	0.1
<b>TOTAL</b>		<b>0.7</b>

***Fuente: Elaboración propia***

*Ilustración 17 Vulnerabilidad del drenaje urbano*



***Fuente: Elaboración propia***

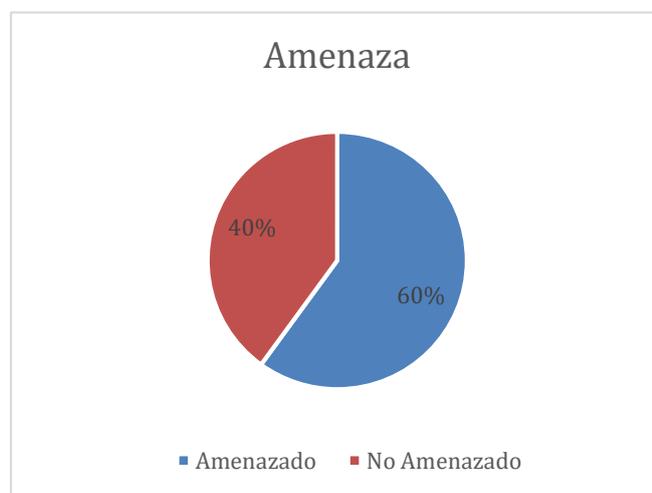
En la evaluación de las amenazas se encontró lo siguiente: Las precipitaciones en Machala son en promedio de 12.25 mm/h, el nivel freático se encuentra entre los 28 y 150 cm de profundidad, la infiltración del suelo está entre 10 y 15 mm/h, el área impermeable es del 96.07% , las tuberías quedan sumergidas en mareas altas, no existen contrapendientes que afecten al drenaje, no existe un cambio en el uso de suelo, y se mantiene al ser una zona céntrica urbanizada., existen cronogramas para el mantenimiento de la infraestructura, existen zonas con una sensación térmica superior a los 30 °C, finalizando con la cohesión social donde no existe unión en cuanto al no arrojar basura y respetar los horarios de recolección de basura.

*Tabla 16 Evaluación de amenaza*

<b>CRITERIO</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>PONDERACION</b>
<b>AMENAZA</b>	Frecuencia de precipitación	0
	Nivel freático	0.1
	Infiltración	0.1
	Áreas impermeables	0.1
	Marea alta	0.1
	Pendientes de la cuenca urbana	0
	Cambios en uso de suelo (urbanización, deforestación)	0
	Mantenimientos de infraestructura	0
	Cambio climático	0.1
	Cohesión social	0.1
<b>TOTAL</b>		<b>0.6</b>

***Fuente: Elaboración propia***

*Ilustración 18 Amenazas del drenaje urbano*



**Fuente:** *Elaboración propia*

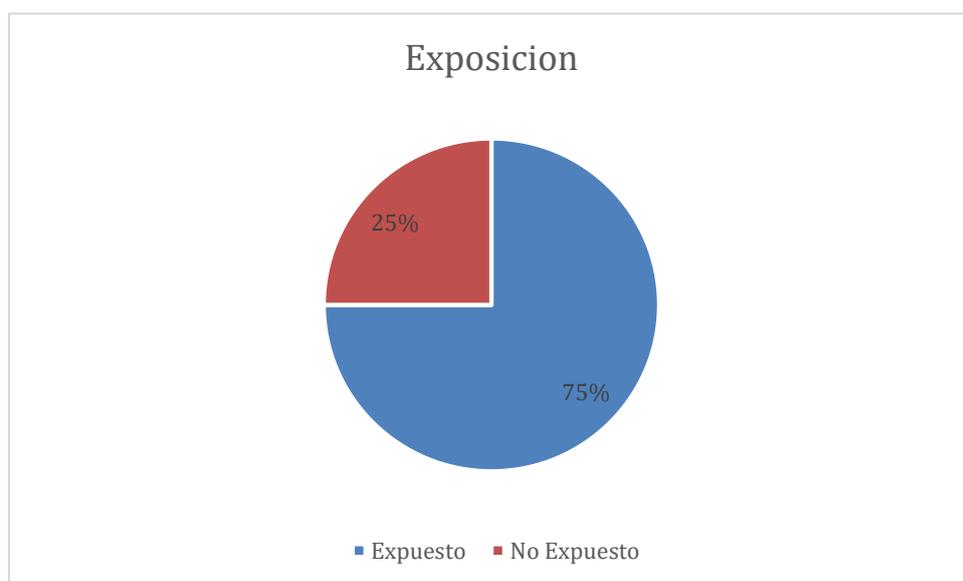
En la evaluación de la exposición se tiene lo siguiente: Se encontraron equipamientos como el camal municipal, mercados públicos, restaurantes, asaderos de pollo, comerciales de abastos, departamentos, viviendas menores de 3 pisos, parques, bares, gimnasios, clínicas, farmacias de barrio, escuelas y colegios. También se encontró que el sistema de alcantarillado tiene falencias debido a la antigüedad de las redes y los desperdicios arrojados en la calle, además el drenaje pluvial no presenta un correcto funcionamiento debido a que se juntan con las aguas residuales.

*Tabla 17 Evaluación de exposición*

<b>CRITERIO</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>PONDERACION</b>
<b>EXPOSICIÓN</b>	Comercial	0.125
	Residencial	0.125
	Industrial	-
	Área verde	0.125
	Recreacional	0.125
	Espacios si uso	-
	Alcantarillado sanitario	0.125
	Alcantarillado pluvial	0.125
<b>TOTAL</b>		<b>0.75</b>

**Fuente:** *Elaboración propia*

*Ilustración 19 Exposición debido al drenaje urbano*



*Fuente: Elaboración propia*

Con la suma de los resultados obtenidos en base a la metodología propuesta se indica que el drenaje urbano tiene un riesgo alto a las inundaciones, esto se puede evidenciar con los antecedentes observados en la ciudad y los informes realizados por la empresa pública Aguas Machala.

*Tabla 18 Riesgo del drenaje urbano en Machala*

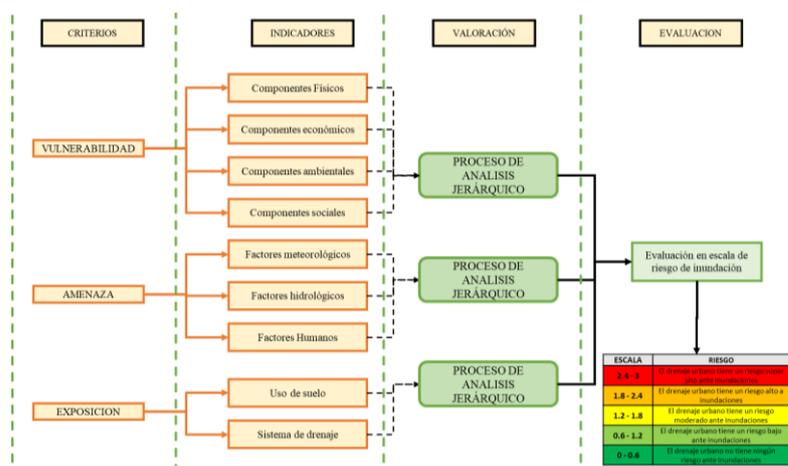
<b>CRITERIO</b>	<b>RIESGO</b>
<b>VULNERABILIDAD</b>	0.7
<b>AMENAZA</b>	0.6
<b>EXPOSICIÓN</b>	0.75
<b>TOTAL</b>	2.05

*Fuente: Elaboración propia*

## CONCLUSIONES

- En este trabajo se fundamentó la metodología propuesta mediante artículos bibliográficos tales como “Análisis de vulnerabilidad ante inundaciones”, “Análisis de riesgo por inundación” y “Una metodología regenerativa de gestión de aguas pluviales urbanas”, además de antecedentes como Gestión del riesgo de inundaciones urbanas los cuales sirvieron para evaluar los drenajes urbanos relacionándolos con las inundaciones de las vías urbanas en ciudades de hasta 300000 habitantes.
- Con el análisis bibliográfico se determinaron los criterios de evaluación tales como la vulnerabilidad, las amenazas y la exposición, los cuales engloban el riesgo de inundación. Se caracterizó los drenajes urbanos mediante indicadores para la evaluación en las vías urbanas del casco central de la ciudad de Machala, lo cual nos permitió conocer el estado actual de estos sistemas para posibles soluciones que minimicen los riesgos de inundación en las vías urbanas.
- Se elaboró una metodología para la evaluación de drenajes urbanos mediante indicadores que permitan reducir inundaciones en vías urbanas. Los indicadores se clasifican por componentes físicos, económicos, ambientales, sociales, además de factores meteorológicos, hidrológicos, humanos, uso de suelo y evaluación del sistema de drenaje, como se detalla en la Ilustración 5 sobre el diagrama de flujo de la Metodología de Evaluación (Página 40). Con la evaluación del riesgo se encontró un valor de vulnerabilidad de 0.7/ 1, amenaza 0.6/1 y exposición de 0.75/1, dando una calificación de riesgo total del 2.05/3, el cual indica que el drenaje urbano tiene un riesgo alto ante inundaciones y se deberán implementar mejoras en la mayoría de indicadores evaluados en el trabajo de investigación.

*Ilustración 20 Metodología de Evaluación*



## RECOMENDACIONES

- Promover investigaciones que permitan evaluar de manera acertada los drenajes urbanos debido a que es necesario para reducir el riesgo de inundaciones que se producen en las vías urbanas.
- Se recomienda para el caso de la Ciudad de Machala que se realicen estudios integrales de los sistemas de drenajes urbanos, con el fin de obtener posibles soluciones definitivas para los problemas de inundación que se producen en las vías urbanas.
- Mediante la aplicación de la Metodología de evaluación de drenajes urbanos nos permite conocer que el Sistema de Drenaje Urbano de la Ciudad de Machala, en situaciones normales su funcionamiento está sujeto a la variación del nivel del mar por ser una ciudad costera. La problemática radica en la coincidencia de los fenómenos naturales que se presentan en la ciudad tales como intensas lluvias en temporada de invierno, aguajes que mantienen los niveles del mar elevados, y al coincidir estos eventos generan una insuficiencia del sistema de drenaje urbano para evacuar los caudales de aguas residuales y la escorrentía, por tal motivo se producen las inundaciones en las vías urbanas del casco central de la Ciudad de Machala. Cabe recalcar que es casi imposible solucionar completamente los riesgos de inundaciones en las vías urbanas, pero al realizar una evaluación del Drenaje Urbano nos permitirá tomar decisiones a corto y largo plazo que minimicen estos riesgos de inundaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

Coronado, J. (2010). CARRETERAS, TERRITORIO E HISTORIA: UNA PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN TIPOLOGICA. *Researchgate*.  
<https://www.researchgate.net/publication/299412257>

Machala, G. (n.d.). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN MACHALA*.  
[https://www.machala.gob.ec/PDF/Planes/PDOT\\_2018.pdf](https://www.machala.gob.ec/PDF/Planes/PDOT_2018.pdf)

Santos Dávila, J. L., Monteiro, J., Ceballos, D., y Soto, J. (2016). Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. Caso de estudio: Machala. *La Granja*, 24(2), 53–68.  
<https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.05>

Valentín, M. G., Ripollés, J. D., Alonso, R. L., Escobar, L. N., Tueros, H. S., Malgrat, P., Russo, B., Suñer, D., y Jopia, R. C. (2007). Hidrología Urbana. *Grupo FLUMEN*, Barcelona (Spain).  
<http://www.academia.edu/download/56290811/Seminario-de-hidrologia-urbana.pdf>

Aguas Machala. (2021). *Rendición de cuentas. Periodo 2021*.

Aldia, D. digital. (2021). *Machala 196 años de historia y progreso - ALDIA / Noticias de Los Ríos, Ecuador y el mundo*. Aldia Diario Digital.  
<https://www.aldia.com.ec/machala-196-anos-de-historia-y-progreso/>

Ávila, H. (2012, June). Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: ciudad de Barranquilla, Colombia.\*. *Revista de Ingeniería Fcaultad de Ingeniería Universidad de Los Andes*.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-49932012000100011](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932012000100011)

Baena Paz, G. (2017). *Metodología de la investigación*.  
[http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)

- Bonilla, C., Ramón, J., & Ramón, J. (2022). *Sistemas de drenaje urbano - sumideros de captación de aguas lluvias*. SISTEMAS DE DRENAJE URBANO - SUMIDEROS DE CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS GUÍA BÁSICA DE IMPLEMENTACIÓN DE DIFERENTES METODOLOGÍAS EXISTENTES EN EL DISEÑO DE SUMIDEROS MEDIANTE EL DESARROLLO DE UN CASO DE ESTUDIO. [https://www.researchgate.net/publication/361118729\\_SISTEMAS\\_DE\\_DRENAJE\\_URBANO\\_-\\_SUMIDEROS\\_DE\\_CAPTACION\\_DE\\_AGUAS\\_LLUVIAS](https://www.researchgate.net/publication/361118729_SISTEMAS_DE_DRENAJE_URBANO_-_SUMIDEROS_DE_CAPTACION_DE_AGUAS_LLUVIAS)
- Brown, O., Gallardo, Y., & Correa, A. (2015, January). El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental SciELO*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382015000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382015000100007)
- Burgo, O. (2022). Planificación del desarrollo provincia el oro y cantón Machala: examen crítico desde la dimensión cultural. *Conrado*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1990-86442022000200345](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1990-86442022000200345)
- Cajigal Molina, E., Maldonado González, A. L., Cajigal Molina, E., & Maldonado González, A. L. (2019). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones. Un ejercicio emergente ante el cambio climático. *Economía, Sociedad y Territorio*, 19(61), 543–574. <https://doi.org/10.22136/EST20191342>
- Cárdenas, E., Albiter, Á., & Jaimes, J. (2017). Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la tenencia del recurso agua. *Universidad Autónoma Del Estado de México México*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10450491009>
- Castro, D., Rodríguez, J., Rodríguez, J., & Ballester, F. (2005, May). Sistemas urbanos de drenaje sostenible (Suds). *Análisis SciELO*. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442005000500004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000500004)
- Castro Fresno, D., Rodríguez Bayón, J., Rodríguez Hernández, J., & Ballester Muñoz, F. (2005). Sistemas urbanos de drenaje sostenible (Suds). *Interciencia*, 30(5), 255–260. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442005000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442005000500004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- Cerrato, L., Bustamante, I., Pascual, J., & Magister Universitario en Hidrología y Gestión de recursos hídricos. (2020). *SISTEMAS URBANOS DE DRENAJES SOSTENIBLES SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS*. Universidad de Alacalá.
- Concha Jopia, R. F., & Gómez Valentín, M. (2009). Una aproximación a la modelización del drenaje dual urbano mediante EPA SWMM 5.0. *Jornadas de Ingeniería Del Agua 2009*, 165–166. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/6980>
- Cotler, H., Sotelo, E., Dominguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, (83), 5–71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908302>
- de la Fuente García, L., Perales Momparler, S., Rico Cortés, M., Andrés Doménech, I., & Bautista Marco Segura, J. (2021). Guía Básica para el Diseño de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de València. *Ajuntament de València*.
- Díaz, Á., Pierruges, R., Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, ; (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *REVISTA CIENTÍFICA*.
- el Universo. (2016). *Inundaciones en sectores de El Oro por precipitaciones | Ecuador | Noticias* / *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2016/02/27/nota/5429175/inundaciones-sectores-oro-precipitaciones/>
- Fernanda Solíz, M. (2009). *El Oro: de la geografía económica a la geografía del desecho*.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Machala. (2017). *ORDENANZA SUSTITUTIVA A LA ORDENANZA DE REGULACIÓN Y FIJACIÓN DE LAS TARIFAS POR LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO*. Registro Oficial . <https://aguasmachala.gob.ec/wp-content/uploads/2018/06/ORDENANZA-SUSTITUTIVA-AGUAS-MACHALA-EP.pdf>
- Gómez Valentín, M. (2007). Curso de análisis y rehabilitación de redes de alcantarillado mediante el código SWMM. *Curso de Análisis y Rehabilitación de Redes de*

- Alcantarillado Mediante El Código SWMM 5.0*, 98–118.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=632909>
- Hernández-Uribe, R. E., Barrios-Piña, H., Ramírez, A. I., Hernández-Uribe, R. E., Barrios-Piña, H., & Ramírez, A. I. (2017). Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(3), 5–25. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2017-03-01>
- Hidalgo, A. (2019). *Análisis hidrológico para el control de inundaciones mediante la aplicación de sistemas urbanos de drenaje sostenibles, en el cantón Machala*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15004>
- Laboratorio de suelos. (2013). *Estudio de suelo, Informe Geotecnico*. [https://app.machala.gob.ec/lpi/files/?nombreArchivo=INFORME\\_DE\\_ESTUDIO\\_DE\\_SUELOS\\_FIRMADO.pdf](https://app.machala.gob.ec/lpi/files/?nombreArchivo=INFORME_DE_ESTUDIO_DE_SUELOS_FIRMADO.pdf)
- Mapa y radar del tiempo en Cantón Machala, Provincia de El Oro, Ecuador: The Weather Channel | Weather.com*. (n.d.). Retrieved October 13, 2022, from <https://weather.com/es-US/tiempo/mapas/interactivo/1/641141f14c45642c8cdd87cdd66a2cc3a58b6b057261eab6f7ab0f1040a33f6d>
- Marín, R., & Gutiérrez, G. (2018). *El agua en la ciudad y los asentamientos humanos* (R. Marín & G. Gutiérrez, Eds.; Primera edición). Universidad Central.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2020). *Agenda Hábitat Sostenible del Ecuador 2036* (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por encargo del Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo, & (BMZ) del Gobierno Federal de Alemania, Eds.).
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). (2013). *Volumen No1: Procedimientos para proyectos viales*. Norma Ecuatoriana Vial (NEVI-12-MTOP). [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_1.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_1.pdf)
- Moreira Romero I, Á. F. (2022). Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible. *Polo Del Conocimiento*, 7(7), 2051–2060. <https://doi.org/10.23857/PC.V7I7.4332>

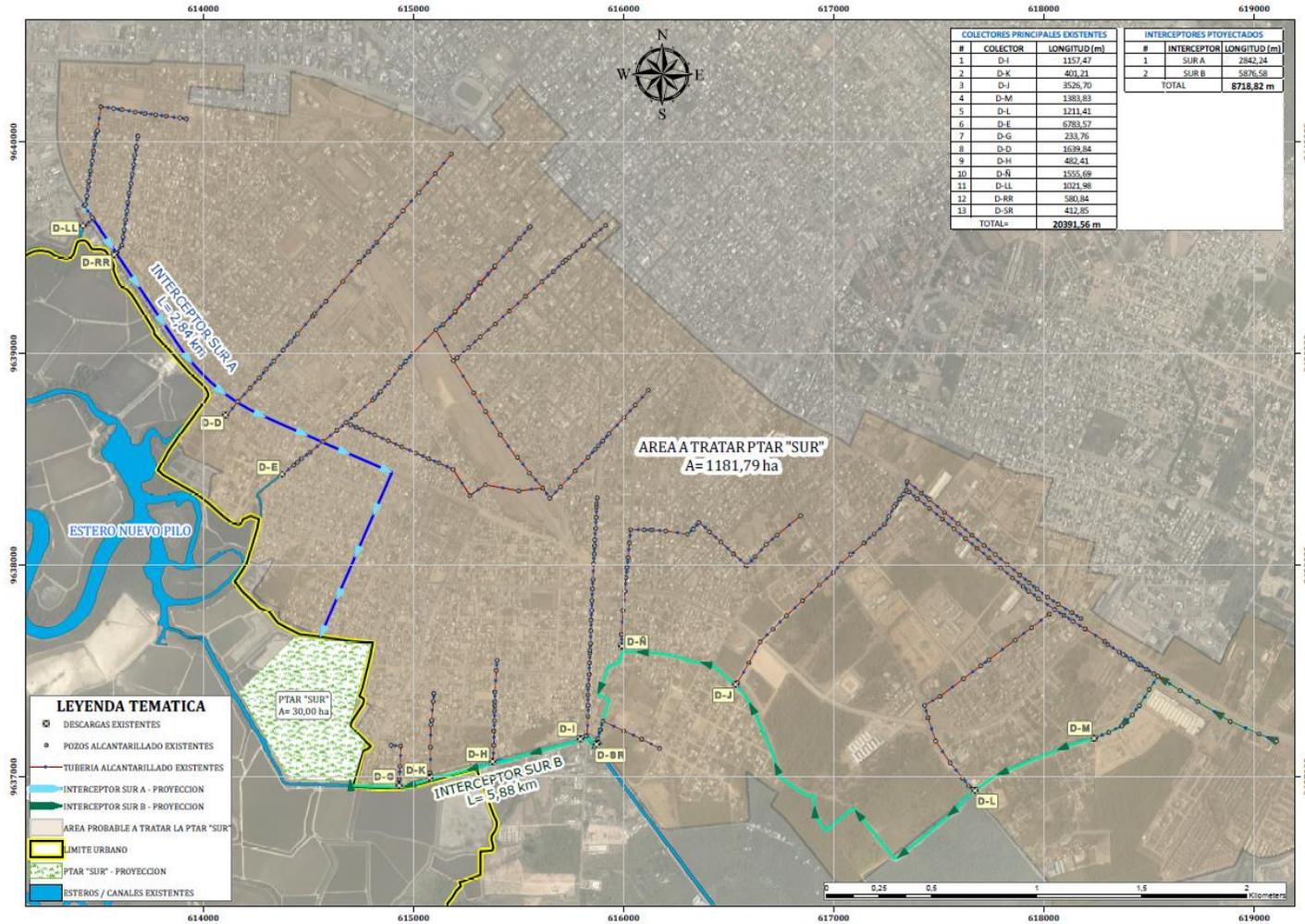
- Municipio de Machala. (2019). *Plan de gestión integral de riesgos y desastres*.  
<https://machala.gob.ec/SIL/2021/ter/gesri/1.%20Plan%20de%20Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20Riesgos%20y%20Desastres%20-%20Machala.pdf>
- Perales-Momparler, S., Andrés-Doménech, I., Andreu, J., & Escuder-Bueno, I. (2015). A regenerative urban stormwater management methodology: the journey of a Mediterranean city. *Journal of Cleaner Production*, 109, 174–189.  
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.02.039>
- Pereyra, F. (2017). *Las inundaciones en la Región Metropolitana Bonaerense (RMBA): causas, efectos y mitigación. Una revisión crítica | Cartografías del Sur Revista de Ciencias Artes y Tecnología*. Cartografías Del Sur Revista De Ciencias Artes Y Tecnología,. <https://cartografiasdelsur.undav.edu.ar/index.php/CdS/article/view/28>
- Pérez Rafael. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en ... - Rafael Pérez Carmona - Google Libros* (A. Sierra, D. Rodriguez, & W. Marulanda, Eds.; Primera edición). Ecoe Ediciones.  
<https://books.google.es/books?>
- Planas-Fajardo, J., Mazar-Beyris, A., Alvarez-Quintana, L., IUCKNER, N., ST pHAR, J., & Saint-Jean, C. (2020). CAUSAS Y SOLUCIONES PARA MITIGAR LAS INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE PORT DE PAIX, DEPARTAMENTO DEL NOROESTE, REPUBLICA DE HAITÍ. *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba Cuba*.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181365138004>
- Ramón, C. (2019). *Generación de mapas de riesgo a inundaciones en la zona urbana del canal el Macho de la ciudad de Machala* [Machala: Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15069>
- Ricoy Lorenzo, C. (2006). Contribución sobre los paradigmas de investigación. *Educação. Revista Do Centro de Educação*, 31(1), 11–22.
- Ripollés, J. D., & Gómez, M. (1994). Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores. *Ingeniería Del Agua*, 1(1), 55–66. <https://doi.org/10.4995/IA.1994.2631>

- Rojas, O., Mardones, M., Arumí, J. L., & Aguayo, M. (2014). Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, 57(57), 177–192. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022014000100012>
- Rosales Morales, M. S., Salas Plata, J. A., & Rodríguez Esparza, M. A. (2015). Manejo del drenaje pluvial mediante control de la fuente de escurrimientos superficiales. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, ISSN-e 2007-0411, Vol. 12, Nº. 56, 2015, Págs. 5-14, 12(56), 5–14. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7129025&info=resumen&idioma=SPA>
- Ruiz, M. (2011). *Enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto*. [https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/enfoque\\_mixto.html](https://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/enfoque_mixto.html)
- Sañudo, L., Rodríguez, J., & Castro, D. (2012). *Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de La Universidad de Cantabria. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1647.6003/1>
- Sañudo-Fontaneda, L., Rodríguez-Hernandez, J., & Castro-Fresno, D. (2012). *Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1647.6003/1>
- Serrano Vincenti, S., Reisancho Puetate, A., Lizano Acevedo, R., Borbor-Córdova, M. J., & Stewart-Ibarra, A. M. (2016). Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*. <https://doi.org/10.17163/lgr.n24.2016.05>
- Tingsanchali, T. (2012). Urban flood disaster management. *Procedia Engineering*, 32, 25–37. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2012.01.1233>
- Trapote, A. (2013). *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y drenaje urbano - Arturo Trapote Jaime - Google Libros* (Univesidad de Alicante, Ed.). UNE . <https://books.google.com.ec/books?>

- Valderrama, M., Vásquez, V., & Leon, E. (2021). Cambios en patrones de precipitación y temperatura en el Ecuador, región costa. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(SPE2). <https://doi.org/10.46377/DILEMAS.V8I.2609>
- Villina, N., Costales, C., Fernandez, R., & Robleda, F. (2018). Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible y el nuevo paradigma del diseño de las calles verdes para la gestión de las aguas pluviales: Una propuesta para la ciudad histórica de Oviedo. *Revista Científico Tecnológica Departamento Ingeniería de Obras Civiles RIOC*. <https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/2007/1797>

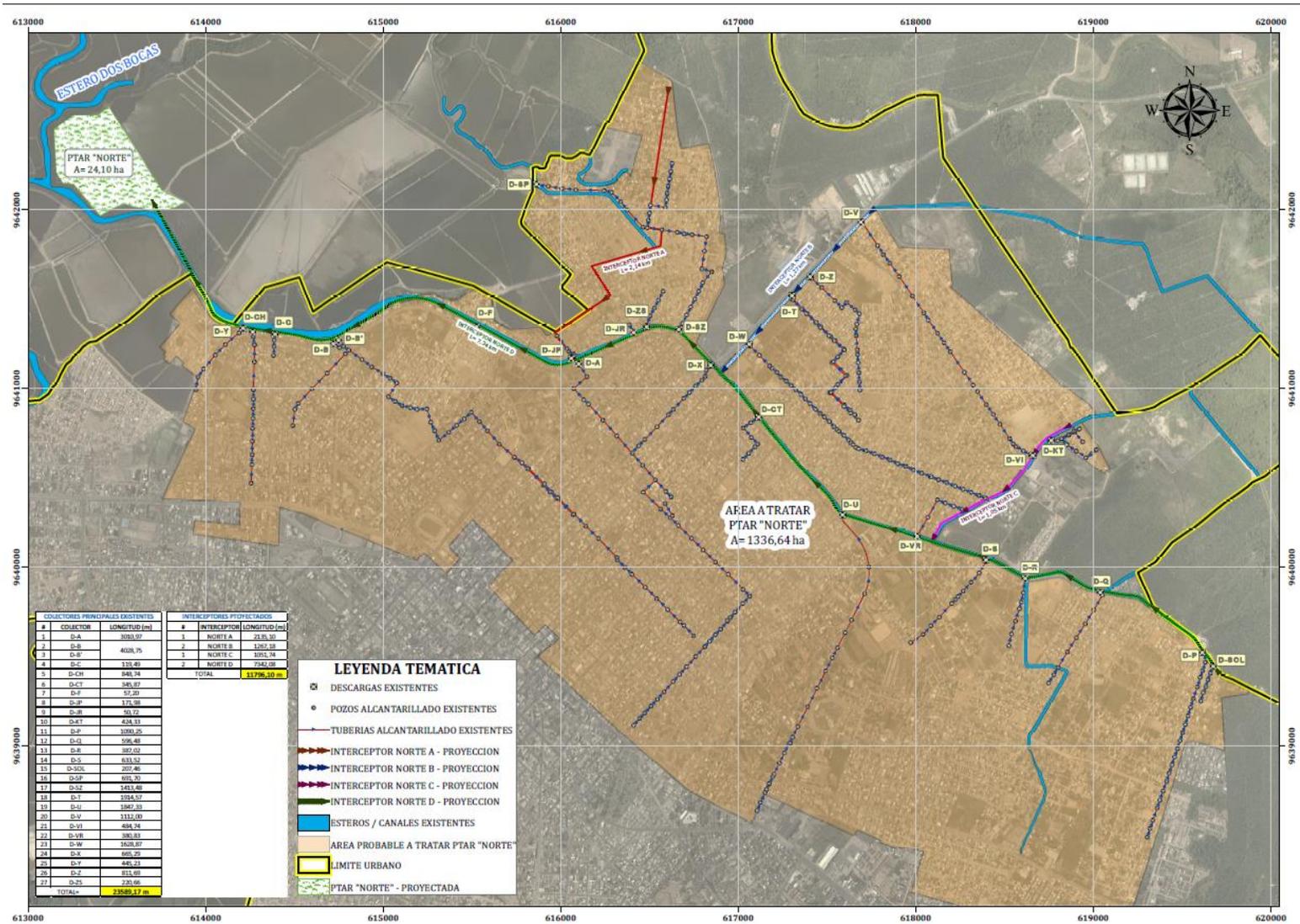
# ANEXOS

Ilustración 21 Interceptor sur



Fuente: Aguas Machala EP

Ilustración 22 Interceptor norte



Fuente: Aguas Machala EP

*Ilustración 23 Inundaciones en calles*



**Fuente:** *Inundaciones en sectores de El Oro por precipitaciones* (el Universo, 2016)

*Ilustración 24 Estero El Macho*



**Fuente:** *Inundaciones en sectores de El Oro por precipitaciones* (el Universo, 2016)

**METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE DRENAJES URBANOS EN VIAS URBANAS DE CIUDADES HASTA 300000 HABITANTES, 2020**

TRABAJO DE TITULACIÓN

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL, MENCIÓN VIALIDAD

MAESTRANTE: ING. DAVID MANUEL BERMUDEZ PEÑAFIEL

**EQUIPAMIENTOS URBANOS**

USO DE SUELO		EQUIPAMIENTOS
SERVICIO PUBLICO	Servicio publico	Camal municipal
SERVICIO DE ABASTECIMIENTO	Mercados publicos	Merado Polvos Juan Montalvo y Marcel Lanado
	Restaurantes y cafeterias	Restaurantes de almuerzos, Pollos asados
	Autoservicio	_____
	Centros comerciales	Centro comercial AKI -
	Locales comerciales	Centros de abasto, tiendas,
RESIDENCIAL	Edificios de uso residencial	Edificios con departamentos
	Viviendas menores a 3 pisos	Casas de un piso, Casas de dos pisos
RECREACION	Areas verdes	Parque centenario.
	Ocio o entretenimiento	Bares, discotecas, gimnasios.
SALUD	Equipamiento de salud - clinicas	Clinica Niño Jesus
	Equipamiento de salud - hospitales	_____
	Farmacias	Farmacias de Barrio
EDUCACION	Equipamiento educativo - primaria	Escuela Rosa Sevano
	Equipamiento educativo - secundaria	Colegio Henriquez Coello.
	Equipamiento educativo - superior	_____
	Academia	_____
ZONA BANCARIA	Bancos	_____
HOTELERIA	Hoteles	_____
SIN USO	Espacios sin uso	_____

**Fuente:** Elaboración propia