



UNIVERSIDAD
MICHOCANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA
HÍDRICA EN ZONA URBANA DE
MORELIA,
CASO DE ESTUDIO: “COLONIA PRADOS VERDES”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRA EN DISEÑO
AVANZADO

PRESENTA ARQ. MARIA CARMEN TAPIA NORIEGA
DIRECTOR DE TESIS: MTRO EN ARQ. JOAQUIN LÓPEZ TINAJERO

MORELIA MICHOCÁN, JULIO DE 2025



MAESTRÍA
EN DISEÑO AVANZADO



CONAHCYT



ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA HÍDRICA EN ZONA URBANA DE MORELIA

CASO DE ESTUDIO, "COLONIA PRADOS VERDES"



A TI, QUE, SIN SABERLO, HAS SIDO UNA
INSPIRACIÓN CONSTANTE PARA SEGUIR MIS
SUEÑOS

AGRADECIMIENTOS...

Mi mayor agradecimiento a los que me han apoyado en cada etapa de este gran desafío:

A CONAHCYT por la beca otorgada durante este periodo para cursar la maestría

A la "Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo", por abrirme las puertas una vez más de esta ilustre institución, ahora en el ámbito de posgrado.

A mis profesores de MDA, por transmitir su valioso conocimiento y las nuevas experiencias que me han ofrecido, las cuales han sido fundamentales en mi formación.

A mi director de tesis, por su generoso tiempo, su sabiduría y por la paciencia que me ha mostrado a lo largo de este proceso.

A mi familia, y en especial a mi esposo, por su incondicional apoyo, por animarme y motivarme a creer en mí en cada momento, a mi hijo que sin darse cuenta fue mi motor durante esta etapa.

A mis compañeros y grandes amigos que surgieron durante estos dos años, quienes han compartido este viaje académico conmigo. Su amistad y apoyo han hecho que este proceso sea mucho más llevadero y enriquecedor.

Y, finalmente, a mí misma, por no rendirme a pesar de los desafíos y momentos de crisis vividos durante esta etapa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama resumen de elaboración de estrategias de resiliencia hídrica, de elaboración propia.	15
Figura 2	Fotografía propia de la colonia prados verdes, tomada con dron de la UMSNH.	19
Figura 3	Diagrama Árbol de problemas de estrategias de resiliencia hídrica.	23
Figura 4	Diagrama Árbol de objetivos para definir de estrategias de resiliencia hídrica.	24
Figura 5	Diagrama Marco lógico.	25
Figura 6	DIAGRAMA: elaborado con imagen de Vulnerabilidad y Riesgos para representar los efectos de la problemática.	29
Figura 7	Plano realizado con base al "Plano de peligrosidades naturales del sector nueva España del Atlas de Riesgos de Morelia" elaborado por el autor.	31
Figura 8	Conjunto de Áreas verdes de valor ambiental en Morelia https://inplanmorelia.org/site/pmd-planeacion .	37
Figura 9	Diagrama de gestión del agua, adaptación de libro "Hacia una ciudad de México sensible al agua" página 17.	45
Figura 10	Diagrama de funcionamiento de la cadena de gestión del agua, elaboración propia.	47
Figura 11	Diagrama entendimiento de Metodología de diseño elaboración propia.	81
Figura 12	Diagrama de comparaciones del proceso de diseño, elaboración propia.	82
Figura 13	Diagrama comparativo de Metodología de las diferentes metodologías diseño de elaboración propia	83
Figura 14	Desglose del proceso de diseño, de elaboración propia.	85
Figura 15	Área de estudio, Morelia Michoacán, elaboración propia.	88
Figura 16	Escenario de inundaciones periodo de retorno a 100 años, tomado de https://inplanmorelia.org/site/pmd.planeacion .	89
Figura 17	Diagrama elaborado por el autor con información a la carta urbana topografía E14A26 DE INEGI donde se muestran las escorrentías de las microcuencas Morelia.	90
Figura 18	Diagrama de Asoleamiento elaboración propia con programa Sun-Chart.	90
Figura 19	Diagrama elaborado por el autor, tomando como base el plano escenario de Inundación, periodo de retorno a 100 años de CNA.	92

Figura 20	Delimitación de la colonia Prados Verdes.	93
Figura 21	Ubicación de la colonia, imagen tomada de Google Earth.	94
Figura 22	Plano de elaboración propia, de zonificación de la colonia Prados Verdes.	95
Figura 23	diagrama de elaboración propia de los datos duros del clima, con datos del año 2023 tomados de https://www.weather-atlas.com/es/mexico/morelia-clima	101
Figura 24	Plano elaboración propia con datos basados en la carta edafológica E14A23 de INEGI	103
Figura 25	Plano elaboración propia, para mostrar la geología de la colonia, con base a las Cartas Urbanas del INEGI	104
Figura 26	de elaboración propia para ilustrar las microcuencas de la colonia "Prados verdes" con Base al plano interactivo del Implan	106
Figura 27	de elaboración propia para ilustrar las microcuencas de la colonia "Prados verdes" con Base al plano interactivo del Implan	106
Figura 28	Plano elaboración propia, con base a las elevaciones obtenidas en GOOGLE EARTH	107
Figura 29	Diagrama ilustrativo del equipamiento urbano elaboración propia	111
Figura 30	Diagrama ilustrativo del uso de suelo elaboración propia, con resultados obtenidos en visitas de campo	113
Figura 31	Plano ilustrativo de la infraestructura de la colonia, elaboración propia, con base a los datos obtenidos por visitas de campo.	114
Figura 32	Plano representativo elaboración propia, de las Vialidades que cuentan con servicio de energía eléctrica y Alumbrado Publico	115
Figura 33	Plano Ilustrativo de electrificaciones, elaboración propia, con base a los datos obtenidos por visitas de campo	116
Figura 34	Plano elaboración propia, para mostrar las principales Vialidades	117
Figura 35	Plano elaboración propia sobre rutas de transporte en base a la página del rutero	118
Figura 36	Plano elaboración propia en base INEGI y consulta en el censo de población 2020 INEGI	120
Figura 37	Componentes Socioeconómicos, elaboración propia en base a datos obtenidos del INEGI y consulta en el censo de población 2020 INEG.	121

Figura 38	Plano ilustrativo para definir encuestas	123
Figura 39	Diagrama elaboración propia para definir encuestas, elaboración propia	124
Figura 40	Tabla 3 del anexo D6 Agua Potable del Plan Municipal de desarrollo de Morelia 2021-2024.	129
Figura 41	Diagrama Análisis e esorrentías, elaboración propia, revisando el escurrimiento en las rasantes de acuerdo con las elevaciones obtenidas de Google Earth	131
Figura 42	Diagrama componentes Naturales, elaboración propia, en base a datos recopilados de INEGI, Meteored y la estación meteorológica de OOAPAS Carrillo Puerto	133
Figura 43	Gestión del agua bajo el lema retrasar, retener, almacenar, reutilizar y drenar de elaboración propia	136
Figura 44	Deterioro del ciclo del agua, elaboración propia con base a diagrama del libro México sensible al Agua	141
Figura 45	Balance Hídrico distintos escenarios elaboración propia con base a diagrama del libro México sensible al Agua	143
Figura 46	Diagrama de clasificación de Sistemas SUDS, adaptación del libro The SUDS manual CIRIA	145
Figura 47	Diagrama de integración de Ingeniería Dura a Ingeniería blanda con un enfoque de desarrollo de Bajo Impacto, adaptación elaboración propia con imágenes tomadas de internet	147
Figura 48	Ejemplos de sistemas de drenaje urbano sostenible, imágenes tomadas de internet	149
Figura 49	Parque lineal Boulevard García de León de áreas verdes de infiltración (Foto tomada mimorelia.com)	150
Figura 50	Boulevard García de León, áreas verdes multifuncionales, Imagen tomada de www.meganoticias.mx	150
Figura 51	Ejemplo de reservorio de Agua (Fotografía tomada https://andina.pe/)	151
Figura 52	Ejemplo de cosecha de lluvia, fotografía tomada de https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/cosecha-de-lluvia	151
Figura 53	Fotografía tomada de https://oem.com.mx/elsoldemorelia , coladeras tapadas sobre Av. Madero	152
Figura 54	Diagrama de Azoteas verdes, elaboración propia	153
Figura 55	Diagrama de Adoquín, elaboración propia	155
Figura 56	Detalle de concreto permeable elaboración propia	155

Figura 57	Detalle de Jardín de Lluvia de elaboración propia	157
Figura 58	Detalle de Zanja de Infiltración o Dren Frances, diagrama elaboración propia.	159
Figura 59	Detalle de cosecha de Lluvias elaboración propia	159
Figura 60	Detalle de Humedal, elaboración propia	160
Figura 61	Ejemplo de áreas verdes multifuncionales, elaboración propia	161
Figura 62	Detalle de Pozo de absorción, elaboración propia	162
Figura 63	Diagrama clasificación de elementos SUDS por datos geográficos	164
Figura 64	Diagrama de propuesta metodológica para implementación de SUD	168
Figura 65	Diagrama de desglose de actividades de la propuesta metodológica, en base Imagen de proceso de planificación del libro: "Como desarrollar ciudades más resilientes, un manual para líderes de gobiernos locales"	169
Figura 66	Selección de alternativas	171
Figura 67	Características tipo de suelo colonia Prados verdes, elaboración propia	174
Figura 68	Diagrama de la Propuesta y aplicación en Colonia Prados Verdes, elaboración propia.	175

LISTA DE TABLAS

Tabla 01	Registro de Inundaciones en la colonia Prados Verdes en Morelia	32
Tabla 02	Diferencias entre drenaje tradicional y SUDS	138
Tabla 03	<i>Uso de SUDS y sus características</i>	145
Tabla 04	<i>Tabla de recomendaciones para uso de jardines de lluvia</i>	157
Tabla 05	<i>Tabla de recomendaciones para uso de zanjas de infiltración</i>	158
Tabla 06	<i>Tabla de recomendaciones para uso de humedales</i>	161
Tabla 07	<i>Desglose departidas Pozo de absorción</i>	178
Tabla 08	Desglose de partidas Dren Frances	179
Tabla 09	Desglose de partidas Jardín de Lluvia	180

RESUMEN

Morelia enfrenta desafíos persistentes de escasez de agua debido al estrés hídrico por la creciente demanda, superando la disponibilidad. La calidad del agua también se ve perjudicada, restringiendo aún más los recursos. El cambio climático contribuye significativamente a esta situación.

La extracción creciente de agua subterránea mediante pozos reduce los niveles hídricos y las áreas verdes insuficientes en Morelia dificultan la recarga de los mantos acuíferos, empeorando la disponibilidad de agua.

Para abordar la escasez de agua, es esencial implementar medidas para el uso sostenible del agua, crear y preservar espacios verdes para adaptarse al cambio climático e Incentivar la cultura del ahorro y cuidado del agua.

Morelia también enfrenta el desafío de las inundaciones, principalmente por el volumen de agua de los ríos Grande y el río Chiquito durante la lluvia en el verano. Las lluvias, antes dispersas, ahora son escasas pero intensas y concentradas.

La ciudad enfrenta estrés hídrico, con una demanda que supera la disponibilidad y una calidad de agua deficiente. Esto puede causar subsidencia urbana, un hundimiento del terreno que representa un riesgo significativo para edificios e infraestructura, aumentando los factores de riesgo que afectan a la población.

Para fortalecer la resiliencia de Morelia frente a tensiones y crisis de crecimiento demográfico y el cambio climático, se propone un manual de estrategias de implementación jurídica que sea de carácter obligatorio su implementación para aplicar SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible). Este proyecto se desarrollará en la colonia "Prados Verdes," una de las más afectadas por inundaciones en la ciudad.

PALABRAS CLAVE: Agua Renovable, Estrés Hídrico, Subsidencia Urbana, Escorrentía, Inundaciones.

ABSTRACT

Morelia is currently facing a serious water crisis. Increasing demand has outstripped the city's water supply, and the quality of the available water has also deteriorated. Climate change has only made this situation worse.

One of the main problems is the overextraction of groundwater through wells, which has leading to a significant depletion of aquifer levels. At the same time, the city's limited green spaces make it difficult for rainwater to naturally filter back into the ground, further deepening the shortage.

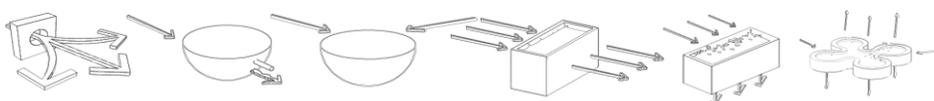
To respond to this challenge, it's crucial to adopt sustainable water management practices, protect and expand green areas that support natural recharge processes, and promote a culture of water conservation and stewardship.

In addition to water scarcity, Morelia struggles with seasonal flooding particularly during the summer months when the Grande and Chiquito rivers tend to overflow. Rain patterns have shifted, and instead of regular rainfall, the city now experiences short but intense downpours.

This combination of high demand, poor water quality, and changing weather conditions has placed the city under significant water stress. One of the consequences is urban subsidence gradual sinking of the ground which puts buildings and infrastructure at serious risk.

To build resilience against these growing environmental and urban challenges, a legally enforceable strategy manual is being proposed. Its goal is to ensure the aplicación of Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) across vulnerable areas. The initial pilot project will take place in the "Prados Verdes" neighborhood, one of the most flood-affected zones in Morelia.

KEYWORDS: Renewable Water, Water Stress, Urban Subsidence, Runoff, Flooding



DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
LISTA DE FIGURAS	5
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	
<i>Introducción</i>	14
<i>Planteamiento del problema</i>	21
<i>Justificación</i>	27
<i>Objetivos</i>	39
• <i>Objetivo de Diseño</i>	40
• <i>Objetivo Social</i>	40
• <i>Objetivo Ambiental</i>	41
<i>Alcances</i>	42
II. CAPÍTULO 1	
MARCO TEORICO	
<i>Marco Teórico conceptual</i>	43
• <i>Drenaje Urbano Sostenible.</i>	44
• <i>Low Impact Development (LID):</i>	49
• <i>Water Sensitive Urban Design (WSUD):</i>	49
• <i>Infraestructura verde.</i>	49
• <i>Ciudades resilientes.</i>	51
<i>Estado del arte</i>	61
• <i>Obras de infraestructura que se realizaron en otros lugares.</i>	64
• <i>Hacia una ciudad de México sensible al agua</i>	66
• <i>Ciudades sensibles al agua: guía de drenaje urbano sostenible para el sur de Chile</i>	68
• <i>Caso Oma New Jersey resist, delay, store, discharge: a comprehensive urban aterpolista strategy.</i>	69

III. CAPÍTULO 2 MARCO LEGAL

- Norma oficial mexicana 72
- Reglamento de construcción Y Servicios urbanos de Morelia 72
- Ley General De Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 75
- Agenda urbana 2030 para el desarrollo sostenible, 17 ODS 76
- Nueva agenda urbana hábitat III 78

IV. CAPÍTULO 3 PROCESO DE DISEÑO

- Metodología 81
- Proceso de diseño 84

V. CAPÍTULO 4 ANTECEDENTES

- Características del sitio 88
 - Zona de estudio 91
 - Características físico-geográficas 98
- Análisis situacional 98
 - Componentes Naturales 99
 - 1. Clima 100
 - 2. Edafología 103
 - 3. Geología 104
 - 4. Hidrografía 105
 - 5. Topografía 107
 - Componentes Artificiales 109
 - 1. Equipamiento urbano 110
 - 2. Uso de suelo 113
 - 3. Infraestructura 114
 - 4. Pavimentos 115
 - 5. Electrificaciones 116
 - 6. Vialidades 117
 - 7. Transporte 118

• Componentes Sociodemográficos	119
VI. CAPÍTULO 5 EXPLORACIONES	122
• Primeras pruebas piloto	123
• Planificación y prevención ante inundaciones protección civil	124
• Resultados de encuestas:	126
• Análisis de estrés hídrico	128
• Análisis de escorrentías	129
• Análisis de agua por inundación	133
VII. CAPÍTULO 6 IMPLEMENTACIÓN	134
• SUDS (sistema urbano de drenaje sostenible)	135
• Diferencias entre drenaje tradicional y SUDS	138
• Deterioro del ciclo del agua	139
• Diagrama clasificación de sistemas	143
• Componentes de servicios urbanos de drenaje sostenible SUDS	152
• Paleta Vegetal	165
• Propuesta metodologica para implementación	167
VIII. CAPITULO 7 PROPUESTA DE APLICACIÓN	
• Aplicación de los sistemas suds en la colonia Prados Verdes	173
IX. CAPÍTULO 8 MARCO ECONOMICO	177
• Presupuesto paramétrico	178
• Posibles formas de financiamiento	181
X. CAPÍTULO 9 CONCLUSIONES	
• Conclusiones	183
• Glosario	186
• Bibliografía	190



I. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

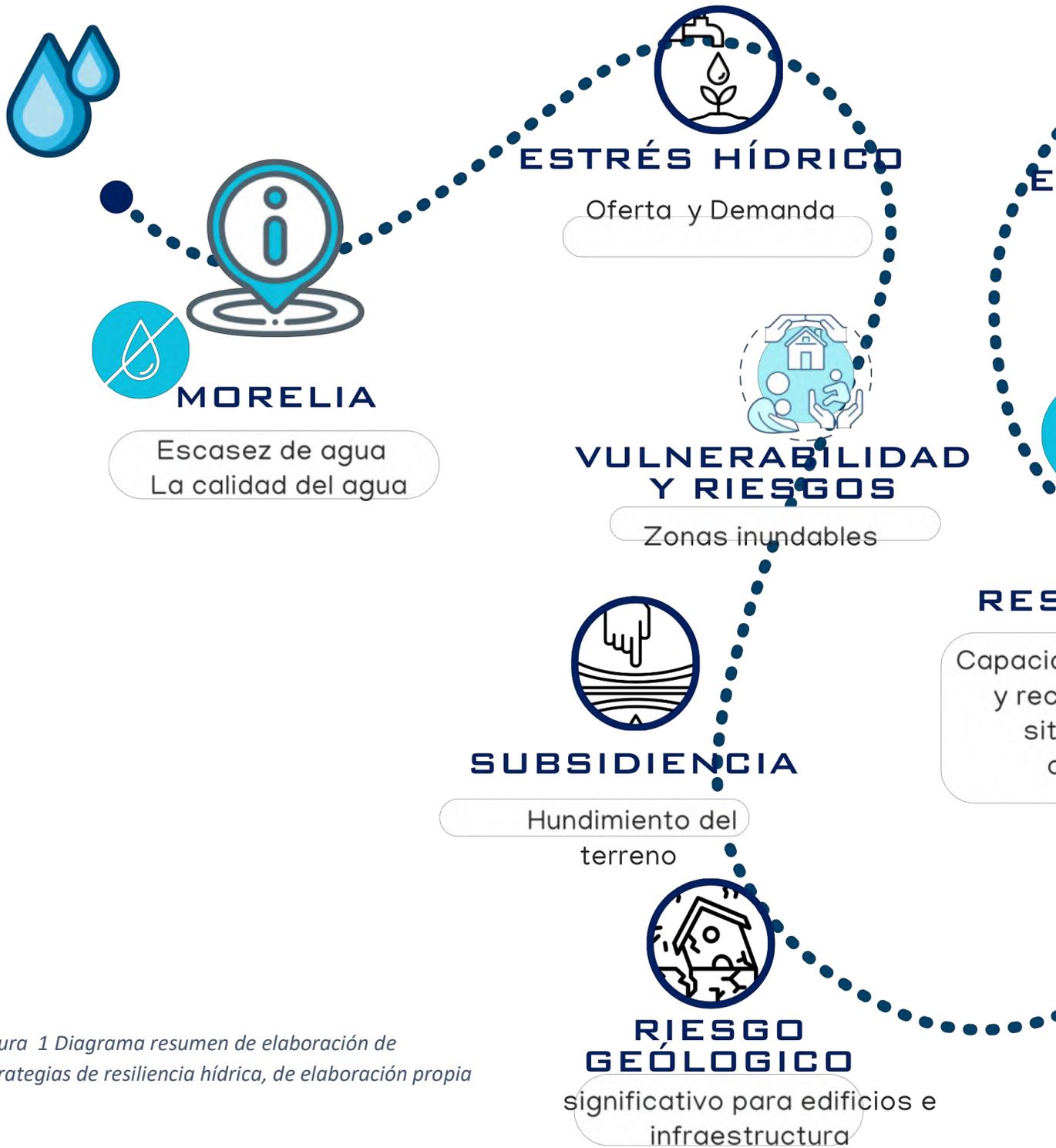
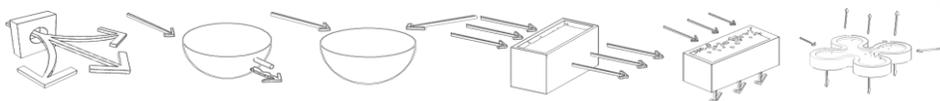


Figura 1 Diagrama resumen de elaboración de estrategias de resiliencia hídrica, de elaboración propia





CREACIÓN DE ESPACIOS VERDES

Fomenten la sostenibilidad del agua y la conservación de áreas verdes para recargar los acuíferos.



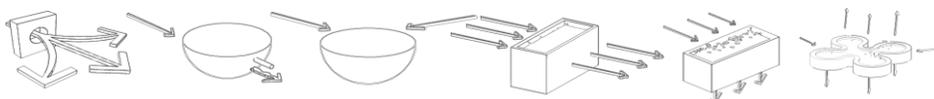
RESILIENCIA

Capacidad de adaptarse y superarse tras situaciones de adversidad



ESTRATEGIAS

Gestión del agua
Implementación de SUDS
Resiliencia hídrica
Disminuir riesgo de inundaciones



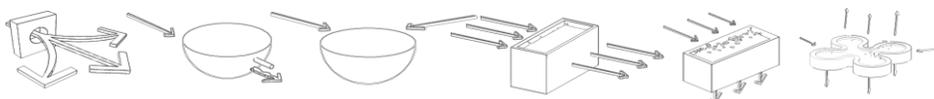
INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha provocado un deterioro creciente de los recursos naturales, lo cual exige nuevas estrategias de gestión urbana, especialmente en ciudades como Morelia, donde se combinan fenómenos como la escasez de agua potable y las inundaciones frecuentes. Esta situación evidencia la necesidad de implementar una gestión integral del recurso hídrico, adaptada a las características específicas del entorno local.

La ciudad presenta alta vulnerabilidad ante fenómenos naturales y agravada por el crecimiento de población, el desorden urbano y la presión sobre los recursos. En este contexto, resulta de suma importancia fortalecer su capacidad de respuesta y adaptación ante escenarios ambientales adversos, lo cual implica planificar con anticipación y aplicar medidas que aumenten su resiliencia y optimicen la calidad de vida de la localidad. (Gobierno de la Republica Mexicana, SEGOB, SEDATU, PROTECCION CIVIL MEXICO, ONU HABITATHAT, 2016).

Tradicionalmente, en el desarrollo urbano se ha considerado al agua como un problema a resolver, en lugar de reconocer su valor como recurso vital. Esta visión ha llevado al deterioro de los ecosistemas hídricos y a un manejo inadecuado del ciclo del agua, aumentando la vulnerabilidad de las ciudades frente a desastres naturales. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

Los sistemas tradicionales de drenaje, basados en infraestructura gris, fueron diseñados para evacuar rápidamente el agua pluvial. Sin embargo, esta estrategia ha contribuido a impermeabilizar el suelo y eliminar áreas naturales, reduciendo la capacidad de evotranspiración e infiltración. Como consecuencia, aumentan la escorrentía, el riesgo de inundaciones, la erosión y la contaminación en entornos urbanos. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).



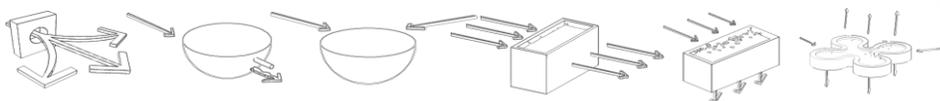




Figura 2 ¡Fotografía propia de la colonia prados verdes, tomada con dron de la UMSNH





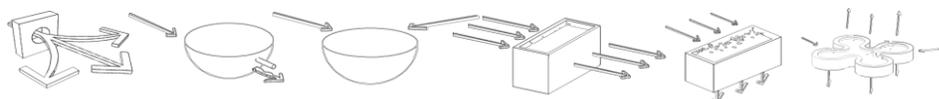


PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento apresurado de la población y el uso intensivo de los recursos naturales han puesto en riesgo el abastecimiento para las siguientes generaciones. En este contexto, el agua se posiciona como un recurso fundamental cuya gestión se ha vuelto cada vez más compleja en entornos urbanos. La ONU advierte que una de las principales amenazas en las ciudades está relacionada con el manejo eficiente del agua, el alcantarillado y los residuos, lo que conlleva consecuencias como inundaciones, riesgos sanitarios y deslizamientos. (Gobierno de la Republica Mexicana, SEGOB, SEDATU, PROTECCION CIVIL MEXICO, ONU HABITATHAT, 2016).

Las actividades humanas, como la urbanización desordenada y el cambio en el uso del suelo, afectan negativamente la disponibilidad hídrica. Por ejemplo, la deforestación altera el comportamiento de las cuencas, disminuye la capacidad de retención del agua y aumenta el riesgo de inundaciones, al mismo tiempo que perjudica la recarga de los acuíferos y la productividad agrícola. A medida que aumenta la necesidad de agua, resulta fundamental que se concreten acuerdos sobre el uso compartido del agua a fin de garantizar un acceso equitativo a todas personas y también para el medio ambiente. (Instituto Geofísico UNAM, 2019).

La principal intención de este ejercicio es hacer una recopilación de datos importantes de la ciudad con respecto al impacto que tiene el agua, tanto en su escasez de agua dulce y las constantes inundaciones en época de lluvias y a través del diseño implementar un prototipo que aminore huella que crean las inundaciones en Morelia y al mismo tiempo ser una propuesta que apoye a regenerar la filtración de agua a los mantos acuíferos. Para complementar las principales afectaciones relacionados a problemas de agua, siendo Morelia una ciudad sensible al agua, se realizó el siguiente diagrama con situaciones de problemas de escasez de agua y afectaciones por inundaciones (*ver Figura 3*) para identificar causas y problemas posibles para el presente trabajo. Mismo que servirá como antecedente para la justificación del trabajo a realizar.



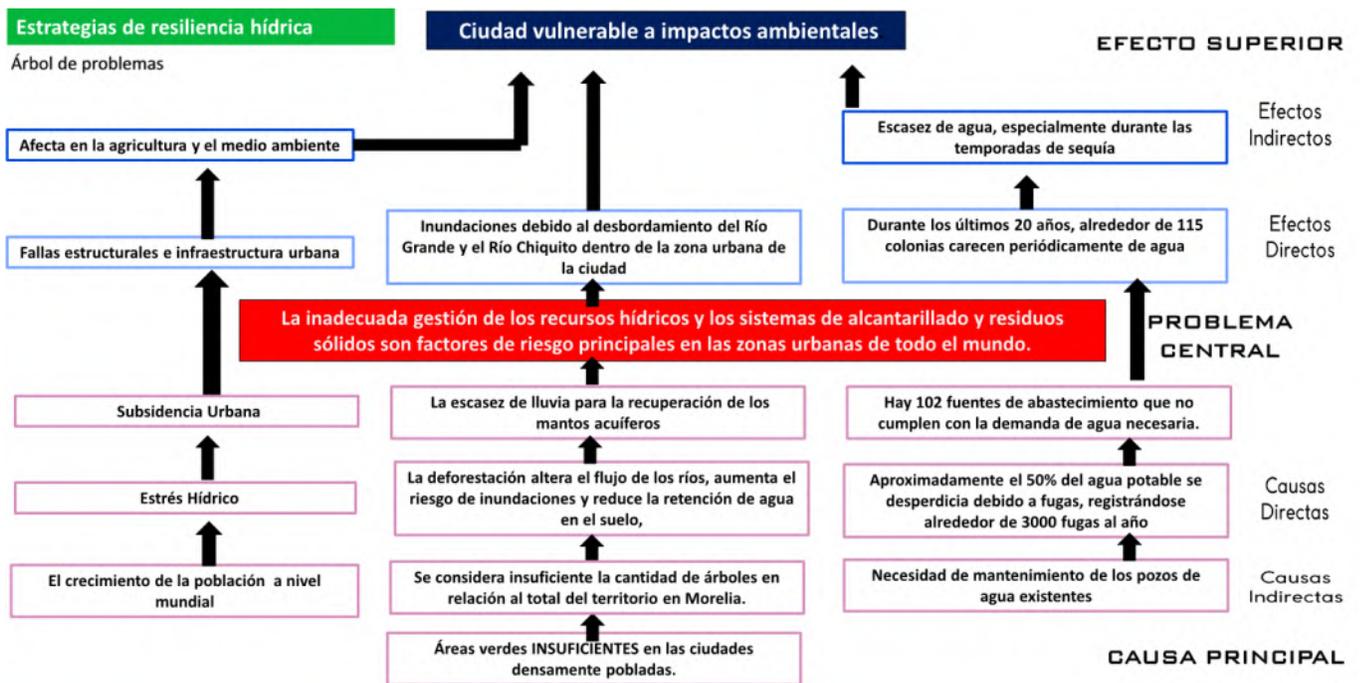
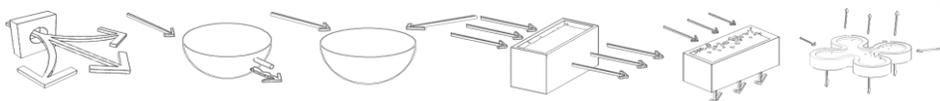


Figura 3 Diagrama Árbol de problemas de estrategias de resiliencia hídrica en Morelia



Posterior al árbol de problemas se realizó un árbol de objetivos (como se muestra en la Figura 4).

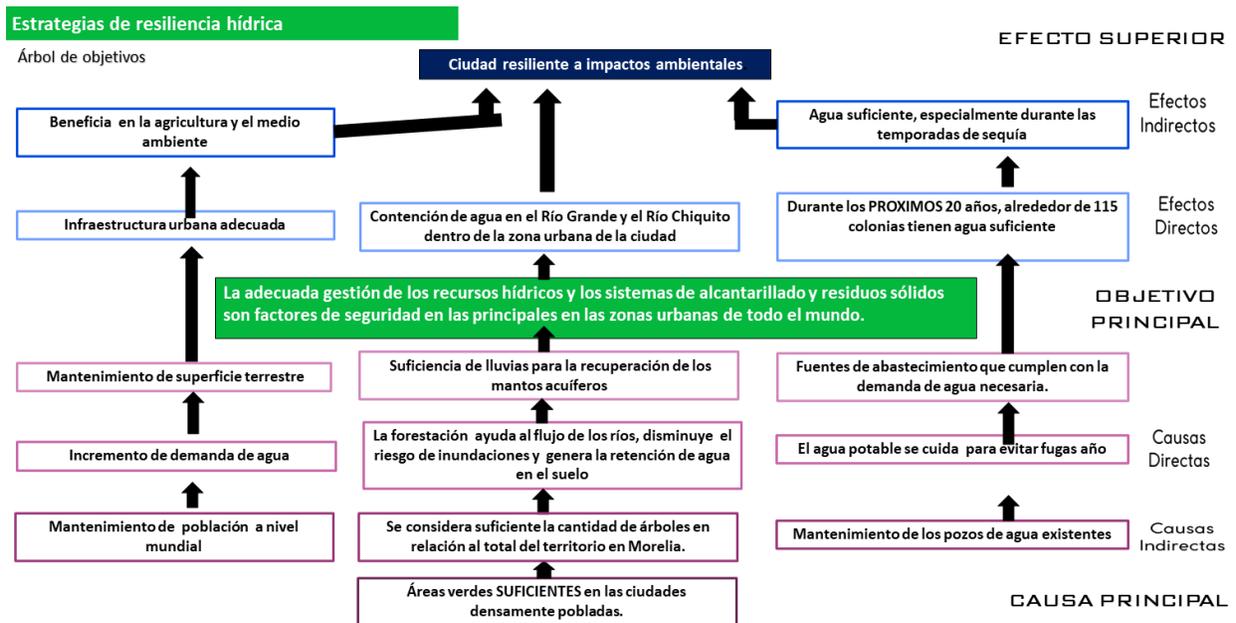
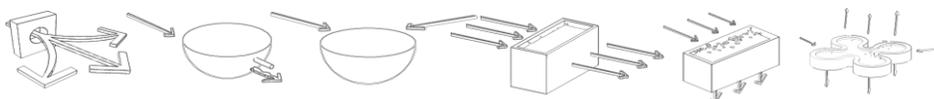


Figura 4 Diagrama Árbol de objetivos de estrategias de resiliencia hídrica en Morelia



EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN A NIVEL MUNDIAL Y LA INESTABILIDAD POLÍTICA HACEN QUE LA CIUDAD SEA VULNERABLE A IMPACTOS AMBIENTALES.

(Gobierno de la República Mexicana, SEGOB, SEDATU, PROTECCION CIVIL MEXICO, ONU HABITAT, 2016).

EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE HA REGISTRADO UN AUMENTO EN LAS INUNDACIONES GRANDES Y EN LA CIUDAD.

MORELIA ENFRENTA PROBLEMAS DE ESCASEZ DE AGUA, ESPECIALMENTE DURANTE LAS TEMPORADAS DE SEQUÍA.

(Gobierno de la República Mexicana, SEGOB, SEDATU, PROTECCION CIVIL MEXICO, ONU HABITAT, 2016).

LA INADECUADA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y RESIDUOS SÓLIDOS SON FACTORES DE RIESGO PRINCIPALES EN LAS ZONAS URBANAS DE TODO EL MUNDO.

ONU

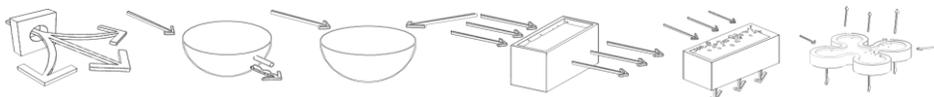
LA DEFORESTACIÓN ALTERA EL FLUJO DE LOS RÍOS, AUMENTA EL RIESGO DE INUNDACIONES Y REDUCE LA RETENCIÓN DE AGUA EN EL SUELO, LO CUAL AFECTA LA AGRICULTURA Y EL MEDIO AMBIENTE.

(Instituto de Geofísica UNAM, 2019).

LA TASA DE ÁREA VERDE EN LA ZONA URBANA DE MORELIA ES MUY REDUCIDA, REPRESENTANDO UNA SUPERFICIE MUY PEQUEÑA. LOS VALORES SATISFACTORIOS OSCILAN ENTRE EL 20% Y EL 30%.

(Comisión Nacional del Agua, 2010).

Figura 5 Diagrama Marco lógico



ÚLTIMOS AÑOS, MORELIA HA EXPERIMENTADO MÁS INUNDACIONES DEBIDO AL DESBORDAMIENTO DEL RÍO CHICUITO DENTRO DE LA ZONA URBANA DE

(NEVA, 2018).

SEGÚN EL ORGANISMO OPERADOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE MORELIA (OOPAS, S.F.), ACTUALMENTE HAY 102 FUENTES DE ABASTECIMIENTO QUE NO CUMPLEN CON LA DEMANDA DE AGUA NECESARIA.

<https://fuentes.oopas.gob.mx/>

FALTA DE MANTENIMIENTO O A LA DISMINUCIÓN DEL SUMINISTRO DE AGUA DE LOS POZOS EXISTENTES

<https://fuentes.oopas.gob.mx/>

APROXIMADAMENTE EL 50% DEL AGUA POTABLE SE DESPERDICIA DEBIDO A FUGAS, REGISTRÁNDOSE ALREDEDOR DE 3000 FUGAS AL AÑO.

(Legislatura Michoacán, 22).

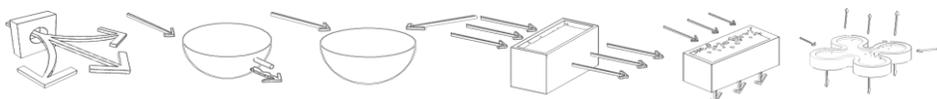
DURANTE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS, ALREDEDOR DE 115 COLONIAS CARECEN PERIÓDICAMENTE DE AGUA

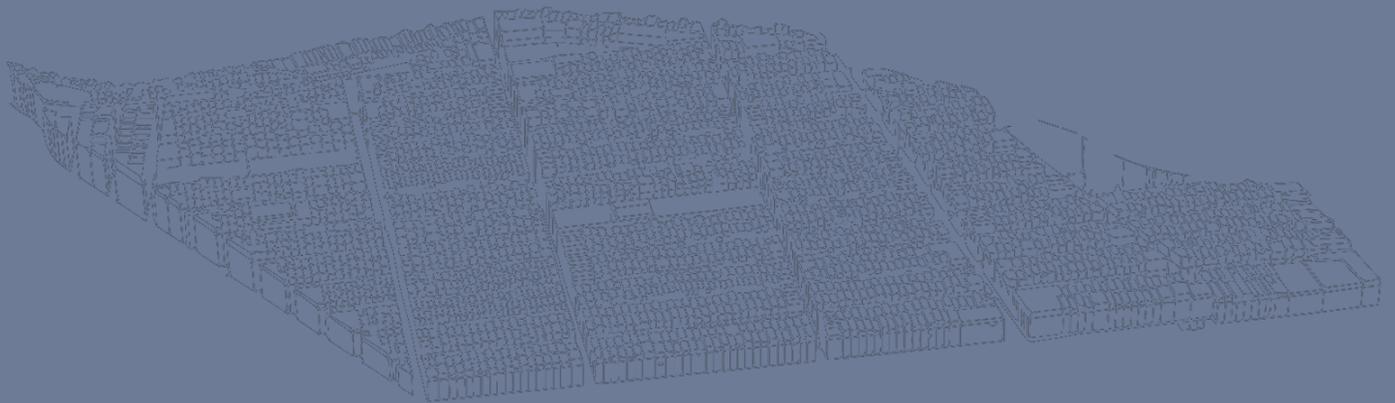
(Legislatura Michoacán, 22).

LA ESCASEZ DE AGUA PARA LA RECUPERACIÓN DE LOS MANTOS ACUÍFEROS ES UN PROBLEMA QUE SE VE AGRAVADO POR LA FALTA DE ÁREAS VERDES EN LAS CIUDADES DENSAMENTE POBLADAS.

(Comisión Nacional del Agua, 2010).

LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO ES SOLO EL 12.31% DE SU SUPERFICIE TOTAL, CONSIDERADOS COMO URBANIZADOS EN EL 10% Y EL 30%.

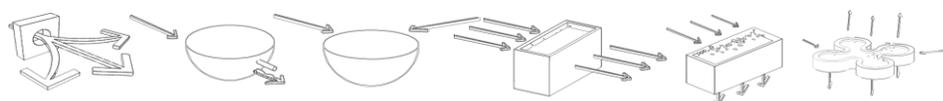




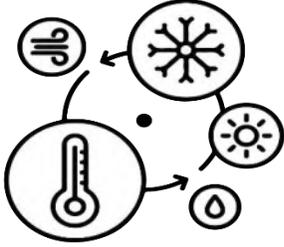
-JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo abordará una de las problemáticas ambientales más relevantes que tiene la ciudad; inundaciones en verano y estrés hídrico sobre todo en época de calor; muchas colonias de la ciudad de Morelia se ven afectadas, según El Organismo Operador de Agua Potable y Saneamiento de Morelia, (OOAPAS, s.f.) de acuerdo con la fecha de consulta en enero del 2024, existen alrededor de 50 fuentes hídricas que proveen agua a diferentes colonias de la ciudad y estas se encuentran por debajo del gasto de agua necesaria.

Ya sea por falta de mantenimiento, o porque los pozos ya no suministran suficiente agua; se evidencia la necesidad de evaluar la posibilidad de nuevas fuentes de abastecimiento como pozos adicionales, el agua que se suministraba con anterioridad ha disminuido en calidad y cantidad por múltiples razones: debido a las islas de calor, a la ausencia de filtración de agua hacia el subsuelo, al aumento de población, al cambio climático, a la permeabilización de los suelos, en la extensión de las colonias o con la creación de nuevos conjuntos habitacionales, entre otros.



CAMBIO CLIMÁTICO



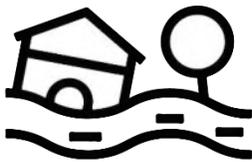
AGOTAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES



RIO GRANDE Y RIO CHIQUITO



INUNDACIONES



ESCASES DE AGUA

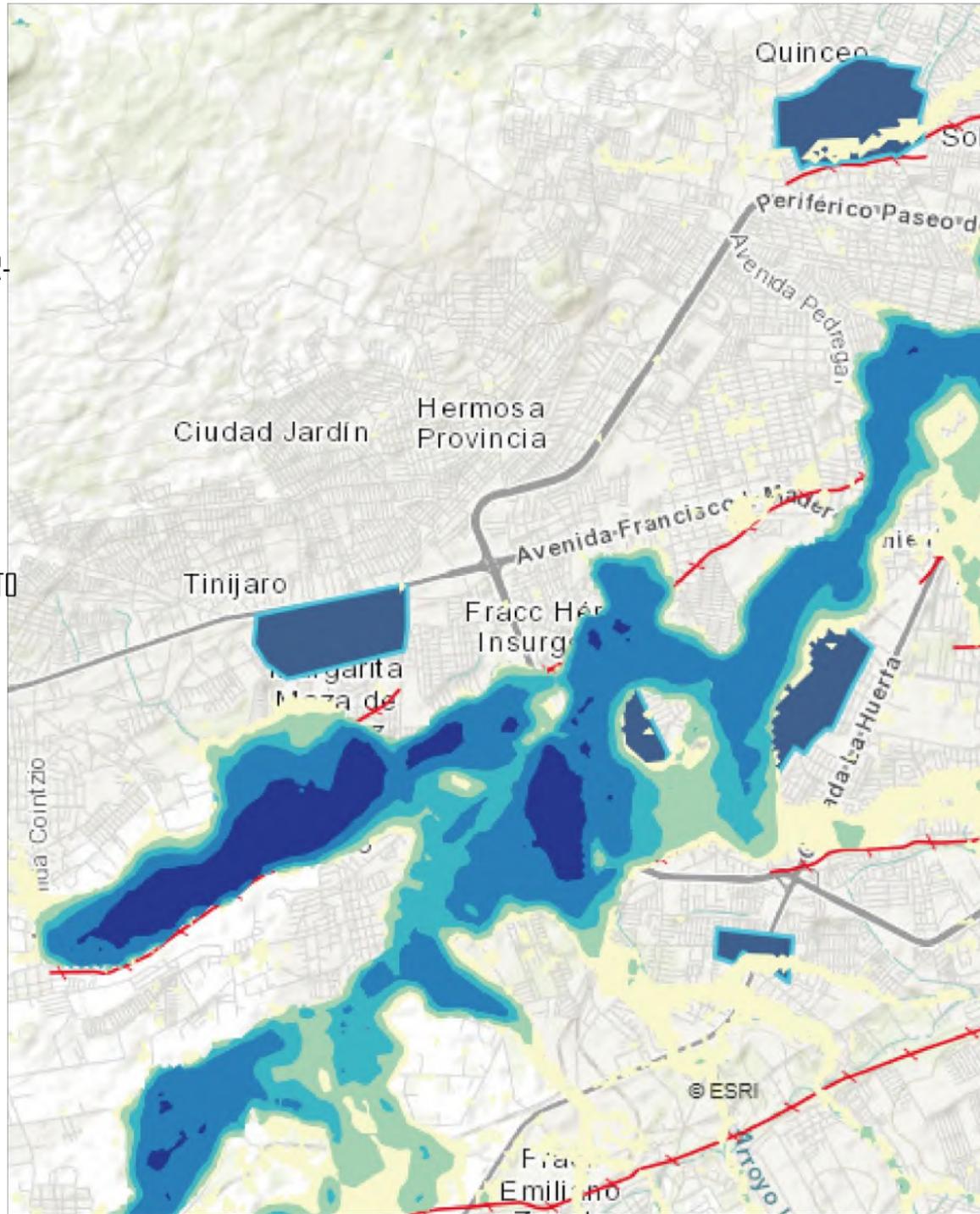
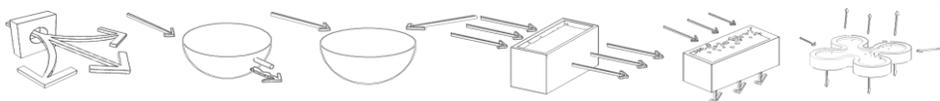
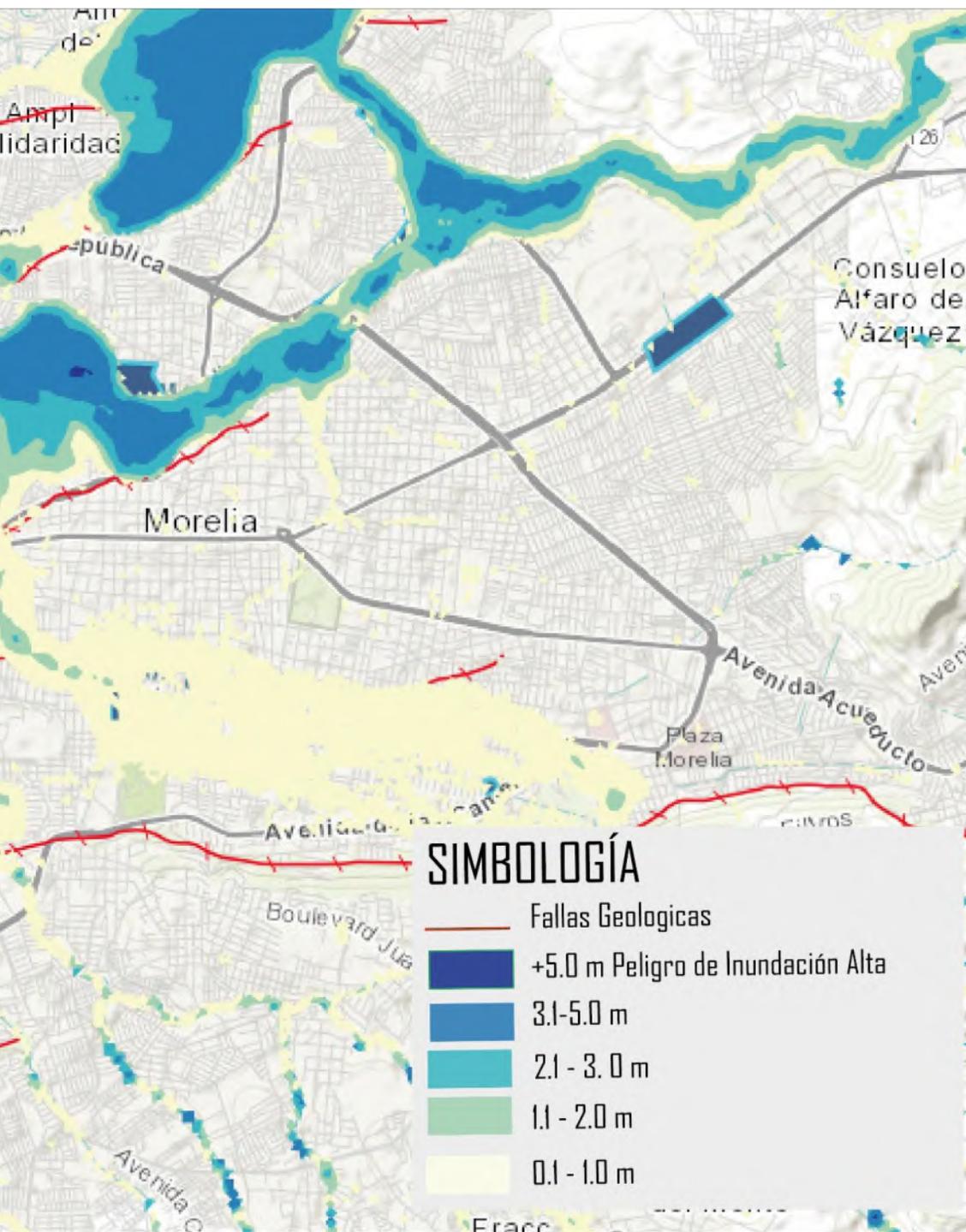
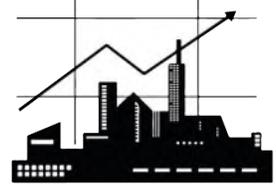


Figura 1 | 6 DIAGRAMA: elaborado con imagen de Vulnerabilidad y Riesgos para representar los efectos de la problemática relacionada a problemas de agua en la ciudad, | Imagen tomada de la página del Implan "Mapa interactivo de Morelia" link: <https://sigmo>

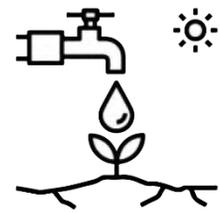




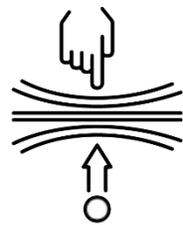
CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN



ESTRÉS HIDRICO



SUBSIDENCIA URBANA



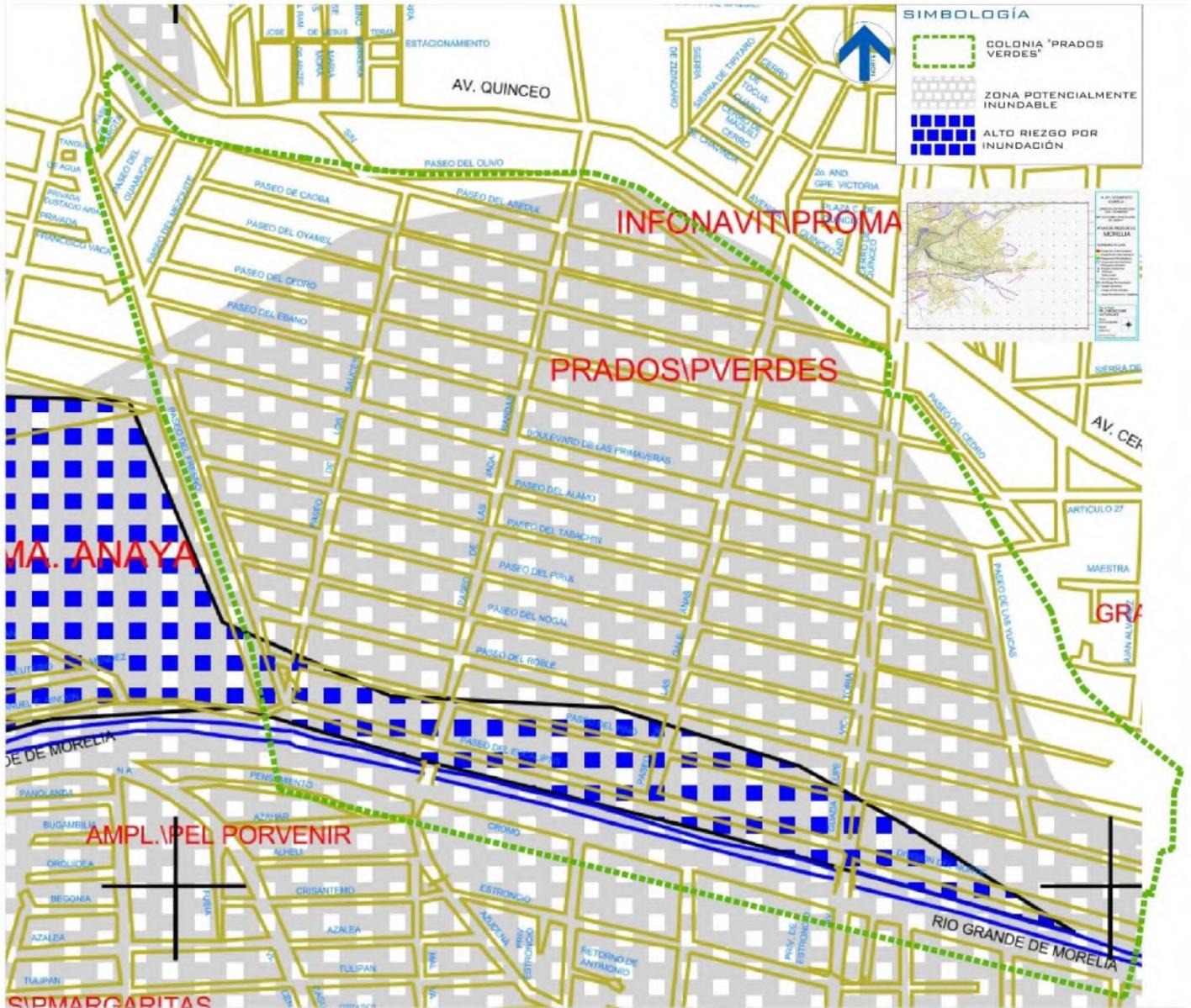
TALA DE ÁRBOLES



DETERIORO AMBIENTAL

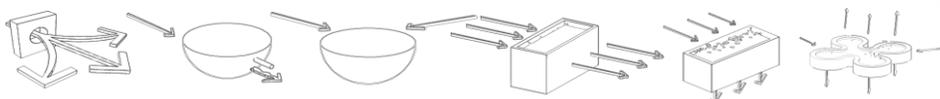


En la época de lluvia se presentan inundaciones en zonas vulnerables, sobre todo cerca de los cauces del Río Grande, según el Plano de peligrosidades naturales del sector nueva



Atlas de Riesgos

Figura 7| Plano realizado con base al "Plano de peligrosidades naturales del sector nueva España del Atlas de Riesgos de Morelia" elaboración propia.



España, consultado del atlas de riesgos de la ciudad, (fecha de consulta febrero de 2024) la colonia Prados Verdes, está dentro de una zona potencialmente inundable, y también con zonas de alto riesgo por inundaciones.

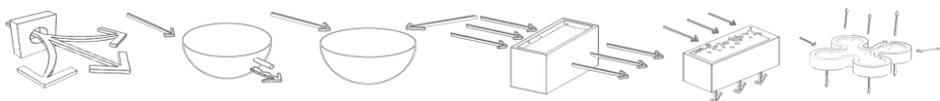
En la siguiente tabla se muestran algunas notas periodísticas de registros de inundaciones en los últimos años:

Tabla 1 Registro de inundaciones en Morelia

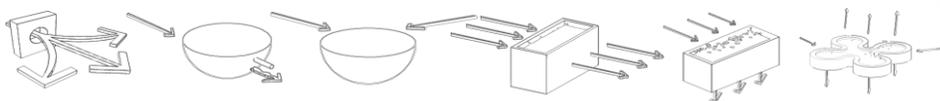
REGISTRO DE INUNDACIONES				
FECHA DEL EVENTO	COLONIA /AFECTACIONES	ALTURA MÁXIMA ALCANZADA	AFECTACIÓN POR BIENES INMUEBLES	FUENTE DE INFORMACIÓN
09 de junio de 2022 (1)	Protección Civil de Morelia reportó afectaciones en la colonia Prados Verdes, así como encharcamientos en diversas colonias ubicadas al poniente y norte de la ciudad, incluyendo zonas bajas como el bulevar García de León y la avenida Madero en dirección a la salida a Quiroga. (Elorriaga, 2022).	50 cm	Si	La Jornada
31 de julio del 2020 (2)	Tras la intensa lluvia registrada esta tarde, la colonia Prados Verdes sufrió severas inundaciones en al menos tres de sus calles, según confirmó el Coordinador de Protección Civil y Bomberos de Morelia, Rogelio Rangel Reguera.. (Velázquez, 2020).	- - -	Si	Contramuro
31 de julio del 2020 (3)	La tarde de este viernes una fuerte lluvia azotó a varias zonas de la capital michoacana, lo que provocó encharcamientos en diversas calles y avenidas, así como afectaciones en inmuebles ubicados en las colonias Prados Verdes y Paseo del Roble. (Valenzuela, 2020).	- - -	Si	Francisco Valenzuela El Sol de Morelia



27 de julio de 2022 (4)	Morelia fue afectada por una fuerte tormenta con granizo que provocó inundaciones, acumulación de agua, cortes de energía eléctrica y tráfico congestionado en varias zonas de la ciudad. Las colonias más afectadas por las inundaciones incluyen Mariano Escobedo, Prados Verdes, Jacarandas, El Realito y Carlos Salazar. Los residentes de Prados Verdes reportaron inundaciones en las calles Paseo del Roble, Ébano, Nogal, Primavera, Pirul y Tabachín, debido a la intensa tromba que cayó en las áreas sur y poniente de Morelia. (La voz de michoacán, 2022).	- - -	Si	La Voz de Michoacán
9 junio de 2022 (5)	El ayuntamiento de Morelia informó que las lluvias ocurridas la noche del 8 de junio provocaron inundaciones, caída de árboles y lonas, así como interrupciones en el suministro eléctrico. En la intersección de las calles Paseo del Roble y Paseo de las Galeanas, en la colonia Prados Verdes, las inundaciones alcanzaron hasta un metro de altura, afectando las cocheras de viviendas en un área de aproximadamente 40 metros a la redonda. (Alfaro F. , Quadratín, 2022).	1 m	Si	Quadratín Michoacán
28 junio de 2024 (6)	El día 28 de junio de 2024, Durante la tarde del 27 de junio, una fuerte lluvia sorprendió a los habitantes de la ciudad de Morelia, y cual dejó diversas afectaciones en varias zonas. El nivel del agua alcanzó el interior de las viviendas, provocando afectaciones en áreas habitacionales. (Aguilar, 2024).	-	si	CB Televisión
09 julio de 2024 (7)	Morelia colapsó debido a la intensa lluvia de esta tarde, por lo que se implementó un operativo para atender las inundaciones. Las fuertes precipitaciones causaron encharcamientos, vehículos varados o averiados, semáforos fuera de servicio, cierres viales y congestionamiento en diversas calles de. (La voz de Michoacán, 2024).	-	si	La Voz de Michoacán.

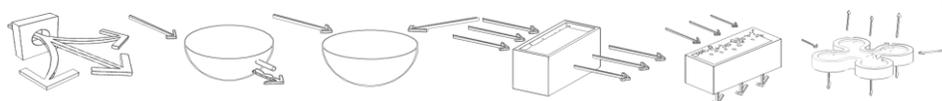


17 de julio de 2024 (8)	Lluvia Morelia: encharcamientos en diecinueve zonas, tres árboles derrumbados y una barda. (Alfaro F. , Quadratín, 2024)		si	Quadratín
31 de julio de 2024 (9)	Granizada en Morelia Una granizada atípica se registró en las zonas centro y norte de la ciudad, provocando fuertes encharcamientos en las principales calles y avenidas de estas áreas de la capital michoacana. (Alfaro E. A., 2024)		si	Quadratín
02 de agosto de 2024 (10)	Protección Civil y Bomberos Municipales informaron que la lluvia registrada provocó severas afectaciones, incluyendo inundaciones, encharcamientos, la caída de árboles, la formación de un socavón y el colapso de una barda perimetral, así como daños a la infraestructura urbana. (Alfaro F. , Quadratín, 2024).		si	Quadratín
16 de agosto de 2024. (11)	Las lluvias ocurridas en Morelia entre la noche del jueves y la madrugada del viernes dejaron un saldo de 10 viviendas afectadas, informó Netzahualcóyotl Vázquez Vargas, secretario de Servicios Públicos. En una llamada telefónica, precisó que únicamente tres de estas viviendas solicitaron apoyo al personal municipal desplegado para la limpieza de residuos acumulados. Las casas afectadas se ubicaron principalmente en los alrededores de la avenida Michoacán, donde se presentaron encharcamientos cerca del río Grande y de los drenes Carlos Salazar y Arroyo de Tierras. (Alfaro F. , 2024)		Si	Quadratín
16 de agosto de 2024. (12)	Las lluvias dejan inundaciones y encharcamientos en 7 colonias de Morelia. (Cambio de Michoacán, 2024)			Cambio de Michoacán.



(1)	La jornada,	(2022, junio 9).	https://www.jornada.com.mx/notas/2022/06/09/estados/reportan-calles-inundadas-por-fuertes-lluvias-en-morelia	fecha de consulta 11-mayo-2024.
(2)	Contramuro,	(2020, julio 31).	https://www.contramuro.com/prados-verdes-con-fuertes-inundaciones-tras-lluvia-pc/	fecha de consulta 11-mayo-2024.
(3)	El Sol de Morelia,	(2020,julio 31).	https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/colonia-prados-verdes-con-afectaciones-tras-la-intensa-lluvia-en-morelia-5567022.html	fecha de consulta 11-mayo-2024.
(4)	La Voz de Michoacán,	(2022, julio 27).	https://www.lavozdemichoacan.com.mx/michoacan/clima/videos-fuerte-tormenta-deja-inundaciones-cortes-de-luz-y-mucho-trafico-en-morelia	fecha de consulta 11-mayo-2024.
(5)	Quadratín Michoacán,	(2022, junio 09).	https://www.quadratin.com.mx/principal/fuertes-lluvias-dejan-inundaciones-de-hasta-un-metro-en-morelia	fecha de consulta 11-mayo-2024.
(6)	CB Televisión,	(2024, junio 28),	https://cbtelevision.com.mx/vecinos-de-prados-verdes-sufren-por-inundaciones	fecha de consulta 28 de junio de 2024.
(7)	La voz de Michoacán,	(2024, de julio 09),	en https://www.lavozdemichoacan.com.mx/michoacan/morelia-appmobil/en-40-minutos-llovio-la-misma-cantidad-que-en-15-dias-ayuntamiento-de-morelia	fecha de consulta 16 de agosto de 2024
(8)	Quadratín,	(2024, julio 17)	https://www.quadratin.com.mx/principal/lluvia-morelia-encharcamiento-en-19-puntos-una-barda-y-3-arboles-caidos/	fecha de consulta 16 de agosto de 2024
(9)	Quadratín,	(2024, julio 31)	https://www.quadratin.com.mx/principal/sorprende-granizada-en-el-centro-y-norte-de-morelia/	fecha de consulta 16 de agosto de 2024
(10)	Quadratín Michoacán,	(2024, agosto 02),	https://www.quadratin.com.mx/principal/lluvia-en-morelia-provoco-inundaciones-y-colapso-de-infraestructura-pc/	fecha de consulta 16 de agosto de 2024
(11)	Quadratín Michoacán,	(2024, agosto 16),	https://www.quadratin.com.mx/principal/dejaron-lluvias-10-viviendas-afectadas-en-morelia-la-madrugada-de-viernes/	fecha de consulta 16 de agosto de 2024
(12)	Cambio de Michoacán,	(2024, agosto 16)	en https://cambiodemichoacan.com.mx/2024/08/16/lluvias-deja-inundaciones-y-encharcamientos-en-7-colonias-de-morelia/	fecha de consulta 16 de agosto de 2024

En una publicación de la página de internet del congreso de Michoacán del día el 16 de noviembre del año 2022, se menciona que: El diputado Víctor Manríquez González, presento una propuesta para transformar la ley del agua y el manejo integral de las cuencas hidrológicas en Michoacán, donde se menciona que se debe invertir de manera urgente en infraestructura para

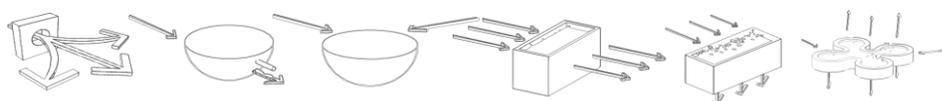


recolección de aguas pluviales, a efecto de aumentar el abastecimiento de agua y así poder garantizar la ciudadanía la correcta distribución, y también se menciona que casi la mitad del agua para consumo humano se pierde por tuberías en mal estado y se registran alrededor de 3000 fugas al año, y alrededor de 115 colonias periódicamente carecen de agua. (Legislatura Michoacán, 22).

Se percibe también que parte del problema de escasez de agua en las ciudades, es la ausencia de espacios verdes en zonas urbanas con alta densidad poblacional, puesto que el concreto al ser un material impermeable imposibilita que el agua llegue a los mantos, aunque la ciudad de Morelia cuenta con varias áreas verdes, la cantidad de árboles que existen dentro de la ciudad como el zoológico, el bosque Cuauhtémoc, el río grande, el boulevard, entre otros; El porcentaje de área verde del área urbana municipal es mínima, dado que solo hay un 12.31% de superficie de área verde y se dice que los valores aceptados como satisfactorios para una zona urbana, se encuentran entre 20% y 30% de su territorio. (Manuel Bollo Manent, 2022) (ver Figura 8).

Las áreas verdes aparte de permitir la permeabilidad del agua, las plantas y los árboles estabilizan el suelo, porque su sombra disminuye la evaporación y las islas de calor y a medida que los árboles transpiran aumenta la humedad en la atmosfera, atrapan el polvo suspendido en el aire y ayudan a mantener un ambiente más fresco.

El volumen de agua escasa es relativamente proporcional a la falta de agua que se filtra en la tierra, Dentro del ciclo hidrológico, gran parte del agua que cae como lluvia se evapora o es transpirada por la vegetación, mientras que otra parte fluye por cauces naturales como ríos o se filtra en el subsuelo, alimentando los mantos acuíferos subterráneos. (Comisión Nacional del Agua, 2010).



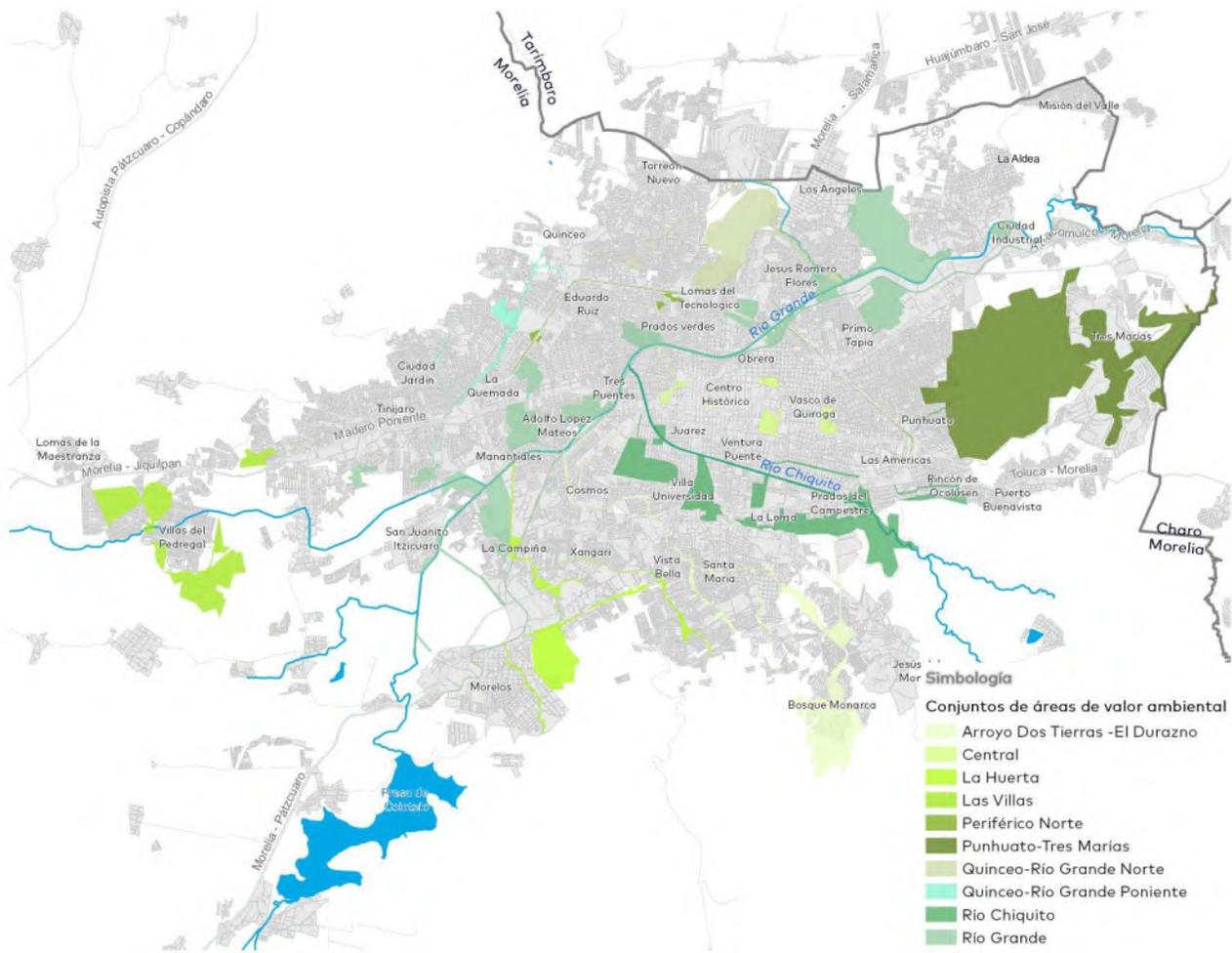
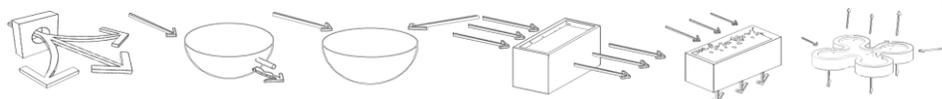
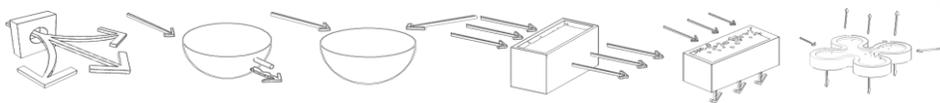
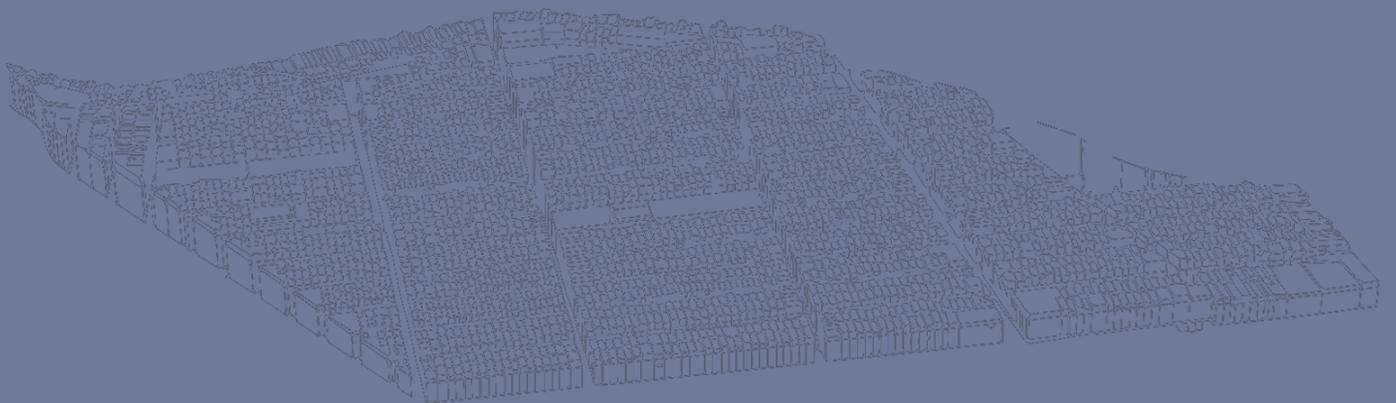


Figura 8|Conjunto de Áreas verdes de valor ambiental en Morelia <https://inplanmorelia.org/site/pmd-planeacion/>







OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

BUSCAR UNA SERIE ALTERNATIVAS CORRECTIVAS PARA PROMOVER EL CICLO DEL AGUA

Proponer y desarrollar un estudio de la zona con el fin de establecer medidas preventivas y correctivas de resiliencia hídrica mediante la elaboración de un manual que aborde el impacto a largo plazo de la falta de agua en la localidad. Se promoverá principalmente el abastecimiento de los acuíferos a través de la infiltración del agua y la captación de lluvia. Se considerarán diversas alternativas, como la instalación de colectores de agua pluvial, con el propósito a largo plazo de reducir el impacto negativo de las inundaciones.

OBJETIVOS DE DISEÑO

ELABORAR EL DISEÑO DE UN MANUAL DE ESTRATEGIAS, QUE SIRVA DE INSTRUMENTACIÓN TÉCNICA, ADMINISTRATIVA Y JURÍDICA.

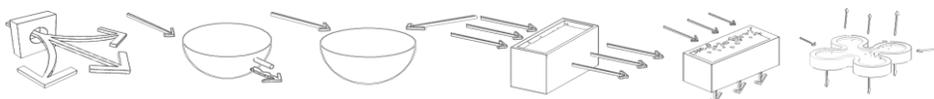


Elaborar el diseño de un manual de estrategias a manera de catálogo, para fomentar la restauración del ciclo hidrológico, inicialmente en la colonia "Prados Verdes" y que sea replicable, que sirva de instrumentación jurídica, es decir que pudiera ser aplicable de carácter obligatorio para que sea de utilidad para la correcta distribución del agua en la ciudad con diferentes alternativas para cada caso necesario.

OBJETIVOS SOCIAL:



EXPLORAR DIVERSAS MEDIDAS PARA MITIGAR DE MANERA PARCIAL EL ESTRÉS HÍDRICO, LA CORRECTA GESTIÓN DEL



AGUA Y EL RIESGO ANTE INUNDACIONES PARA QUE LA GENTE TENGA AGUA Y NO PIERDA SUS BIENES.

Incentivar a las autoridades correspondientes y a la población, para concientizar con el correcto uso del agua e implementar alternativas correctivas para promover la recuperación del agua.

Fomentar la conservación del agua mediante la disminución del uso de agua potable y el aumento de la reutilización de aguas grises en los hogares.

OBJETIVO AMBIENTAL



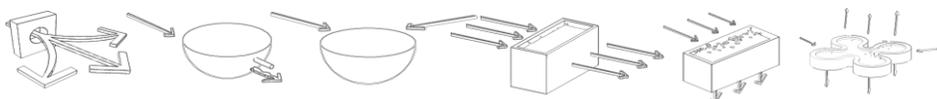
INGENTIVAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE 6 Y 11

El ODS 6 menciona que se debe garantizar el suministro del agua y los servicios sanitarios para todos.

- Se trata de incentivar el cumplimiento del ODS 6, a nivel municipio en el que se pretende garantizar la disponibilidad de agua limpia apta para consumo humano.

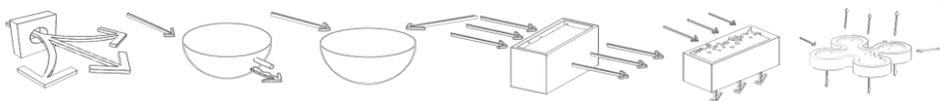
El ODS 11 busca que las ciudades sean equitativas, garanticen seguridad, resilientes y sostenibles ante riesgos ambientales

- Fomentar el cumplimiento del ODS número 11, que pretende impulsar la creación de entornos urbanos y entidades que sean incluyentes, protectores, resistentes y perdurables.
- Contrarrestar el impacto de escasez de lluvia al inducir en pequeña escala el agua hacia los mantos acuíferos.



ALCANCES

Identificar medidas preventivas y correctivas para inducir que se complete el ciclo del agua, mediante estrategias que promuevan la permeabilidad del suelo en zonas urbanizadas de Morelia, como resultado de un diagnóstico en el análisis de la colonia "Prados Verdes" de acuerdo al estudio de sus componentes naturales, artificiales y sociodemográficos.





II. CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

DRENAJE URBANO SOSTENIBLE

En zonas urbanas, el control de las aguas pluviales puede lograrse mediante sistemas que imitan procesos naturales, conocidos como SUDS. Estos sistemas permiten reducir riesgos y mejorar la gestión ambiental. Su finalidad es minimizar el escurrimiento superficial, favorecer la filtración del agua hacia el subsuelo y mejorar su calidad, lo que permite reducir el riesgo de inundaciones y avanzar hacia una gestión ambientalmente más responsable del agua en las ciudades. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

El concepto de SUDS nace en Reino Unido y fue adoptado en Escocia en el año 2000, donde su implementación se volvió una obligatoria desde el año 2003 (Sharma, 2008).

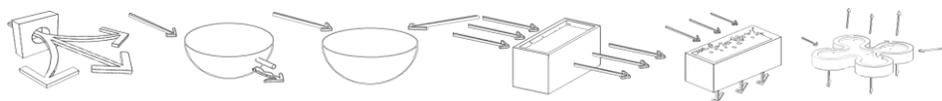
Los SUDS incluyen diversas soluciones de infraestructura verde que permiten la captar, retener y tratar del agua pluvial cerca de su punto de origen con, techos verdes, pavimentos que permiten la permeabilidad, jardines de lluvia y zanjas de infiltración, etc.; al incorporarse estos elementos en el diseño urbano, se logra una gestión más eficiente del agua, se mejora la biodiversidad y se crean espacios públicos más agradables y resilientes frente al cambio climático, los SUDS constituyen una estrategia ambientalmente responsable que busca armonizar la infraestructura de las localidades con el ciclo del agua, facilitando su absorción, retención y aprovechamiento local. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

Este enfoque busca integrar la gestión de agua de lluvias con la planeación urbana replicando de manera artificial los procesos del ciclo del agua en las ciudades, a diferencia del drenaje convencional que canaliza rápidamente el escurrimiento hacia los drenajes, los SUDS controlan la esorrentía en el paisaje urbano, favorecen la infiltración, retención y reutilización en el mismo sitio donde se generan. (IAGUA, s.f.)

Las Ciudades Sensibles al Agua son aquellas que integran una gestión responsable del agua dentro de su planificación urbana, promoviendo que favorezcan la conservación y cuidado al fomentar el ciclo del agua y se cree un equilibrio hídrico duradero.

La gestión hídrica en las ciudades sensibles al agua se basa en el principio de **“RETRASAR, RETENER, ALMACENAR, REUTILIZAR, DRENAR SOLO CUANDO SEA NECESARIO”**. (Espindola, 2021) Y las prácticas en el Diseño Urbano Sensible al Agua (DUSA) se basan en los siguientes elementos:

- Fomentar la **reutilización** de aguas grises en distintos usos domésticos y urbanos.
- El aprovechamiento de diferentes fuentes de abastecimiento.

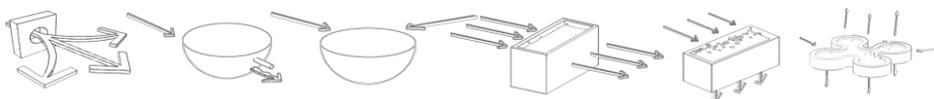


- **Retención** del agua de lluvia para su **almacenamiento** y **reutilización**, facilitando su reincorporación al medio natural.
- El uso de la vegetación para la **retención** y **filtración** del agua de lluvias.
- El uso de plantas tratadoras para aguas residuales.
- El uso combinado de aguas tratadas y agua de lluvia. (Espíndola, 2021)

PASOS A SEGUIR PARA UNA
RESILIENCIA HÍDRICA



Figura 9 Diagrama de gestión del agua, adaptación de libro "Hacia una ciudad de México sensible al agua" página 17



ATIVOS SOCIO-POLÍTICOS



Comodidad social,
protección ambiental

Limites de recursos
Naturales

Equidad, integridad ,
resistencia al cambio
climático



**CANALES DE LA
CIUDAD**

**CICLO DEL AGUA
EN LA CIUDAD**

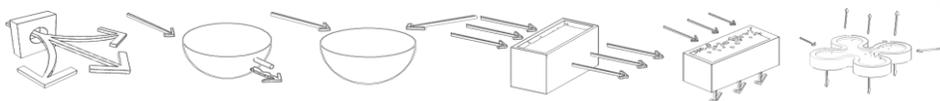
**CIUDAD SENSIBLE
AL AGUA**

Puntos y fuentes
difusos de la gestión de
la contaminación

Diversidad de fuentes y
conservación adecuadas
para la mejora y
protección del canal

Infraestructura multifuncional
adaptable y diseño urbano
que refuerce los comporta-
mientos sensibles al agua

MODOS DE ENTREGA



CADENA DE GESTIÓN DEL AGUA BAJO EL LEMA “RETRASAR, RETENER, ALMACENAR, REUTILIZAR, DRENAR SOLO CUANDO SEA NECESARIO”.

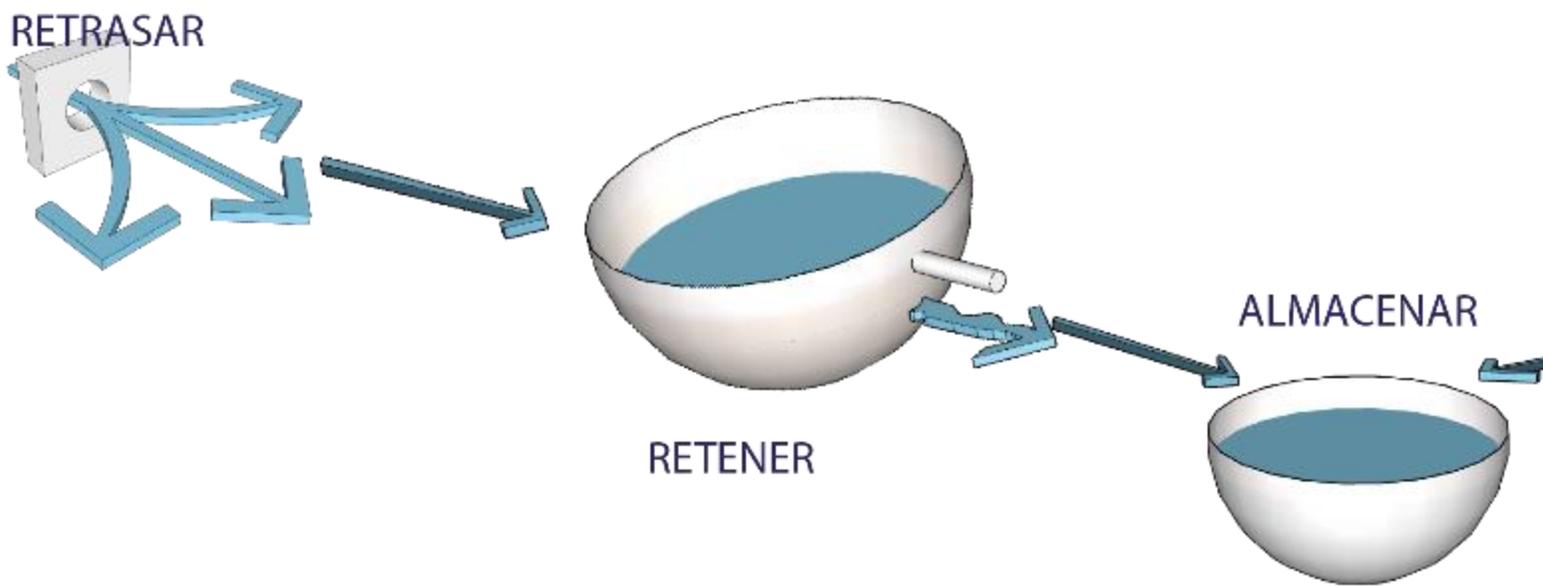
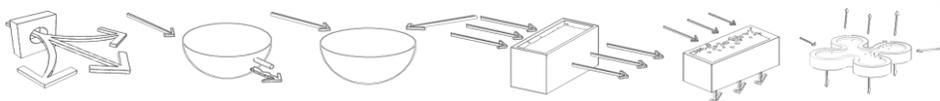
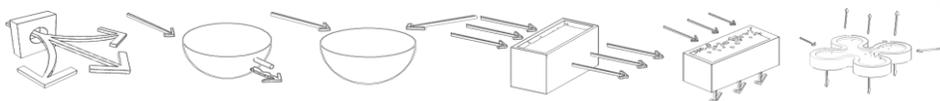
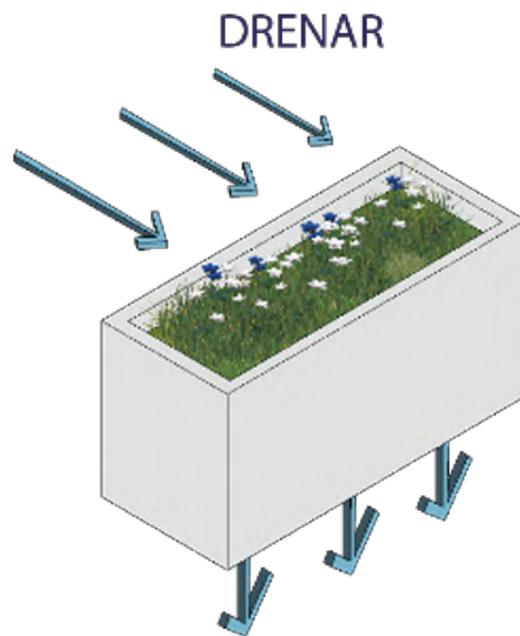
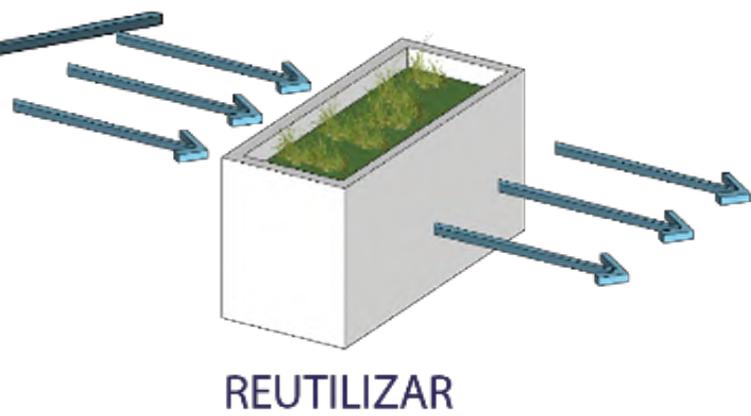


Figura 10| Diagrama de funcionamiento de la cadena de gestión del agua, elaboración propia





MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este apartado se describen algunos conceptos teóricos para entender más que son los sistemas urbanos de drenaje sostenible y sus antecedentes.

LOW IMPACT DEVELOPMENT (LID):

El significado de Desarrollo de Bajo Impacto conocido como (**LID**) es de origen de Nueva Zelanda y Estados Unidos, propone recuperar el proceso hidrológico natural previo a la urbanización, donde se priorizan soluciones locales para tratar las aguas pluviales en el punto de origen, favoreciendo la infiltración y el cierre del ciclo hidrológico. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

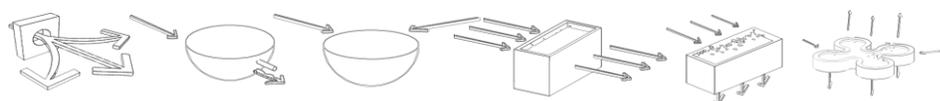
WATER SENSITIVE URBAN DESIGN (WSUD):

El Diseño Urbano Sensible al Agua (**WSUD**) se trata de una estrategia que proviene de Australia y que promueve la planificación de ciudades considerando el proceso hidrológico. Su meta principal es minimizar el impacto de la urbanización sobre cantidad y calidad del agua. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

INFRAESTRUCTURA VERDE



Tiene su capacidad basada en la diversidad biológica de la vegetación y en el funcionamiento integral de los ecosistemas, lo que significa que le permite mejorar el aprovechamiento de los espacios abiertos. Esta estrategia forma parte esencial en la planificación urbana, ya que promueve la resiliencia de las ciudades y proporciona servicios ecosistémicos que son clave para el bienestar de la comunidad y fomentan la valoración del medio ambiente. Cuando los elementos de infraestructura



verde se diseñan de forma adecuada, se ajusta a las condiciones locales y se le da un mantenimiento constante, se genera una amplia gama de beneficios. Estas estrategias inspiradas en procesos naturales permiten mitigar los efectos del cambio climático, aumentar la eficiencia ambiental y urbana, reducir las emisiones de dióxido de carbono, filtrar contaminantes, regular el ciclo hidrológico y climático, preservar la biodiversidad y contribuir directamente a la salud integral de los individuos. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

La infraestructura verde abarca todos los elementos del paisaje urbano que cumplen funciones hidrológicas, estas brindan significativos servicios ecosistémicos dentro de la red de drenaje urbano. Incluyen humedales, ríos, plazas, parques urbanos, corredores ferroviarios, calles, glorietas, jardines y más . (Aguilar-Maldonado et al., 2019)

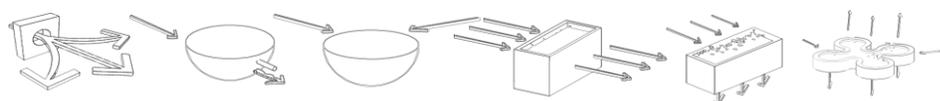
Es un guía de planeación que valora el rol principal de los espacios verdes y azules en la conservación del agua que propone una nueva forma de integrar e intervenir en paisajes urbanos, periurbanos, rurales y naturales. (Landscape Institute, 2009).

Promueve la conexión del paisaje. En sistemas de drenaje, la infraestructura verde descentraliza el control de escorrentía a lo largo de su recorrido, desde el origen hasta el destino final. Un diseño urbano eficaz puede reducir la escorrentía entre un 85% y 100%, protegiendo a las comunidades de daños importantes. (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2008).

ALMACENAMIENTO:



Este concepto se refiere a la capacidad de acumular agua pluvial. Con la finalidad de minimizar los volúmenes de flujos superficiales de lluvia y promover la sedimentación de partículas. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)



LA RETENCIÓN,



Es la capacidad de acumular el agua de manera permanente a lo largo del año, mientras que **la detención**, se trata de acumular agua e irla liberando poco a poco.

INFILTRACIÓN:



Es la acción de captar el agua superficial para que en lugar de escurrir el agua se **infiltre** al subsuelo, hacia los mantos acuíferos, con la porosidad de sus suelos, disminuyendo el volumen total de escorrentía.

CONDUCCIÓN:



Se trata de dirigir el agua de lluvia de un lado a otro sin que genere dificultades, este prioriza el flujo de agua de forma lenta, apoyándose de la rugosidad de la superficie, ayudando a bajar los caudales máximos, prevenir la degradación del suelo y promover el uso eficiente de los recursos del entorno

CIUDADES RESILIENTES

Son aquellas ciudades que tienen herramientas para enfrentarse a las consecuencias de las variaciones climáticas y reponerse de sus efectos, desde el diseño urbano, contar con tecnologías (SUDS), que ayudan para enfrentar el impacto a los cambios climáticos y busca:

- Disminución de los peligros asociados al clima extremo.
- Contribución a la mejora del espacio urbano y al bienestar de la población.



- Preservación del agua en ríos y lagos.
- Generación de hábitats para la fauna y fortalecimiento de la conectividad entre ecosistemas. (Patagua y Fundación Legado Chile, 2021)

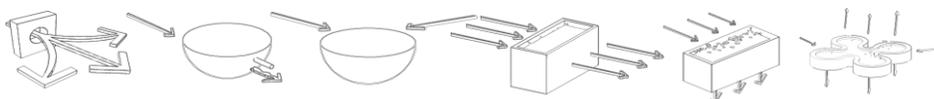
A continuación, se desarrollan algunos conceptos básicos para la comprensión lectora del presente trabajo:

1. AGUA RENOVABLE



El término agua renovable hace referencia al agua que se regenera de forma natural en lapsos relativamente cortos gracias a los procesos del ciclo del agua, como la lluvia, la infiltración en el suelo y el escurrimiento superficial. Esta categoría incluye cuerpos de agua como manantiales, lagos, ríos y mantos freáticos en proceso de recarga de manera continua. Su cantidad disponible está determinada por condiciones climáticas, características geográficas y el nivel de extracción o uso por parte de las personas. (Comisión Nacional del Agua, 2010)

El agua renovable se deduce al considerar el deslizamiento natural de lagos y ríos, la recarga anual de los acuíferos a través del ciclo hidrológico y el agua que se recibe por escorrentía de otras regiones. A este total se le sustrae la cantidad de agua que se transfiere a otras zonas. En México, las estimaciones del escurrimiento superficial interno y la reposición de agua subterránea se basan en los promedios obtenidos con estudios realizados en la zona. Para obtener la suma de agua renovable por habitante (per cápita), se divide el volumen total anual entre la población del país o región correspondiente. (Comisión Nacional del Agua, 2010)



Se considera que una zona está bajo condiciones de estrés hídrico cuando el volumen de agua renovable por habitante al año desciende por debajo de los 1,700 m³, según criterios internacionales establecidos. (Comisión Nacional del Agua, 2010).

El análisis del agua renovable se contempla de acuerdo con tres aspectos vitales:

Distribución temporal: En México, las condiciones climáticas generan una repartición diferente de las lluvias al año, concentrándose principalmente durante el verano (de junio a septiembre), mientras que en los meses posteriores predominan periodos de sequía.

Distribución geográfica: Hay una marcada desigualdad entre las distintas regiones del país, ya que algunas cuentan con abundantes precipitaciones y baja densidad poblacional, mientras que otras zonas sufren una limitada disponibilidad de lluvia pese a concentrar a gran parte de la población. (Comisión Nacional del Agua, 2010)

Escala del análisis: El manejo del agua y los retos asociados deben tratarse desde una perspectiva local, debido a que las problemáticas difieren según las condiciones particulares de cada región. (Comisión Nacional del Agua, 2010).

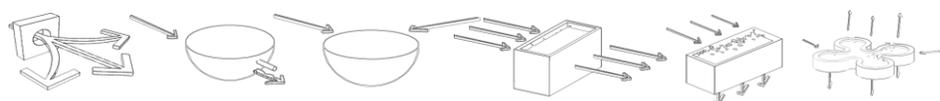
2. ESTRÉS HÍDRICO



El estrés hídrico ocurre cuando el volumen de agua no es suficiente para cubrir los requerimientos de la localidad, o cuando su calidad impide su aprovechamiento. Este fenómeno es empeorado por fenómeno climático global y la sobreexplotación de los pozos. (Zarza, 2021).

2.1 IMPACTOS DEL ESTRÉS HÍDRICO

Al igual que con el caso del agua renovable, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (**FAO**) señala que el estrés hídrico a nivel global ha ido en incrementando. Se estima que hay 1,900 millones de individuos en el mundo con



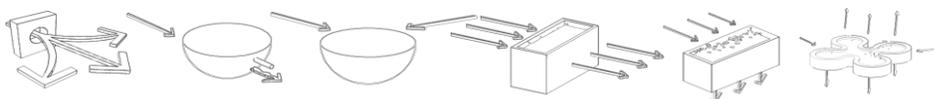
escasez extrema de agua y hasta dos terceras partes de la población mundial están expuestos a ambientes de estrés hídrico. (Comisión Nacional del Agua, 2010)

Morelia atraviesa actualmente un contexto difícil en relación con el agua. Y de acuerdo con la CEAC (La Comisión Estatal del Agua y Gestión de Cuencas), la explotación excesiva de mantos acuíferos se debe en gran parte al crecimiento acelerado del cultivo de aguacate, esto ha intensificado el estrés hídrico en la ciudad. La perforación indiscriminada y cada vez más profunda de pozos, muchas veces sin regulación, ha rebasado la capacidad de control de las autoridades. A esto se suma que el patrón de precipitaciones ha sido diferente: en lugar de distribuirse durante el verano, ahora son escasas y concentradas en pocos días, fenómeno que también es atribuido al cambio climático.

Como resultado: se incrementa la extracción de agua subterránea, pero los pozos actuales son menos productivos, lo que obliga a perforar a mayores profundidades. Mientras que hace diez años los pozos alcanzaban entre 80 y 100 metros, hoy en día se excavan hasta los 300 o incluso 600 metros en zonas como la Meseta Purépecha, lo cual representa un riesgo adicional, ya que el agua extraída a esas profundidades puede contener minerales que la vuelven no apta para el consumo humano. (Quadratin, 2020)

Como consecuencia, el estrés hídrico genera el deterioro del agua potable en cuanto de cantidad (ríos o lagos secos, como el caso del lago de Cuitzeo etc.) y de calidad del agua (la contaminación de la materia orgánica, o la cantidad de minerales tóxicos contenidos en el agua).

3. SUBSIDENCIA URBANA:





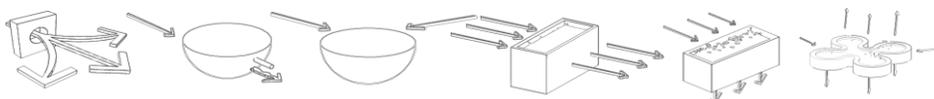
La subsidencia urbana, es una consecuencia del estrés hídrico, es cuando suelo se hunde en áreas urbanizadas de forma lenta o abrupta. Este fenómeno está estrechamente relacionado con la extracción excesiva de agua, y representa un riesgo significativo que puede generar afectaciones graves a edificaciones.

Para alcanzar un desarrollo sostenible en las zonas metropolitanas, es imprescindible gestionar de manera eficiente el recurso hídrico disponible. Sin embargo, una inadecuada planeación urbana o un crecimiento urbano descontrolado provoca un desequilibrio entre la extracción de agua subterránea y su proceso natural de recarga. Cuando se rompe el equilibrio natural del subsuelo, el terreno experimenta cambios estructurales que pueden reflejarse como hundimientos progresivos o subsidencia, dando lugar a fisuras o grietas visibles en la superficie. (Instituto Geofísico UNAM, 2019).

4. ESCORRENTÍA

Es al desplazamiento del agua pluvial que no logra filtrarse al subsuelo sobre superficies impermeables como pavimentos, dirigiéndose hacia el sistema de drenaje hasta llegar a los cuerpos de agua como ríos. Este tipo de agua, lleva contaminantes que existen en el suelo. Este fenómeno cumple un papel clave dentro del ciclo hidrológico. Existen distintos tipos de escorrentía:

- **Escorrentía superficial:** Se trata del agua de lluvia que fluye por encima del terreno impulsada por la gravedad, sin llegar a penetrar el suelo.
- **Escorrentía hipodérmica:** Ocurre cuando el agua de lluvia se filtra en las primeras capas del suelo y luego vuelve a emerger, ya sea en forma de manantial o incorporándose al drenaje superficial.
- **Escorrentía subterránea:** Es aquella en la que el agua es filtrada a lo más profundo para alcanzar el nivel freático, integrándose después al sistema de drenaje subterráneo. (Valdivieso, s.f.)



4.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Para determinar el valor de la escorrentía, se emplea el coeficiente de escorrentía, el cual representa la proporción entre la cantidad de lluvia que cae sobre una superficie y la cantidad de agua que fluye por ella. Es decir, este coeficiente refleja la diferencia entre el volumen de precipitación recibido y el volumen de agua que logra infiltrarse en el suelo. (Valdivielso, s.f.)

El volumen de agua escasa es relativamente proporcional a la falta de agua que se filtra en la tierra, dentro del ciclo del agua, una parte significativa del agua de lluvia retorna a la atmósfera a través del proceso de evapotranspiración, mientras que el volumen restante fluye superficialmente por arroyos y ríos contenidos en cuencas hidrográficas, o se filtra hacia los acuíferos subterráneos. (Comisión Nacional del Agua, 2010).

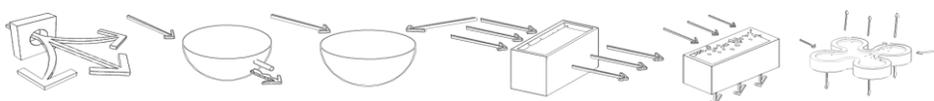
5. INUNDACIONES:



La población más afectada por las inundaciones en la ciudad, son las personas que tienen sus asentamientos en zonas no aptas para vivienda como es el caso de asentamientos irregulares que se establecen en zonas cerca de ríos y lagos.

De acuerdo con la ONU el crecimiento de población urbana y el aumento progresivo de la densidad poblacional, representan importantes factores de riesgo en las zonas urbanizadas, e impactan directamente en la demanda de los servicios. Asimismo, originan el aumento de asentamientos humanos en zonas no aptas para ser habitadas. (Gobierno de la Republica Mexicana, SEGOB, SEDATU, PROTECCION CIVIL MEXICO, ONU HABITATHAT, 2016). Efectos como este provocan en la que la ciudad sea vulnerable a impactos ambientales.

6. RESILIENCIA





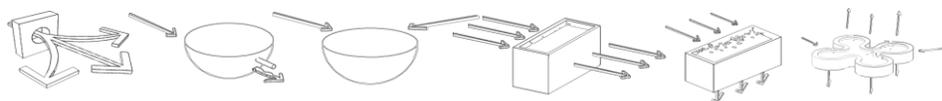
El término de resiliencia se define de varias maneras. Según la RAE, se refiere a:

- La habilidad de los seres vivos para adaptarse frente a agentes perturbadores o situaciones adversas.
- La capacidad de un material, mecanismo o sistema para volver a su estado original una vez que cesa la alteración a la que fue tratado.

De forma general, la resiliencia se entiende como la aptitud para afrontar y adaptarse a circunstancias difíciles o imprevistas, logrando recuperar un equilibrio o una condición estable. Su significado tiene origen latín "resilio", "resilire", que quiere decir: "saltar hacia atrás" o "rebotar" (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2023).

A partir de 1970, comenzó a aplicarse a individuos capaces de mantener su equilibrio emocional a pesar de experiencias traumáticas. (Rocamora Bonilla, 2008, como se citó en Aguilar-Maldonado et al., 2019) Aunque inicialmente la palabra resiliencia fue usada en disciplinas como la física o la ingeniería para describir la resistencia de los materiales a la deformación, posteriormente el concepto fue utilizado por las ciencias sociales, la psicología y el urbanismo. (Aguilar-Maldonado et al., 2019) Un ejemplo de material resiliente es el acero. Desde la década de los 80's; el concepto de resiliencia fue ampliado por diferentes disciplinas que reconocen analizar cómo responden los sistemas urbanos ante crisis, aprenden de ellas y se transforman. (Villalba, Quesada, 2003 como se citó en Aguilar-Maldonado et al., 2019)

Su inclusión en el diccionario de la Real Academia Española a partir de 2014, evidencia la relevancia y transversalidad que ha adquirido en diversos campos del conocimiento. (Bustos, 2017, como se citó en Aguilar-Maldonado et al., 2019) La resiliencia es un proceso en constante cambio que puede desarrollarse en cualquier sistema al enfrentar adversidad y estrés.



7. RESILIENCIA HÍDRICA



La resiliencia hídrica, en el contexto ambiental, se define como la habilidad de un organismo específico para rescatar su equilibrio tras enfrentar situaciones, tales como sequías, inundaciones o estrés hídrico, provocadas por el cambio climático. Esta capacidad implica la restauración del sistema ecológico, así como su capacidad de adaptación y capacidad para prosperar frente a dichos impactos ambientales.

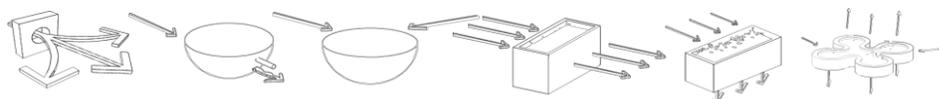
8. CIUDADES SENSIBLES AL AGUA



Históricamente se ha atribuido al gobierno el compromiso de garantizar el suministro de agua potable, drenaje pluvial y alcantarillado sanitario y las áreas verdes en su estado natural también se considera como elementos favorables, capaces de funcionar como fuente de agua y espacios de descarga confiables por tiempo definido.

La inquietud social por las condiciones de salud pública, relacionadas al manejo de las aguas residuales llevó históricamente a los gobiernos a desarrollar infraestructura de alcantarillado con el objetivo de llevarlas fuera de la ciudad. Así mismo ha sido fundamental contar con sistemas de drenaje que permitan evacuar con rapidez el agua de lluvia, a fin de prevenir inundaciones y proteger los bienes materiales. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

En los años 70 los movimientos ambientalistas introdujeron la preocupación por el impacto ambiental y sembraron la inquietud por prestar atención al impacto que las actividades humanas estaban teniendo sobre la naturaleza. Además, el crecimiento de las ciudades y su densidad poblacional han promovido una mayor exigencia por espacios naturales de recreación de mejor calidad. En este contexto, surge el enfoque de ciudades centradas en los cursos de agua, es decir **Ciudades Sensibles al Agua**, donde se integran

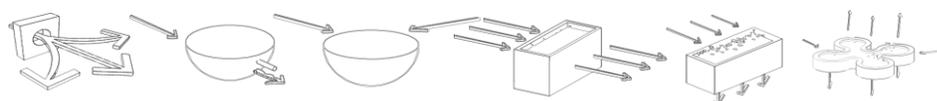


los procesos hidrológicos naturales en la planificación y el desarrollo urbano, al mismo tiempo que se busca controlar y disminuir la descarga de contaminantes al ambiente. Para lograrlo, los cambios en la infraestructura deben ir acompañados de transformaciones institucionales y culturales que no deleguen toda la responsabilidad en los gobiernos, sino que también fomenten la participación ciudadana mediante prácticas responsables en el uso y manejo del agua. que puede servir como base para una planificación orientada a la sostenibilidad urbana.

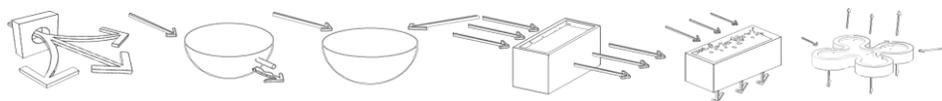
Una ciudad sensible al agua es aquella que implementa las prácticas más adecuadas para el manejo del recurso hídrico en el entorno urbano, considerando características específicas del lugar. Su objetivo principal es aprovechar los beneficios de un ciclo hidrológico equilibrado y bien administrado. Entre estos beneficios se encuentran el acceso seguro al agua, salvaguardar la salud colectiva, la prevención de inundaciones, la protección y restauración del entorno natural, la creación de áreas recreativas y el avance hacia la neutralidad climática, todo ello garantizando a las siguientes generaciones la disposición del agua.

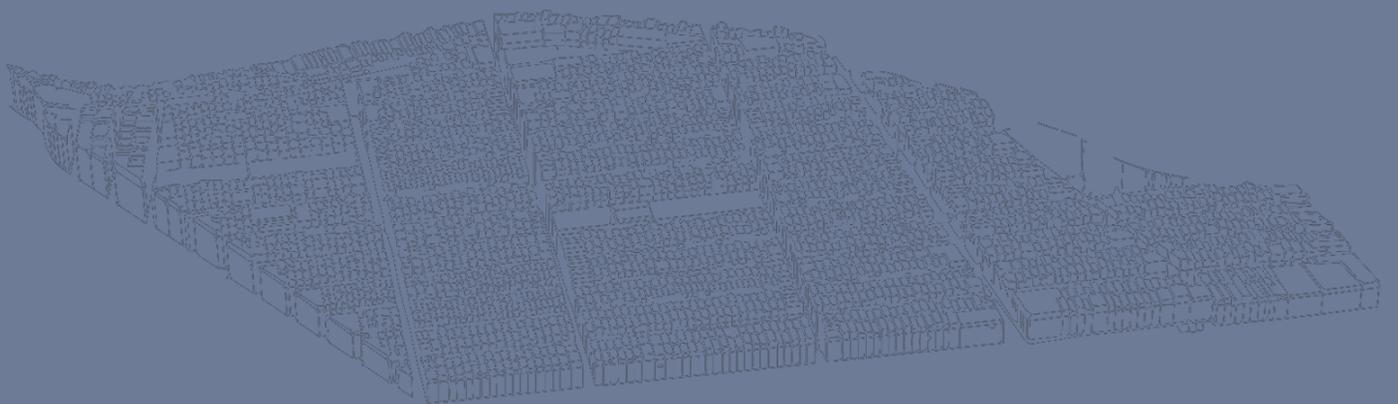
En este tipo de ciudades, la planificación urbana prioriza la gestión integral del agua, considerando todas las etapas de su ciclo. Además, un elemento clave de las ciudades sensibles al agua es su capacidad para adaptarse y ser resilientes Ante los retos que plantea el cambio climático y el crecimiento poblacional, asegurando un desarrollo sostenible y equilibrado.

El concepto de ciudades sensibles al agua, se comprende dentro de la corriente del urbanismo orientado al futuro, es una idea propuesta por la Asociación Internacional del Agua (**IWA**), este modelo propone incorporar el proceso del ciclo hidrológico, en la



planificación urbana, que promueve un desarrollo resiliente y sostenible (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).





ESTADO DEL ARTE

Para el presente estudio se han estado revisando documentos que hablan sobre la misma problemática sin embargo a continuación se describen algunas tesis que hablan sobre resiliencia que se eligieron y se destacan los puntos más importantes:

TESIS 1.-Resiliencia Urbana en planteles educativos con peligro de inundación en la Ciudad de Morelia

-Autor: Alma Yoselin Márquez Zacarías

-Programa: Maestría en Ciencias, con especialidad en Geociencias y planificación del territorio.

-Del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

1.1 Los conceptos teóricos.

En una escala global el enfoque de resiliencia urbana ha permitido evaluar y conocer el nivel de capacitación de la ciudad con la intención de anticiparse y mitigar las consecuencias perjudiciales de algún desastre. Las inundaciones registradas han causado deterioros en infraestructura y equipamiento, así como la interrupción de servicios en algunas zonas, numerosas inundaciones han sucedido por la presencia de fuertes precipitaciones, donde se desbordan de los ríos de la localidad.

1.2 Estrategia metodológica:

Se realizó el método SDRA (School Disaster Assesment) el cual consiste en emplear encuestas para evaluar 60 variables, de las cuales se determinó una calificación entre valores del 1 al 5 y las respuestas mostraron la categoría con la mayor capacidad de adaptación, destacando el estado físico del equipamiento, de los edificios y las condiciones ambientales.

1.3 Los criterios o estrategias de diseño:

De acuerdo con los resultados, se propone implementar temas del tema de catástrofes naturales dentro de los programas educativos en las escuelas, y capacitar al personal involucrado. Por lo



tanto, se puede promover el diseño de un plan de resiliencia ante desastres naturales en las escuelas. (Zacarías, 2019).

TESIS 2.- Aplicación de Metodología Para el Análisis y Reducción de Riesgo Contra Inundaciones.

-Autor: Israel Alejandro García Ledesma.

-Programa: Maestría en Ingeniería de los recursos Hídricos, de la facultad de ingeniería Civil.

-División de estudios de posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

1.1.- Los conceptos teóricos. - El continuo desarrollo urbano, combinado con las características geográficas de la ciudad y la poca disponibilidad de áreas naturales que permitan la absorción del agua, ha provocado la ocurrencia anual de inundaciones, incluso en ausencia de eventos hidrometeorológicos extremos. A pesar de que el riesgo de inundaciones ha sido objeto de estudio durante largo tiempo, su análisis detallado a nivel local presenta una gran complejidad, lo que demanda la creación de metodologías especializadas para evaluar dicho riesgo en contextos urbanos.

1.2.- La estrategia metodológica. - La gestión del riesgo por inundaciones se entiende como un proceso dinámico y cíclico que implica analizar, evaluar y reducir dicho riesgo. Con base en este enfoque, se puede aplicar una metodología que combine diferentes herramientas, como modelos estocásticos de tormentas convectivas, modelación hidrológica distribuida, simulaciones hidráulicas bidimensionales (IBER), análisis estadístico multivariado y estimaciones de daños directos. Al integrar estos métodos con sistemas de información geográfica (SIG), es posible medir y representar espacialmente el riesgo. Esta metodología permite evaluar tanto el riesgo actual como el que podría surgir al aplicar medidas preventivas de mitigación.

1.3.- Los criterios o estrategias de diseño. -



Los parámetros de diseño para ese trabajo fueron a través de cálculos ingenieriles. (Ledezma, 2021)

TESIS 3.- Análisis de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de Morelia, Michoacán: Caso de Estudio "Villas del Pedregal".

-Autor: Lenin Hernández Ferreyra

-Programa: Maestría en Ciencias de Ingeniería Ambiental

-Maestría en Ciencias de Ingeniería Ambiental de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

1.1 Los conceptos teóricos. -

Los SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) funcionan como mecanismo para disminuir la frecuencia de inundaciones, ya que ayudan a reducir el volumen de escurrimiento y facilitan una mejor captación y conducción del agua pluvial. En el fraccionamiento "Villas del Pedregal" se analizó su implementación, observándose que se incrementa el tiempo que tarda el agua en escurrir por las calles y se reduce su volumen hasta en un 40%. Esto contribuye a minimizar el riesgo de inundaciones, evita el exceso de agua en la infraestructura de alcantarillado y reduce el consumo de energía destinado al bombeo del agua

1.2 La estrategia metodológica. -

El autor realiza una recopilación de datos a manera de método científico,

1.3 Los criterios o estrategias de diseño. -

Es importante saber que con una consulta acción y un diseño adecuado de SUDS, se puede utilizar cualquier sitio para realizar la infiltración. Los componentes de infiltración en esta sección son: Sumideros, Zanjas de infiltración. Cuencas de infiltración, Jardines de lluvia. (Ferreyra, 2017)

OBRAS DE INFRAESTRUCTURA QUE SE REALIZAN EN OTROS LUGARES



Las tendencias globales en la actualidad se enfocan en modelos de desarrollo que fomentan la creación de calles resilientes a través de la implementación de iniciativas respetuosas con el medio ambiente, a continuación, se describen algunos de los ejemplos antes mencionados:

- **ÁREAS VERDES PARA INFILTRACIÓN:** Que sirve para aprovechar áreas verdes para filtrar el agua
- **ÁREAS VERDES MULTIFUNCIONALES:** Se utilizan para el aprovechamiento del espacio público mediante el rediseño de calles anchas.
- **RESERVORIOS:** Se trata de parques de agua, que consisten en espacios en los que se genera un desnivel y en tiempo de lluvias, pueden funcionar de estanques de almacenamiento para retener la lluvia.
- **SISTEMAS DE RETENCIÓN DE AGUA EN HOGARES:** Se trata de patios de tierra, la implementación de huertos urbanos.
- **CUIDADO DE LA INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y DRENAJE SANITARIO.** Se trata de promover prácticas de gestión de los desechos sólidos urbanos, fomentando que se barran las calles, o evitar desechar basura en las calles para evitar que se tapen las alcantarillas.
- **ADOQUÍN/ ADOCRETO, ADOCASTOS:** Tipo de pavimentos que permiten la filtración del agua.
- **CONCRETO PERMEABLE,** Se trata de concreto poroso que permite la filtración de agua, que debe ser lo suficientemente resistente. Para el lugar en su colocación.
- **POZO DE ABSORCIÓN.** Se trata de excavaciones, en forma de cilindro y de tamaño variable, que pueden contener material que permiten el paso de agua a zonas más profundas cuando el suelo superficial no es permeable.

Se revisaron también algunos casos análogos alrededor del mundo sobre estrategias de resiliencia hídrica, se enumeran a continuación:



HACIA UNA CIUDAD DE MÉXICO SENSIBLE AL AGUA.

EL ESPACIO PÚBLICO COMO UNA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE AGUA DE LLUVIA



CIUDADES SENSIBLES



AL AGUA

RETRASAR, RETENER, ALMACENAR Y

REUTILIZAR EL AGUA

H₂O



El concepto de Ciudades Sensibles al Agua se ha aplicado con éxito en diversas ciudades alrededor del mundo, mejorando la salud, mitigando problemas climáticos, generando plusvalía y siendo económicamente beneficioso. Con esta iniciativa, la Ciudad de México busca resolver sus desafíos hídricos, así como también generar un ambiente urbano resiliente y sostenible para su población.

CDMX afronta retos importantes en correlación con el agua, desde inundaciones repentinas durante la temporada de lluvias hasta escasez extrema de agua durante el estiaje. La propuesta de una Ciudad Sensible al Agua busca cambiar el paradigma actual hacia soluciones multifuncionales que promuevan conductas sensibles al agua. Esto significa que se deben abordar problemas técnicos, involucrar a la comunidad y crear conciencia sobre el cuidado del agua.

En la CDMX, reconoce la problemática de las inundaciones constantes y el estrés hídrico como desafíos urgentes por medio de AEP (Autoridad del Espacio Público), A pesar de ser una metrópoli con una contradicción entre disponibilidad y falta de agua, su proceso de



obtención de agua ha causado una significativa subsidencia del suelo, lo que la convierte en una de las ciudades con más hundimientos significativos.

Para abordar esta situación, la AEP ha dirigido su atención a los Países Bajos, conocidos por su eficiencia en el desarrollo de soluciones hídrico urbano innovadoras, se inspira en otros proyectos como en las plazas de agua de Rotterdam como ejemplo de inspiración para atender la paradoja hídrica a través del espacio público. Esta estrategia busca redistribuir la riqueza en la Ciudad y mitigar los impactos de las vulnerabilidades relacionadas con el agua a nivel territorial. Además, se espera que esta iniciativa promueva una mejor relación de la Ciudad con el agua a nivel local.

Para llevar a cabo este proyecto, la AEP ha establecido una colaboración con The Urbanisten y Deltares, instituto destacado internacionalmente por su asesoría en manejo estratégico del recurso hídrico y en la adaptación frente a eventos de inundación.

El resultado de estos esfuerzos es el libro "Hacia una Ciudad de México sensible al agua", el cual busca sentar las bases para una colaboración prolongada entre la AEP, The Urbanisten y Deltares. Este documento comparte soluciones e instrucciones con la intención de mostrar cómo utilizar la infraestructura verde en sitios del entorno urbano.

El enfoque principal del proyecto es "**RETRASAR, RETENER, ALMACENAR Y REUTILIZAR, DRENAR SOLO CUANDO SEA NECESARIO**", (Gobierno de la Ciudad de México, 2016) busca completar el ciclo hidráulico generar un entorno hídrico y sustentable en la CDMX.



CIUDADES SENSIBLES AL AGUA: GUÍA DE DRENAJE URBANO SOSTENIBLE PARA EL SUR DE CHILE



Es trabajo propone un cambio de enfoque en la gestión del agua en entornos urbanos, pasando de considerarla un problema a un valioso recurso que necesita preservarse. Los sistemas tradicionales de desagüe tratan el agua pluvial como desechos a evacuar rápidamente, lo que perturba el ciclo del agua e incrementa el peligro de inundaciones, erosión y contaminación.

Jorge Gironás explica que los SUDS descritos en este documento imitan el funcionamiento natural del desagüe, fortaleciendo los beneficios ambientales que ofrecen el agua y los ecosistemas naturales. Se lleva a cabo mediante el uso de infraestructuras verdes, tales como humedales, espacios públicos como plazas, parques, glorietas y otras áreas verdes.

El documento proporciona instrucciones relevantes acerca de la implementación de los SUDS en otras naciones, y explica detalladamente el marco normativo a nivel nacional e internacional, las etapas metodológicas para su planificación y datos generales del sur de Chile.

La guía fue llevada a cabo por varias empresas especializadas en materia ambiental; Patagua, la Fundación Legado Chile y la Pontificia Universidad Católica de Chile a través del Centro de Desarrollo Urbano Sustentable y el Magíster en Arquitectura del Paisaje. El proyecto contó además, con el respaldo de Corfo y del Servicio de Vivienda y



Urbanización (Serviu) de la Región de Los Lagos. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

CASO OMA “NEW JERSEY RESIST, DELAY, STORE, DISCHARGE: A COMPREHENSIVE URBAN WATERPOLISTA STRATEGY”.



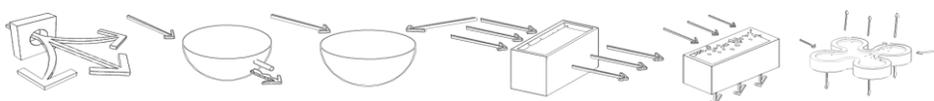
"Resistir, Retrasar, Almacenar, Descargar: Es una estrategia para el cuidado del agua en la ciudad.

OMA es una asociación internacional que practica la arquitectura, el urbanismo y el análisis cultural.

La estrategia de OMA en New Jersey, USA, en su enfoque de las ciudades sensibles al agua de **RETRASAR, RETENER, ALMACENAR Y REUTILIZAR, DRENAR SOLO CUANDO SEA NECESARIO**, busca que se complete el ciclo hidrológico y establecer un equilibrio sostenible en la gestión del recurso hídrico.

Abordan el manejo del agua en zonas urbanas en una combinación de infraestructura gris e infraestructura verde para la defensa costera.

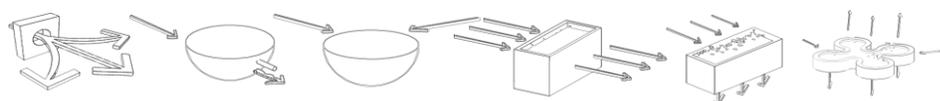
Propone políticas e infraestructura urbana para mitigar la escorrentía de las aguas pluviales junto con una red de infraestructura verde para almacenar y dirigir el volumen de agua pluvial. Además, contempla el uso de bombas de agua y vías alternativas para apoyar el drenaje. La zona afectada por el huracán Sandy en el año 2013 presentó un extenso factor de riesgo. Dada la complicación de la situación, priorizaron acciones, construyeron de manera estratégica y dirigieron recursos hacia donde se puede generar el mayor impacto. Su objetivo primordial va más allá de la protección; se busca empoderar a las comunidades y fomentar un crecimiento resiliente.



Se basa en comprender los riesgos de inundación, e identificar las áreas de mayor impacto y potencial. En el año 2013, durante el paso del huracán Sandy, comunidades como Jersey City, Hoboken y Weehawken en Nueva Jersey se vieron propensas a riesgos por eventos de inundaciones y ciclones. Para responder adecuadamente a este tipo de amenazas, es necesario atender la densidad y complejidad del entorno urbano, así como la colaboración de distintas personas involucradas, con el fin de proteger tanto a la ciudad como a sus habitantes.

La estrategia integral de agua urbana combina infraestructura verde para la defensa junto con políticas, directrices e infraestructura urbana para reducir la escorrentía de aguas pluviales. Además, propone una red interconectada para almacenar y gestionar el exceso de agua de lluvia, el uso de bombas de agua y rutas alternativas para facilitar el drenaje.

Los objetivos buscan manejar el agua para situaciones de desastre y para un crecimiento sostenible a largo plazo, mejorar las opciones de seguridad contra inundaciones mediante posibles ajustes en las zonas de inundación y proporcionar beneficios adicionales que enriquezcan las ciudades. Estas soluciones son innovaciones replicables que pueden servir como referencia a las comunidades para un futuro sostenible en relación con el agua. (Shigematsu, 2013).





III.-CAPÍTULO 2

MARCO LEGAL

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-15-CONAGUA-2007:

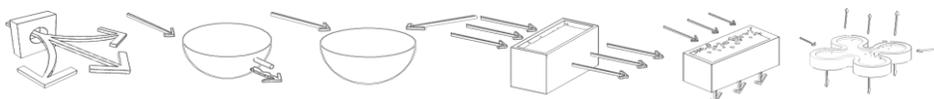
Regula las prácticas de filtración artificial del agua al subsuelo, detallando las particularidades y detalles específicos de las obras de agua, necesarias para llevar a cabo estas obras hídricas. Esta normativa es obligatoria en todo el país y está dirigida a aquellos quienes acciones relacionadas con infiltrar agua de lluvia capas superficiales y profundas del terreno, siempre que dichas obras posean un aforo de más de 60 LPS. con la finalidad de preservar la calidad del recurso hídrico en el subsuelo, utilizar el agua de lluvia y los flujos superficiales para incrementar la recarga subterránea por medio de la infiltración artificial. (Secretaria de Gobierno, 2015).

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS URBANOS DE MORELIA

El Reglamento de Construcción y Servicios Urbanos de Morelia aborda las regulaciones actuales diseñadas para promover la filtración del agua hacia el subsuelo. Este documento menciona los conceptos del **COS**, **CUS** y **CAS**, detallando los requisitos en el capítulo Segundo: Coeficiente de Absorción del Suelo y especificaciones correspondientes: desde el Art. 47 hasta el Art. 52. y estos aspectos se describen en el siguiente apartado:

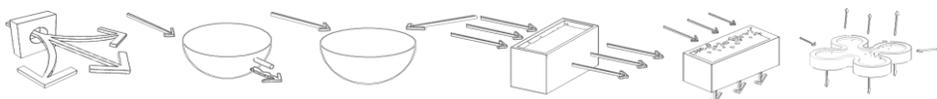
EL ARTÍCULO 47.- Establece que el CAS (Coeficiente de Absorción del Suelo) representa el porcentaje mínimo de terreno que se requiere permanecer sin construcción para posibilitar la filtración del agua a los acuíferos desde una parcela urbanizada o urbanizable. En cualquier caso, esta área será mínimo el 80% de terreno disponible para edificación, calculada después de aplicar el correspondiente (COS) Coeficiente de Ocupación del Suelo) y determinar su porcentaje máximo de ocupación del suelo.

Para obtener la licencia de construcción, la secretaría competente debe comprobar que el proyecto cumpla con el CAS requerido.



ARTÍCULO 49. La aplicación del CAS (Coeficiente de Absorción del Suelo) se extiende a las nuevas construcciones, así como a ampliaciones, remodelaciones o modificaciones que impliquen la existencia de áreas libres de suelo, sujeto a los siguientes aspectos:

- I. El área que resulte del CAS (Coeficiente de Absorción del Suelo) puede ser cubierta con materiales permeables como jardines, grava, piedras, adoquines, concreto permeable, jardines, pasto, tierra, entre otros.
- II. Para edificaciones que incluyan sótanos, se debe asegurar que la superficie destinada a la absorción, conforme al CAS, corresponda con el área del lote que no está ocupada por construcción, de acuerdo con el porcentaje permitido por el Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS). En los casos en que el diseño arquitectónico impida cumplir con esta disposición, deberán implementarse soluciones alternativas constructivas que garanticen una adecuada capacidad de infiltración.
- III. Para poligonales resultantes de subdivisiones destinadas a fraccionamientos o desarrollos, el CAS se aplica a cada lote y fracción resultante, independientemente del régimen de propiedad.
- IV. En cualquier caso, el CAS no puede ser inferior al 4% del área total del terreno.
- V. Los lotes con una superficie menor a 100m² están exentos a cumplir con el CAS.



VI. En materia de predios señalados como monumentos históricos el CAS será determinado por el Técnico emitido por la Comisión Técnica del Consejo Consultivo de Sitios Culturales. (Secretaría de Gobierno, 2019).

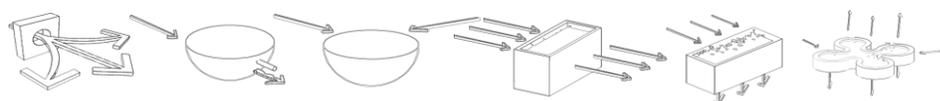
ARTÍCULO 50. El CUS (Coeficiente de Utilización del Suelo) representa la proporción entre el área total edificada, contando desde el nivel de banqueta, hasta el último nivel de la construcción. (excluyendo sótanos) o sea, la SMUS (Superficie Máxima de Utilización del Suelo) y el área total del lote (S). Este factor se establece con la intención de establecer el porcentaje adecuado de construcción al desarrollar un terreno en zonas urbanas y urbanizables.

Su propósito es promover la compacidad urbana para un uso más eficiente de los servicios urbanos, el equipamiento y la infraestructura. Además, está estrechamente ligado a las políticas de desarrollo del suelo y al tamaño de los terrenos y este valor sirve como un indicador de las características de una ciudad compacta. El CUS se calcula dividiendo la (SMUS) entre la superficie del terreno (S).

ARTÍCULO 51. La SMUS (Superficie Máxima de Utilización del Suelo) es el área máxima disponible para la edificar en un terreno determinado. Se calcula con superficie construida al nivel de la banqueta, (excepto sótanos). Este cálculo se basa en el COS correspondiente y el total de niveles (N), asegurando que se respete el CAS.

ARTÍCULO 52. En el CUS Coeficiente de Utilización del Suelo, se deben considerar los siguientes puntos:

I. La Superficie Máxima de Utilización del Suelo (SMUS) se calcula sin incluir los sótanos y semisótanos.



II. El máximo de niveles autorizados, es el establecido en la tabla de niveles, después de completar el proceso correspondiente. No se permitirá la regularización de la SMUS para obtener mayor número de niveles adicionales.

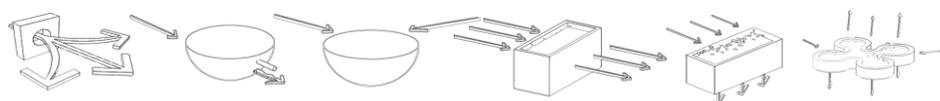
III. Cualquier área adicional se deduce al sumar las áreas que exceden la construcción permitida en cada nivel de la edificación. El manejo de esta superficie excedente debe seguir las disposiciones indicadas en el Art. 41 del Reglamento de Construcción y Servicios Urbanos De Morelia. (Secretaria de Gobierno, 2015).

LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO.

ART. 2- La ley establece que toda persona, independientemente de su género, condición física, edad, raza o identidad, debe gozar de los mismos derechos en relación con el acceso y uso del territorio.

ART. 4. La organización, el control y la administración de los asentamientos humanos y centros poblacionales, así como el ordenamiento territorial, deben guiarse conforme a los principios de la política pública siguientes:

- Mejora y cuidado del espacio público: Es fundamental generar condiciones que favorezcan la habitabilidad de los espacios públicos, ya que estos son esenciales para asegurar el derecho a una vida digna, promover la convivencia social, el esparcimiento y la seguridad ciudadana, tomando en cuenta las diversas necesidades de individuos y colectivos. Se impulsará su recuperación, creación y conservación, permitiendo su ampliación o mejora, pero en ningún caso su eliminación o disminución. En situaciones justificadas por interés público, deberán ser sustituidos por espacios de características y beneficios similares.



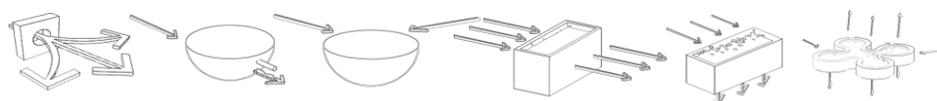
- Resiliencia, seguridad urbana y gestión de riesgos: Se debe promover y reforzar las capacidades institucionales y las estrategias de prevención, mitigación, atención, adaptación y fortalecimiento de la resiliencia, con el fin de cuidar a las personas y sus bienes ante los impactos naturales, y prevenir el asentamiento en zonas de alto riesgo.
- Sustentabilidad ambiental: Se debe priorizar la promoción del uso medido de los recursos naturales y del agua, para prevenir el estrés hídrico en las siguientes generaciones, así como impedir que el desarrollo urbano se produzca en terrenos agrícolas, bosques y áreas naturales protegidas. (Secretaria de Gobierno, 2024).

AGENDA URBANA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, 17 ODS

El agua constituye el fundamento esencial de la vida, pero el agua dulce ha sido clave para el desarrollo de las civilizaciones. El Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 promueve el bienestar social y busca elevar la calidad de vida en algunos de los países con mayores índices de pobreza a nivel mundial. (www.un.org, 2015)

La Meta 6.4. propone "De aquí a 2030, se pretende impulsar de forma significativa el uso eficiente del agua accesible para todos para garantizar el uso sostenible de las fuentes de agua dulce y su disponibilidad para el abastecimiento destinado al consumo de la población. (https://agenda2030lac.org, 2023)

La meta 6.4.2. de los ODS; está en relación con el estrés hídrico, se entiende como la proporción entre la cantidad de agua dulce extraída y la disponibilidad total de este recurso. (https://agenda2030lac.org, 2023) (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, s.f.).



ODS 6 AGENDA URBANA 2030



GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD Y LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL AGUA Y EL SANEAMIENTO PARA TODOS



- **“UNA MEJORA DE LA CALIDAD DEL DE VIDA”** (www.un.org, 2023) Sobre el fortalecimiento de las condiciones de vida.



- **“USO EFICIENTE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y REDUCIR EL NÚMERO DE PERSONAS QUE SUFREN FALTA DE AGUA”.** (Agenda 2030 en América Latina y el Caribe, s.f.) para Promover una gestión eficiente del agua y disminuir la cantidad de personas afectadas por la escasez del recurso hídrico.



- **SOBRE EL NIVEL DE ESTRÉS HÍDRICO** (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, s.f.)

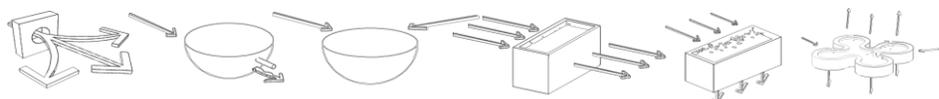
ODS 11 AGENDA URBANA 2030



CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



El Objetivo 11 se dirige en la creación de ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, mostrarse de acuerdo a función clave que tienen las ciudades en el contexto global tanto presente como futuro. Con más de la mitad de la población mundial viviendo en zonas urbanas y con proyecciones que sugieren un aumento significativo para el 2050, es esencial abordar los desafíos que enfrentan estas áreas.



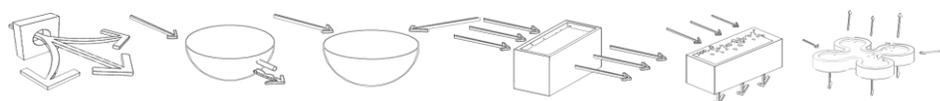
Aproximadamente 1,100 millones de personas viven en asentamientos informales o en condiciones habitacionales precarias en entornos urbanos, un número que va en aumento. Esta urbanización está sobrecargando el número de viviendas, servicios e infraestructura, lo que resulta en un incremento de los barrios marginales y condiciones desfavorables. Los problemas de crecimiento urbano excedido, la falta de espacios públicos persiste, la contaminación atmosférica afecta la calidad de vida de la población. Aún después de la creación de los ODS en 2015, aún queda mucho por hacer. Por ejemplo, en el 2022, apenas el 50 % de la población urbana mundial contaba con acceso a sistemas de transporte público. Es alentador observar que se han duplicado el número de países con estrategias nacionales y locales para reducir el riesgo de catástrofes y es crucial continuar trabajando para abordar estos desafíos y crear entornos urbanos más equitativos, seguros y sostenibles para todos. (CEPAL Naciones Unidas, s.f.)

NUEVA AGENDA URBANA HÁBITAT III



La Nueva Agenda Urbana fue adoptada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III), realizada en Quito, Ecuador, el 20 de octubre de 2016. Esta agenda plantea una ciudad inclusiva en la que todas las personas, independientemente de sus condiciones o características individuales, puedan habitar entornos urbanos que sean seguros, saludables y sostenibles, con igualdad de oportunidades y calidad de vida. (Naciones Unidas, 2017)

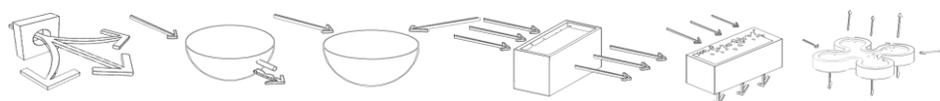
Se valora el trabajo de los gobiernos que han adoptado el enfoque del “Derecho a la ciudad” dentro de sus marcos normativos, políticas públicas y estrategias de desarrollo. Estas acciones tienen como objetivo fomentar espacios urbanos inclusivos, que puedan ejercer sus derechos todas las personas y acceder a las mismas oportunidades garantizando sus libertades fundamentales conforme a los principios establecidos en la



Carta de las Naciones Unidas y en el derecho internacional. En esta línea, la Nueva Agenda Urbana toma como base los valores proclamados en la Declaración Universal de los Derechos Humanos:

a) Desempeñen un papel enfocado en la sociedad y en el medio ambiente, asegurando de manera progresiva el acceso garantizado a una vivienda adecuada, sin ningún tipo de discriminación. Se busca garantizar que todas las personas puedan disponer de servicios de agua limpia y sistemas de saneamiento a un costo accesible, incluyendo salud, educación, seguridad alimentaria, infraestructura, movilidad, energía, calidad del aire y oportunidades para el desarrollo de medios de vida.

b) Impulsan involucramiento comprometido de los ciudadanos en los asuntos públicos, fomentando la colaboración y fortaleciendo el sentido de pertenencia y responsabilidad compartida entre los habitantes. Se da prioridad al desarrollo de espacios públicos que sean seguros, inclusivos, accesibles, espacios verdes y de buena calidad, con el fin de ofrecer entornos adecuados para las familias, favorecer la convivencia social e intergeneracional, apoyar las manifestaciones culturales, así como reforzar la seguridad, la cohesión social, la inclusión y la seguridad en comunidades diversas, poniendo especial cuidado en la población vulnerable. (Naciones Unidas, 2017).





IV.- CAPÍTULO 3:

PROCESO DE DISEÑO

METODOLOGÍA



Para la metodología que será aplicada para este documento se revisaron algunas metodologías de diseño y se encontraron algunas similitudes en el método de investigación científica, la metodología Desing Thinking y la metodología de diseño del "Arroz Verde" de Bruno Munari y se realizó una comparativa en cuanto a los pasos del proceso de investigación y de diseño y en el presente trabajo se destacan en orden los siguientes pasos a seguir (ver *Figura 11*)

- Entendimiento del problema
- Recopilación de información
- Procesamiento de datos
- Análisis de información
- Prototipado, o diseño de instrumentación

METODOLOGÍA

Para hacer entender de manera personal mejor el proceso de diseño se desglosan los puntos importantes de la metodología de diseño y se hace una

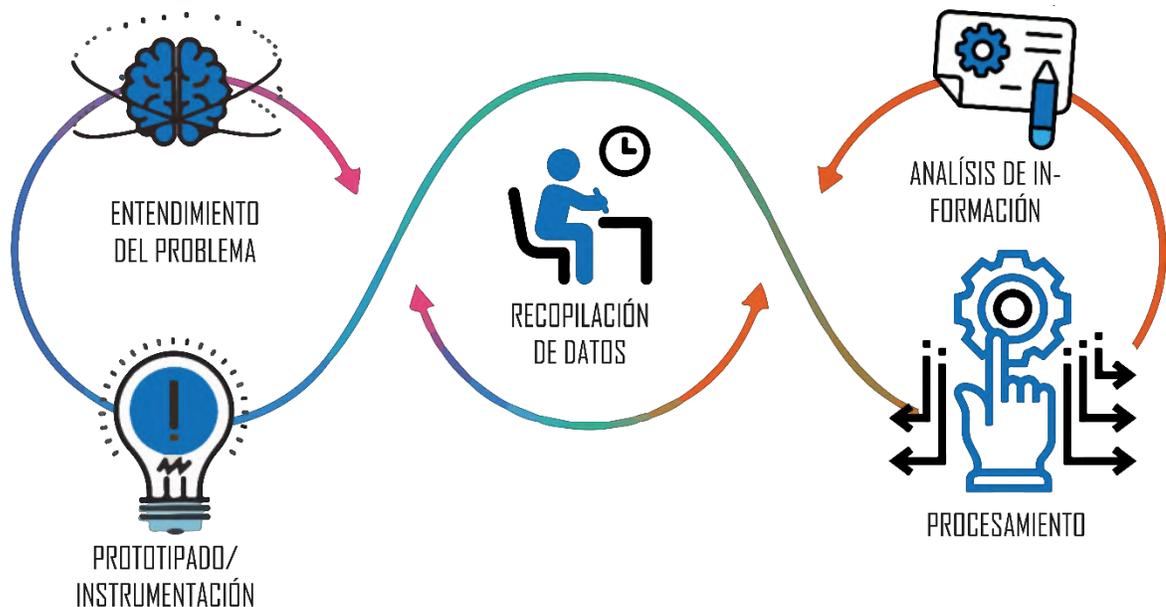
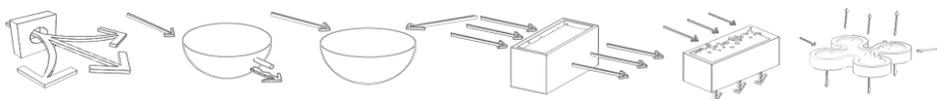


Figura 11| Diagrama entendimiento de Metodología de diseño elaboración propia



comparativa alineada de manera consecutiva de la siguiente manera (como se ve en la figura 11) que después da como resultado el propio proceso de diseño para este trabajo de investigación. (ver Figura 12)

METODOLOGÍA DE DISEÑO

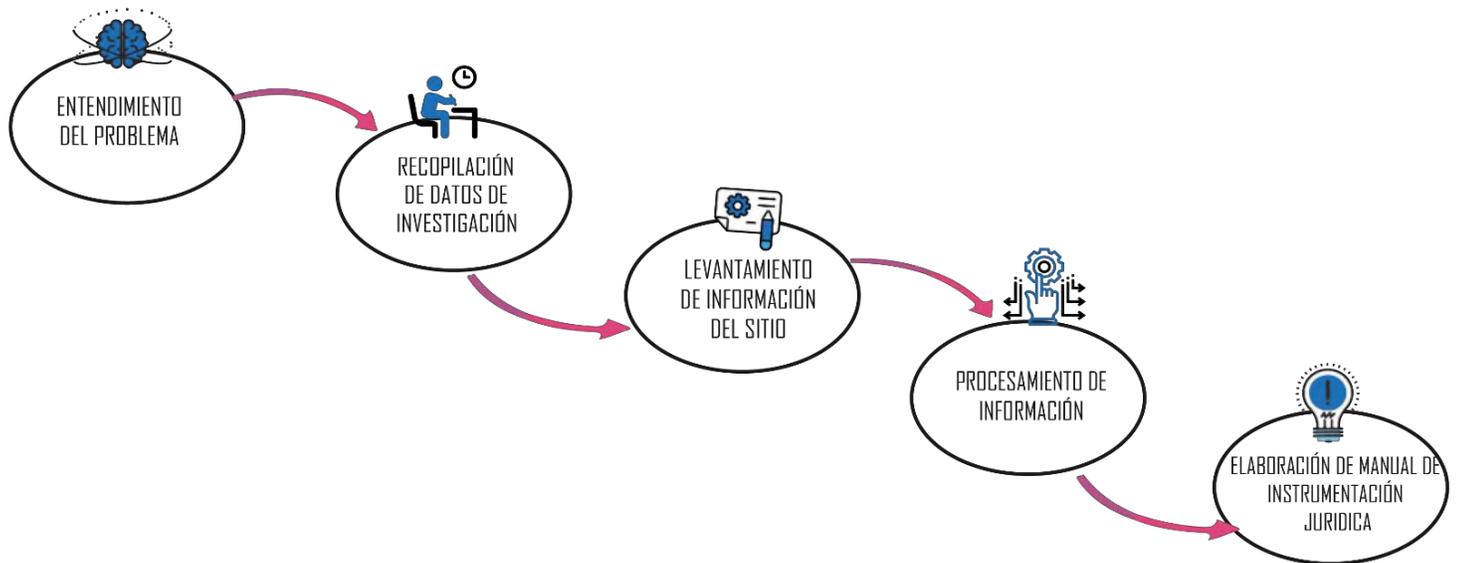
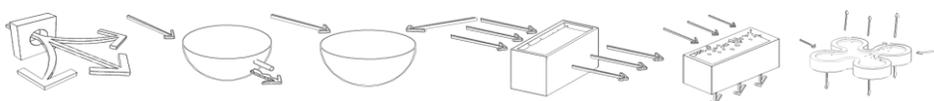


Figura 12 | Diagrama de comparaciones del proceso de diseño, elaboración propia.



MÉTODO CIENTÍFICO

DESING THINKING

ARROZ VERDE

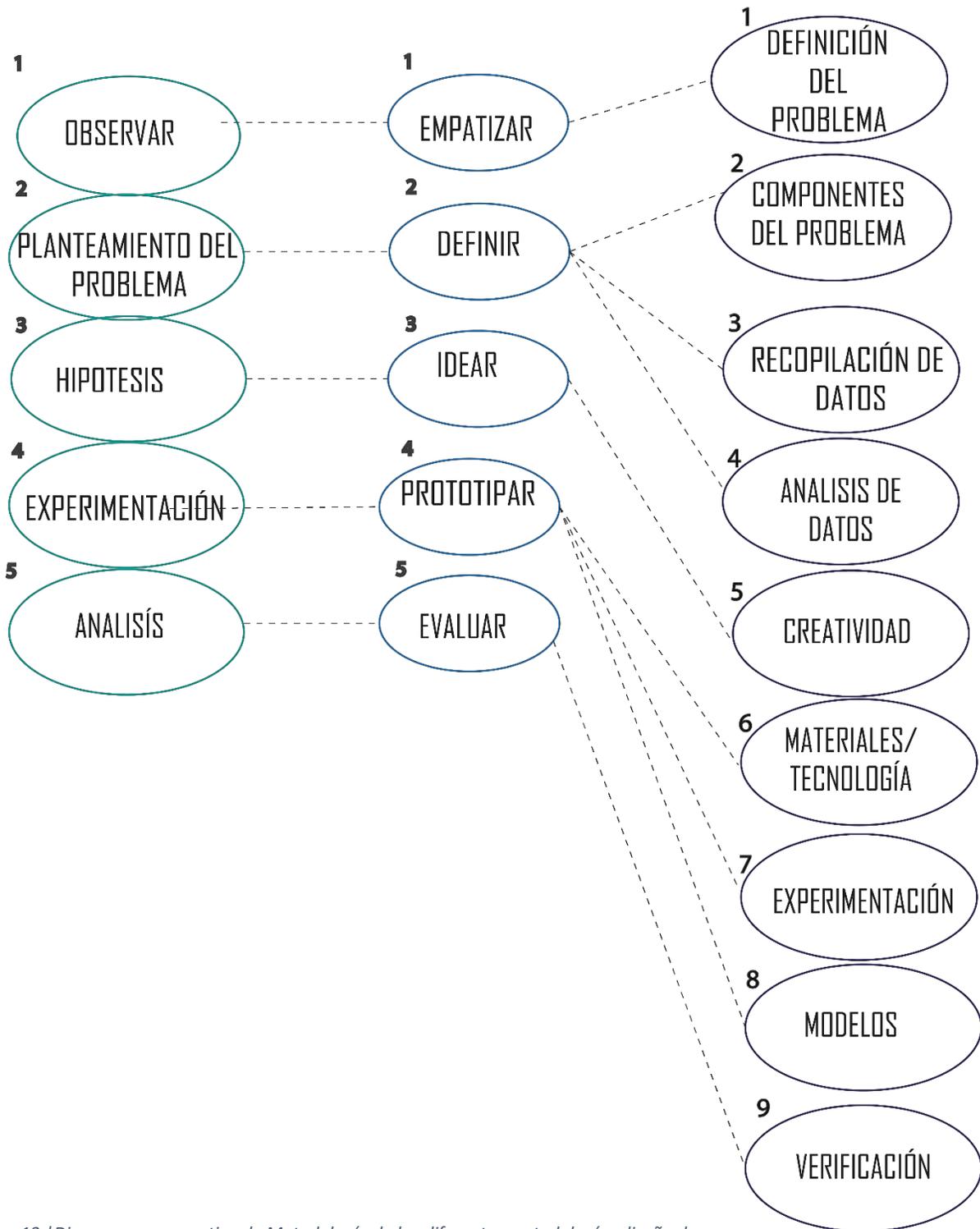
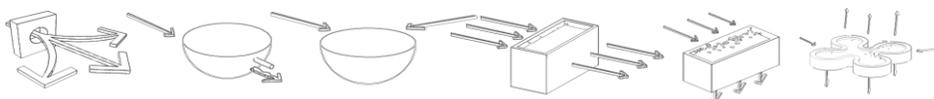


Figura 13 | Diagrama comparativo de Metodología de las diferentes metodologías diseño de elaboración propia

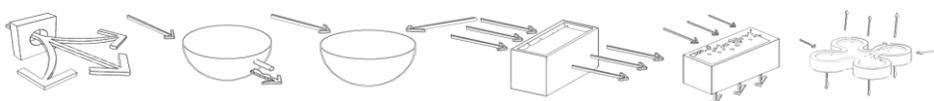


PROCESO DE DISEÑO



Una vez identificado mediante un árbol de problemas, la causa principal, el proceso de diseño a implementar se basará en una metodología experimental. Inicialmente, se llevará a cabo **una fase teórica** en la que se **recopilará** información relevante, principalmente de los datos de la colonia a trabajar y de la información existente sobre los antecedentes de ciudades sensibles al agua, información necesaria para la propuesta en cuestión. Esta recolección de datos será fundamental para la elaboración adecuada del proyecto, siendo documentada minuciosamente para llevar un control de los resultados que se obtienen. Se realizará un **análisis** exhaustivo de los componentes naturales, los componentes artificiales y los componentes sociodemográficos para determinar las posibilidades y limitaciones del proyecto. A partir de este **diagnóstico**, se desarrollará el diseño de un plan de estrategias aplicables a la zona en estudio, considerando las características específicas del lugar. Se identificará la solución correctiva más apropiada para promover la filtración del agua a los mantos acuíferos, teniendo en cuenta tanto las propiedades del suelo como las particularidades de las diferentes alternativas disponibles.

Este proceso, tiene hitos importantes en los que destaca como principal camino a seguir, entender el problema, recopilar los antecedentes necesarios de la investigación, levantar la información del sitio, a partir de la información recopilada, realizar el manual de instrumentación jurídica, posterior a ello procesar la información necesaria, para la aplicación en el presente proyecto de la colonia "Prados Verdes", para un mejor entendimiento, se muestra lo antes mencionado en el siguiente diagrama (*ver Figura 14*).



PROCESO DE DISEÑO

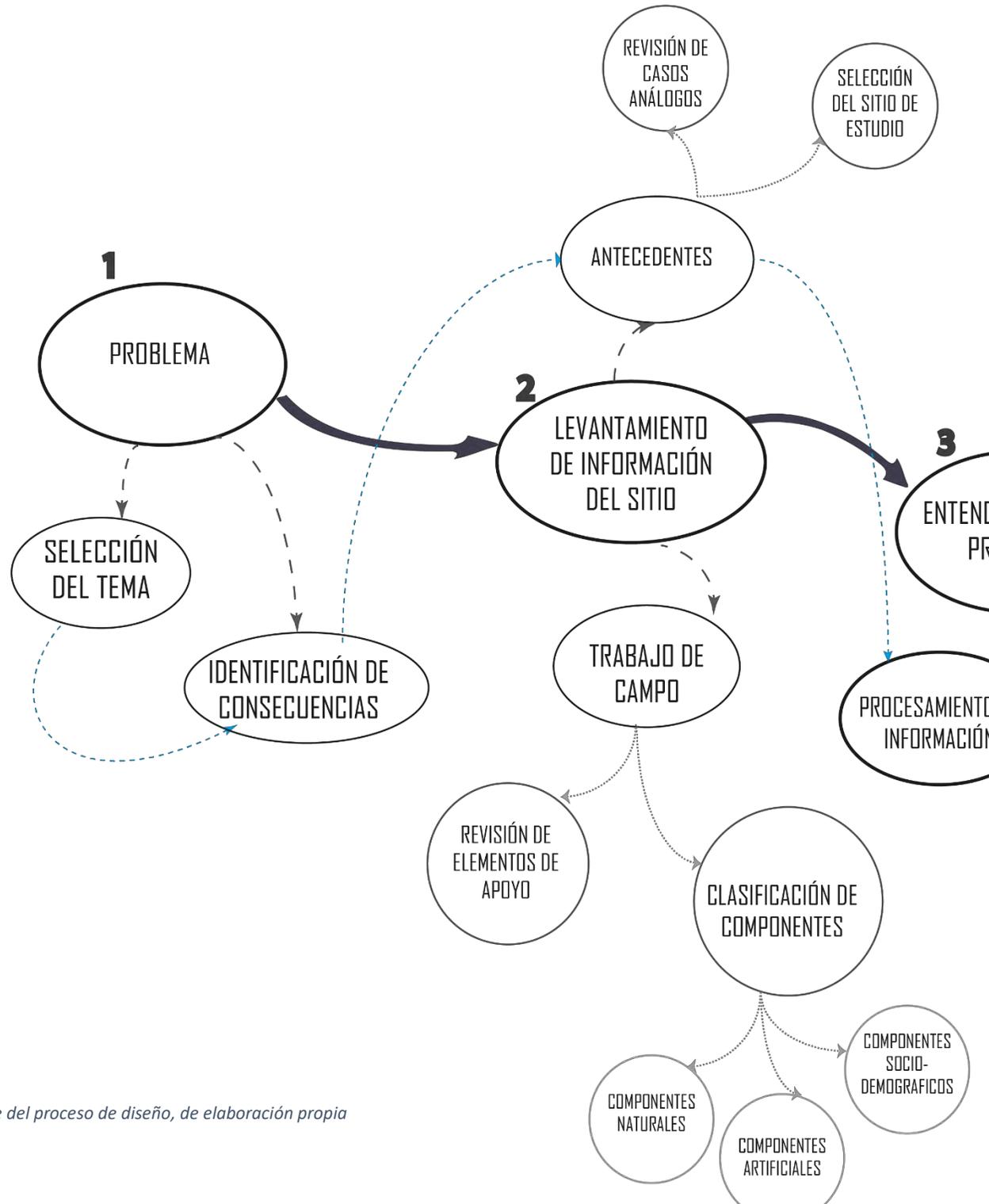
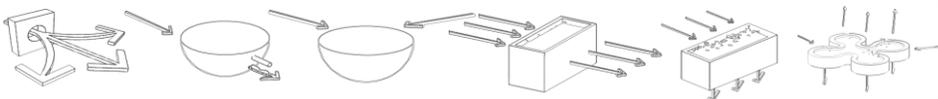
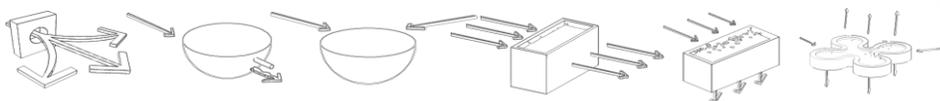
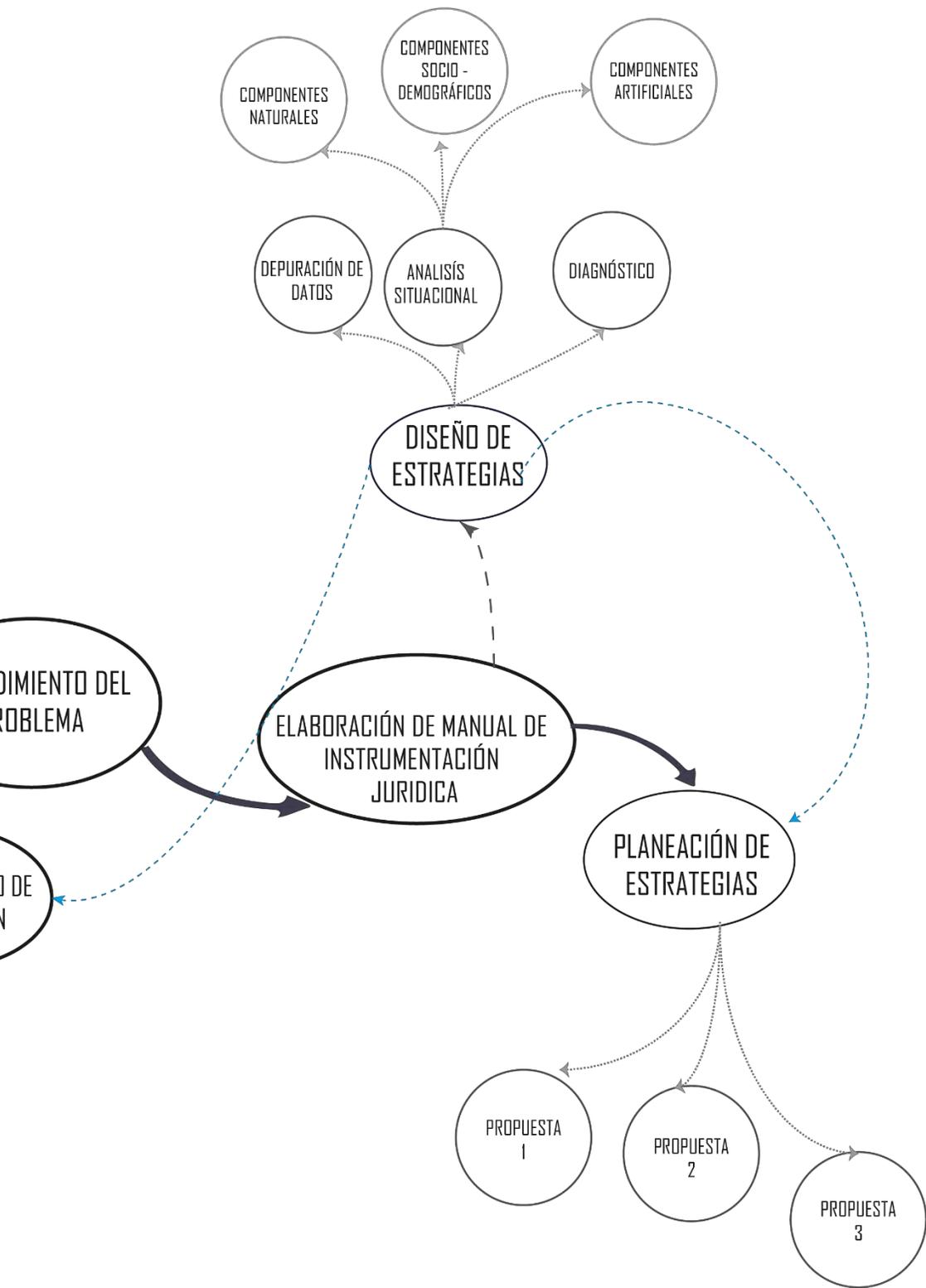


Figura 14 Desglose del proceso de diseño, de elaboración propia





V.- CAPÍTULO 4:

ANTECEDENTES

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

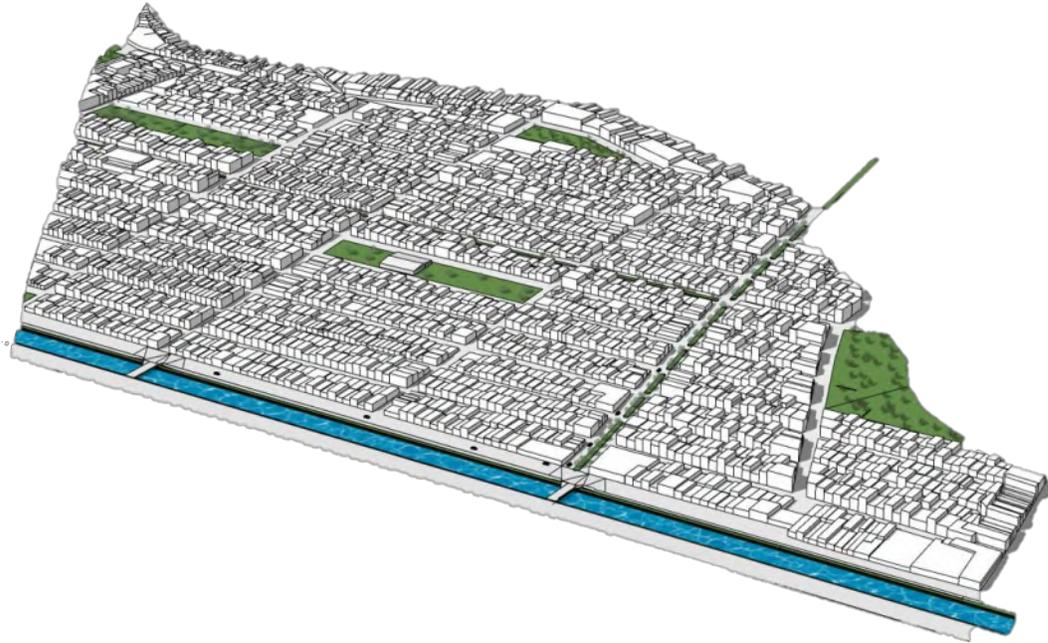
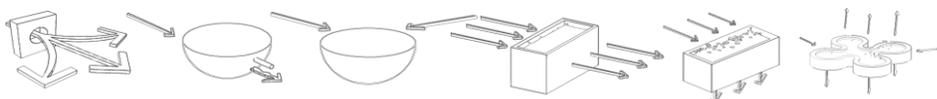


Figura 15| Área de estudio, Morelia Michoacán, elaboración propia.

En el año 1549 fue fundada la ciudad de Morelia, ubicada, al centro de la república mexicana, cuenta con clima templado y lluvias en verano, es la capital de Michoacán y se encuentra entre las coordenadas Latitud: 19.7333° N, Longitud: -101.2000° E., con una elevación de 1,920 msnm "Cuenta con una extensión territorial de 1200.725 km." (ICAT UNAM, 2019)

Desde que fue fundada, uno de los principales problemas que ha tenido la ciudad, siempre ha sido el suministro de agua dulce y servicios drenaje , por ello se construyó el acueducto, en sus inicios las personas se suministraban de agua por medio de cantaros directamente de las fuentes o de las tomas de agua del propio acueducto, cabe mencionar que la ciudad ha sufrido de escasez de agua históricamente en varias ocasiones. (Tinoco, Ramírez, Bravo, Cabrera, Ettinger, Alanís y Estrada, 1998, p. 7-17).



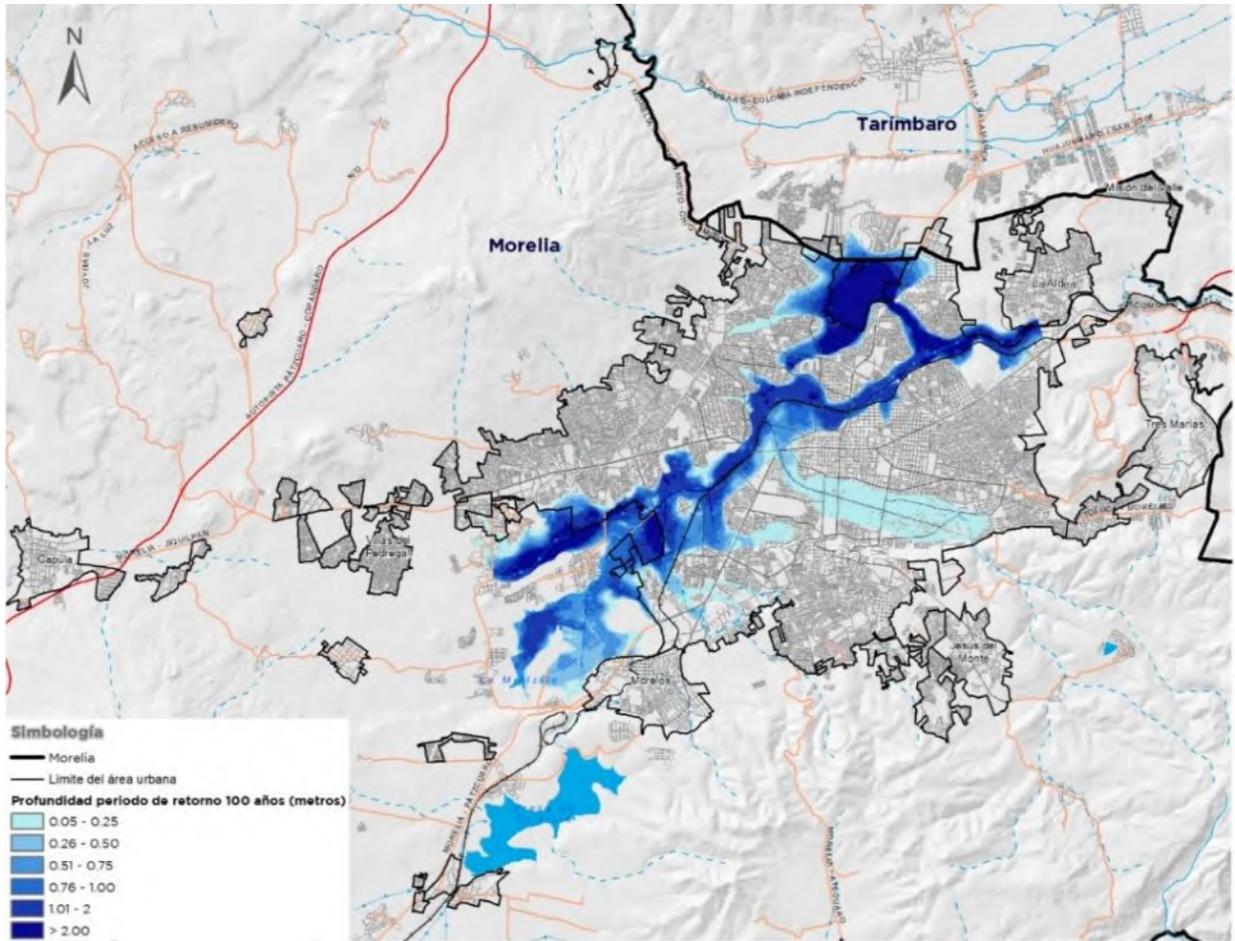
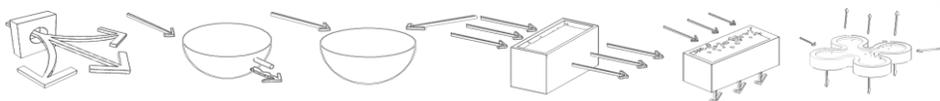


Figura 16| Escenario de inundaciones periodo de retorno a 100 años, tomado de <https://Implanmorelia.org/site/pmd.planeación/>

Otro de los grandes problemas que presenta la ciudad de Morelia a causa del agua son las inundaciones constantes; las inundaciones ocurren cuando la capacidad de absorción la vegetación y el suelo se ve superada, el excedente de agua se acumula temporalmente sobre la superficie del terreno, generando una cobertura en dicha zona por un periodo determinado a mayor tiempo, entre más tiempo, causa mayores daños, los elementos que determinan a las inundaciones por consecuencia de las precipitaciones son: ubicación y fractura de presas, las características físicas de los ríos y arroyos, el desbordamiento de ríos, la elevación del nivel del mar entre otras cosas como el tipo del suelo, y la topografía, la distribución espacial de la lluvia, las capas vegetales, las formas y longitudes de los



cauces. Una de las razones principales de inundación en Morelia ha inundado a consecuencia del desbordamiento del Río Grande y el río Chiquito. (Neva, 2018).

De acuerdo a la revisión de la Carta Urbana de Topografía con nomenclatura E14A23 de los datos abiertos de INEGI, La escorrentía o flujo de agua de lluvia que inunda la colonia "Prados Verdes" proviene principalmente del escurrimiento del "Cerro Prieto" y el "cerro de las Tetillas de Quinceo", que forman parte de la cuenca de la microcuenca del Río Grande.

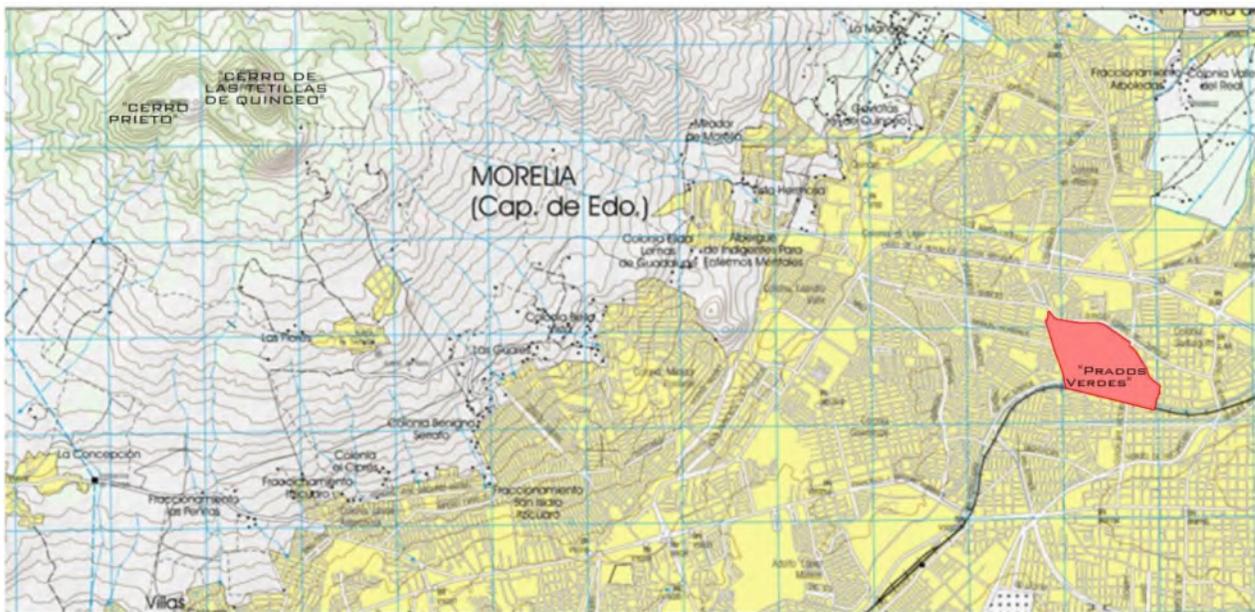


Figura 17| Diagrama elaborado por el autor con información a la carta urbana topografía E14A26 DE INEGI donde se muestran las escorrentías de las microcuencas Morelia.

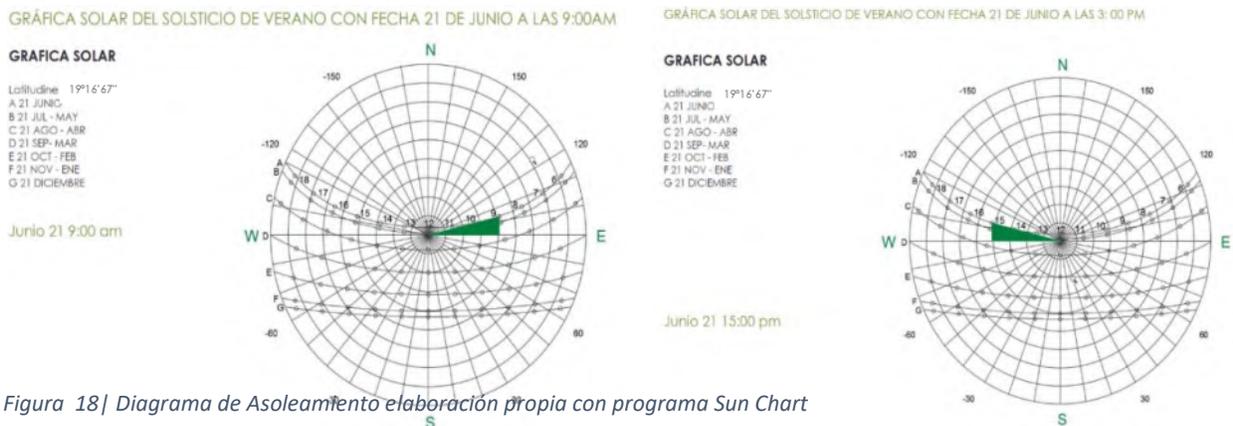
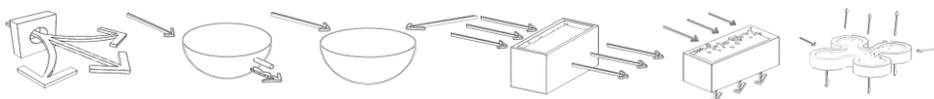
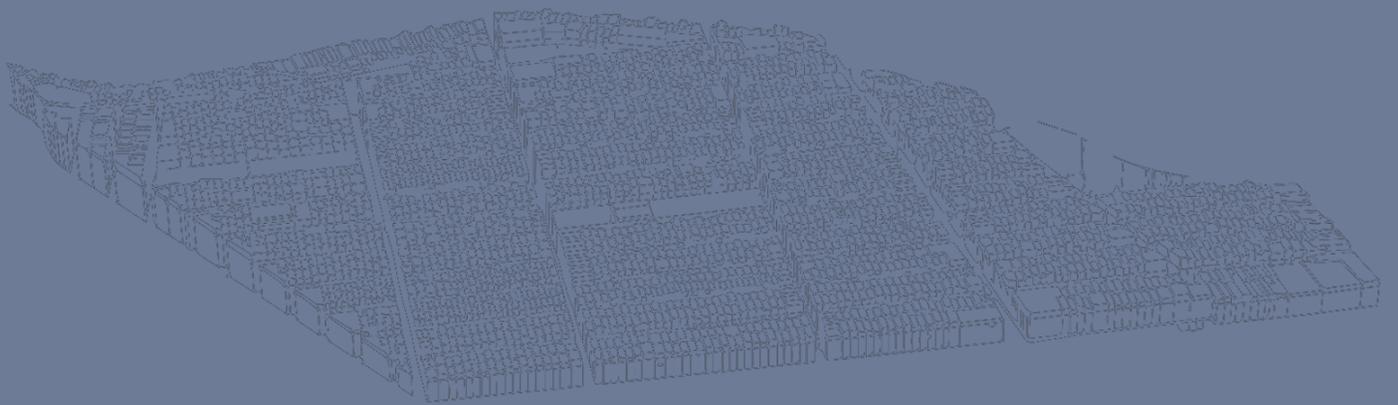


Figura 18| Diagrama de Asoleamiento elaboración propia con programa Sun Chart





ZONA DE ESTUDIO

SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Haciendo una revisión general en las zonas de la ciudad más afectadas por las inundaciones, se identificaron las colonias más afectadas y revisando el plano de Vulnerabilidad y Riesgos que plantea CNA (Comisión Nacional del Agua) en la página del instituto de Planeación de la ciudad de Morelia (IMPLAN), se constató que las zonas críticas coinciden con los puntos de cruce de ambos ríos. (Se muestra en la siguiente Figura 19).

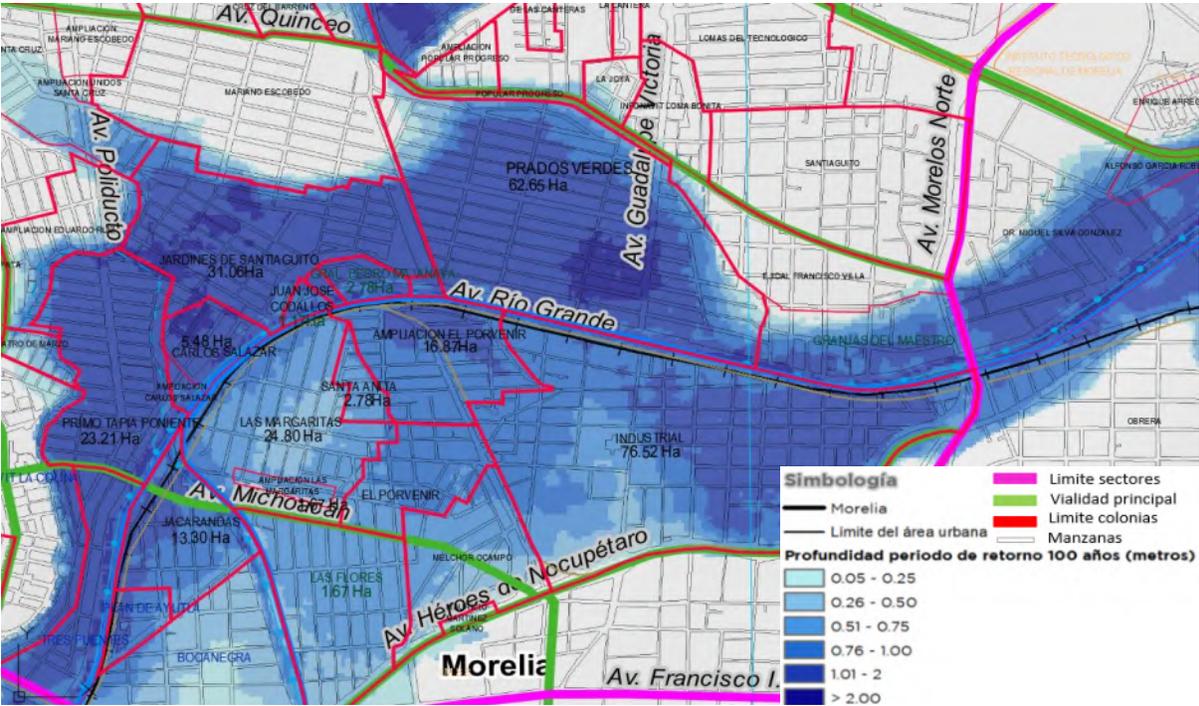
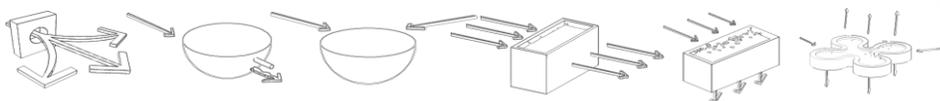


Figura 19| Diagrama elaborado por el autor, tomando como base el plano escenario de Inundación, periodo de retorno a 100 años de CNA

Como se puede observar las colonias más vulnerables a inundaciones son la Prados Verdes, la colonia Jardines de Santiaguito, la colonia Primo Tapia Poniente, la colonia Industrial, por cuestiones de dimensión y daño se llegó a la conclusión que la colonia Prados Verdes es ideal para el presente estudio y proyecto. La colonia Prados Verdes se



encuentra al Norponiente de esta ciudad y colinda al norte con la avenida Quinceo y al sur con el Rio Grande. (ver Figura 21).

La colonia Prados Verdes abarca una extensión de 62.65 hectáreas. Según los datos del INEGI correspondientes al año 2020, tiene una población de 9,656 Habs. y alberga 3,281 viviendas, así como 472 unidades económicas.

Estas últimas son las que se ven afectadas por las situaciones mencionadas. (Ovie Morelia, 2023)

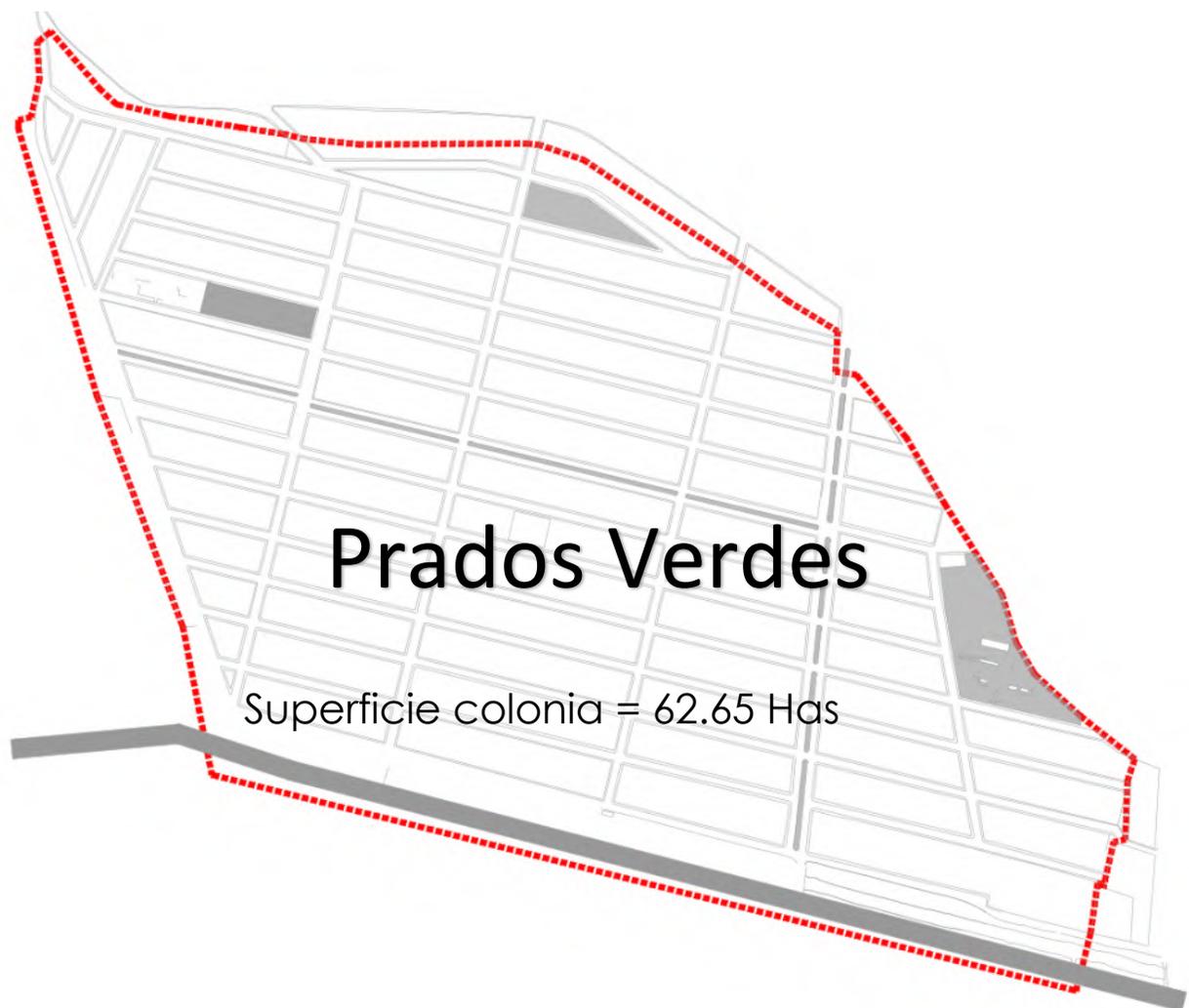


Figura 20| Delimitación de la colonia Prados Verdes

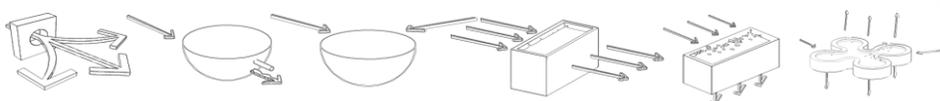
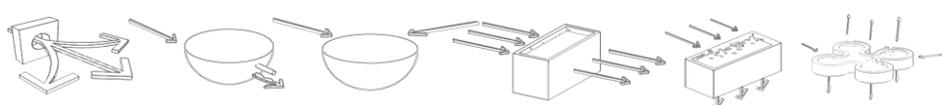




Figura 21| Ubicación de la colonia, imagen tomada de Google Earth

Para mejor entendimiento de la colonia se hace la representación gráfica de la colonia con el siguiente plano de Zonificación



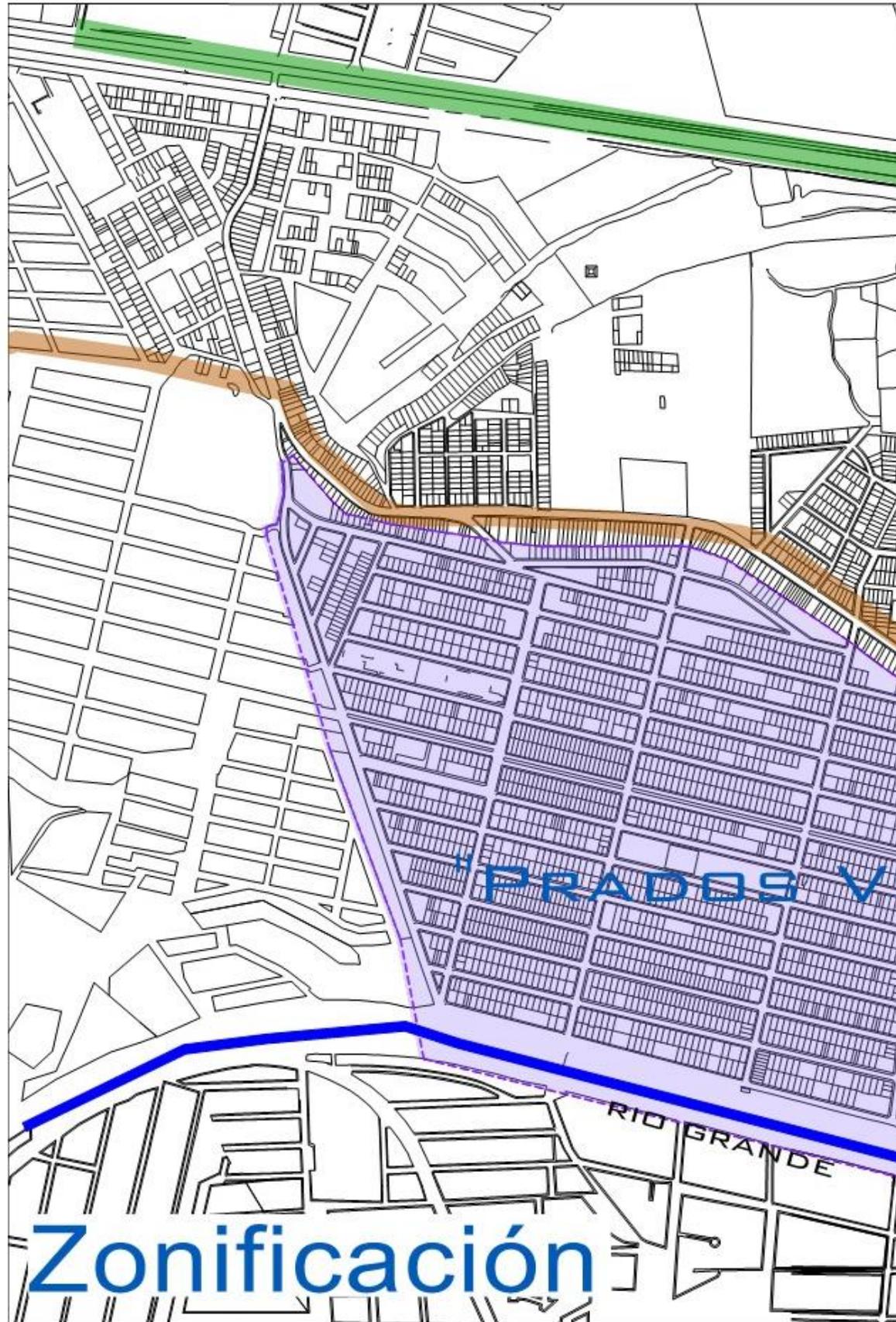
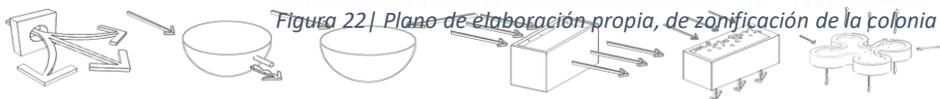
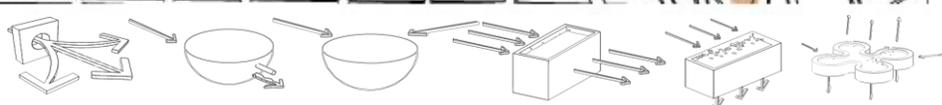
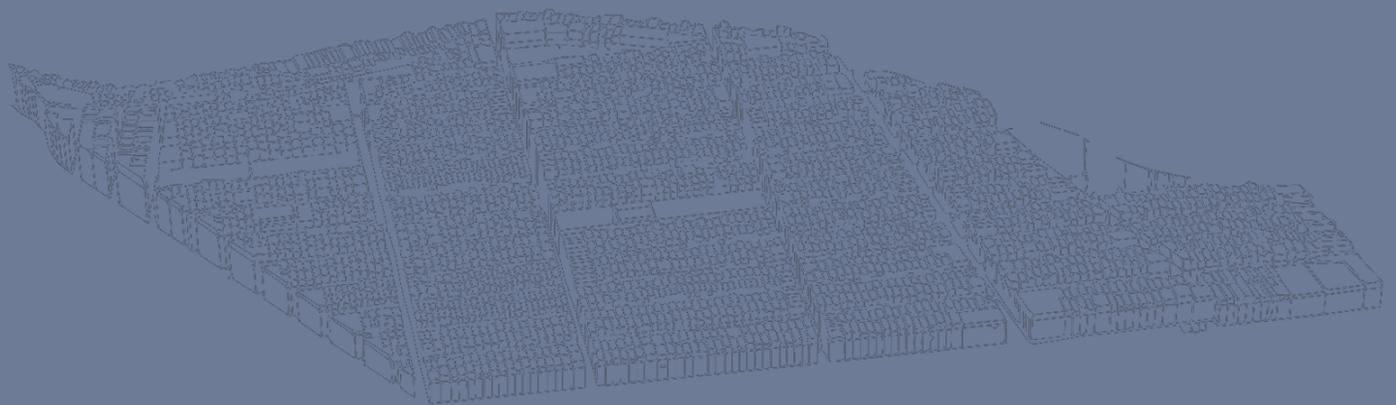


Figura 22| Plano de elaboración propia, de zonificación de la colonia Prados Verdes







CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-GEOGRÁFICAS



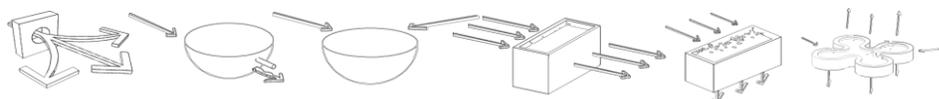
La propuesta se implementa en la ciudad de Morelia, ubicada en la zona central de México, Morelia es la cabecera municipal, y capital estatal. Tiene una extensión territorial de 1200.725 km², destaca como un importante centro político, cultural y económico en la región. (ICAT UNAM, 2019)

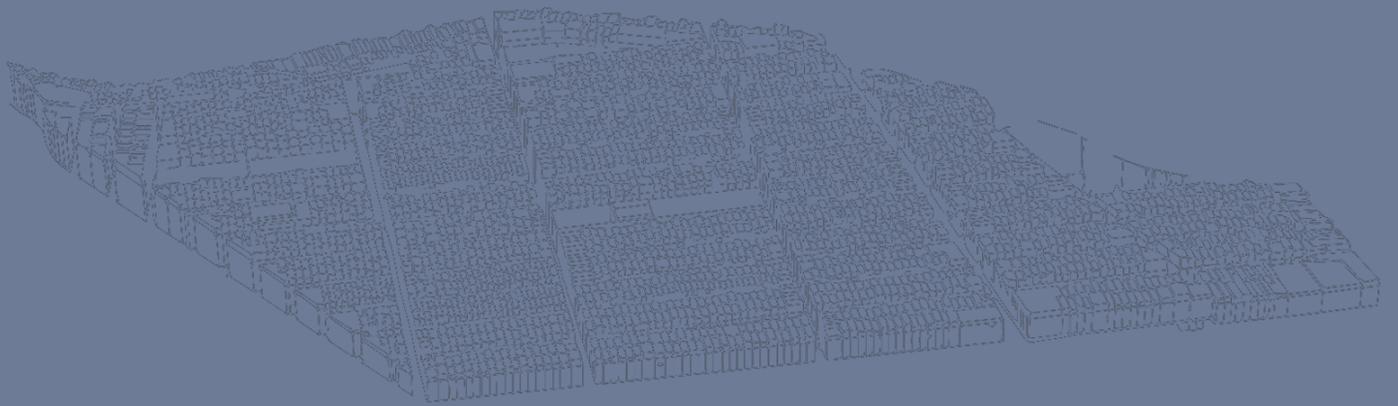
Se encuentra con una **Elevación:** 1,920 M.S.N.M. cuenta con 849,053 habitantes según en el censo de población del INEGI del año 2020 (INEGI, 2020).

ANÁLISIS SITUACIONAL



En seguida se exponen los resultados que se obtuvieron de los diferentes aspectos analizados en base a consulta ciudadana a través de visitas en campo, entrevistas y encuestas, para obtener la percepción de los colonos así como datos revisados en algunas páginas oficiales de consulta pública como IMPLAN, INEGI, SIGEM, Meteored, CNA, OOAPAS, OVIE, entre otros y se muestran a través de la planimetría que se encuentra en los siguientes apartados, se extrajeron datos físicos en el contexto actual.





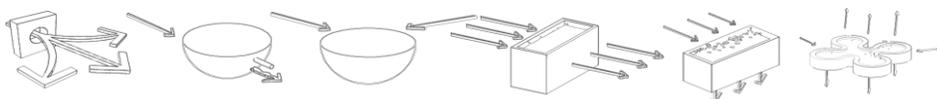
COMPONENTES NATURALES

Se trata de los elementos que identifican el paisaje natural, como clima, relieve, agua, suelo, flora y fauna, entre otros.

CLIMA



En Morelia, prevalece un clima templado con humedad media, caracterizado por precipitaciones que oscilan entre 700 y 1000 mm anuales, con máximas de 5 mm en las lluvias invernales. La temperatura media anual en Morelia varía de 16°C a 20°C, la temperatura promedio anual es de 16°C, con una precipitación anual de 756 mm, todo esto, según la estación meteorológica de OOAPAS Carrillo Puerto, Morelia en tiene un clima templado subhúmedo de humedad media, Los vientos predominantes provienen del suroeste y noroeste, con variaciones en julio y agosto, alcanzando velocidades de 2,0 a 14,5 km/h. (ICAT UNAM, 2019). (Ver Figura 23)

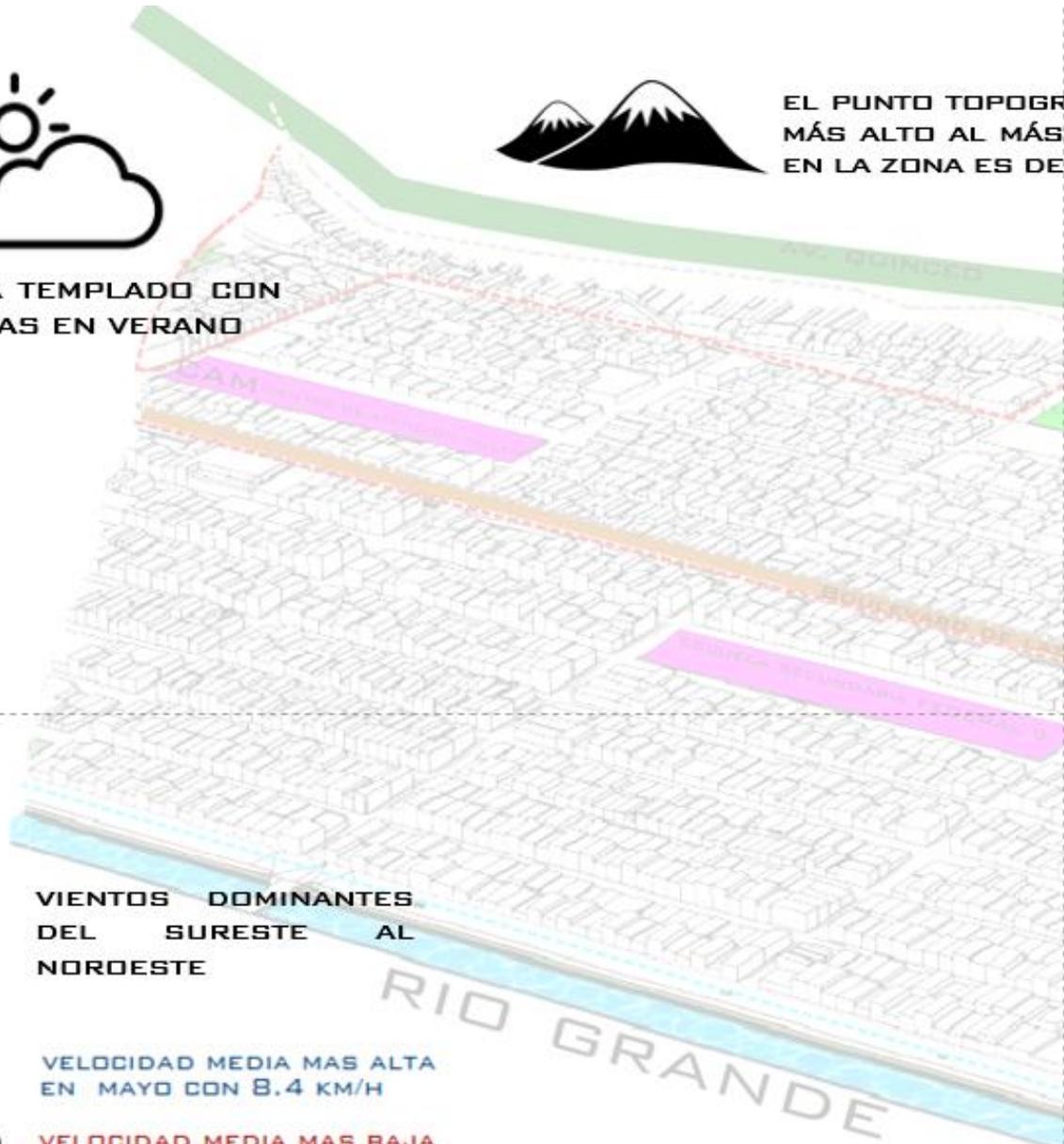




CLIMA TEMPLADO CON LLUVIAS EN VERANO



EL PUNTO TOPOGRÁFICO MÁS ALTO AL MÁS EN LA ZONA ES DE

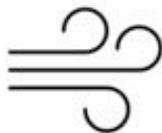


VIENTOS DOMINANTES DEL SURESTE AL NOROESTE



VELOCIDAD MEDIA MAS ALTA EN MAYO CON 8.4 KM/H

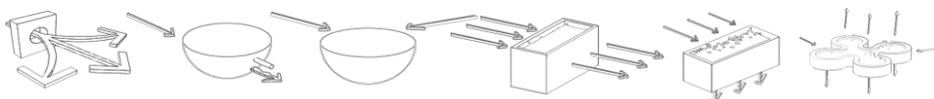
VELOCIDAD MEDIA MAS BAJA EN NOVIEMBRE Y DICIEMBRE CON 4.8 KM/H



RACHAS MAS ALTAS EN MAYO CON 64.8KM/H

RACHAS MAS BAJAS EN MARZO, AGOSTO Y NOVIEMBRE CON 37 KM/H

Figura 23 diagrama de elaboración propia de los datos duros del clima, con datos del año 2023 tomados de <https://www.weather-atlas.com/es/mexico/morelia-clima>



ÁFICO
BAJO
9 M



TEMPERATURA MAX
JUNIO 36°

TEMPERATURA MIN
ENERO 7.8°



PRECIPITACIÓN ANUAL
MEDIA DE 754.25 ML

HUMEDAD RELATIVA
MÁS ALTA AGOSTO
Y SEPTIEMBRE 83%



HUMEDAD RELATIVA MÁS
BAJA ABRIL 39 %

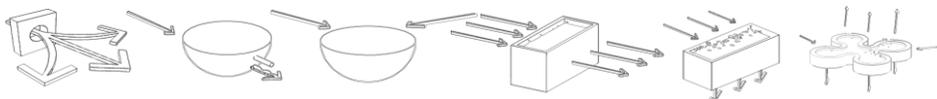


MES CON MÁS LUVIOSO
JULIO CON 28.8 DIAS
MES CON MENOS LUVIAS
FEBRERO CON 4.1 DIAS



PRECIPITACIÓN MEDIA MÁS
ALTA JULIO DE 180 MM

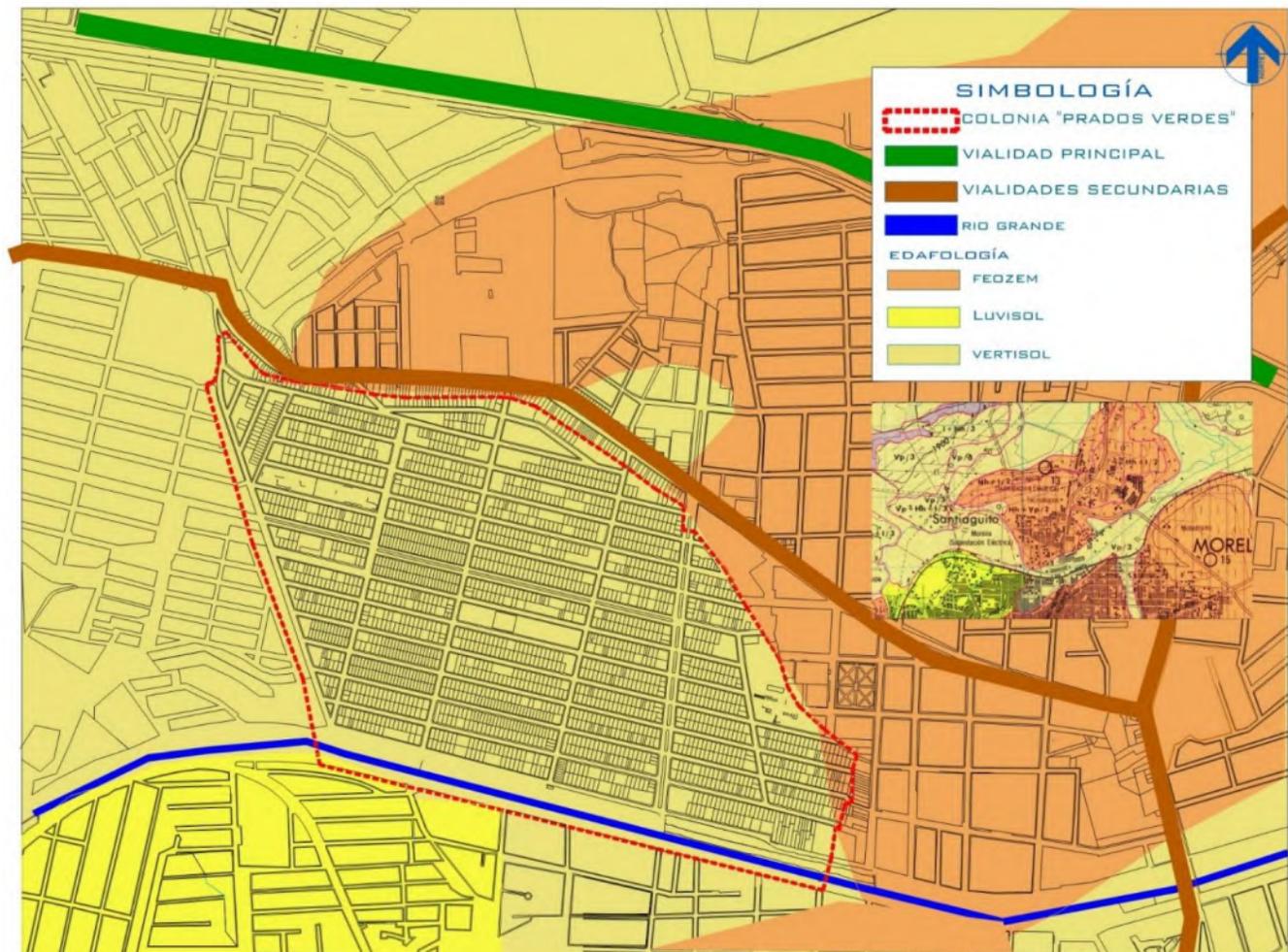
PRECIPITACIÓN MEDIA MÁS
BAJA DICIEMBRE DE 5 MM



EDAFOLOGÍA

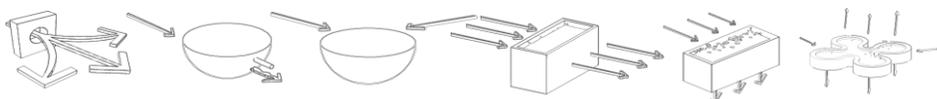


Se trata de la representación geoespacial de la distribución de los tipos de suelo más relevantes en el área, donde los suelos dominantes corresponden al tipo Luvisol, vertisol y Foezem y el tipo de suelo que se encuentra dentro de la colonia en cuestión es el **VERTISOL**, de acuerdo a la Carta Edafológica de Morelia con nomenclatura E14A23 tomado de la página del INEGI, fecha de consulta marzo de 2024 (INEGI, s.f.). (ver Figura 24)



Edafología

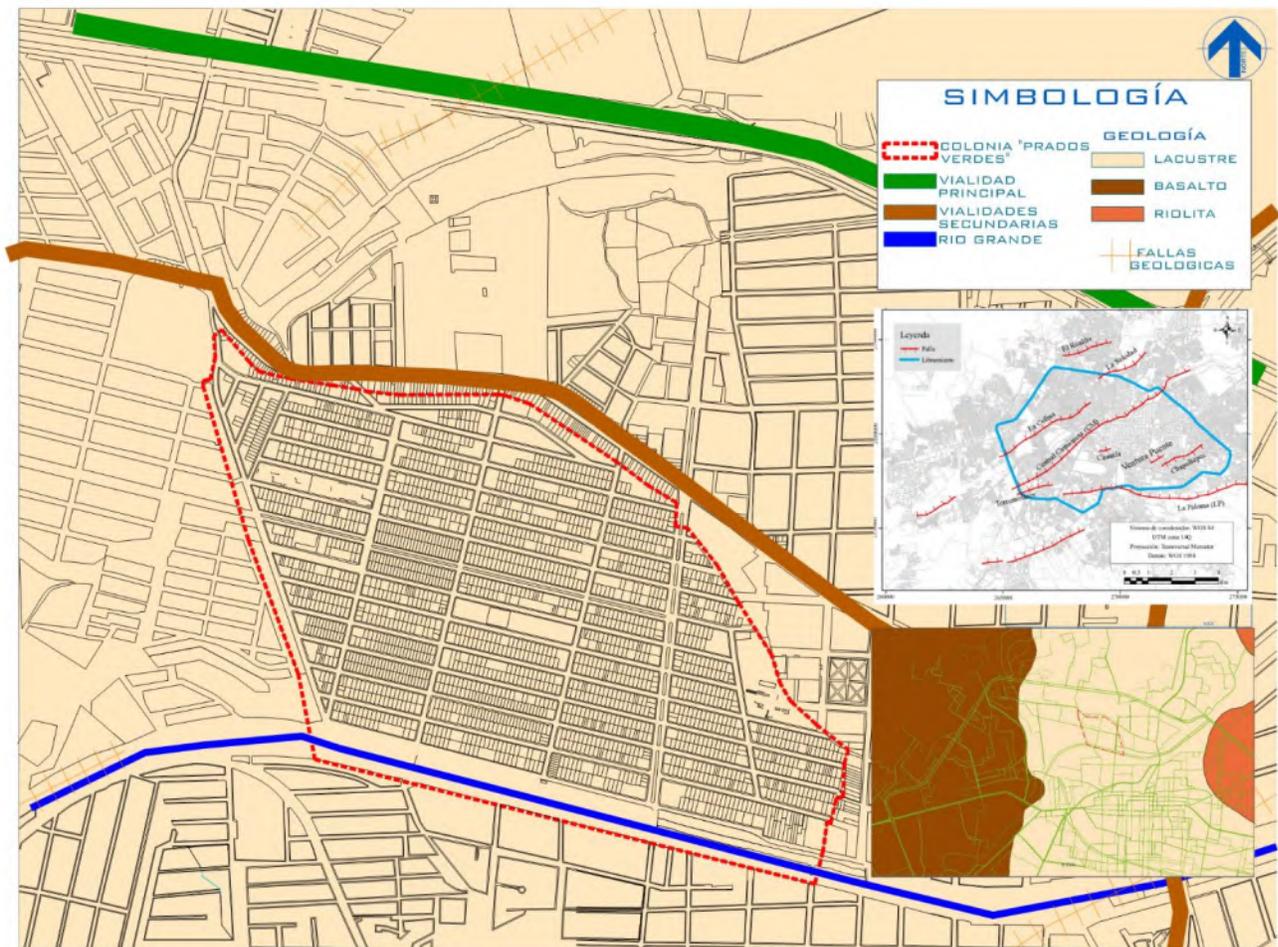
Figura 24! Plano elaborado por el autor con datos basados en la carta edafológica E14A23 de INEGI



GEOLOGIA

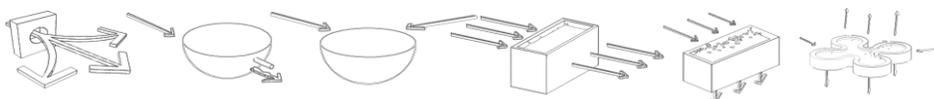


Se trata de la categorización y edad de las rocas, fallas, fracturas volcanes, minas y zonas hidrotermales esta información es consultada cartas geológicas, clave E14A23 escala 1: 50 000, (INEGI, s.f.) tomada de INEGI, el tipo de rocas en la colonia es **LACUSTRE**, se puede observar según el Atlas de Riesgos de la ciudad. (Ver Figura 25)



Geología

Figura 25 | Plano de elaboración propia, para mostrar la geología de la colonia, con base a las Cartas Urbanas del INEGI



HIDROGRAFÍA

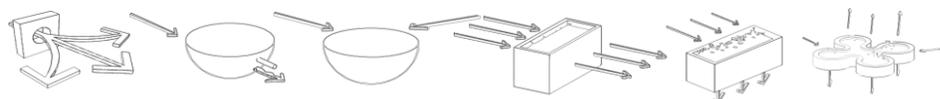


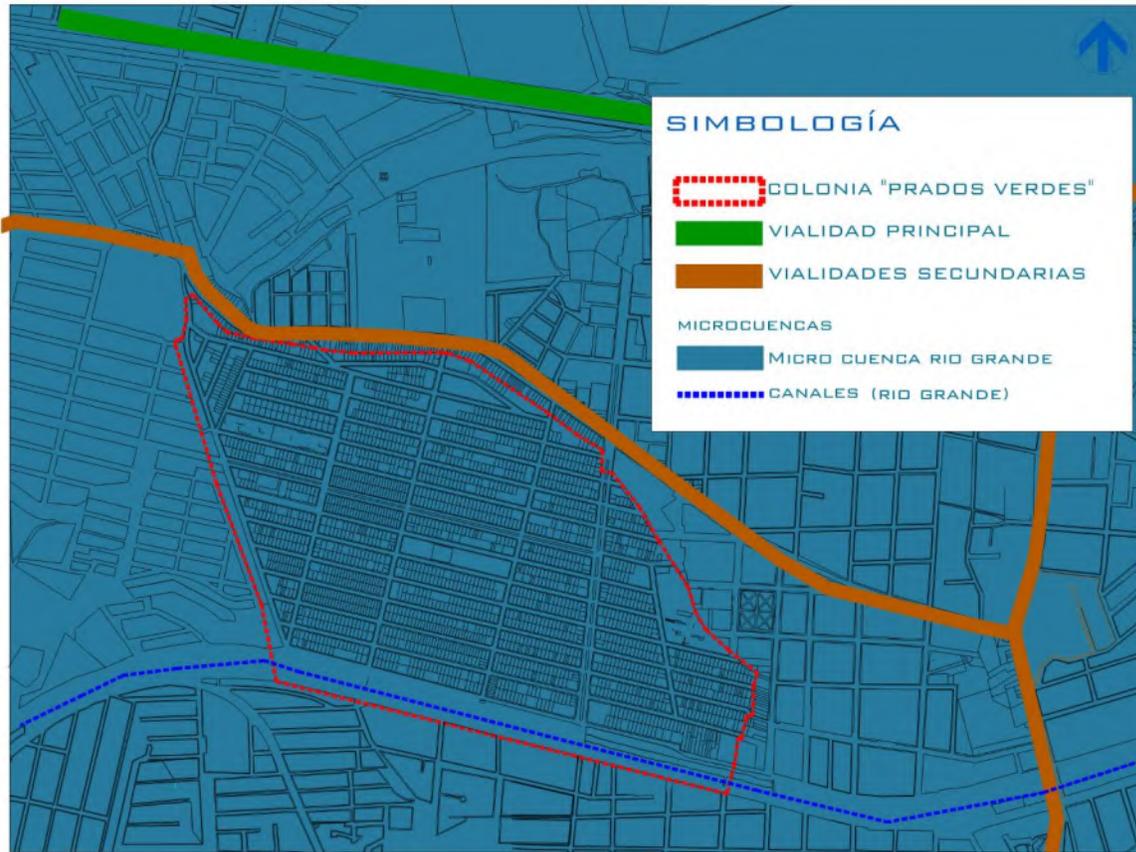
Geográficamente, el municipio pertenece a la cuenca Lerma-Santiago, correspondiente a la región hidrográfica número 12, según los criterios establecidos por el INEGI. y forma parte de la cuenca del lago de Cuitzeo.

Sus ríos más relevantes son el Río Grande y el Río Chiquito, hasta mediados del siglo XX, diversos cuerpos de agua rodeaban la ciudad.

A finales del siglo XIX, el Río Grande fue sometido a un proceso de canalización debido a las inundaciones recurrentes que provocaba. Este río nace en Pátzcuaro y transita aproximadamente 26 km dentro del municipio de Morelia, atravesando su zona urbana antes de desembocar en el Lago de Cuitzeo. Por su parte, el Río Chiquito, principal afluente del Río Grande, tiene una extensión de 25 km y nace en las sierras de la Lobera y la Lechuguilla, incorporando en su trayecto los arroyos de la Cuadrilla, Agua Escondida, El Salitre, El Peral, Bello y Carindapaz.

Entre los cuerpos de agua más representativos del municipio se encuentran las presas de Umécuaro, La Loma Caliente y, especialmente, la presa de Cointzio, considerada la más relevante por su capacidad de almacenamiento, que alcanza los 79.2 millones de metros cúbicos. Además, el municipio cuenta con manantiales de gran importancia, como el de La Mintzita, el cual abastece de agua dulce a gran parte de la ciudad y también se utiliza para fines industriales. Destacan igualmente los manantiales de aguas termales, como los del balneario de Cointzio. (ICAT UNAM, 2019), el río grande pasa justo en la parte sur de la colonia Prados verdes, siendo parte de la microcuenca.



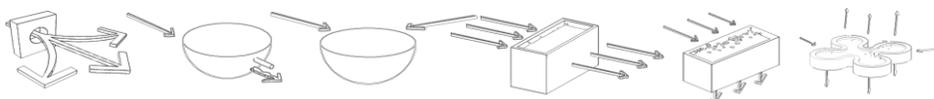


Hidrología

Figura 26| de elaboración propia para ilustrar las microcuencas de la colonia "Prados verdes" con Base al plano interactivo del Implan



Figura 27 | de elaboración propia para ilustrar las microcuencas de la colonia "Prados verdes" con Base al plano interactivo del Implan



TOPOGRAFÍA



La diferencia entre el punto topográfico más alto al más bajo dentro de la colonia es de 9 metros. Según las coordenadas tomadas de Google Earth



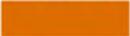
Topografía

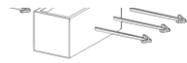
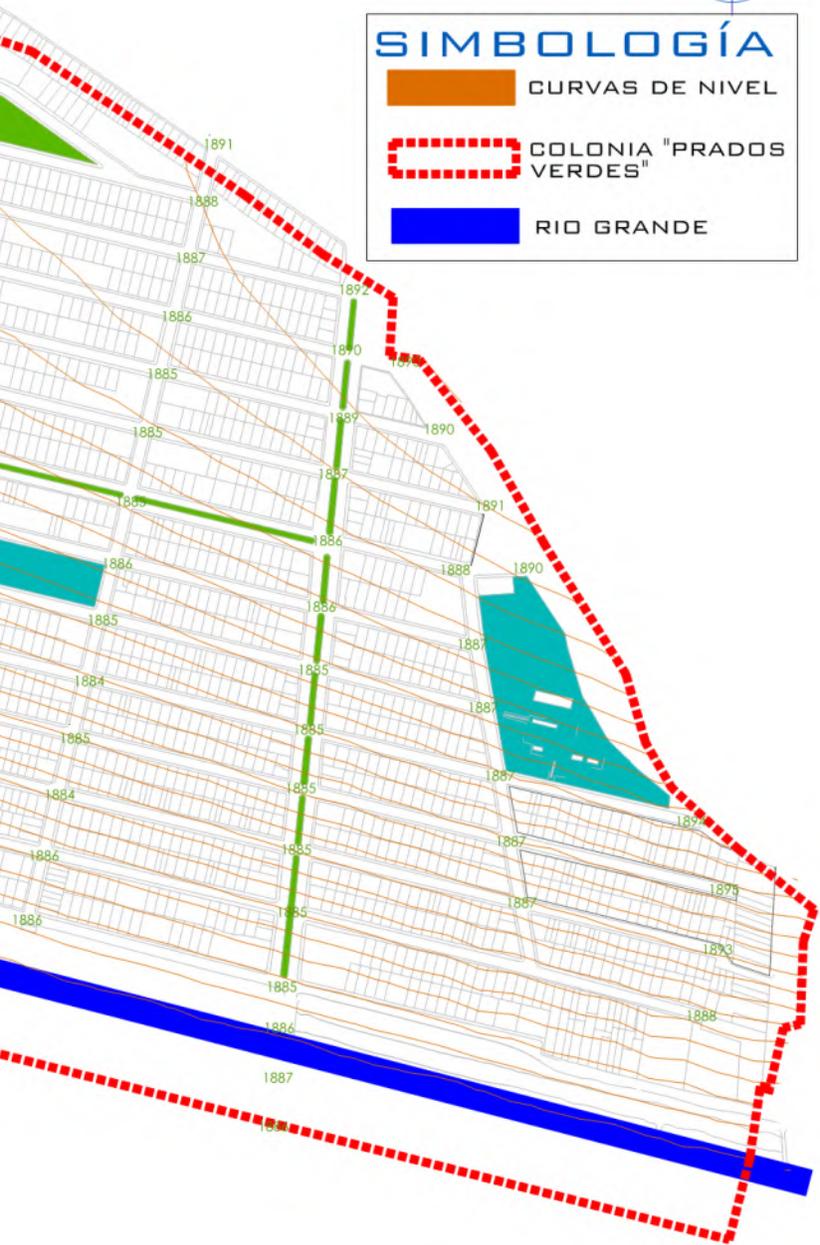
Figura 28 | Plano elaborado por el autor, con base a las elevaciones obtenidas en GOOGLE EARTH

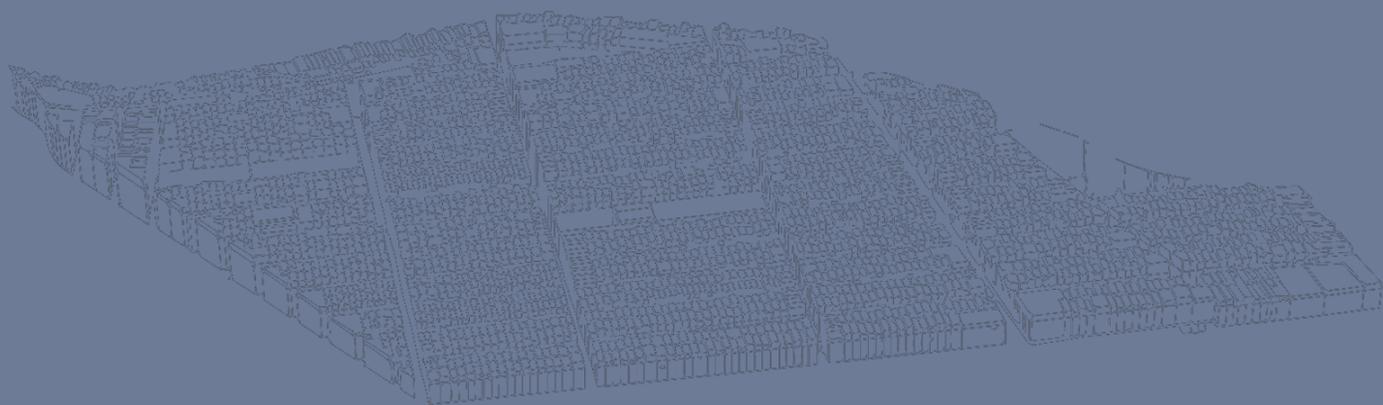




SIMBOLOGÍA

-  CURVAS DE NIVEL
-  COLONIA "PRADOS VERDES"
-  RIO GRANDE





COMPONENTES ARTIFICIALES

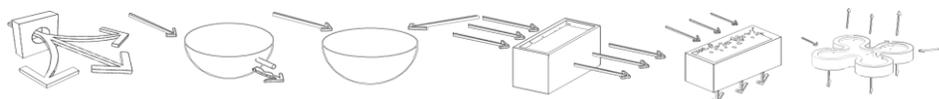
Al referirnos a componentes artificiales, se trata de todos aquellos objetos que se han elaborado por el hombre y han sido integrados al paisaje con el fin de satisfacer las necesidades entre lo que destacamos para este trabajo como: equipamiento urbano, uso de suelo, infraestructura, pavimentos, vialidades, entre otros y se enlistan a continuación:

1. EQUIPAMIENTO URBANO

La colonia prados verdes cuenta con equipamiento que se muestra enseguida (*Figura 29*)

Equipamiento educativo: se encuentra la escuela primaria "Aguiles Serdán", la Escuela Secundaria Federal # 9, el CAM (centro de atenciones múltiples), se encuentra también cerca la escuela primaria "Mariano Escobedo". La escuela secundaria Federal # 3 "Francisco J. Mujica"

Cuenta también con iglesias, tiene equipamiento verde con el boulevard de las primaveras, la calle Guadalupe Victoria y el parque independencia, Tiene cerca un tanque elevado y cuatro templos católicos

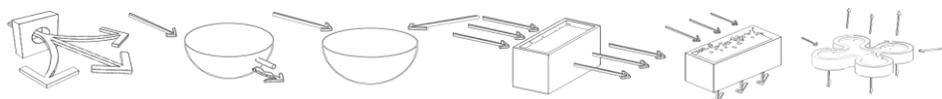


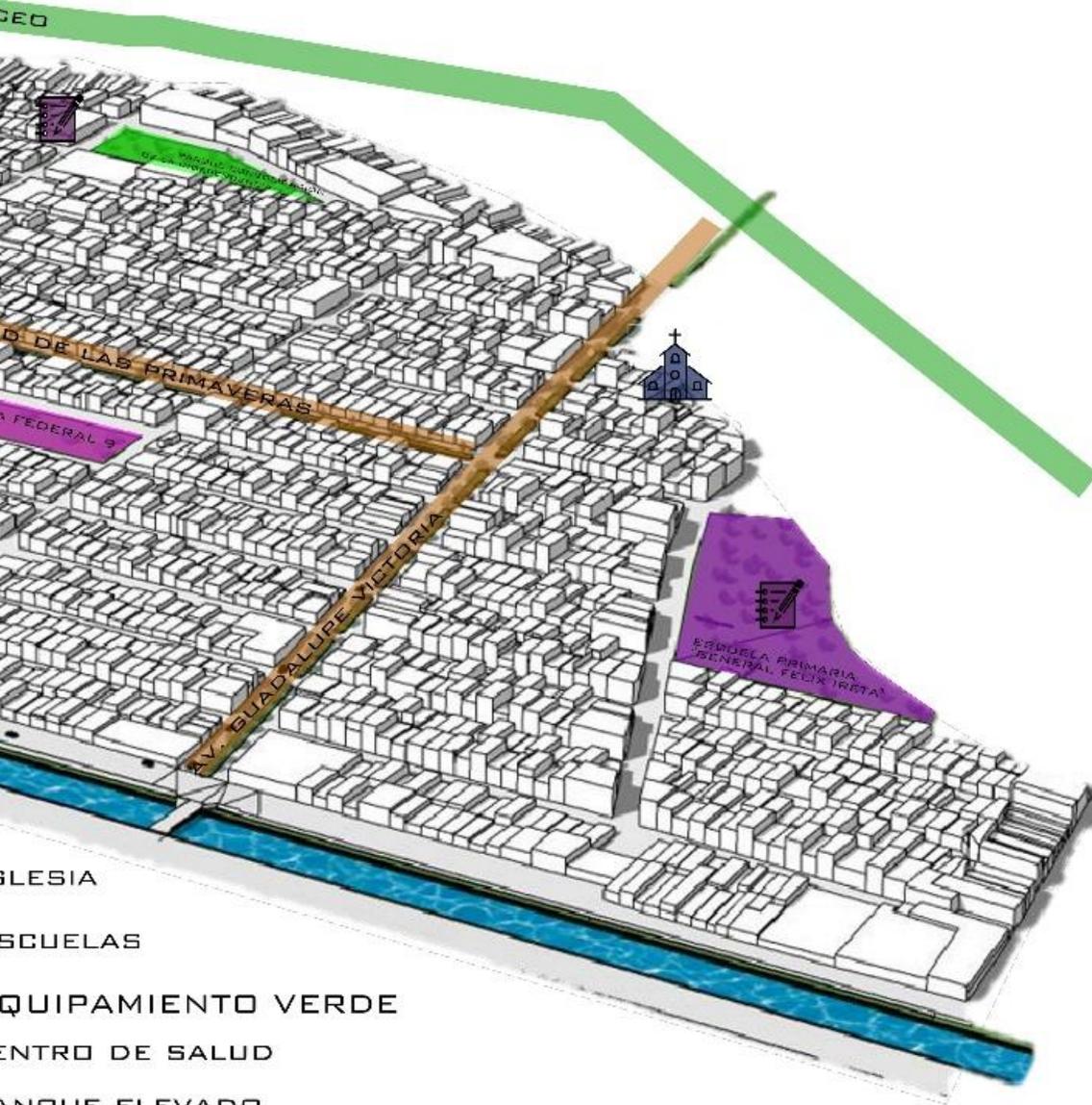


-  DELIMITACIÓN DE LA COLONIA "PRADOS VERDES"
 -  VIALIDAD PRINCIPAL
 -  VIALIDADES SECUNDARIAS
 -  EQUIPAMIENTO EDUCATIVO
 -  RIO GRANDE
 -  EQUIPAMIENTO VERDE
-  IGLESIA
 -  ESCUELA
 -  EQUIPAMIENTO VERDE
 -  CENTRO DE ATENCION MULTIPLE
 -  TALLER

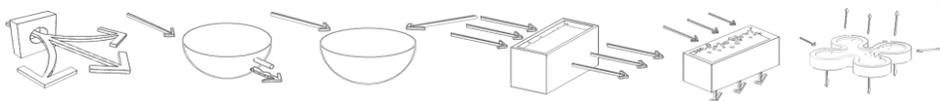
Equipamiento Urb

Figura 29 | Diagrama ilustrativo del equipamiento urbano elaboración propia





ano



2. USO DE SUELO

El uso de suelo de la colonia Prados Verdes (ver Figura 30), Predomina el uso de suelo habitacional, pero se destaca principalmente el equipamiento de comercio en la zona, esto se pudo revisar en las visitas de campo al momento de realizar los recorridos en la colonia para la aplicación de encuestas a los colonos.

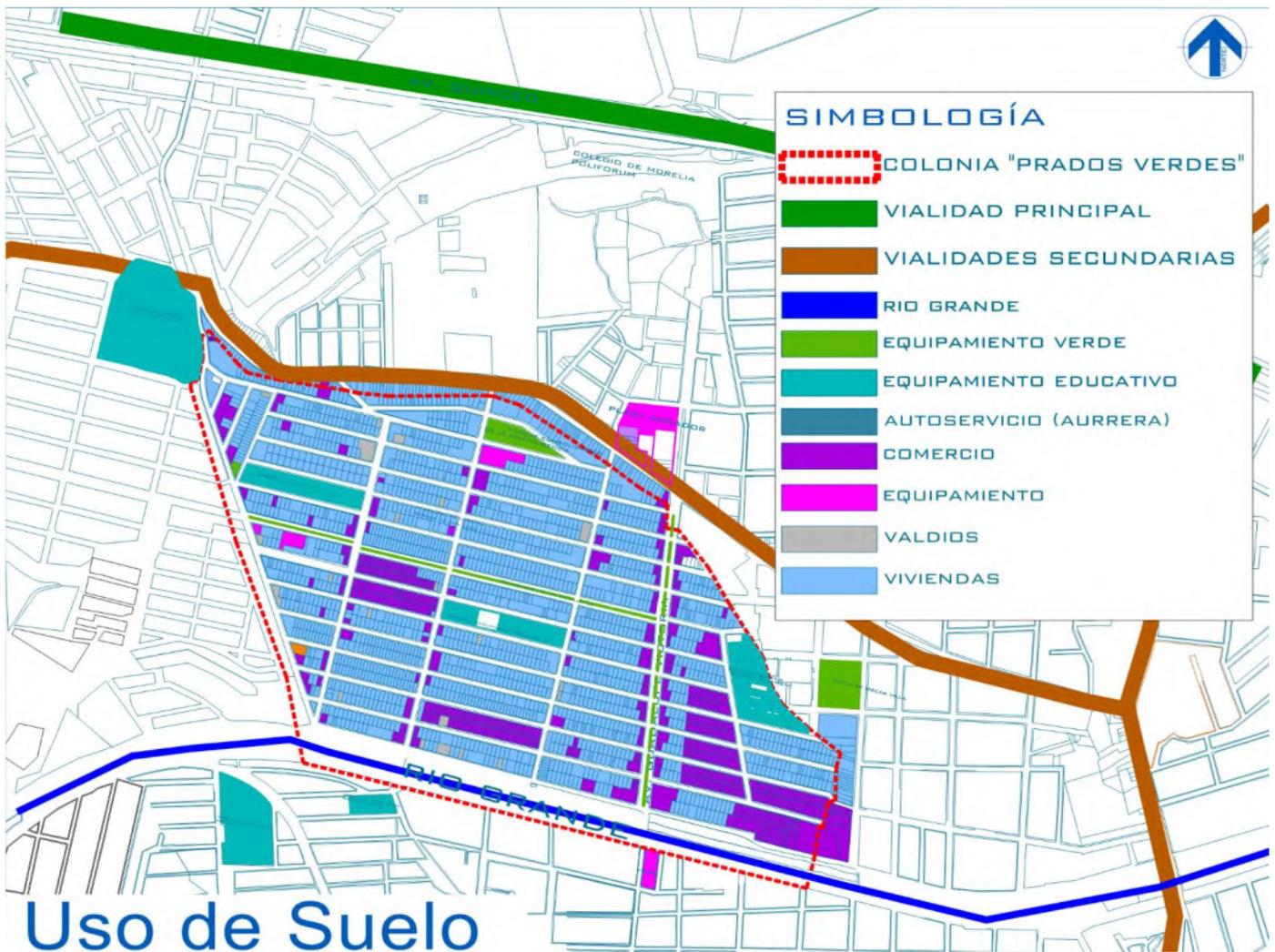
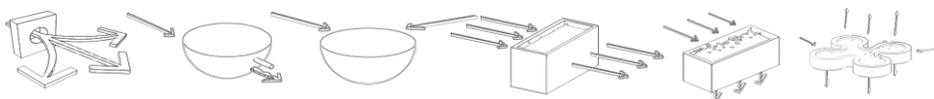
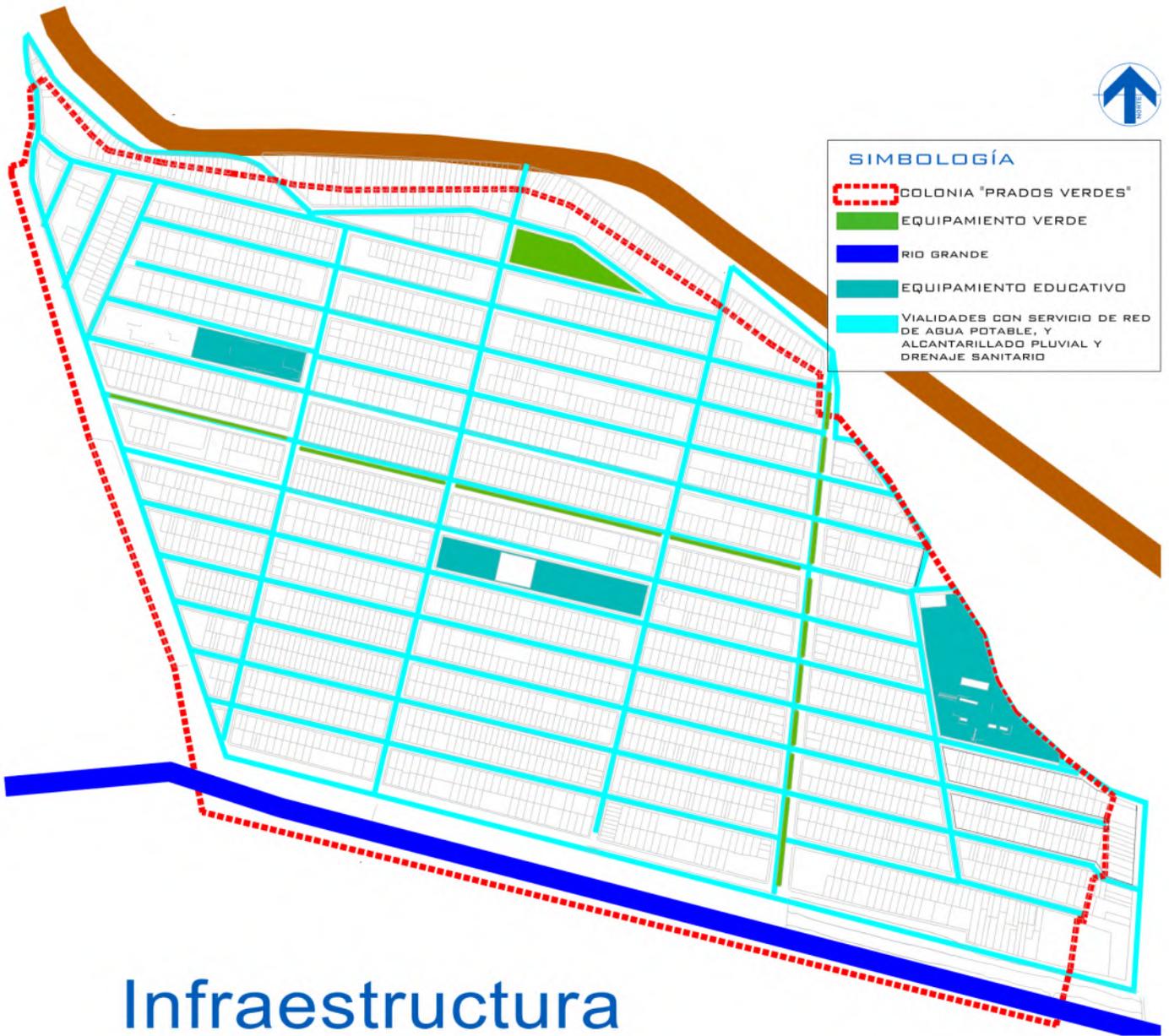


Figura 30| Diagrama ilustrativo del uso de suelo elaboración propia, con resultados obtenidos en visitas de campo.



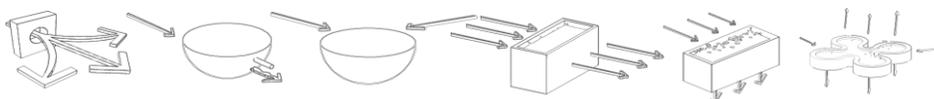
3. INFRAESTRUCTURA

Todas las vialidades dentro de la colonia Prados verdes tienen acceso los servicios de agua potable, alcantarillado pluvial y al drenaje Sanitario. (Ver Figura 31)



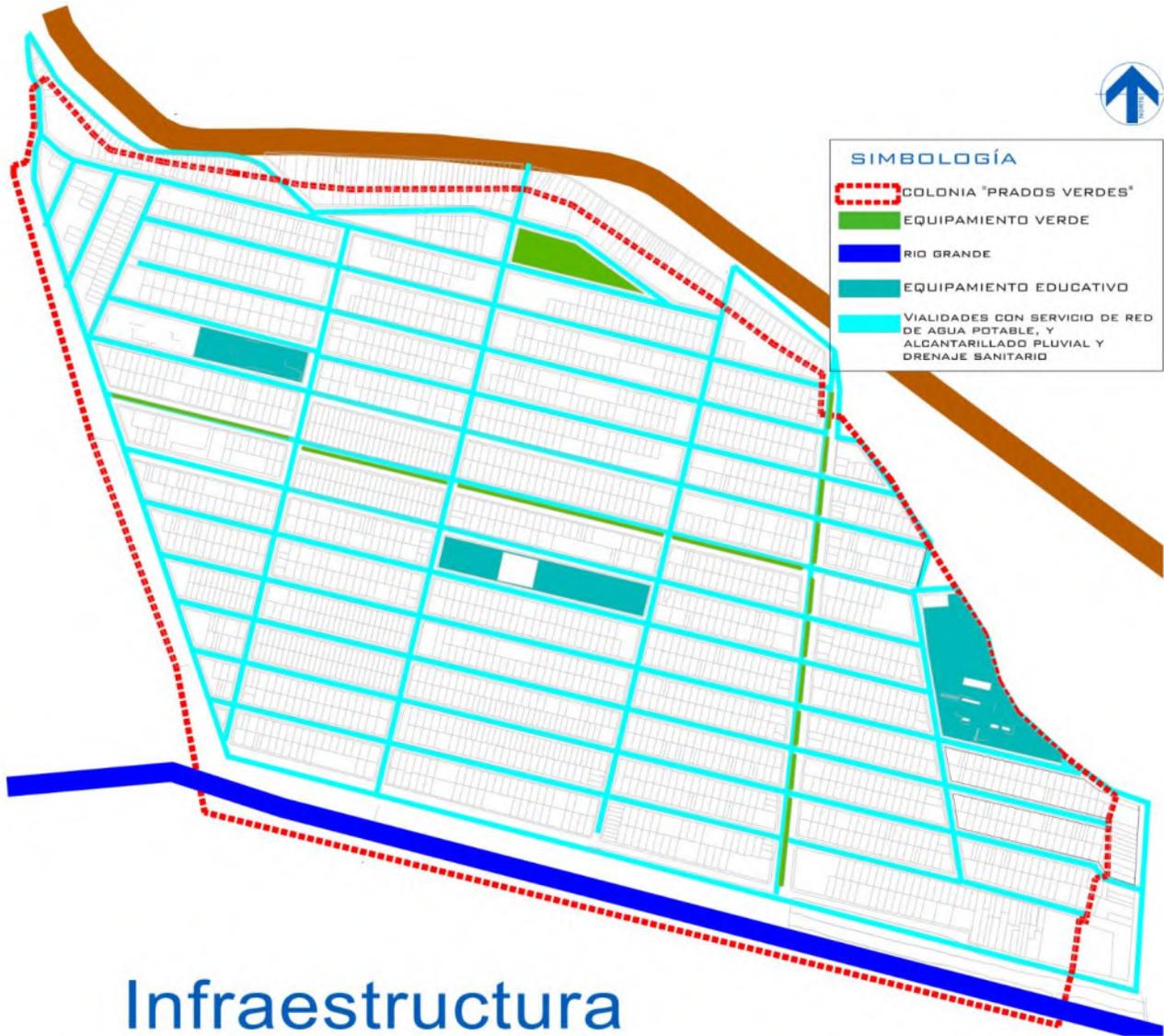
Infraestructura

Figura 31 | Plano ilustrativo de la infraestructura de la colonia, elaborado por el autor, con base a los datos obtenidos por visitas de campo.



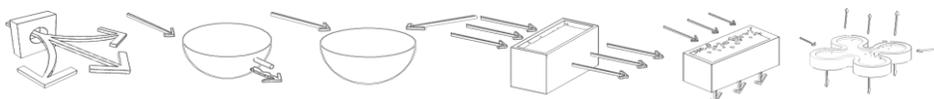
4. PAVIMENTOS

Todas las vialidades dentro de la colonia Prados verdes tienen servicio de guarniciones, banquetas y pavimentos.



Infraestructura

Figura 32 | Plano representativo elaborado por el autor, de las Vialidades que cuentan con servicio de energía eléctrica y Alumbrado Público



5. ELECTRIFICACIONES

Todas las vialidades dentro de la colonia cuentan con servicio de electrificación y alumbrado público.

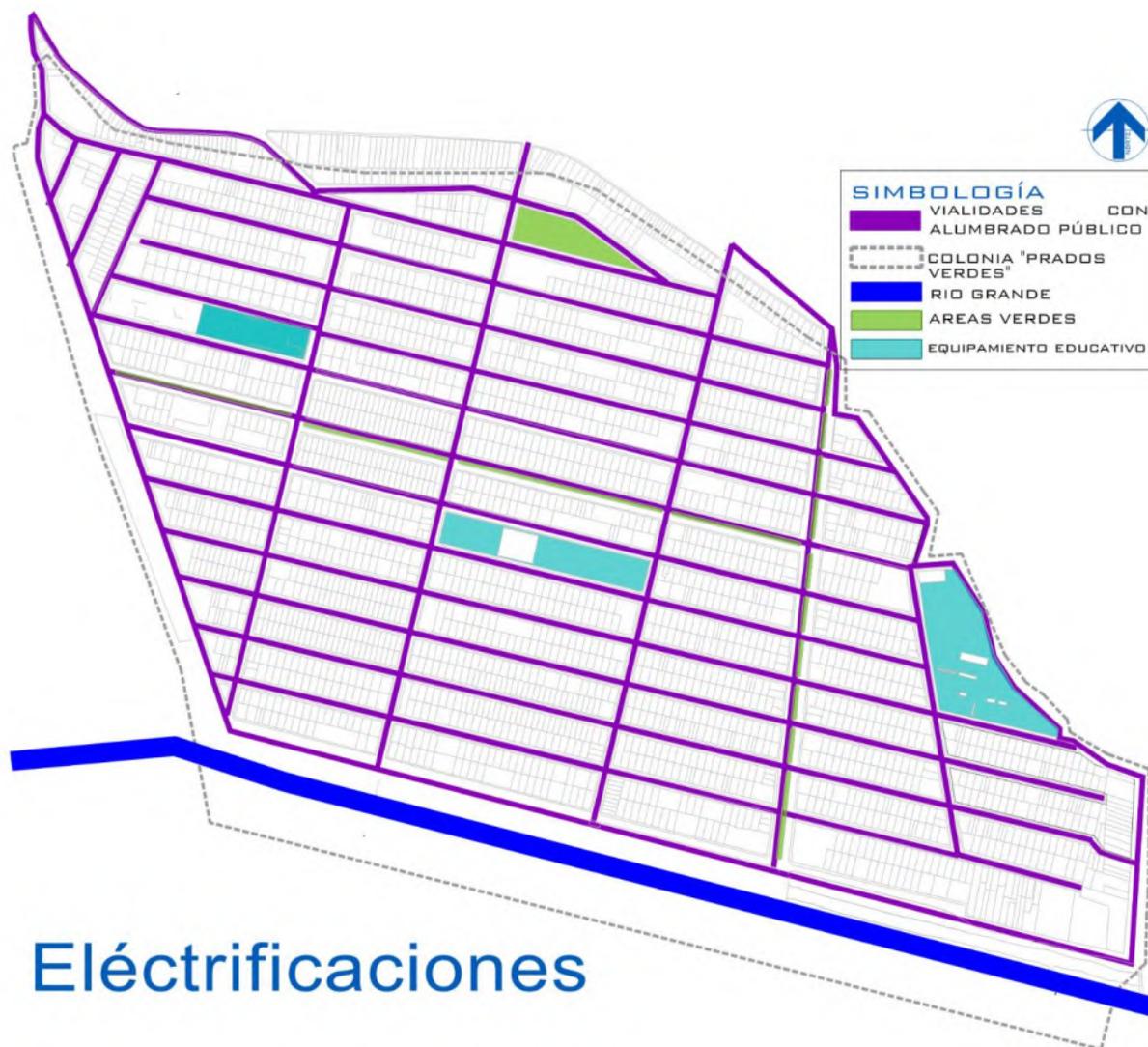
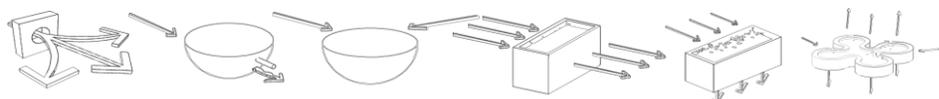


Figura 33 | Plano Ilustrativo de electrificaciones, elaboración propia, con base a los datos obtenidos por visitas de campo



6. VIALIDADES

La colonia prados verdes se ubica sobre el rio grande en la lo atraviesan dos calles secundarias: la avenida Guadalupe victoria y el Boulevard de Las Primaveras, en la parte norte la Avenida Quinceo y a 500 metros de distancia se ubica el periférico.

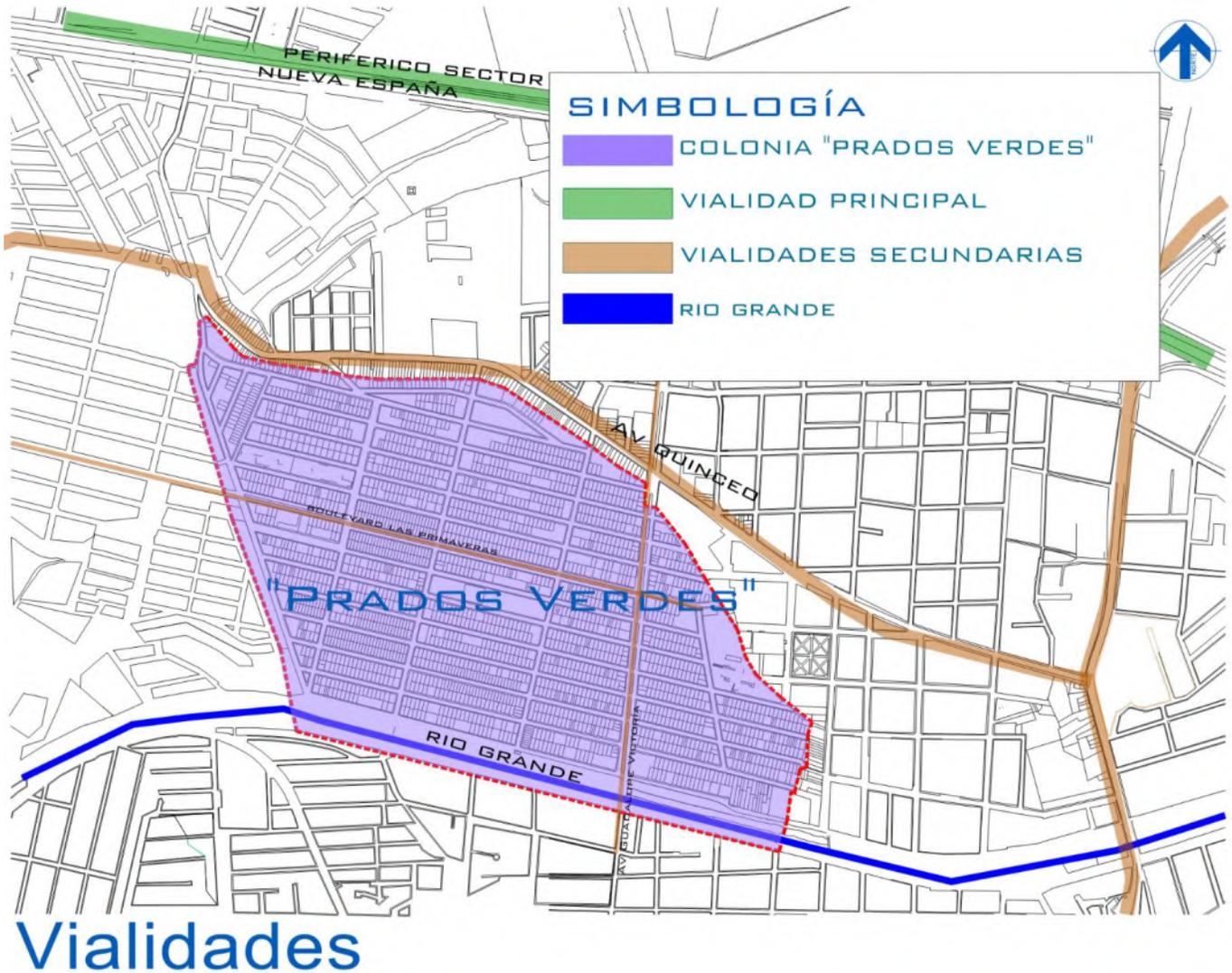
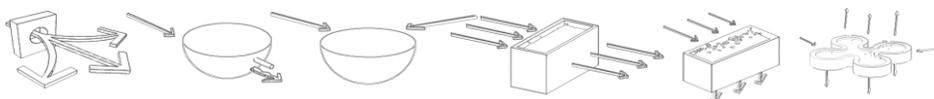


Figura 34| Plano elaborado por el autor, para mostrar las principales Vialidades



7. TRANSPORTE

Las rutas de transporte que pasan por esta colonia son la combi negra 1 y 2", la combi azul C, la combi gris 4, la combi crema 1 y 2, el "camión prados verdes A" y el "Camión prados verdes B".

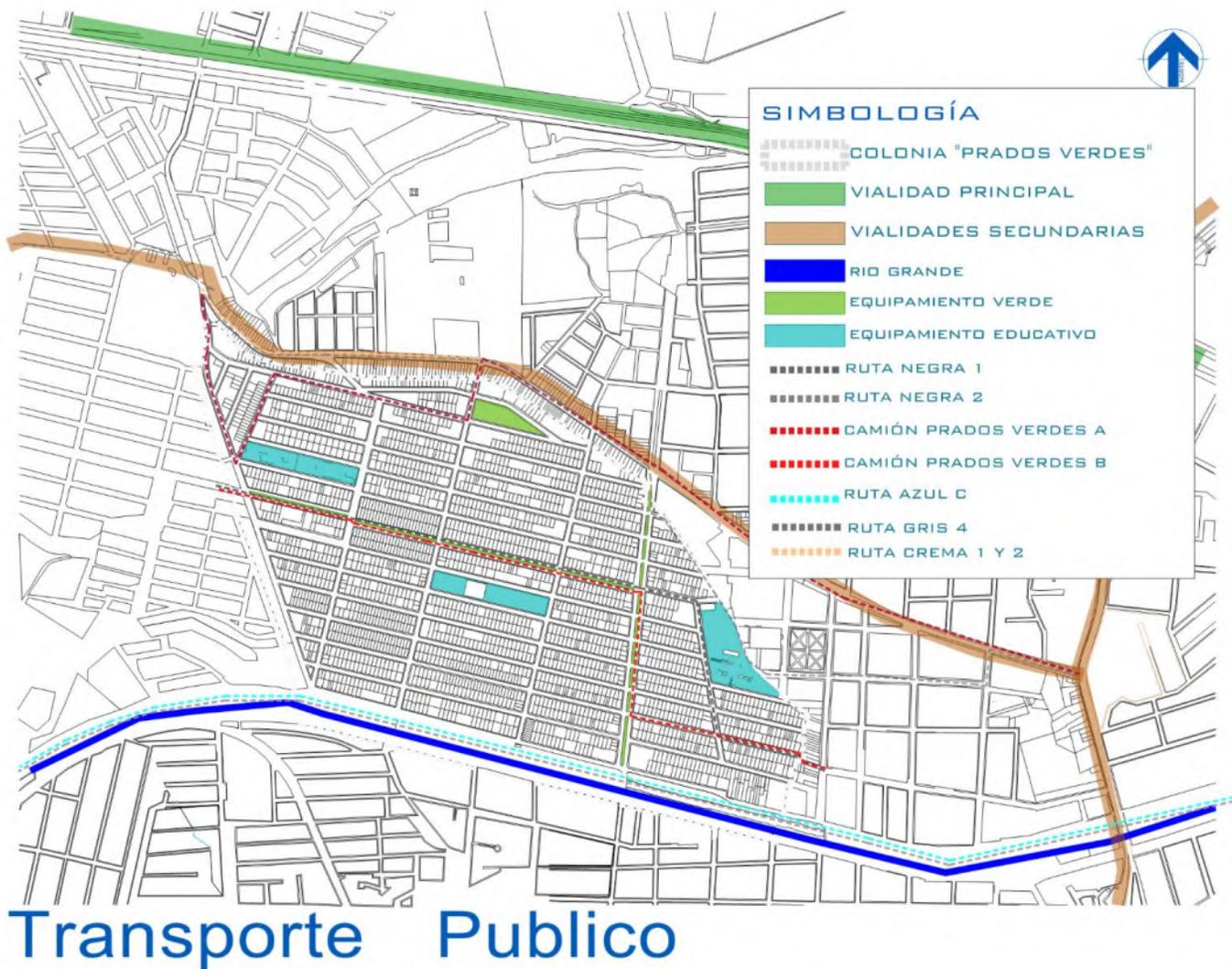
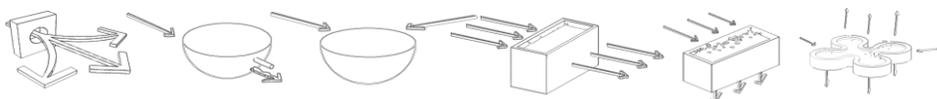
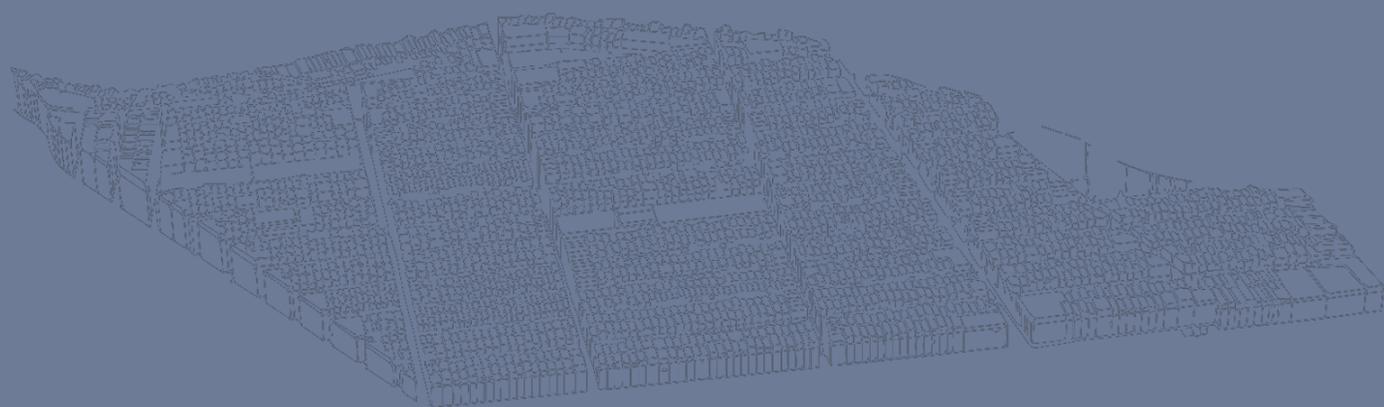


Figura 35|Plano elaborado por el autor sobre rutas de transporte en base a la página del rutero





COMPONENTES SOCIODEMOGRÁFICOS

En cuanto a los componentes sociodemográficos de la colonia se determina lo siguiente Se revisaron datos generales de consulta pública a través de las páginas de INEGI y OVIE Michoacán, donde se obtuvieron datos sociodemográficos, donde se recolectaron los siguientes datos de población y unidades económicas y se representan en las imágenes siguientes: (Figura 36 y e Figura 37).



Figura 36| Plano elaborado por el autor en base a INEGI y consulta en el censo de población 2020 INEGI

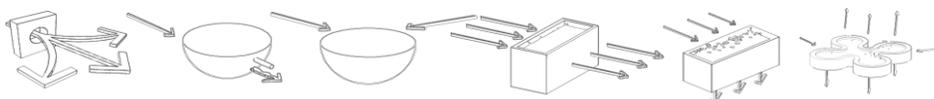
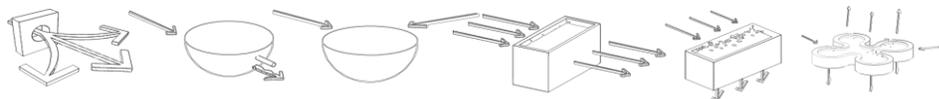




Figura 37| Componentes Socioeconómicos, elaboración propia con datos de INEGI y consulta en el censo de población 2020 INEGI





VI.- CAPÍTULO 5: EXPLORACIONES

PRIMERAS PRUEBAS PILOTO

- Se determino la cantidad de encuestas a realizar de acuerdo al número de manzanas de la colonia y sus habitantes, en la colonia se contemplan 9,285 habitantes según el último censo de población INEGI.
- Son en total 71 manzanas y para realizar encuestas se determinó tomar un muestreo del 1 %, teniendo como mínimo 71 encuestas por realizar, para determinar la perspectiva de la población local ante las inundaciones.

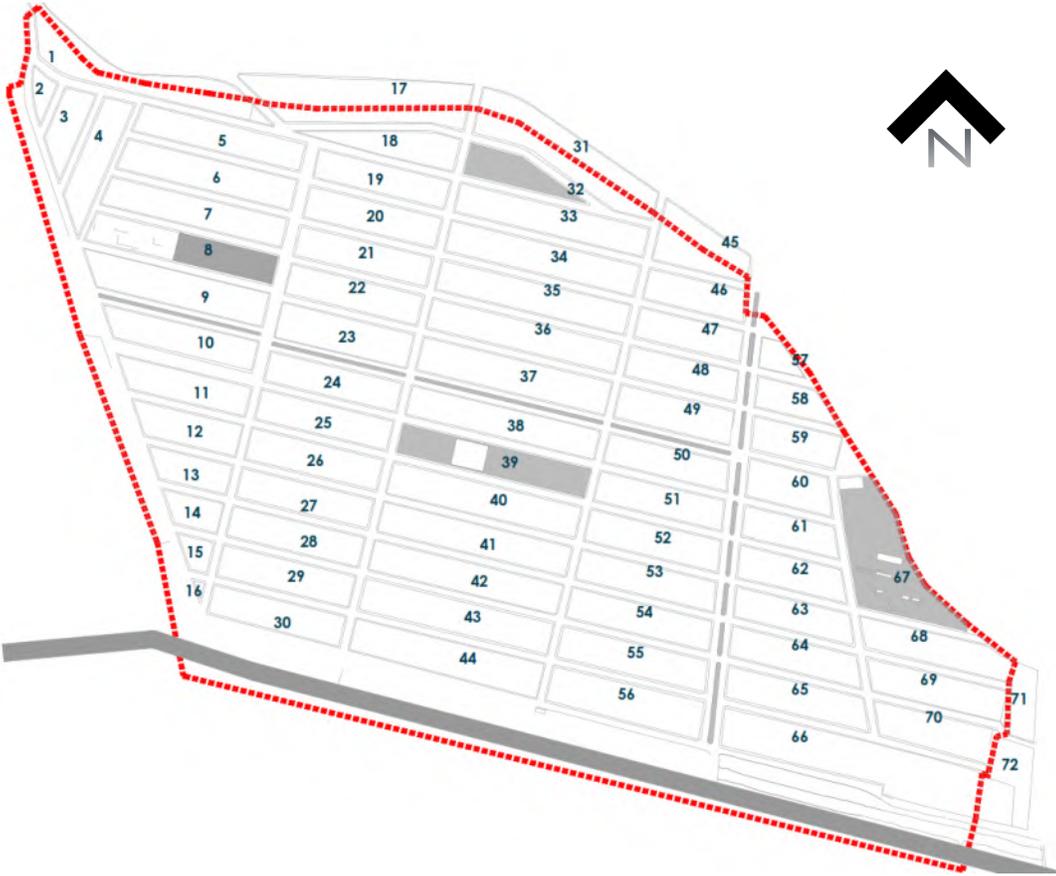


Figura 38| Plano ilustrativo para definir encuestas



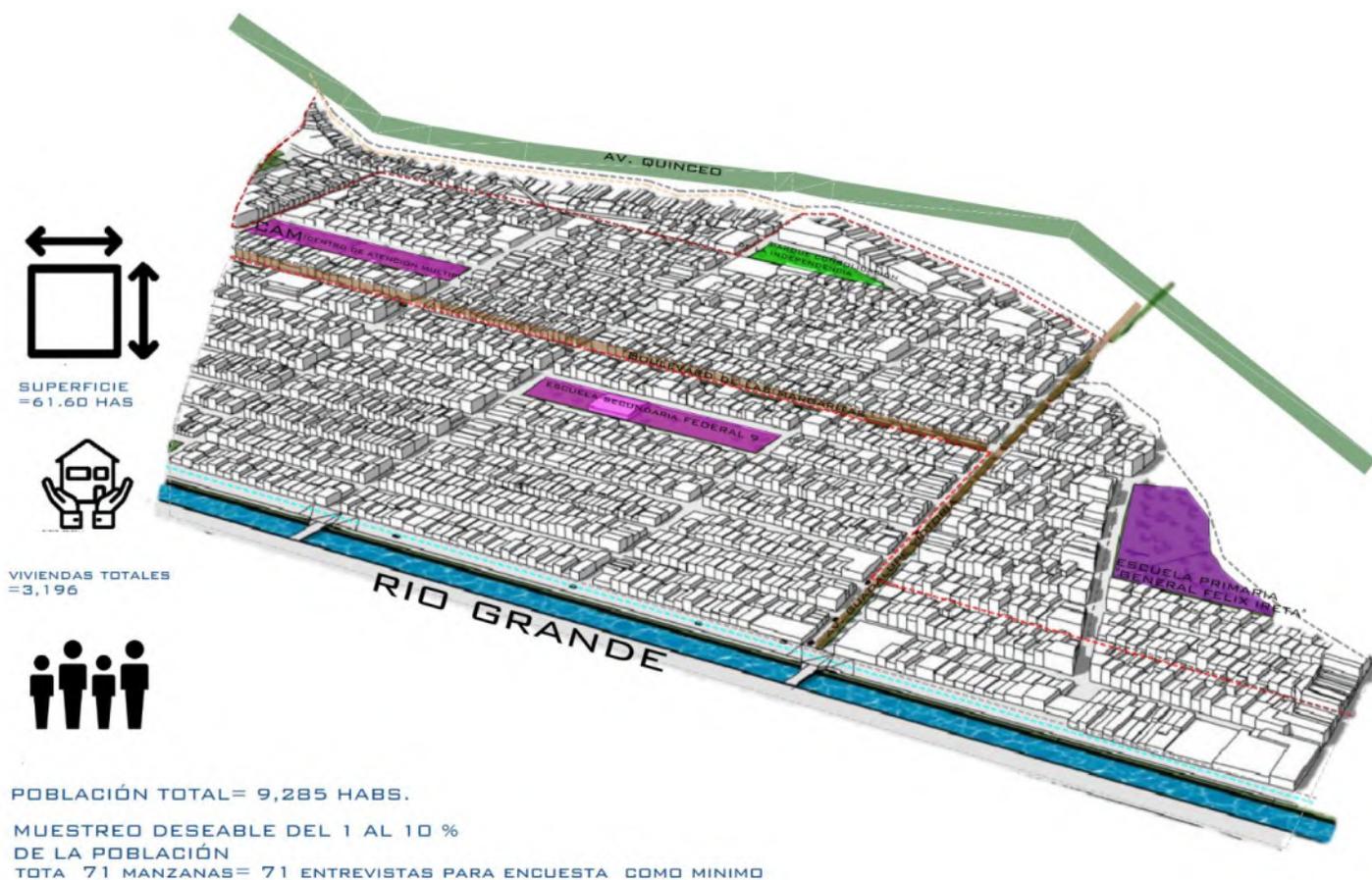


Figura 39 | Diagrama elaborado para definir encuestas, elaboración propia

PLANIFICACIÓN Y PREVENCIÓN ANTE INUNDACIONES PROTECCIÓN CIVIL

Resultado de entrevistas a directivos de protección Civil

Según entrevista con directivos de **la Coordinación Municipal de Protección Civil y Bomberos de Morelia** realizadas al mes de abril del 2024, las principales medidas de atención.

- No hay medidas preventivas,
- No hay Atlas de Riesgos,



- Existen planos de peligrosidades de la ciudad de Morelia donde se muestran las fallas geológicas locales, las zonas más vulnerables en cuando a inundaciones.
- Ante alguna eventualidad de inundaciones el Consejo municipal de protección civil, se coordina bajo las órdenes del secretario municipal, en acuerdo con la dirección de obras públicas y rescate

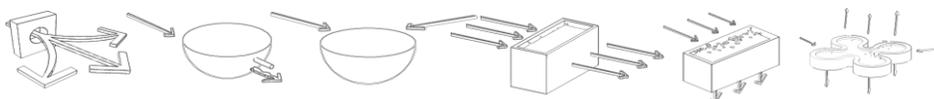
Se tiene el Operativo Plan Familiar de protección civil, donde incitan a las personas a estar preparadas ante eventualidades de desastre naturales como inundaciones para salvaguardar cosas de valor y tener siempre su “Mochila de emergencia”

Ante la respuesta y Manejo de Emergencias

- El manejo de asistencia a personas afectadas en situaciones de inundaciones por parte de protección civil en coordinación con bomberos, verifican niveles de agua, se hace la invitación a los ciudadanos afectados a irse a albergues y a que realicen su plan familiar,
- Se evalúa que el problema recae en pérdidas materiales, no hay riesgo de mortalidad.
- Los principales desafíos que enfrenta Protección Civil durante las operaciones de rescate y recuperación en inundaciones es la poca respuesta de la población, porque no confían en las autoridades, desconfían de perder sus pertenencias
- Se generan albergues temporales, se invita a la población a retirarse de sus viviendas mientras la situación se mantiene.

Comunicación y Educación

- Se informa a la población mediante Grupos de apoyo (Mensajes vía WhatsApp, con jefes de manzana y encargados del orden de las colonias), (Plan familiar)
- No se llevan a cabo campañas educativas, pero hay spots informativos vía Radio



- El primer paso para hacer campañas educativas de prevención sería que las personas quisieran asistir sería el primer paso.

Recuperación y Mitigación

- En la fase de recuperación post-inundación, se evalúan Según el daño ocasionado a las personas en situación vulnerable ante inundaciones
- Existen los protocolos de evaluación EDAN (Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades cruz roja y Bomberos).

RESULTADOS DE ENCUESTAS:

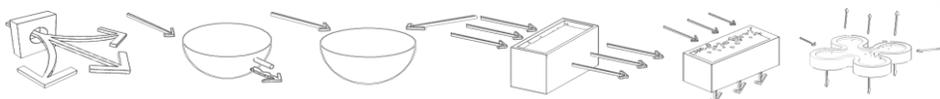
Se hicieron visitas en campo, donde se hicieron diferentes recorridos en la colonia para verificar, el estado de las calles, los servicios, el uso de suelo habitacional, con lo que se obtuvo información para los planos de las ilustraciones anteriores.

Así mismo se hizo un recorrido de las 71 manzanas de la colonia para así obtener datos duros sobre percepción de impacto a vulnerabilidad y riesgos por inundaciones por parte de los colonos y se representan de la siguiente manera:





De acuerdo a los resultados obtenidos en estas encuestas, a diferencia de las respuestas por parte de las autoridades, se puede constatar que las personas si perciben afectaciones por las inundaciones, que, aunque no pelagra la vida de los colonos con estas eventualidades, si recae en problemas de patrimonio, perdida de bienes materiales, estrés continuo en época de lluvias, sobre todo para las personas que habitan cerca de las vialidades con mayor problemática en la Avenida Guadalupe Victoria y la calle Sauces. Para el resto de los colonos



no es un problema grave, sin embargo, si los afecta en menor medida, durante la época de lluvias.

ANÁLISIS DE ESTRÉS HÍDRICO



Para valorar la percepción de estrés hídrico en la colonia por falta de abasto de agua potable, se omitieron los resultados de estas encuestas este análisis, que, aunque los vecinos si perciben escasez de agua, se realizó una revisión del documento del anexo Técnico y Cartográfico del "Plan Municipal de Desarrollo" de Morelia 2021-2024, de nombre "D6. Agua potable" (actualización 28 abril de 2023) en el que se menciona el suministro diario que contempla el Organismo Operador de Agua y Saneamiento de la ciudad de Morelia por lo que se llegó a la conclusión de que actualmente la ciudad no sufre de estrés hídrico, por falta de agua en la zona, sino por perdidas. (implanmorelia.org, 2023)

Para el suministro de agua en la ciudad de morelia, el OOAPAS cuenta con fuentes superficiales y subterráneas, de las que obtiene un gasto total de **2,695 litros por segundo**, para una población de **849,053 habitantes** según el censo de población 2020 de INEGI. Del cual se sugiere una dotación de 150 (Litros x día x habitante).

1 día = 60 x 60 x 24 = 86,400 segundos

1 L/S = 86,400 LTS al día

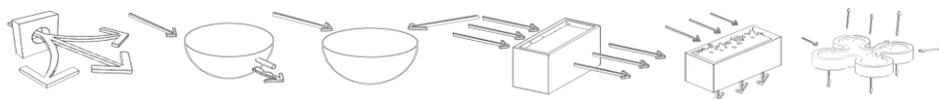
$$\frac{86,400 \text{ lts /día}}{150 \text{ lts/hab/día}} = 576 \text{ Hab.}$$

$$2,695 \text{ lps} \times 576 \text{ hab} = 1,552, 320 \text{ Habs.}$$

Es decir:

Volumen disponible 2,695 litros por segundo (OOAPAS, 2020),

- **Población 849,053** habitantes (INEGI, 2020)
- Dotación de 150 (Litros x día x habitante)
- **1 l/s = 576 Hab.**
- Población servida **1,552,320** habitantes



O sea que la disponibilidad para cubrir la demanda de agua en Morelia es de 1,552, 320 habitantes de los cuales según la tabla 3 del anexo D6. Agua potable del plan municipal de desarrollo de morelia 2021- 2024.

El **29.42 %** del agua se pierde en tomas domiciliarias, mientras que el **27.11 %** del agua que se pierde es por infraestructura de suministro de agua potable en mal estado, es decir en Morelia actualmente no hay estrés hídrico por agua escasa en la ciudad, sino que esta se pierde por medio de fugas, dichos problemas se pueden resolver con mantenimiento en la Red Pública por parte del H. Ayuntamiento de la ciudad con el suministro de agua y que la localidad atienda sus fugas domiciliarias y por los tanto para el presente trabajo se descarta el tema de atención de estrés hídrico y se enfoca solo a temas de resiliencia hídrica encaminados a eventualidades por temas de inundación.

TABLA 3. Valor total de las pérdidas reales de agua

CONCEPTO	CAUDAL MEDIO (L/S)	% RESPECTO AL CAUDAL CAPTADO
Pérdidas estimadas en procesos de potabilización	36.36	1.21
Pérdidas estimadas en conducciones	155.84	5.15
Pérdidas estimadas en tomas	890.14	29.42
Pérdidas estimadas en redes	830.35	27.11
TOTAL	1,902.69	62.89

FUENTE: Estudio-Diagnóstico Integral de Planeación para el OOAPAS Morelia, 2020.

Figura 40 | Tabla 3 del anexo D6 Agua Potable del Plan Municipal de desarrollo de Morelia 2021-2024.

ANÁLISIS DE ESCORRENTÍAS



De acuerdo con las pendientes en las vialidades se realizó un análisis para verificar cuales son las zonas más afectadas en situación de inundaciones, tomando como referencia las altitudes de los cruces de vialidades dentro



de la colonia. (Datos recopilados de GOOGLE EARTH), se marcaron con un círculo azul las zonas más afectadas en la colonia y se muestran principalmente sobre la vialidad de nombre "Guadalupe Victoria" Y la calle de los sauces, (ver Figura 41).

Así mismo para calcular la afectación por agua pluvial en la colonia "Prados Verdes" se hizo un análisis de la zona, (Considerando solo el agua que se acumula en la colonia sin tomar en cuenta el agua acumulada por escorrentía) La precipitación anual: según la estación meteorológica de OOAPAS Carrillo Puerto es de 756mm (OOAPAS, s.f.) fecha de consulta marzo de 2024, que significa que la precipitación pluvial anual es de 473,634 m³ de agua por inundación;

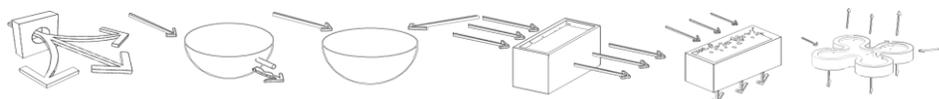
Para calcular la cantidad de agua de lluvia por inundación en la colonia anualmente, se sabe que la colonia tiene una extensión territorial de 62.25 hectáreas y de acuerdo con los datos recopilados del INEGI y de la estación meteorológica Carrillo Puerto, Morelia Michoacán es significativo mencionar que el cálculo solo contempla el agua que llueve sobre la colonia "Prados Verdes" debido a que es necesario tener en cuenta que el agua de la precipitación directa en la colonia afecta y que es importante considerar toda la escorrentía de volumen de agua acumulado que viene de la microcuenca del Rio grande, misma que proviene del cerro de las "Tetillas de Quinceo" y del "cerro Prieto" ubicados al norponiente de la ciudad.

Explicado de otra manera:

- Superficie colonia Prados Verdes= **62.65 hectáreas**
- Precipitación pluvial anual: **756.00 mm**
- **62.65 Has x 756.00 mm =**
- **626,500 x 0.75600 = 473,634 m³ de agua por inundación ANUAL en la colonia Prados Verdes.**



Es decir 473, 634 tinacos Rotoplas



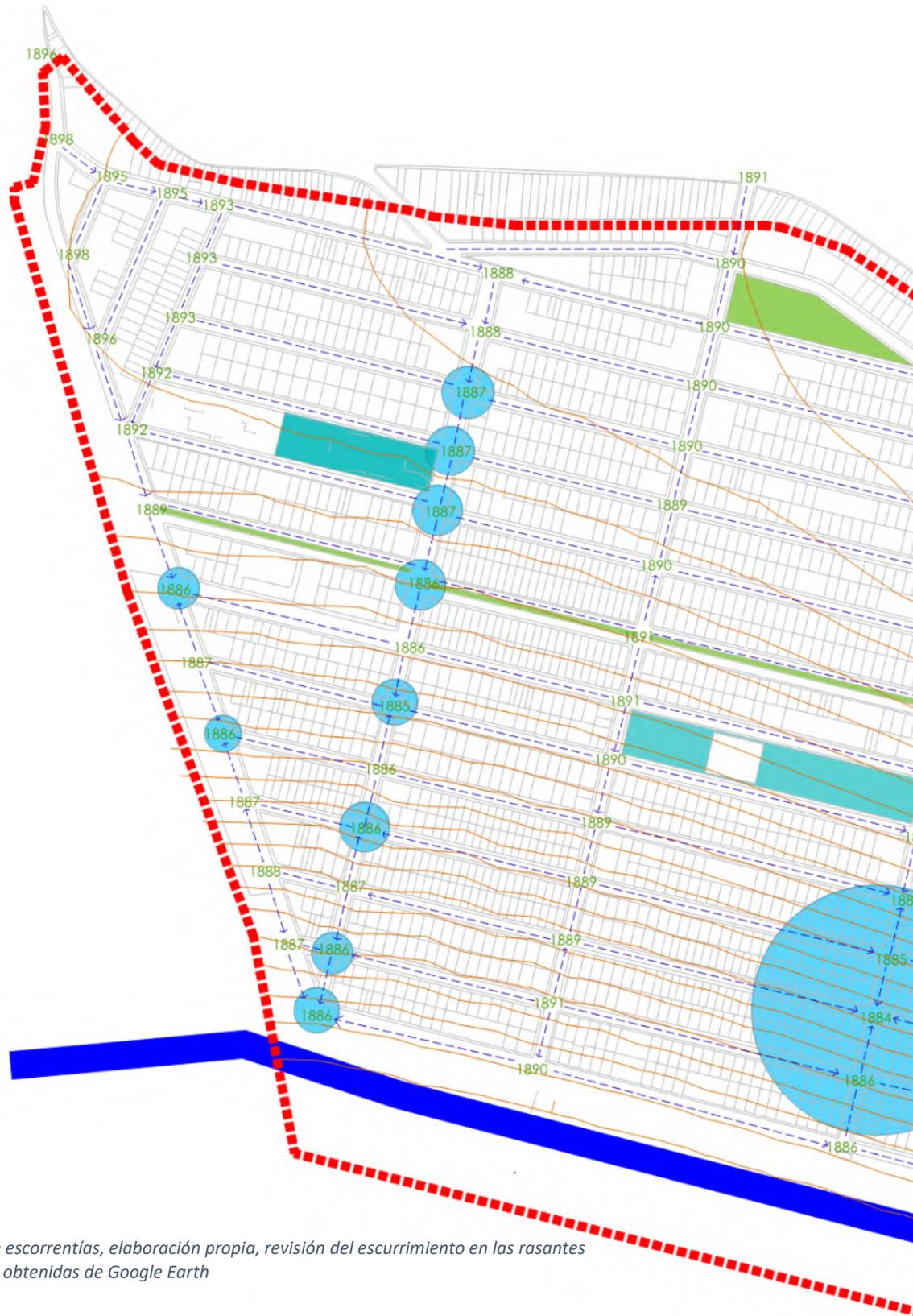


Imagen 41 Diagrama Análisis e escorrentías, elaboración propia, revisión del escurrimiento en las rasantes de acuerdo con las elevaciones obtenidas de Google Earth



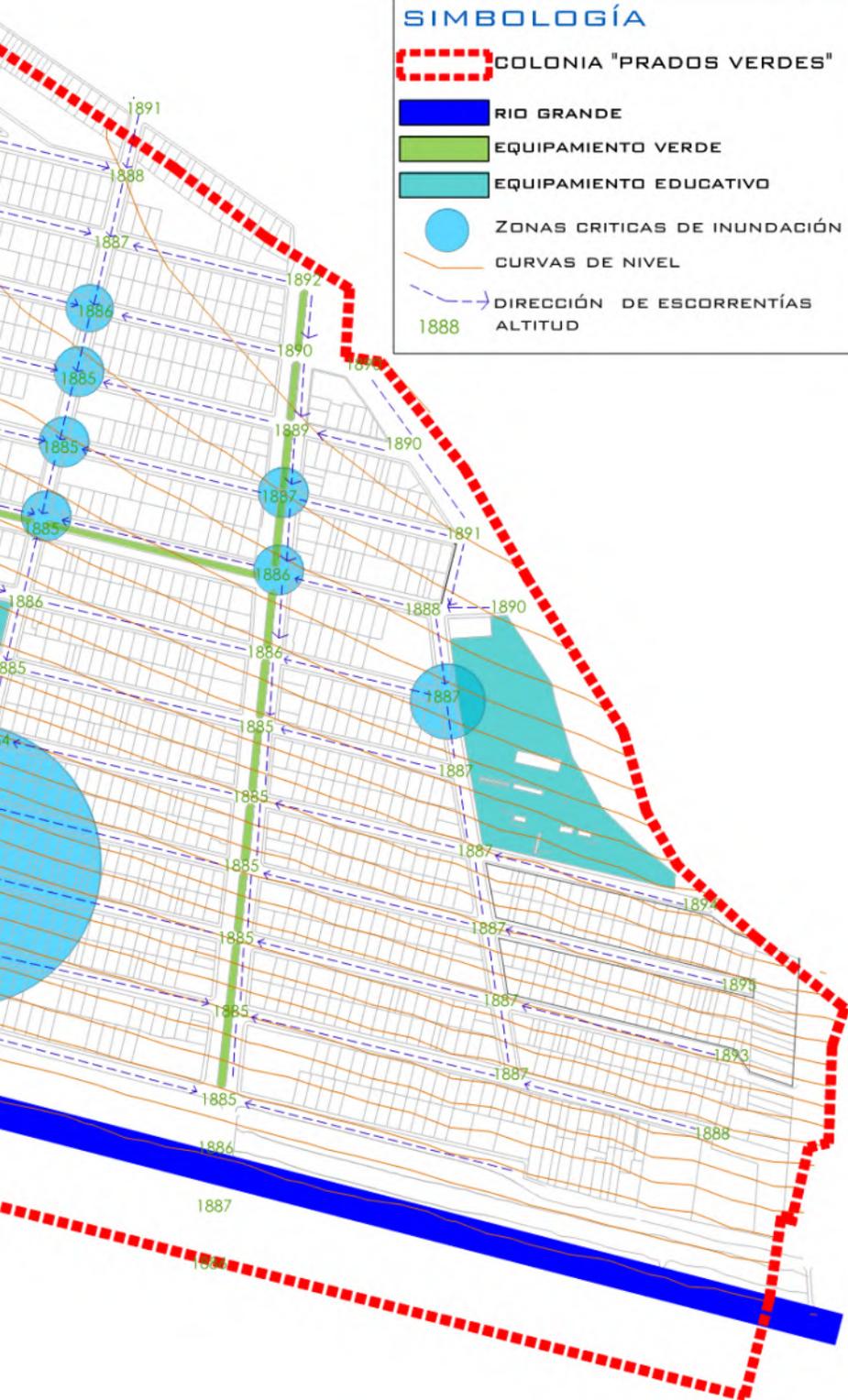
Escorrentías

Para calcular los puntos más críticos de las rasantes en vialidades, se revisaron las elevaciones altitudinales de las coordenadas UTM tomadas de Google Earth en cada uno de los cruces de vialidades con esta información se trazó la escorrentía dentro de la colonia, y se determinaron los puntos más bajos y con mayor tendencia a inundación, tal como se muestra en este plano.

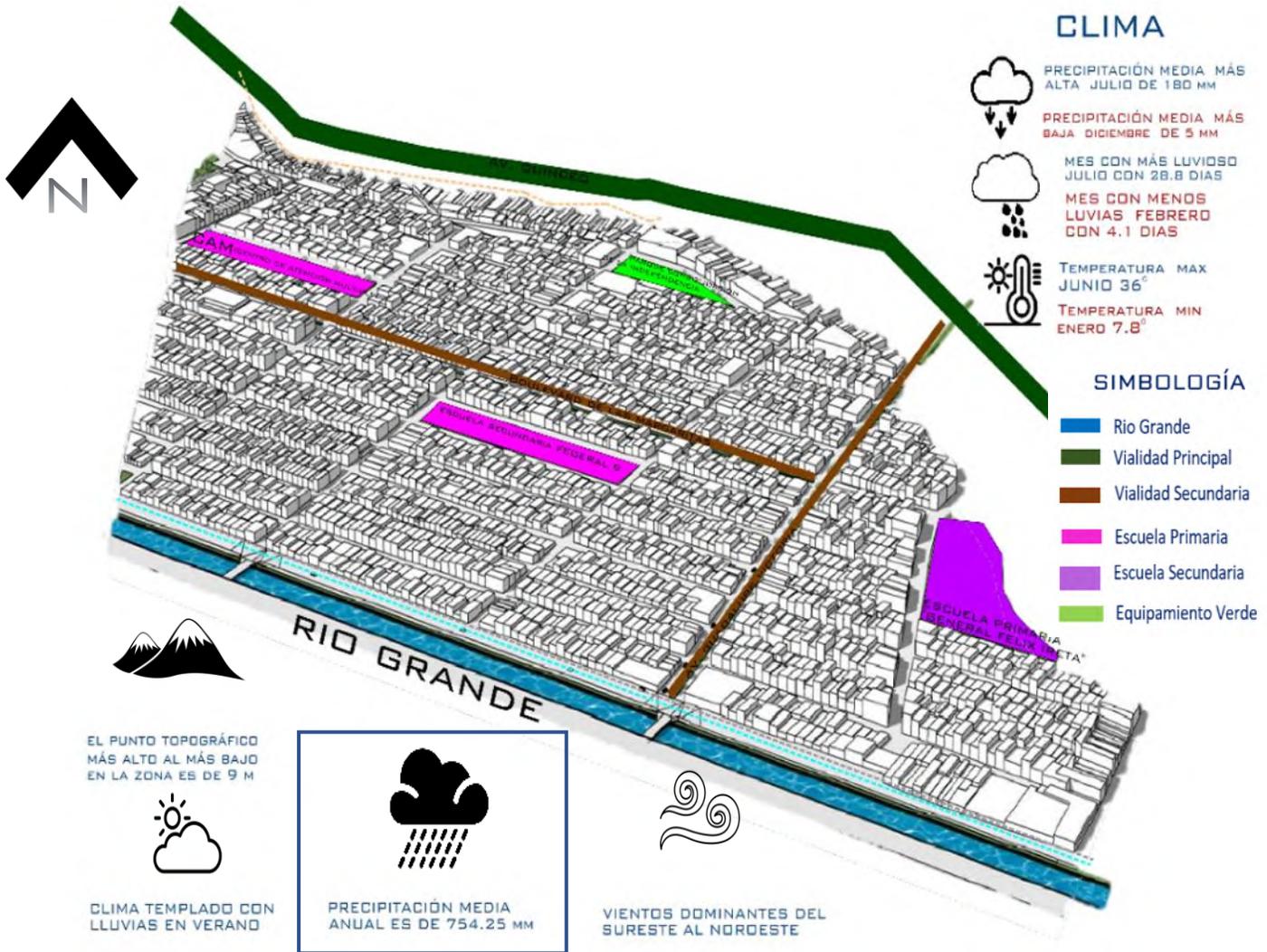


SIMBOLOGÍA

- COLONIA "PRADOS VERDES"
- RIO GRANDE
- EQUIPAMIENTO VERDE
- EQUIPAMIENTO EDUCATIVO
- ZONAS CRITICAS DE INUNDACIÓN
- CURVAS DE NIVEL
- - - - - DIRECCIÓN DE ESCORRENTÍAS
- 1888 ALTITUD

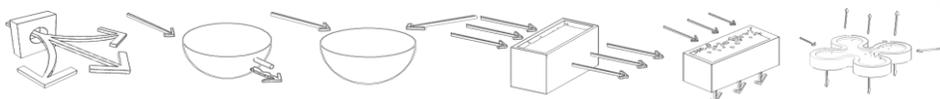


ANÁLISIS DE AGUA POR INUNDACIÓN



62.65 HAS X 756.00 MM DE PRECIPITACIÓN = 626,500 X .75600
473,634 M3 DE AGUA POR INUNDACIÓN ANUAL

Figura 42| Diagrama componentes Naturales, elaborada por el autor, con datos recopilados de INEGI, Meteored y la estación meteorológica de OOAPAS Carrillo Puerto





VII.- CAPÍTULO 6: IMPLEMENTACIÓN

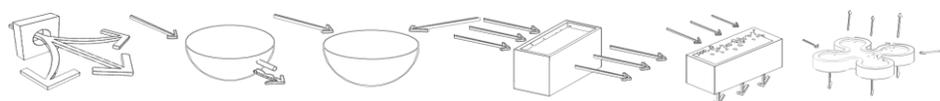
Con la finalidad de aportar a la ciudadanía de Morelia para que sea una ciudad resiliente, es decir que su habilidad de responder para aminorar, adaptarse y recuperarse de tensiones y crisis ante algún evento o catástrofe natural a fin de que disminuya su exposición al riesgo y promueva un desarrollo equitativo, con la integración de nueva infraestructura, se realizara el diseño de un manual de instrumentación Jurídica, aplicable al código de desarrollo Urbano, al reglamento de construcción del municipio, o cualquier reglamento que asegure el cumplimiento de las estrategias para la conservación del agua que se generen propuestas que de acuerdo con un previo diagnostico se determine la mejor solución correctiva para la zona en particular y al mismo tiempo se ha una evaluación previa para establecer que estrategias serían las de mejor implementación. Entre las opciones se pretende desarrollar un manual de implementación que determine cuál de los SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) será la mejor opción aplicable a la zona de estudio con la finalidad de cuidar del medio ambiente y el bienestar social.

Las actuales tendencias globales en urbanismo se centran en modelos de desarrollo que promueven la creación de calles resilientes, mediante la implementación de iniciativas eco-amigables. (**Anexo 1: Manual Estrategias de resiliencia hídrica en Morelia**)

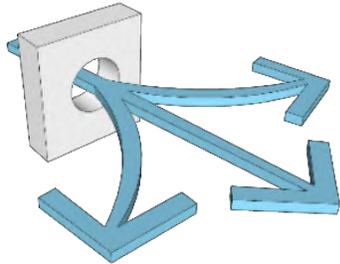
Para explicar de manera precisa de que se trata este manual, se explica a continuación los SUDS.

SUDS (SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE)

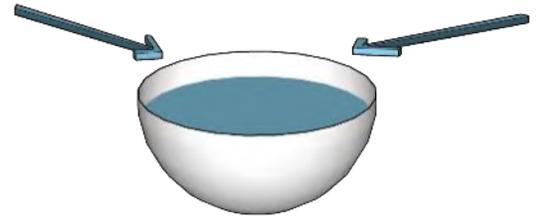
Como se mencionó con anterioridad, los SUDS son métodos de administración del agua de lluvia y diseño urbano que busca reproducir el comportamiento hidrológico natural, controlando el flujo superficial dentro del paisaje urbano. Mediante el lema de "**Retrasar, Retener, Almacenar, Reutilizar y Drenar solo cuando sea necesario**" (Gobierno de la Ciudad de México, 2016) (*ver Figura 43*).



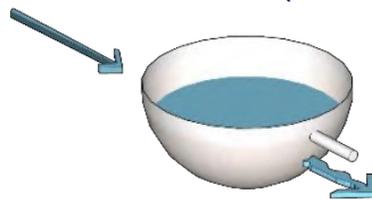
RETRASAR: (Controlar el flujo)



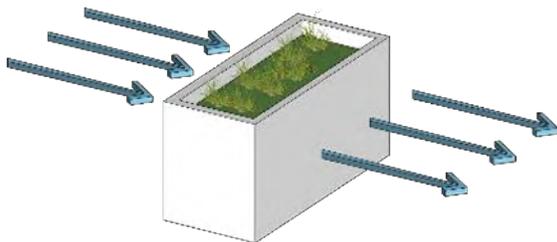
ALMACENAR: (Detener)



RETENER (Retrasar)



REUTILIZAR



DRENAR (filtrar, infiltrar)

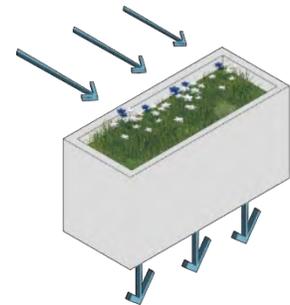


Figura 43| Gestión del agua bajo el lema retrasar, retener, almacenar, reutilizar y drenar de elaboración propia

Para el mejor entendimiento de por qué se proponen las tecnologías de los SUDS, se realizó un análisis comparativo entre el sistema de drenaje tradicional y los sistemas urbanos de Drenaje Sostenible. La principal diferencia entre el **drenaje tradicional** y el **drenaje sostenible (SUDS)** radica en cómo manejan el agua de lluvia y su impacto en el medio ambiente.

1. Drenaje Tradicional



Es el sistema convencional utilizado en la mayoría de las ciudades. Su función principal es evacuar el agua de lluvia lo más pronto posible a través de tuberías, alcantarillas y canales, dirigiéndola a ríos o cuerpos de agua sin permitir su aprovechamiento.

Características:

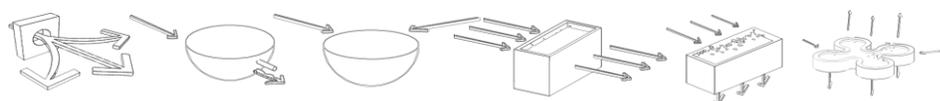
- Canaliza el agua de manera rápida mediante tuberías subterráneas.
- Reduce encharcamientos inmediatos, pero aumenta el riesgo de inundaciones río abajo.
- No permite la filtración del agua a los acuíferos, afectando la recarga de acuíferos.
- Transporta contaminantes como aceites, metales y basura hacia ríos o mares.
- Requiere una infraestructura costosa y mantenimiento constante.

2. Drenaje Sostenible (SUDS)

Es un enfoque más ecológico que imita los procesos naturales del ciclo del agua. En lugar de desechar el agua de lluvia, la filtra, la infiltra en el suelo y la aprovecha para mejorar la calidad del entorno urbano.

Características:

- Usa soluciones naturales como jardines de lluvia, humedales artificiales y pavimentos permeables.
- Facilita la infiltración del agua en el suelo, ayudando a recargar acuíferos.
- Reduce la contaminación al filtrar sedimentos y sustancias nocivas.
- Disminuye el riesgo de inundaciones al distribuir mejor el agua de lluvia.
- Mejora el paisaje urbano con áreas verdes multifuncionales.



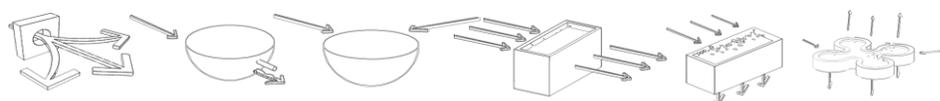
Mientras el drenaje tradicional se enfoca en **deshacerse rápidamente del agua**, el drenaje sostenible busca **integrarla al ecosistema urbano**, reduciendo impactos negativos y aprovechando sus beneficios.

DIFERENCIAS ENTRE DRENAJE TRADICIONAL Y SUDS:

Tabla 2 | Diferencias entre drenaje tradicional y SUDS

CARACTERÍSTICA	DRENAJE TRADICIONAL	DRENAJE SUDS
Gestión del agua	Evacúa rápido el agua	Retiene, filtra y reutiliza
Infiltración al suelo	No permite infiltración	Favorece la recarga de acuíferos
Control de inundaciones	Puede causar inundaciones río abajo	Reduce el riesgo con almacenamiento y absorción
Calidad del agua	Transporta contaminantes a cuerpos de agua	Filtra contaminantes y mejora la calidad
Infraestructura	Costosa y de alto mantenimiento	Más económica a largo plazo y sostenible
Impacto ambiental	Afecta ecosistemas y reduce la biodiversidad	Promueve la biodiversidad y el equilibrio natural

Para explicar las diferencias entre los sistemas de drenaje tradicional y la aplicación de los SUDS, se muestra en el diagrama a continuación de elaboración propia, pero basado en el libro "Como desarrollar ciudades más resilientes. Del lado izquierdo se representa, como funcionan las escorrentías en un entorno natural, donde el agua de lluvia cae sobre el terreno natural, se aprecia que en condiciones normales, se escurre un 10 % de agua sobre la superficie, se evapora un 40 %, se infiltra a los mantos acuíferos un 25 % y se filtra de manera superficial el 25 % restante del agua de lluvia, mientras que en un paisaje urbano, afectado por la mano del hombre, donde las superficies en su mayoría son impermeables, el 55 % del agua de lluvia escurre, un 30 % de agua se evapora y solo el 5 % del agua de lluvia se filtra a los mantos acuíferos, de manera que este afecta directamente al proceso del ciclo del agua. (ver Figura 44)



DETERIORO DEL CICLO DEL AGUA

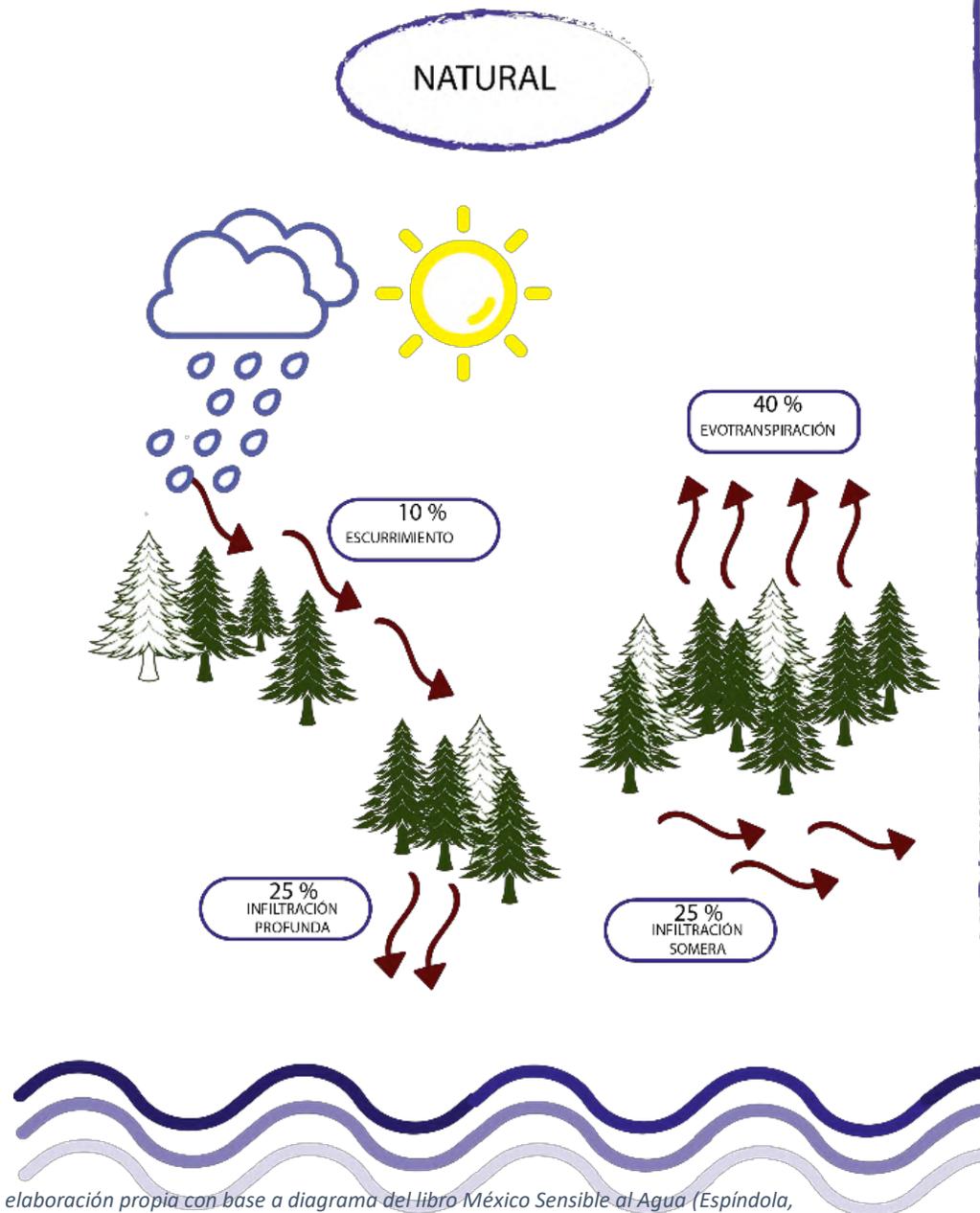
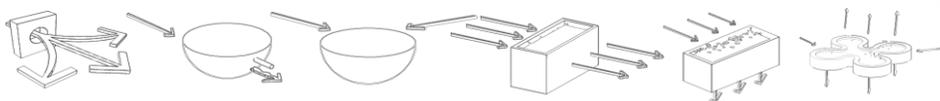


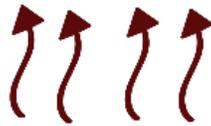
Figura 44 | Deterioro del ciclo del agua, elaboración propia con base a diagrama del libro México Sensible al Agua (Espindola, 2021)



URBANO



30%
EVOTRANSPIRACIÓN



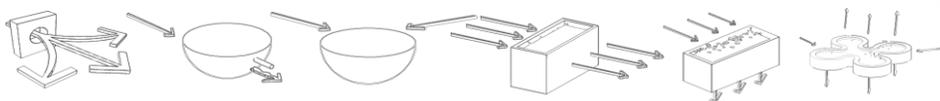
55 %
ESCURRIMIENTO



10 %
INFILTRACIÓN
SOMERA

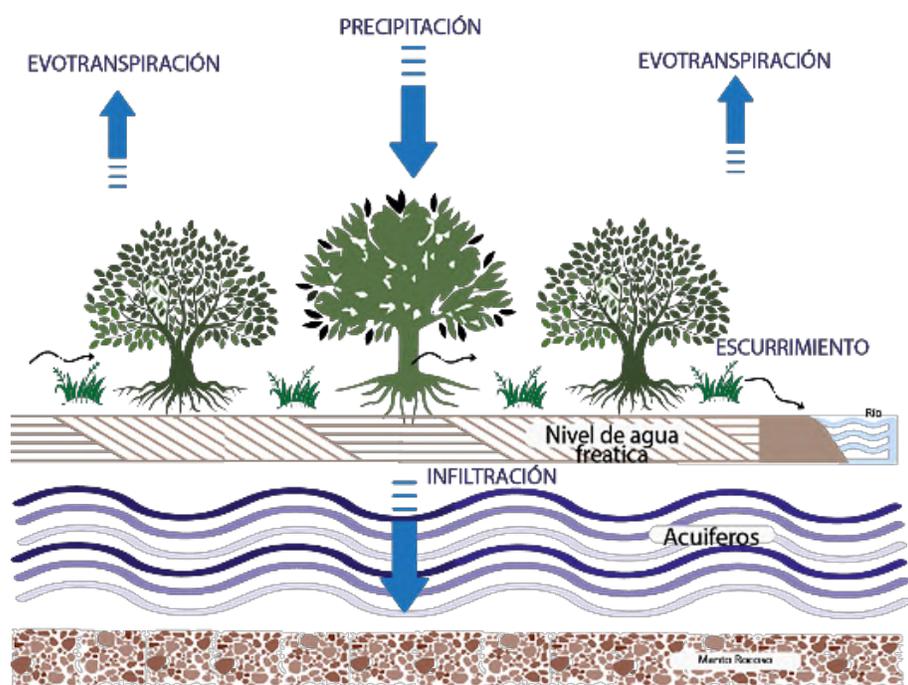


5%
INFILTRACIÓN
PROFUNDA



BALANCE HÍDRICO ESCENA

BALANCE HÍDRICO NATURAL



BALANCE HÍDRICO U

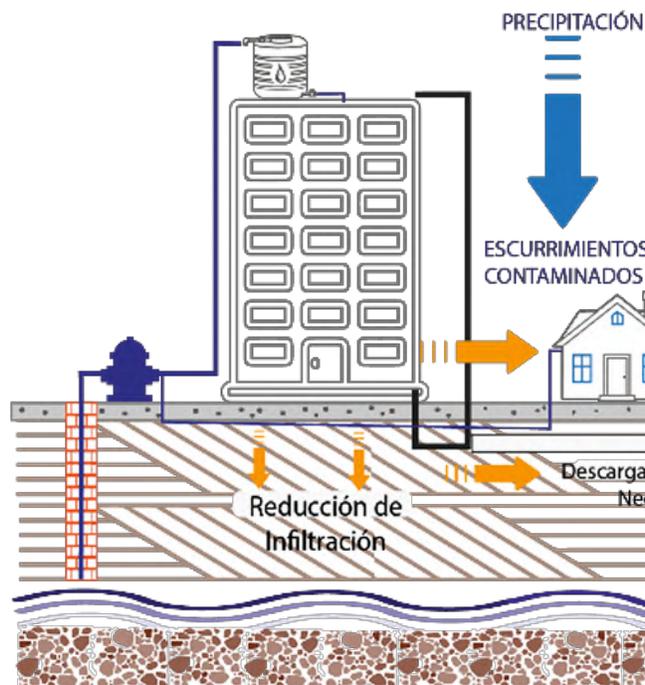
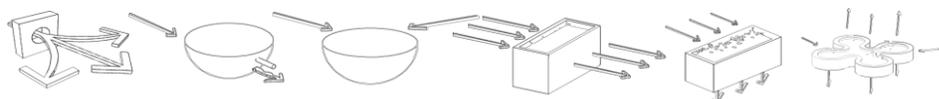


Figura 45 | Balance Hídrico distintos escenarios elaboración propia con base a diagrama del libro México sensible al Agua (Espíndola, 2021)

En el escenario de la *Figura 45*, se muestra el balance Hídrico en distintos escenarios, en la primer sección se muestra en el medio natural, en la segunda sección se muestra el balance hídrico en una zona urbana y en la tercer sección se muestra la integración de las tecnologías SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) con la utilización de azoteas verdes, cosecha e lluvias, jardines de lluvias y pozos de absorción, promoviendo la infiltración del agua de lluvia a los mantos acuíferos según sea el caso necesario acorde a las características propias del suelo donde se haga la intervención.

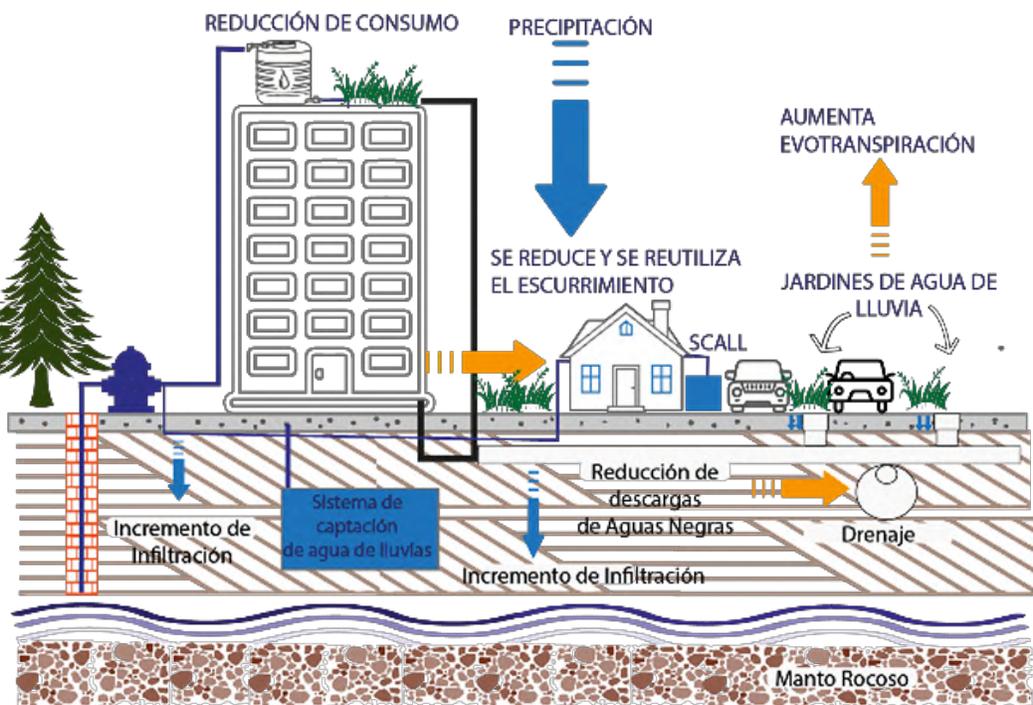


BAJO DISTINTOS ARIOS

URBANIZADO



BALANCE HÍDRICO RESTAURADO SUDS



Los SUDS se clasifican de diversas maneras, dependiendo de los factores de acuerdo a la construcción, si actúan directamente en la fuente de la escorrentía o algún nivel más abajo. En esta ocasión se clasifican y se agrupan según su función y el flujo de agua que manejan (según su función de "Retrasar, Retener, Almacenar, Reutilizar y Drenar solo cuando sea necesario" (Gobierno de la Ciudad de México, 2016)). Del proceso Mecánico o Ingenieril, al proceso biológico, (Lo más natural posible) (ver Figura 46)

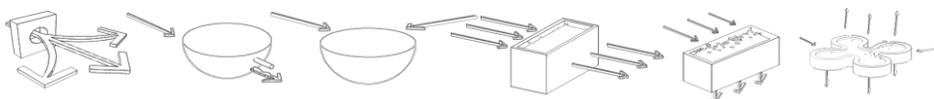
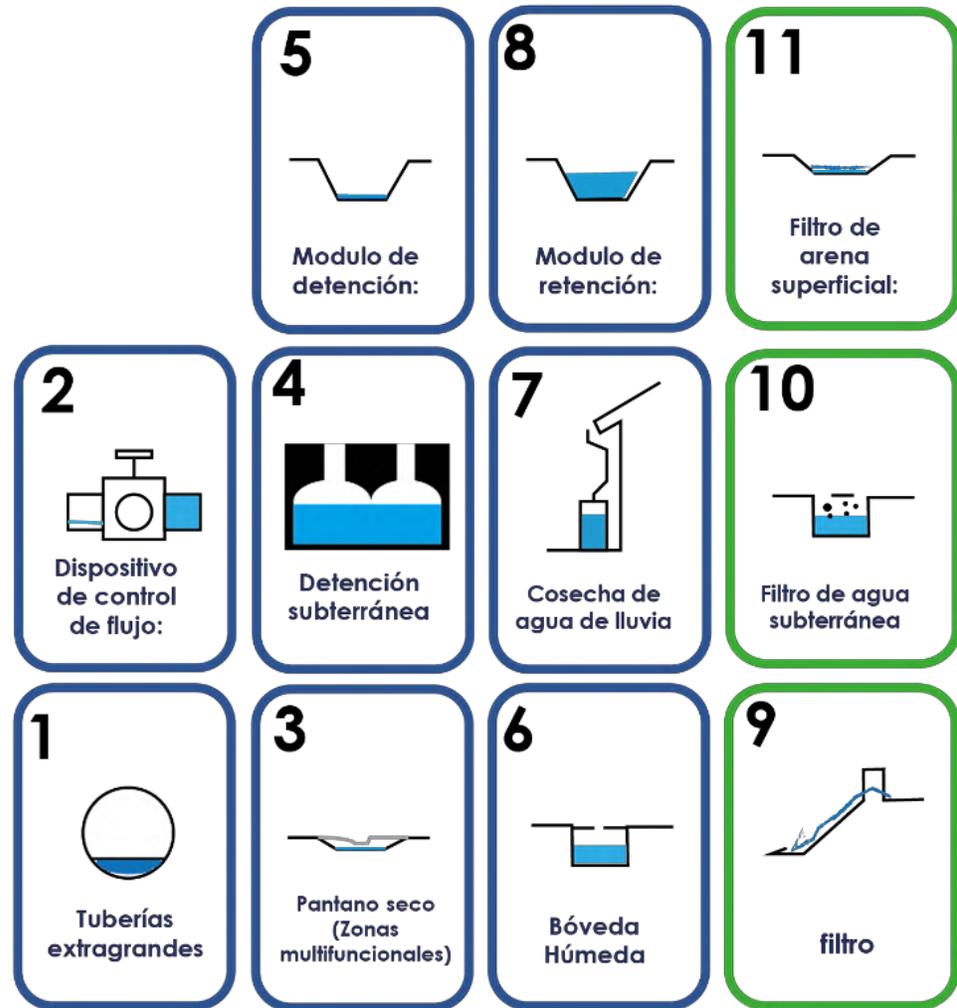
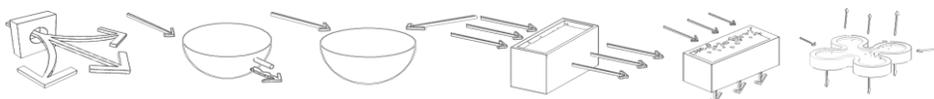
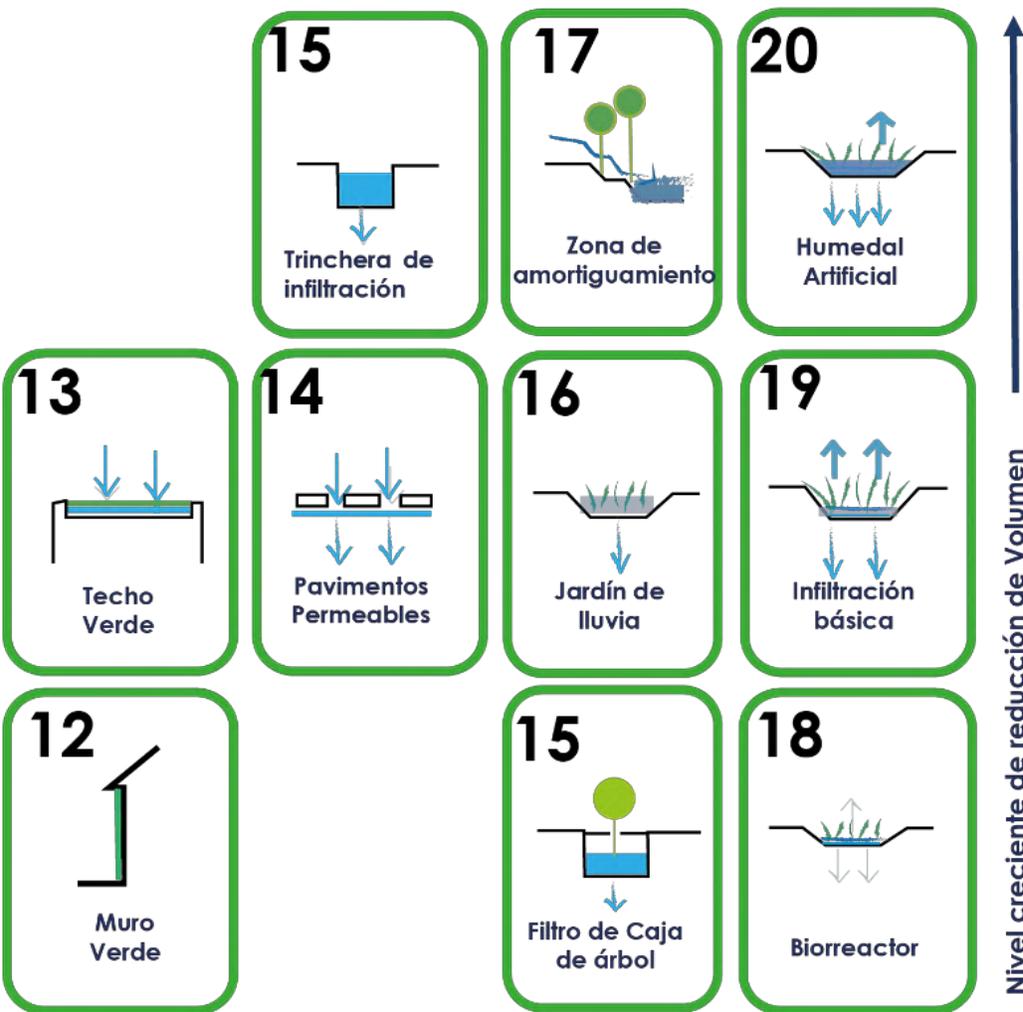
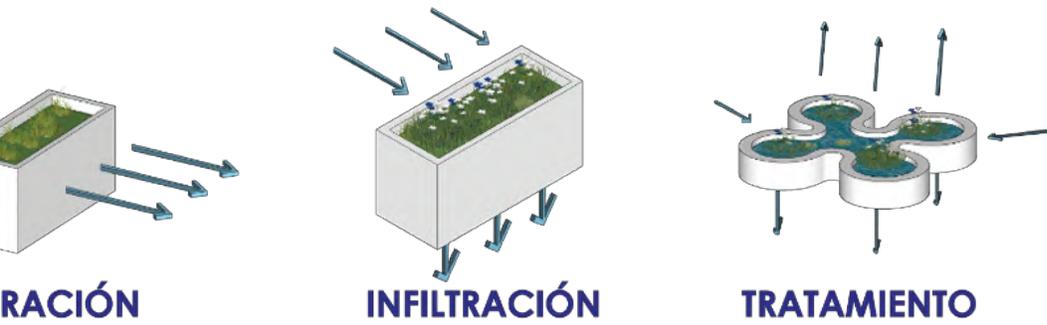


DIAGRAMA CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS

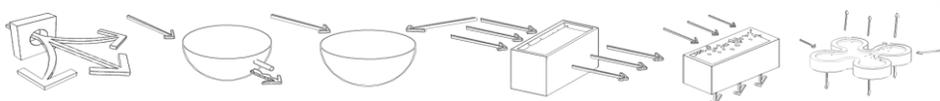


Del proceso mecánico





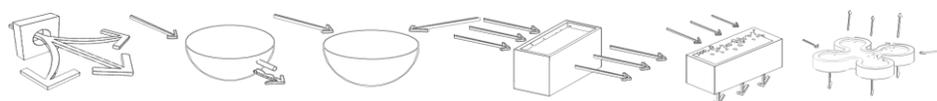
Al proceso biológico



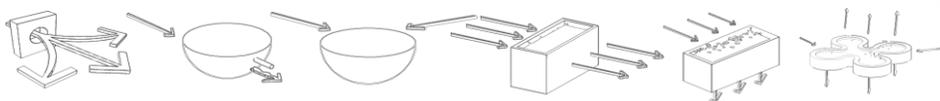
Para tener una idea de cómo utilizar los SUDS se sugiere la siguiente tabla comparativa que incluye: características generales, uso principal, tipo de suelo recomendado y condiciones del subsuelo de los diferentes elementos:

Tabla 3 Uso de SUDS y sus características

USO DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) Y SUS CARÁCTERÍSTICAS				
SUDS	CARACTERÍSTICAS	¿CUÁNDO SE UTILIZA?	TIPO DE SUELO RECOMENDADO	CONDICIÓN DEL SUBSUELO
DREN FRANCÉS 	Zanja con grava y/o tubo perforado para conducir agua subterránea o superficial.	Control de humedad, drenaje en áreas encharcadas, protección de cimentaciones.	Arenoso, franco, franco-arenoso	Permeable o semipermeable; no saturado.
POZO DE ABSORCIÓN 	Excavación vertical para infiltrar agua al subsuelo.	Zonas sin alcantarillado, infiltración de pluviales o aguas tratadas.	Arenoso, franco-arenoso	Alta permeabilidad; nivel freático profundo.
JARDÍN DE LLUVIA 	Depresión vegetada para captar e infiltrar escorrentía.	Parques, jardines, zonas urbanas; captación pluvial superficial.	Franco, arenoso, con buena estructura	Bien drenado; no saturado; nivel freático medio o profundo.
CONCRETO PERMEABLE 	Pavimento que permite el paso del agua entre sus poros.	Estacionamientos, banquetas, ciclovías, accesos vehiculares.	No aplica directamente	Subbase permeable y bien compactada; suelo con infiltración.
ADOQUINES / ADOCRETOS / ADOFASTOS 	Pavimentos modulares con juntas permeables o vegetadas.	Vías peatonales, calles de baja velocidad, zonas verdes transitables.	No aplica directamente	Subbase con buena permeabilidad o capas filtrantes.



<p>ÁREAS VERDES MULTIFUNCIONALES</p> 	<p>Espacios vegetados que combinan funciones estéticas, recreativas e hidrológicas.</p>	<p>Parques, camellones, jardines urbanos.</p>	<p>Franco, franco-arenoso</p>	<p>Subsuelo con capacidad de almacenamiento e infiltración.</p>
<p>HUMEDALES CONSTRUÍDOS</p> 	<p>Sistemas vegetados que tratan y filtran el agua naturalmente.</p>	<p>Tratamiento de aguas grises o negras, o de escorrentías urbanas.</p>	<p>Franco, limo-arenoso, franco-arcilloso</p>	<p>Suelo con filtración moderada; subsuelo no contaminado.</p>
<p>COSECHA DE LLUVIAS</p> 	<p>Captación, almacenamiento y uso del agua pluvial.</p>	<p>Techos, patios o superficies impermeables; para reutilizar agua en riego, limpieza o servicios.</p>	<p>No depende del suelo</p>	<p>Requiere almacenamiento impermeable; no infiltra.</p>
<p>AZOTEAS VERDES</p> 	<p>Cubiertas vegetadas que retienen y evapotranspiran agua pluvial.</p>	<p>Zonas urbanas densas sin espacio en superficie; mejora térmica y retención de escorrentía.</p>	<p>Sustrato especial (no suelo natural)</p>	<p>Estructura impermeabilizada y con sistema de drenaje controlado.</p>
<p>RESERVORIOS (ALJIBES, TANQUES)</p> 	<p>Almacenamiento temporal o permanente de agua pluvial.</p>	<p>Control de avenidas, retención en eventos de lluvia intensa.</p>	<p>No aplica directamente</p>	<p>Subsuelo puede ser impermeable (evitar infiltración).</p>



INTEGRANDO LA INGENIERÍA DURA



Rasantes controladas,
concretos permeables

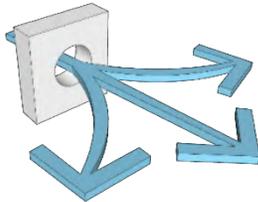


Zanias de Infiltración



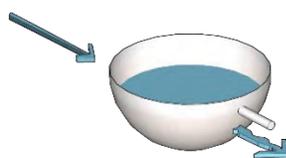
Reservorios

FLUJO LENTO



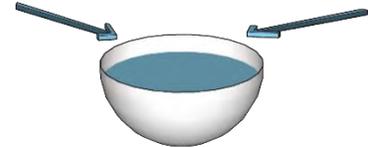
Control de Flujo:

La regulación de los caudales de escorrentía pluvial



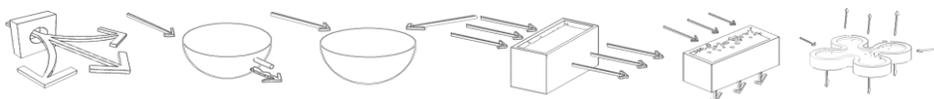
Detención:

La acumulación temporal del escurrimiento pluvial en depósitos subterráneos, cuerpos de agua o espacios a nivel más bajo, con la finalidad de una descarga medida que reduzca los caudales máximos.



Retención:

El Retención local del escurrimiento pluvial con el objetivo de facilitar la decantación de partículas en suspensión



A INGENIERÍA BLANDA, HACIA UN ENFOQUE DESARROLLO DE BAJO IMPACTO (LID)



Adocreto



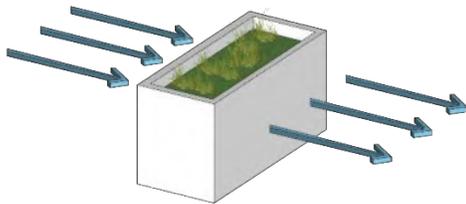
Humedales



Jardines de lluvia

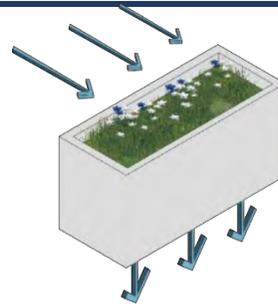
FLUJO ESPARCIDO

REMOJO



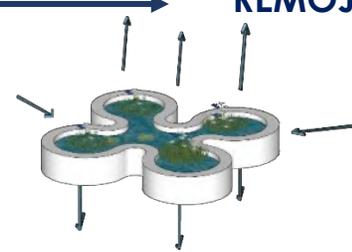
Filtración:

La retención de sedimentos contenidos en el escurrimiento pluvial mediante el uso de medios porosos como la arena, raíces fibrosas o filtros artificiales.



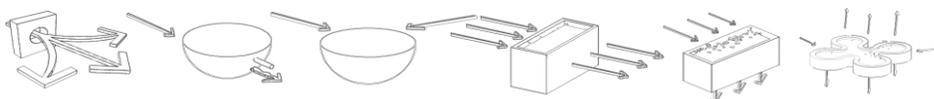
Infiltración:

El desplazamiento descendente del agua de lluvia a través del suelo, contribuyendo a la recarga de los mantos acuíferos.



Tratamiento:

Procesos que utilizan fitorremediación o colonias bacterianas para metabolizar sustancias nocivas presentes en la escorrentía pluvial.



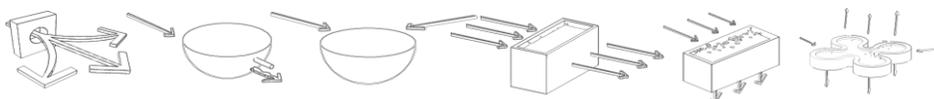
EJEMPLOS ILUSTRATIVOS DE LOS SUDS (SISTEMA URBANO DE DRENAJE SOSTENIBLE)



Figura 48| ejemplos de sistemas de drenaje urbano sostenible, imágenes tomadas de internet

Los SUDS son enfoques integrados que buscan gestionar el agua pluvial en zonas urbanas de manera más natural y sostenible, imitando procesos hidrológicos naturales para aminorar el deterioro ambiental y optimizar la calidad del agua.

Estos son algunos ejemplos:



1) ÁREAS VERDES PARA INFILTRACIÓN:



Figura 49 | Parque lineal Boulevard García de León de áreas verdes de infiltración (Foto tomada mimorelia.com)

Se trata del aprovechamiento las zonas verdes como áreas de infiltración; Las áreas de infiltración son espacios verdes diseñados específicamente para permitir que el agua pluvial se filtre en el suelo en lugar de escurrir por superficies impermeables como calles y banquetas.

Estas áreas pueden incluir parques, jardines, o cualquier espacio con vegetación que facilite la absorción del agua, como ejemplo también se puede utilizar de adocretos o Jardines de lluvia.

2) ÁREAS VERDES MULTIFUNCIONALES:



Figura 50| Boulevard García de León, áreas verdes multifuncionales, Imagen tomada de www.meganoticias.mx

Es el aprovechamiento del espacio público mediante el rediseño de espacios ya existentes como calles anchas, un área verde multifuncional es un espacio que integra diversas funciones en un solo lugar, optimizando el uso del terreno y proporcionando múltiples beneficios.

Como la recreación, la preservación de la biodiversidad, el control del agua de lluvia, la mejora de la calidad del aire y la mitigación del calor urbano, entre otras.

3) RESERVORIOS:

Parques de agua que consisten en espacios en los que se genera un desnivel.

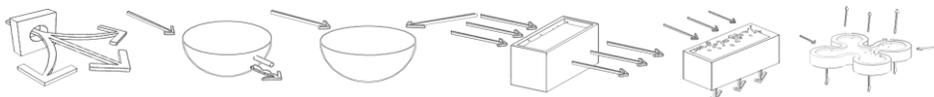




Figura 51| Ejemplo de reservorio de Agua (Fotografía tomada <https://andina.pe/>)

Un reservorio es una estructura o espacio diseñado para almacenar agua ya sea de origen natural o artificial. Los reservorios pueden variar en tamaño y función y se utilizan para múltiples propósitos, como el suministro de agua potable, el riego agrícola, el control de inundaciones, la producción de energía hidroeléctrica y la recreación entre otros.

4) SISTEMAS DE RETENCIÓN DE AGUA EN HOGARES (COSECHA DE LLUVIA):



Figura 52 Ejemplo de cosecha de lluvia, fotografía tomada de <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/cosecha-de-lluvia>

La cosecha de lluvia es una técnica utilizada para recolectar, almacenar y utilizar el agua de lluvia, generalmente captada desde techos en viviendas o edificios y algunas otras superficies impermeables, es una propuesta eficaz y sostenible para aprovechar la el agua de lluvia donde el suministro es escaso.

5) CUIDADO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE Y AGUAS LLUVIAS.

Promover mejores prácticas de gestión de desechos

En el cuidado de los sistemas de drenaje y aguas lluvias se trata de promover el conjunto de prácticas y medidas destinadas a mantener en buen estado las infraestructuras que gestionan el agua de lluvia en áreas urbanas y rurales, como evitar la acumulación de





Figura 53 Fotografía tomada de <https://oem.com.mx/elsoldemorelia>, coladeras tapadas sobre Av. Madero

residuos barriendo calles, evitando tirar residuos sólidos urbanos en el suelo, estos sistemas son cruciales para prevenir inundaciones, reducir la erosión de la tierra y proteger la calidad del agua.

COMPONENTES DE SERVICIOS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE SUDS

A continuación, se detallan los principales componentes de los servicios urbanos de drenaje sostenible (SUDS):



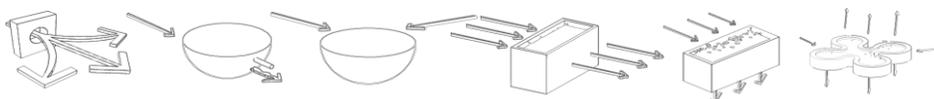
a) AZOTEAS VERDES: Se trata de la Instalación de vegetación en los techos de edificios para absorber el agua de lluvia, reducir el escurrimiento superficial y mejorar la calidad del agua, el agua de lluvia ingresa al espacio privado como

precipitación, para ser interceptada por la vegetación existente para luego ser evotranspirada. Existe una variedad de azoteas verdes según la vegetación que se utilice, la capacidad de agua que se almacena y el peso del sistema que utilicen.

Se pueden construir azoteas verdes en dos sistemas, Modular (macetas, jardineras u otro tipo de envases) y sistemas de membranas (con una membrana impermeabilizante).

Las azoteas tienen la capacidad de cosechar agua de lluvia a través de un sistema de canaletas, filtros y tanques, o bien se puede utilizar la azotea verde recreativamente, para beneficio de aves e insectos polinizadores y /o eficiencia energética de la construcción. (Esquivel, 2021) (ver Figura 54).

El costo por m² en la construcción de azoteas verdes varía dependiendo el tipo de vegetación que se utilice, del diseño, de la complejidad de su instalación y del sistema de



drenaje que se utilice, sin embargo, en promedio puede costar entre \$1,500 pesos y \$5,000.00 pesos mexicanos.

AZOTEAS VERDES

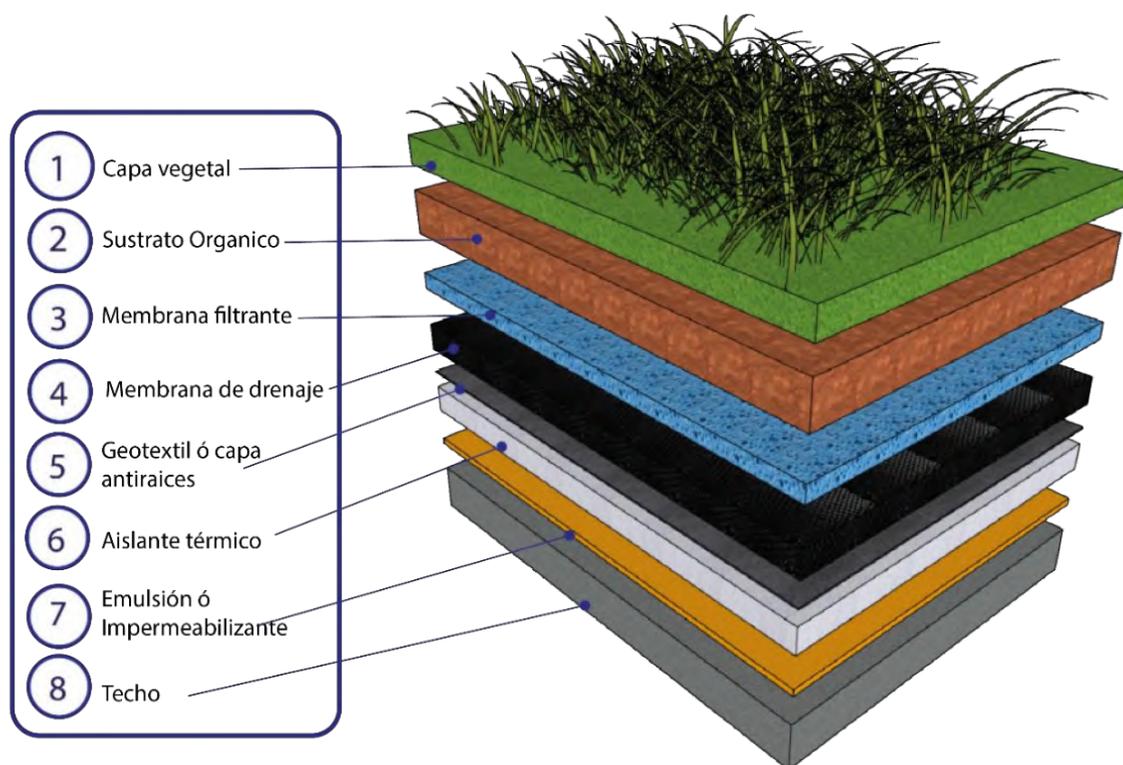
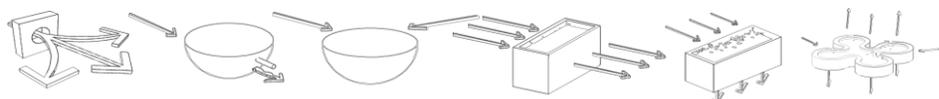


Figura 54| Diagrama de Azoteas verdes, elaboración propia



b) PAVIMENTOS PERMEABLES: Se trata del uso de materiales permeables en calles, banquetas y estacionamientos para que el agua de lluvia se filtre lentamente en el suelo en lugar de convertirse en escorrentía. (Figura 55).

El concreto permeable es un tipo de material que deja que el agua pase a través de él, lo que ayuda a evitar charcos y mejora el manejo del agua de lluvia. Para que esto funcione bien, hay un valor llamado "factor K" que indica qué tan fácil puede pasar el agua por dicho material. Un rango aceptable oscila, en un valor entre 0.2 y 5.4m/s, aunque



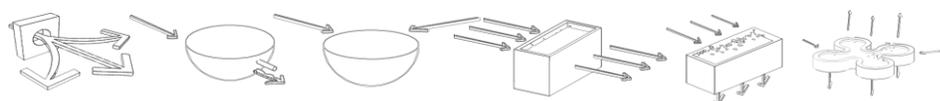
puede variar según los materiales usados y cómo se haya compactado el concreto. Si se quiere que el agua apenas pase (por ejemplo, en estructuras donde no debe filtrarse), el valor de K debe ser mucho menor, por debajo de 10-12 m/s y la profundidad que el agua puede penetrar no debe superar los 30 mm.

Algunos factores que influyen en la permeabilidad del concreto son:

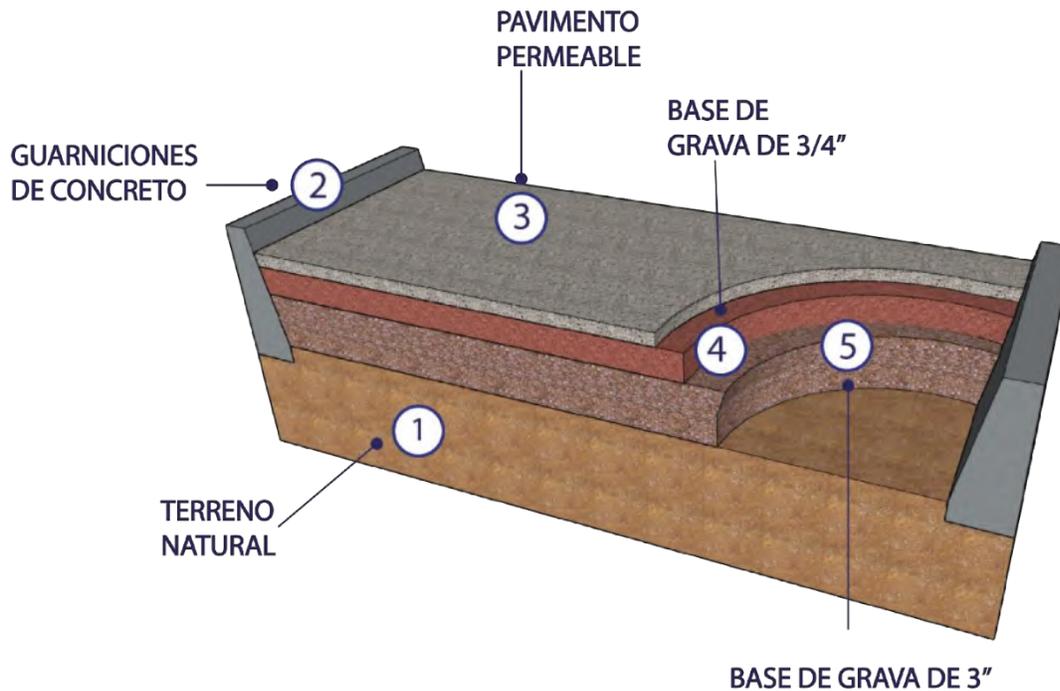
- La forma y el tamaño de las rocas que se usan (los agregados): piedras más grandes y rugosas dejan más espacio para que el agua pase.
- Cuánta agua se usa al mezclar el concreto: usar menos agua puede hacerlo más compacto y menos permeable.
- Cómo se compacta la mezcla: una buena compactación reduce los espacios por donde puede pasar el agua.
- El tipo de cemento y los productos que se añaden a la mezcla también pueden influir.

Se busca que el concreto deje pasar el agua lo suficiente para evitar encharcamientos, pero sin llegar a ser tan poroso que pierda su resistencia.

El costo por m² puede variar, pero se estima que el precio por m² de concreto permeable marca Cemex esta alrededor de \$500.00 pesos mexicanos hasta el año 2025 y estos costos pueden varias según las condiciones del terreno, también dependiendo si se requiere mejorar el terreno, para que sea eficaz el uso de este tipo de concreto y suponiendo que se reúnen los requisitos básicos de la colocación del concreto permeable, es decir que ya exista un coeficiente de permeabilidad del suelo optimo (Factor k). (Alejandro & Manzano, n.d.)



PAVIMENTOS PERMEABLES, (ECOCRETO)



NOTA: SI EL TIPO DE TERRENO NATURAL NO ES PERMEABLE, SE PODRIA CONSIDERAR CONSIDERAR COMBINAR CON POZO DE ABSORCIÓN

Figura 55 | Detalle de concreto permeable elaboración propia

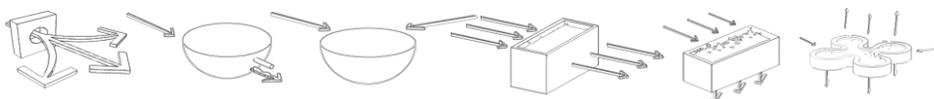
C) ADOQUINES, ADOCRETOS, ADOCASTOS

Los adoquines, adocretos y adopastos son elementos de pavimentación que se utilizan comúnmente en proyectos de urbanismo, construcción de calles, banquetas y, en el caso de los SUDS, como soluciones de pavimento permeable. (figura 56)

Aunque a menudo se usan como sinónimos, tienen diferencias clave en su diseño, material y funcionalidad, sus características son:



- Alta resistencia a la carga.
- Suelen colocarse sobre una base de arena o grava.
- Permiten filtración del agua (adoquines permeables).
- Cuando son permeables o se colocan con juntas abiertas, permiten infiltración de agua al subsuelo.



ADOQUINES

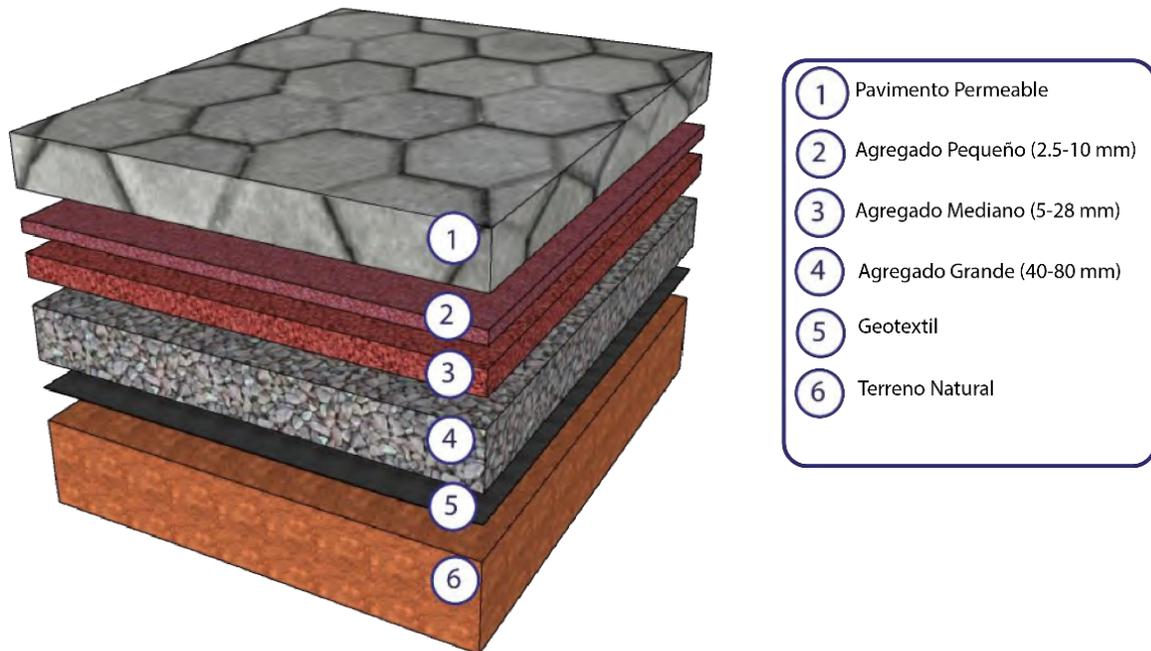
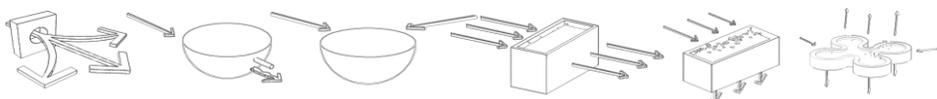


Figura 56| Diagrama de Adoquín, elaboración propia

D) JARDINES DE LLUVIA:



Son jardines o Jardines infiltrantes, son Jardines hundidos levemente que se localizan en las zonas donde se concentra el agua de lluvia ayudando a capturar, retener y absorber el agua de lluvia a diferentes escalas, con vegetación nativa para capturar y filtrar el agua pluvial, minimizando el volumen de escorrentía y mejorando la calidad del agua. (Esquivel, 2021) (Figura 57). Se utilizan preferentemente en suelos con buena capacidad de infiltración.



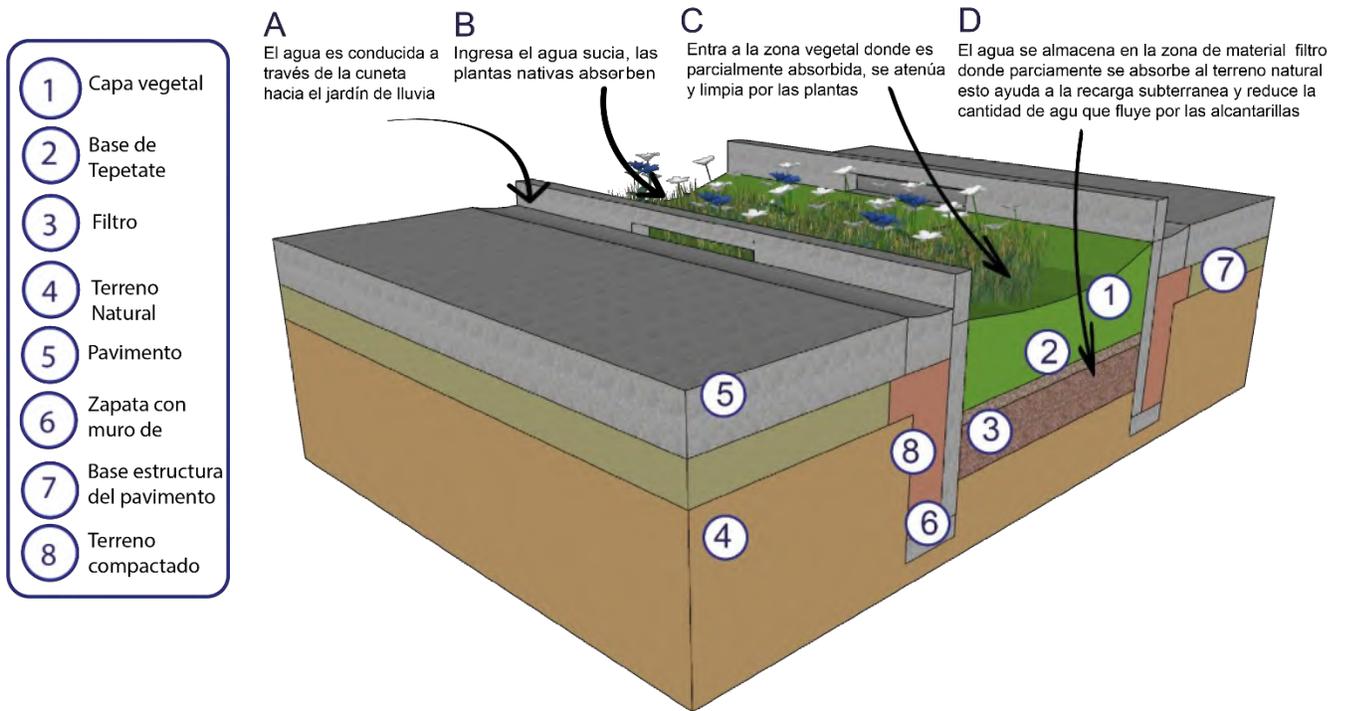
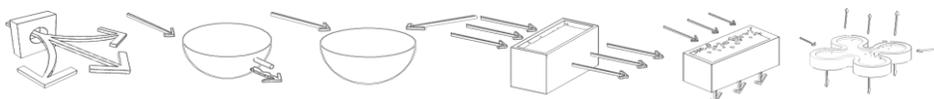


Figura 57 | Detalle de Jardín de Lluvia de elaboración propia

Tabla 4 Tabla de recomendaciones para uso de jardines de lluvia

SUELOS ADECUADOS	REQUIEREN MODIFICACIÓN O PRECAUCIÓN	SUELOS NO RECOMENDADOS:	SOLUCIONES SI EL SUELO NO ES IDEAL:
Arenosos o franco-arenosos: <ul style="list-style-type: none"> Alta permeabilidad. Permiten que el agua se infiltre rápidamente. Ideales para el funcionamiento eficiente del jardín. 	Franco-arcillosos: <ul style="list-style-type: none"> Tienen una infiltración lenta. Pueden usarse si se mejora el drenaje (por ejemplo, con capas de grava o arena en el fondo del jardín). 	Arcillosos pesados o impermeables (como los vertisoles): <ul style="list-style-type: none"> Muy baja o nula infiltración. El agua tiende a encharcarse y no filtra adecuadamente. 	<ul style="list-style-type: none"> Mezclar arena gruesa, compost y grava para mejorar la infiltración.
Franco (mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla): <ul style="list-style-type: none"> Buena infiltración, aunque no tan rápida como el arenoso. Buena estructura y retención de nutrientes. 	Compactados: <ul style="list-style-type: none"> La infiltración es muy baja o nula. Necesitan descompactación y/o mejoramiento del suelo. 	Suelos con capa freática muy superficial: <ul style="list-style-type: none"> No permiten almacenamiento de agua ni buena filtración. Riesgo de contaminación del agua subterránea. 	<ul style="list-style-type: none"> Instalar un sistema de drenaje subterráneo. Usar una base de grava para mejorar la percolación.





E) ZANJAS DE INFILTRACIÓN:

Es un componente del sistema urbano o de drenaje sostenible, basado en excavaciones poco profundas y largas, llenas de grava o piedra que permitan que el agua pluvial se filtre en el suelo lentamente, ocasionalmente con una capa vegetal localizada entre calles y banquetas, camellones o estacionamientos con el propósito de capturar, retener, temporalmente y filtrar escorrentías de agua de lluvia. El sistema opera de manera simple: el agua pluvial entra desde la superficie o por tuberías, se retiene temporalmente en el interior y luego se infiltra gradualmente a través de las paredes y el fondo de la zanja.

- Se construyen en forma de sección trapezoidal o rectangular.
- Se construyen de acuerdo a las curvas de nivel.
- La profundidad de las zanjas depende de la topografía del terreno
- El ancho de las zanjas depende de la capacidad de infiltración del terreno (Esquivel, 2021) (ver Figura 58).

Tabla 5| Tabla de recomendaciones para uso de zanjas de infiltración

SUELOS ADECUADOS	REQUIEREN MODIFICACIÓN O PRECAUCIÓN	RECOMENDACIONES TÉCNICAS:
Arenosos o franco-arenosos: <ul style="list-style-type: none"> • Excelente infiltración sin escurrimiento excesivo. 	Arcillosos: <ul style="list-style-type: none"> • Infiltración muy lenta, puede provocar anegamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe hacer una prueba de infiltración en sitio antes de instalar la zanja.
Franco <ul style="list-style-type: none"> • Buen equilibrio entre retención e infiltración de agua. 	Compactados: <ul style="list-style-type: none"> • Baja permeabilidad; requiere excavación profunda o mejoramiento del material. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si el suelo tiene baja permeabilidad, se puede usar grava y tuberías perforadas (dren francés) dentro de la zanja.
Arenoso (no muy suelto) <ul style="list-style-type: none"> • Permite infiltración rápida, pero se debe estabilizar para evitar colapsos 	Con nivel freático alto: <ul style="list-style-type: none"> • Riesgo de saturación; puede impedir la infiltración efectiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es importante evitar ubicarlas sobre suelos muy arcillosos o impermeables, a menos que haya un sistema de drenaje auxiliar.



ZANJA DE INFILTRACIÓN

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|-----------------|
| 1 | Capa vegetal | 3 | Filtro |
| 2 | Tubería a pozo de absorción | 4 | Terreno Natural |
| | | 5 | Geotextil |

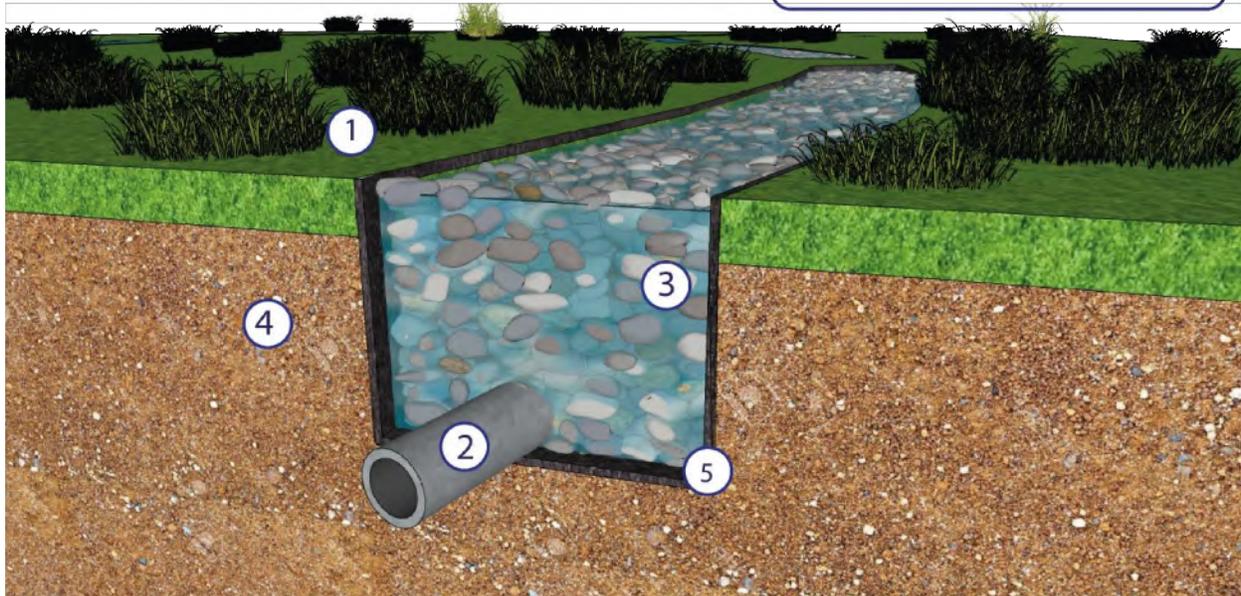


Figura 58 | Detalle de Zanja de Infiltración o Dren Frances, diagrama elaboración propia

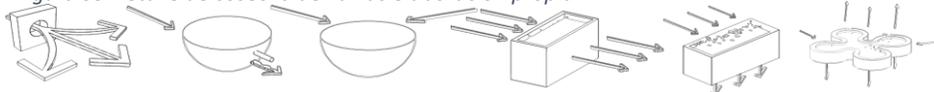


F) SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE AGUA DE LLUVIA:

Consiste en recolectar y almacenar el agua pluvial con el propósito de utilizarla posteriormente en riego, lavado u otros fines no potables.



Figura 59 Detalle de cosecha de lluvias elaboración propia



G) HUMEDALES CONSTRUIDOS:



Es la creación de áreas naturales o artificiales, cubiertas total o temporalmente por agua, que ayudan a absorber el exceso de agua en las ciudades, retener nutrientes y sedimentos y que ofrecen un de los ecosistemas de la fauna silvestre, diseñadas para tratar el agua de lluvia y mejorar su calidad mediante procesos biológicos y físicos. (Esquivel, 2021) (Figura 60)

Los humedales construidos suelen utilizarse en diversidad de suelos, pero las condiciones del terreno y del subsuelo influyen directamente en su eficiencia y en el tipo de diseño que se debe emplear.

HUMEDALES

- | | | | |
|---|------------------|---|----------------------------------|
| 1 | Espejo de agua | 4 | Zona Terrestre |
| 2 | Sector colmatado | 5 | Zona de borde con ó sin jorillón |
| 3 | Jarillón | 6 | Terreno Natural |

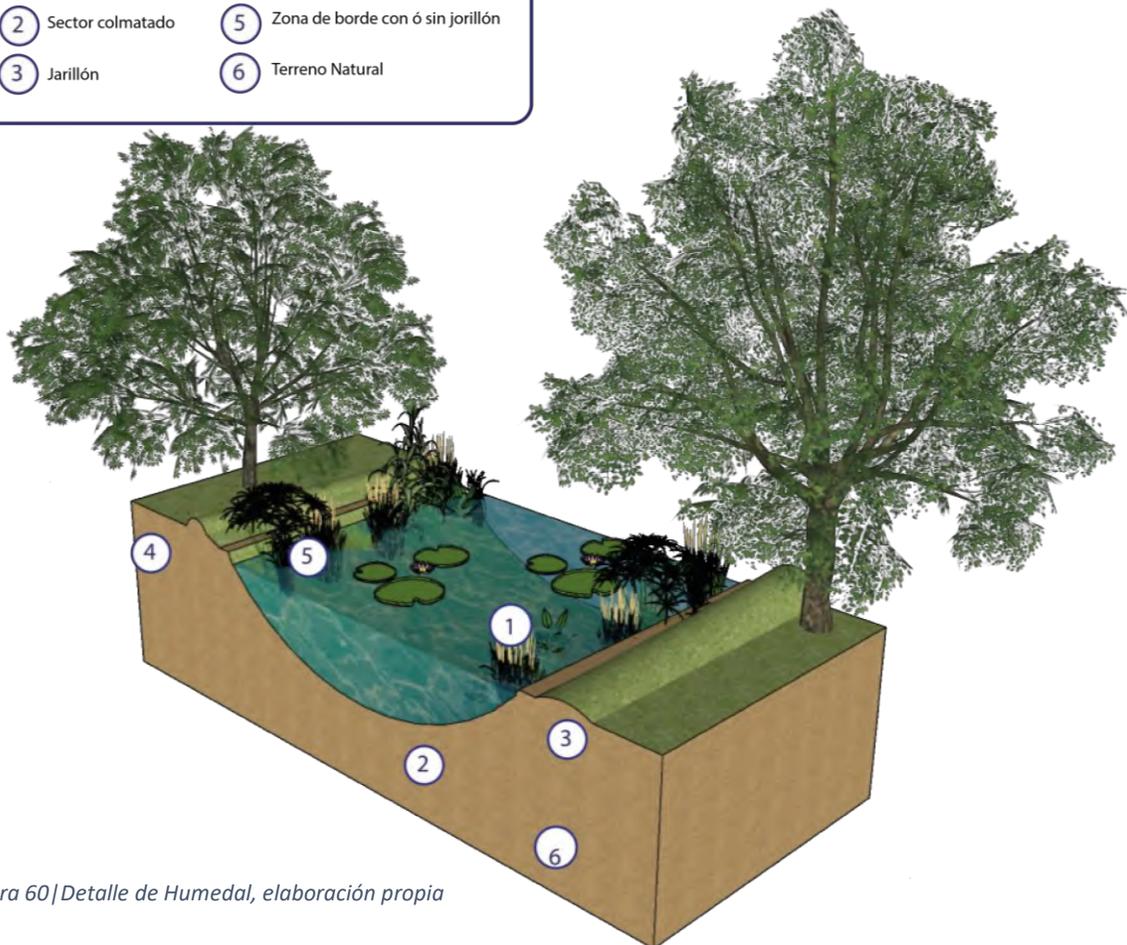


Figura 60 | Detalle de Humedal, elaboración propia

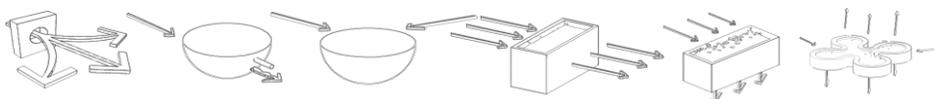


Tabla 6 | Tabla de recomendaciones para uso de zanjas de humedales

SUELOS ADECUADOS	REQUIEREN MODIFICACIÓN O PRECAUCIÓN	SOLUCIONES SI EL SUELO NO ES IDEAL:
Franco arcilloso: <ul style="list-style-type: none"> • Retiene agua adecuadamente; evita filtración excesiva. 	Arenoso o muy permeable: <ul style="list-style-type: none"> • Alta infiltración; el agua se pierde rápidamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revestir con arcilla, geomembranas o material compactado.
Franco limoso, o limoso <ul style="list-style-type: none"> • Buena retención de humedad, adecuado para el crecimiento de plantas. 	Suelos con alta salinidad: <ul style="list-style-type: none"> • Afectan el crecimiento de las plantas macrófitas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección específica de especies vegetales resistentes.
Arcilloso Moderado: <ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilidad natural, ideal para retener agua en superficie. 		

H) ÁREAS VERDES MULTIFUNCIONALES

Las áreas verdes multifuncionales son espacios que pueden ser utilizados para múltiples actividades, como recreación, deporte, educación y conservación del medio ambiente. (Esquivel, 2021) (Ver Figura 61)

ÁREAS VERDES MULTIFUNCIONALES

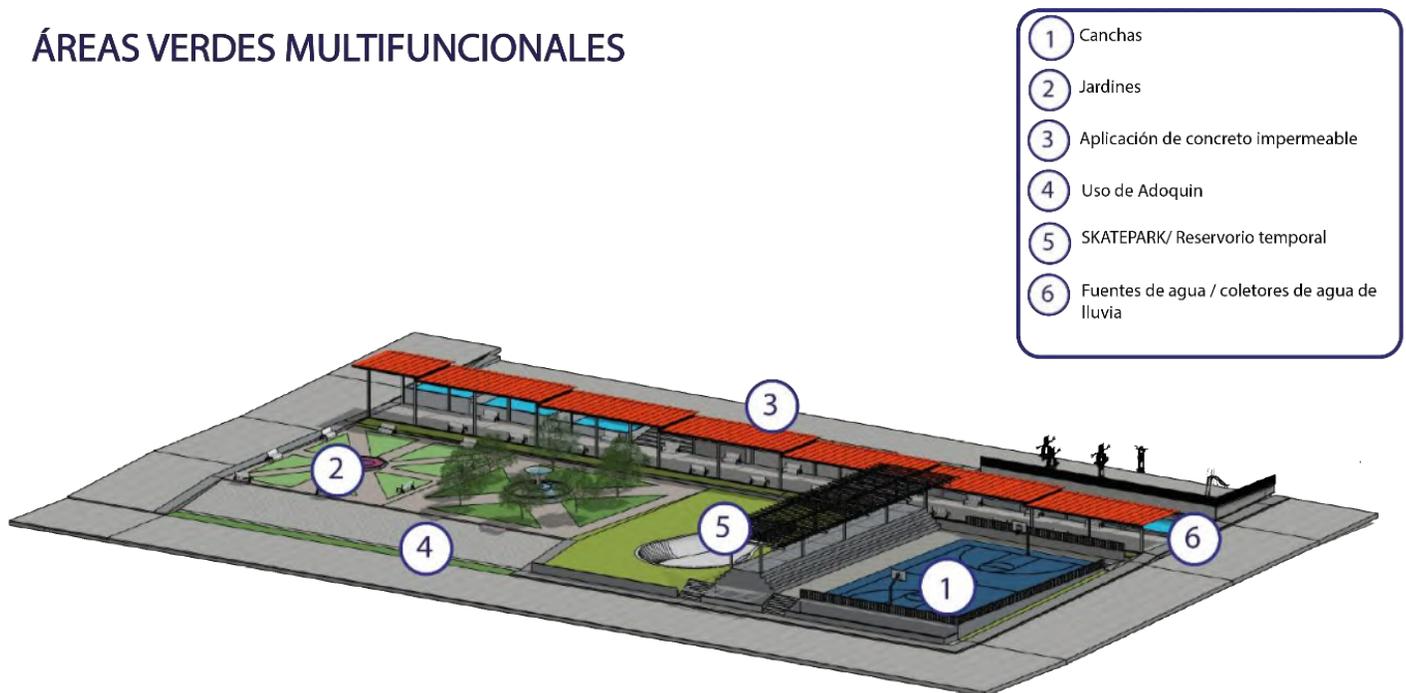
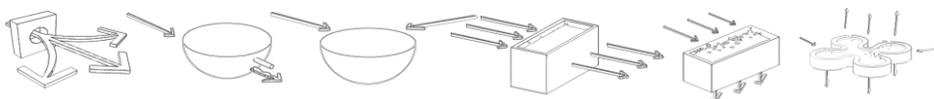


Figura 61 | Ejemplo de áreas verdes multifuncionales, elaboración propia





1) POZO DE ABSORCIÓN

Estructuras verticales que permiten la infiltración directa del agua de lluvia al subsuelo, ayudando a recargar acuíferos y reducir la escorrentía, estos componentes pueden combinarse de diversas maneras para crear un método de drenaje sostenible adecuado a los requerimientos específicos de cada entorno urbano. Cuando el suelo inmediato no es precisamente permeable, de acuerdo a su estructura, puede infiltrar el agua a zonas más profundas. (Figura 62)

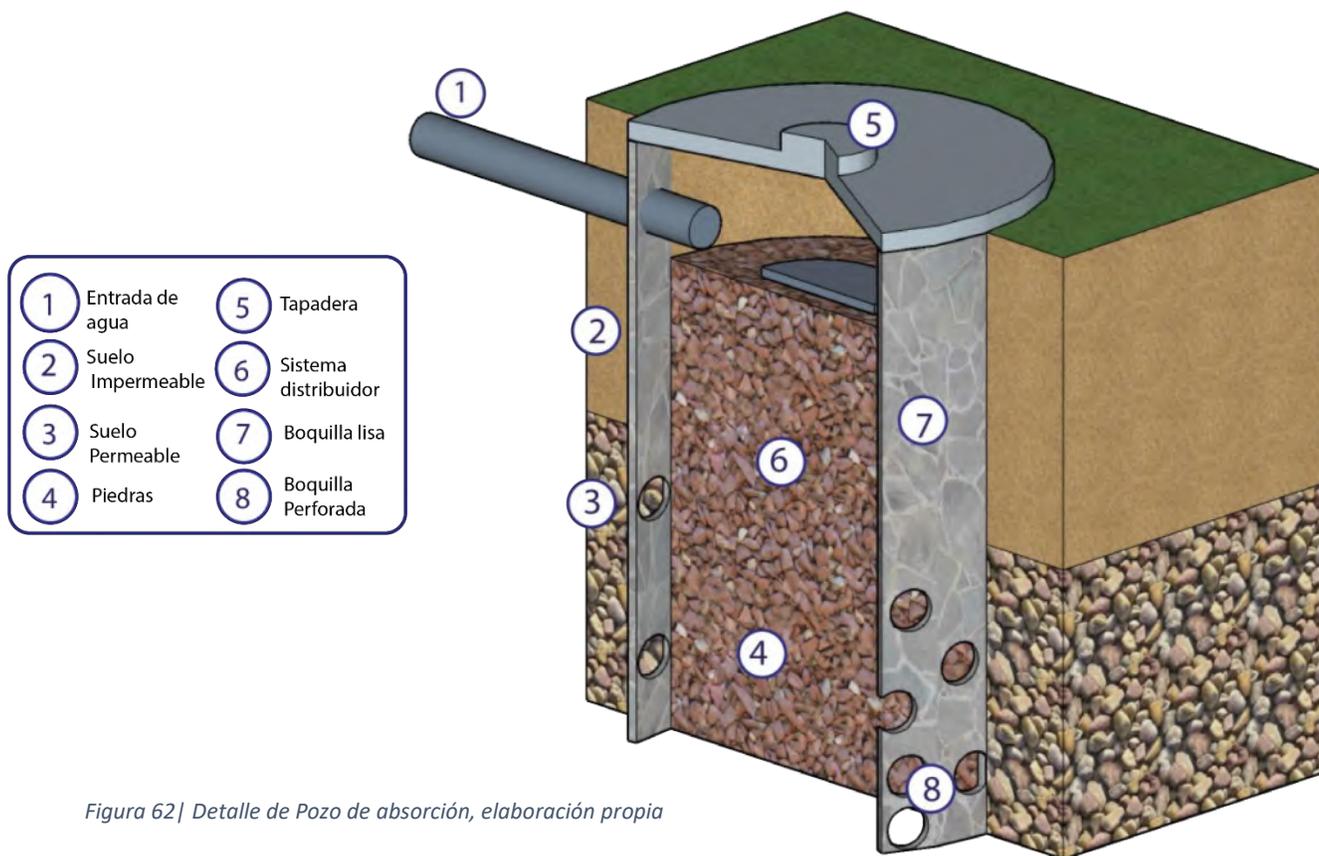
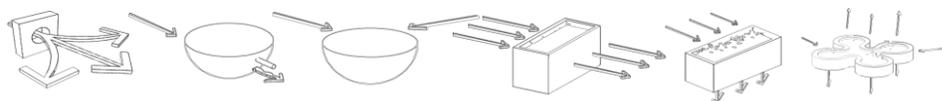


Figura 62| Detalle de Pozo de absorción, elaboración propia

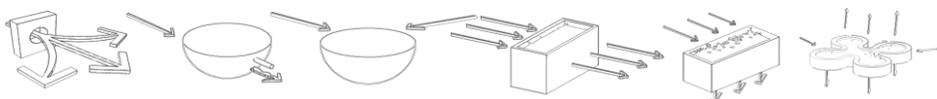


EL POZO DE ABSORCIÓN SE PUEDE USAR EN:

- Zonas urbanas sin drenaje pluvial, para evitar inundaciones localizadas infiltrando el agua en el terreno.
- En patios, estacionamientos, para recolectar el agua de lluvia en techos bajantes o canaletas.
- Para controlar escurrimientos en calles o banquetas para disminuir caudales superficiales en eventos de lluvia.
- Para compensar superficies impermeables y mitigar el impacto de pavimentos como concreto o asfalto.
- Cuando el subsuelo es altamente permeable y el agua puede infiltrarse rápidamente sin riesgo de saturación.
- En conjunto con sistemas de cosecha de lluvia, como parte del sistema de disposición del excedente no almacenado.
- En terrenos con espacio limitado en superficie ya que no requieren un área amplia como los jardines de lluvia o zanjas.

NO SE RECOMIENDA UTILIZAR EN:

- Suelos arcillosos o compactados, con baja infiltración.
- Áreas con nivel freático alto, donde puede contaminarse el acuífero.
- Lugares donde se infiltra agua con contaminantes sin tratamiento previo.



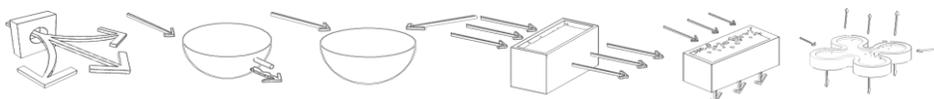
A continuación, se realiza una clasificación de la aplicación de los SUDS según el área a tratar y las características del lugar. Para la aplicación del manual se tomará en consideración el tipo de propuesta más conveniente de acuerdo con la zona a intervenir, desde el tipo de espacio, que elementos Viales intervienen, si es zona urbana la que se requiere intervenir y que elementos naturales de deben tomar en cuenta.

DATOS GEOGRÁFICOS

TIPO



Figura 63 | Diagrama clasificación de elementos SUDS por datos geográficos,



PALETA VEGETAL



Liriope muscari.

- Planta baja como hierbas.
- La floración perenne es el verano y otoño.
- Follaje siempre verde.
- De sombra.



Junco espiga

- Plantas anuales o perennes.
- Acuáticas o de suelo húmedo.
- Altura de 20 a 40 cm



Myosotis.

- Floración principalmente en primavera y verano.
- Luz: soportan bien tanto el sol como la sombra.
- Suelo continuamente húmedo.



Dryopteris

- Suelos uniformemente húmedos.
- Sombra ligera.

Plectatum Mona Lavender



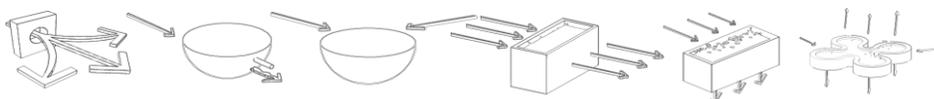
- Floración en otoño que puede alargarse a invierno y primavera.
- Sombra parcial o sombra luminosa
- Puede cultivarse en pleno sol.
- Necesita riegos regulares.



Lysimachia nummularia

- Sol y sombra
- Ecosistema húmedo.
- Menor rango de dispersión.
- Cubre suelo.

Este tipo de vegetación se propone para áreas a intervenir más húmedas, como Jardines de Lluvia o Humedales, que no son especies invasivas y de la zona



PROPUESTA DE PALETA VEGETAL

Cola de Zorro.



- Es una planta de menos de un metro de altura, con flores en espigas de color blanco, crema o con toques púrpura.
- Crece mejor a pleno sol, aunque tolera semisombra,
- Se adapta a suelos de jardín bien drenados.



• **Pennisetum setaceum**

- Alcanza los 75 cm de altura.
- El color de las hojas puede ser verdes, púrpuras o rojas.
- Prospera en las zonas más cálidas y secas.



Hierba Buffel.

- Se utilizarán variedades medianas (1 m) y bajas (70 cm) de esta especie
- Originaria de climas templado-cálidos con lluvias de verano y estación seca prolongada.
- Prefiere suelos sueltos y arenosos, pero también crece bien en suelos arcillosos.

Cosmos bipinnatus (Mirasol).

- Alcanza entre 60 y 120 cm de altura
- Presenta flores en tonos rosa, púrpura o blanco,
- Se adapta a suelos pobres o secos y florece mejor a pleno sol, aunque también tolera algo de sombra.



Verbena bonariensis

- Tolerante a la sequía.
- Floración verano-otoño.
- Pleno sol o sombra parcial.



Actea racemosa

- Planta herbácea perenne
- Alcanzan una altura de entre 25 a 60 centímetros.
- Florece a finales de primavera o principios del verano
- Zonas húmedas en sombra o semisombra.

Este tipo de sustrato se propone para áreas a intervenir que no requieran tanto mantenimiento y que no requieran tanta humedad, son plantas nativas por lo tanto no se consideran invasoras.



PROPUESTA METODOLÓGICA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS

La presente propuesta metodológica se basa en la revisión de diversos documentos sobre ciudades sensibles al agua. Según estos estudios, para que una ciudad logre ser sensible al agua, se deben establecer medidas adaptadas a las características específicas del lugar con la visión de convertirse en ciudad resiliente. Globalmente, se ha innovado con muchos estudios en diversas ciudades para abordar este tema.

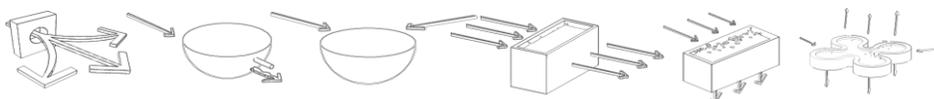
En la revisión de documentos se identificaron iniciativas que promueven el modelo de ciudad sensible al agua en distintas regiones del mundo. En México, se han realizado estudios relevantes similares: en CDMX, en Guadalajara, en Puebla y en Monterrey. A nivel internacional, también se han implementado estas propuestas en diversas ciudades. Todas estas propuestas se basan en el siguiente diagrama, tomado del libro "Hacia una Ciudad de México Sensible al Agua", el cual a su vez se basa en el trabajo de Brown et al. (2008). Las propuestas metodológicas adoptadas se asimilan a la metodología que se desarrollará en este documento.

La manera de trabajar que se sugiere mediante esta propuesta, es seguir de manera secuencial los puntos del anterior diagrama (*Ver Figura 65*)

1.- Definición del proyecto (es decir hacer un análisis exclusivo de la zona desde la escala de trabajo y lugar donde se planea realizar la implementación), en el caso de este estudio.

2.- Se revisaron antecedentes de la colonia "Prados Verdes", desde sus componentes naturales, artificiales y socioeconómicos.

3.- Se detectaron los puntos más críticos e cuanto inundaciones, y



4.- De acuerdo con las características del lugar, se sugiere para la propuesta la aplicación de ciertas tecnologías SUDS para ver cuál es la más viable.

5.- Posterior a ello es de suma importancia la sostenibilidad de los proyectos, por lo tanto, para el monitoreo, se sugiere la creación de una mesa directiva (SGAS como un sistema de gestión Ambiental) de colonos para organizarse y ver de qué manera pueden solicitar a las autoridades el apoyo con el proyecto, de solicitar recurso y / o financiamiento, incluso para dar mantenimiento y estar al pendiente de los colonos ante una situación preventiva de desastres naturales entre mismos colonos.

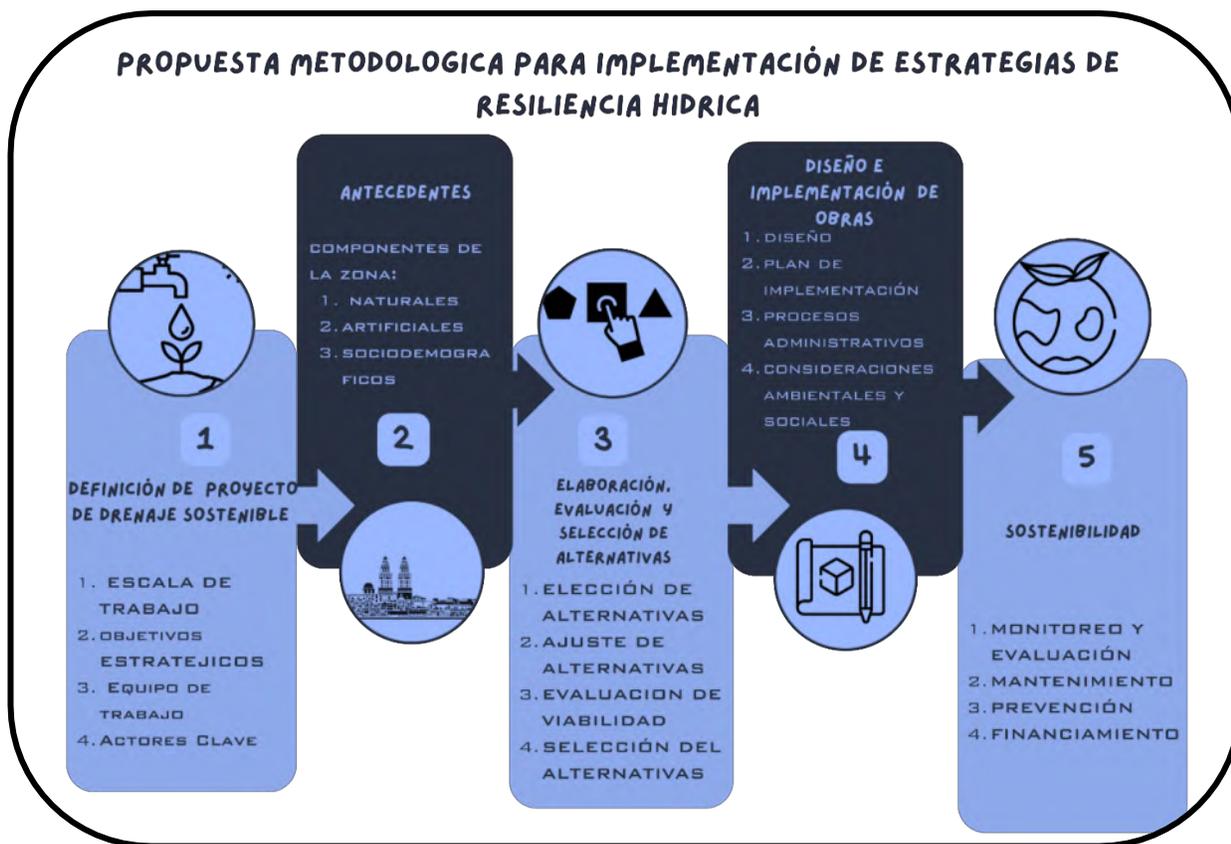
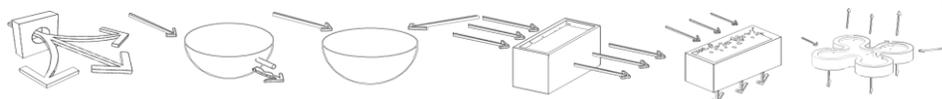


Figura 64| Diagrama de propuesta metodológica para implementación de SUDS.



DESGLOSE DE LA METODOLÓGICA PARA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS

- ESCALA DE TRABAJO
- OBJETIVOS ESTRATÉGICOS
- EQUIPO DE TRABAJO
- ACTORES CLAVE

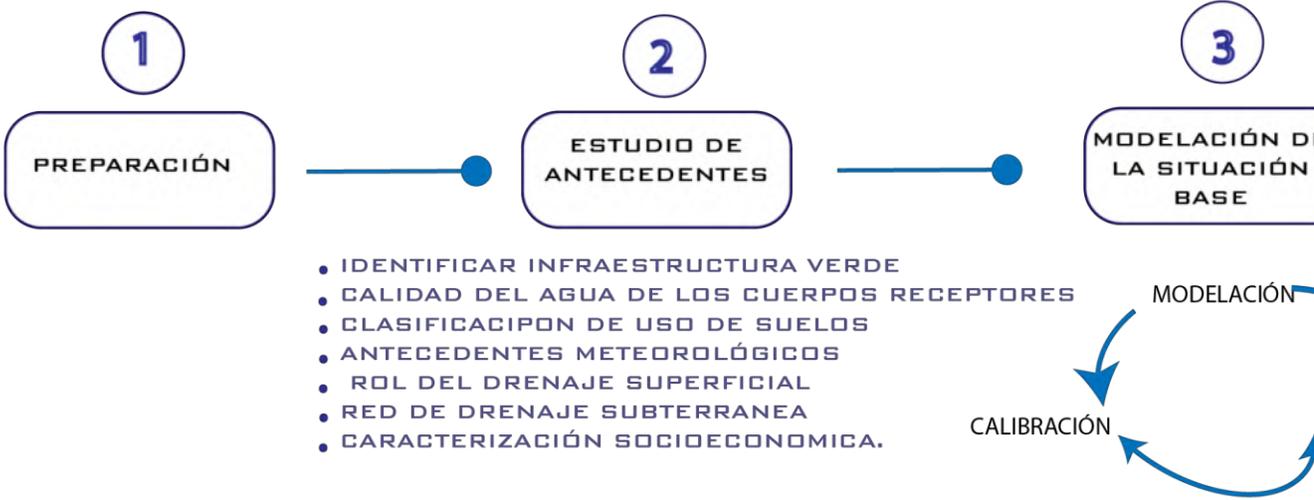


Figura 65 | Diagrama de desglose de actividades, en base a la propuesta metodológica para la planificación, diseño e implementación de sistemas de drenaje urbano sostenible de (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)



- DISEÑO DE LA OBRA
- PLAN DE IMPLEMENTACIÓN
- PROCESOS ADMINISTRATIVOS
- CONSIDERACIONES AMBIENTALES Y SOCIALES

4

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS OPTIMIZADAS E IMPLEMENTACIÓN

5

SOSTENIBILIDAD

- MONITOREO Y EVALUACIÓN
- ACTIVIDADES DE MNTENIMIENTO
- PRÁCTICAS DE PREVENCIÓN
- FINANCIAMIENTO
- GOBERNANZA

E

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CASO BASE ACTUAL

DISEÑO DE ALTERNATIVAS OPTIMIZADAS

MODELACIÓN DE ALTERNATIVAS Y VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE CONDICIONES

EVALUACIÓN DE PROYECTOS

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

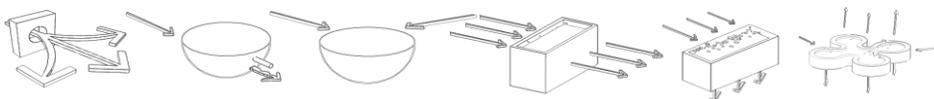




Figura 66| Selección de alternativas

EN RESUMEN

Preparación: En la etapa inicial, se define el propósito del proyecto, se delimita el área donde se intervendrá y se integra un equipo técnico con integrantes de diferentes áreas para garantizar un resultado integral.

Estudio de antecedentes: Se recopilan y analizan datos del contexto: características físicas, urbanas, sociales y ambientales (Componentes naturales, artificiales, socioeconómicos del sitio) Esto permite entender los problemas existentes y sus causas.

Modelación de la situación base: Se identifican problemas específicos (como inundaciones) y las oportunidades para intervenir.

Diseño y elaboración de alternativas: se proponen diversas soluciones posibles, como jardines de lluvia, pavimentos permeables o pozos de absorción etc.,

Evaluación de alternativas: se comparan las opciones con base en:

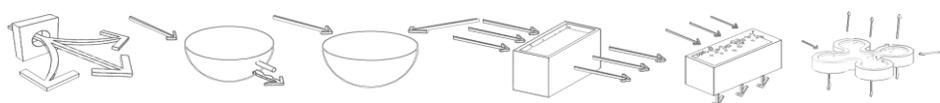
- Viabilidad técnica
- Costo
- Impacto ambiental y social

Selección final de alternativas: Se elige la solución más adecuada al contexto local, con base en los criterios evaluados

Diseño técnico: se desarrollan los planos, cálculos hidráulicos y especificaciones constructivas.

Implementación: Se gestiona y se construye o instala la infraestructura deseada.

Monitoreo y evaluación: Se da seguimiento al funcionamiento del sistema implementado y se evalúa su desempeño o realizan ajustes y mantenimiento si es necesario.





VIII.- CAPÍTULO 7:

PROPUESTA DE APLICACIÓN

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS SUDS EN LA COLONIA “PRADOS VERDES”

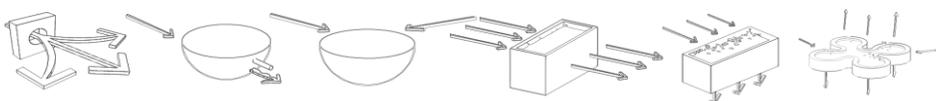
Antes de la aplicación de las propuestas dentro de la colonia se deben realizar con anterioridad estudios geológicos e hidrológicos que determinen el tipo de suelo y subsuelo dentro de la colonia, que, aunque para el desarrollo de este proyecto nos basamos en la información obtenida de las cartas de INEGI, no se asegura el tipo de suelo sin estudios previos y respectivos sondeos,

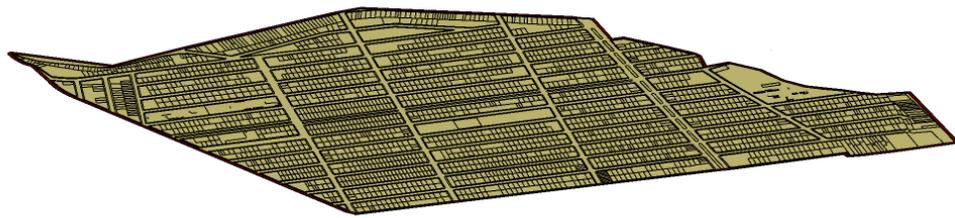
Mediante el uso del manual que dio como resultado de la investigación se este estudio, : **Anexo1: Manual Estrategias de resiliencia hídrica en Morelia.** se propone la siguiente intervención:

Como propuesta para la colonia Prados Verdes se sugiere el mejoramiento de terreno para la colocación de Pozos de absorción para llegar a una capa más profunda que permita que el agua drene de manera efectiva dentro de la colonia ya que si solo se aplica de manera directa un jardín de lluvia y una zanja de infiltración, no será suficiente, es decir para la presente propuesta de este proyecto, se requiere la combinación de dos elementos de tecnología SUDS para lograr su efectividad y reducir de manera parcial en algunas zonas más afectadas por inundaciones.

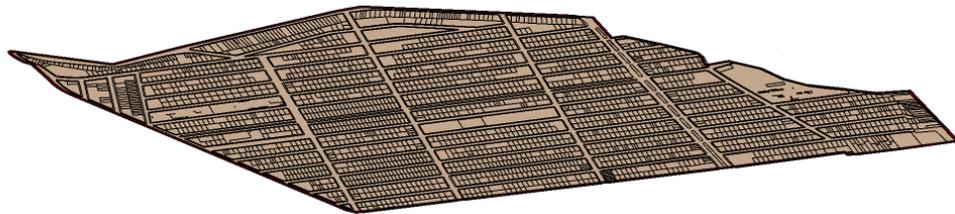
Se sugieren en los puntos marcados en rojo de la siguiente *Figura 67* debido a que son lotes baldíos que se encuentran cerca de las zonas más críticas con tendencia a inundarse en la colonia Prados Verdes.

Cabe mencionar que para poder hacer un cálculo preciso de la eficiencia de los SUDS y calcular la reducción del volumen de agua de lluvia en litros se necesitarían hacer estudios del factor K(coeficiente de la permeabilidad del suelo) así como estudios geohidrológicos de la zona.

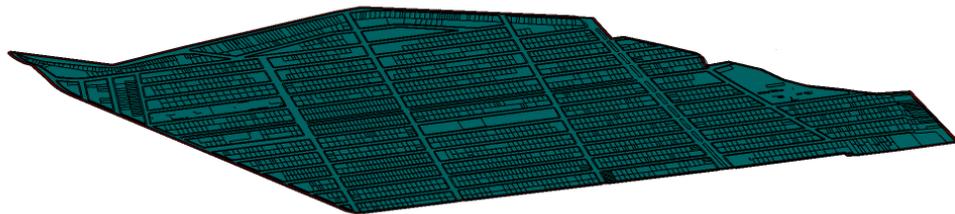




Hh-VP, VP2 Y VP3
VERTISOL PELICO



LACUSTRE



MICROCUCENCA RIO
GRANDE

Figura 67| Características tipo de suelo colonia Prados verdes, elaboración propia, datos mencionados en los componentes naturales, información tomada de las cartas de INEGI

EL SUELO VERTISOL LACUSTRE

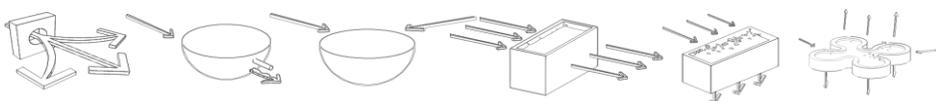
Es un tipo de suelo caracterizado por su alto contenido de arcilla expansiva y su formación en zonas antiguamente ocupadas por cuerpos de agua, como lagos (de ahí el término lacustre).

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO VERTISOL LACUSTRE:

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
Textura arcillosa	Muy fina
color	Negro grisáceo,
Comportamiento con el agua	Se incha cuando se moja y se agrieta profundamente
Capacidad de infiltración	Es muy baja, el agua entra muy lentamente
Drenaje	Tendencia a ensancharse

PARA EL MANEJO DE INUNDACIONES

- No se recomienda para Jardines de lluvia o Zanjas de infiltración sin mejoramiento de suelo por su baja infiltración.
- Para que se efectivo para un pozo de absorción se requiere drenar a estratos más profundos y permeables.
- Para el caso de Humedales artificiales Son adecuados ya que estos suelos retienen agua por más tiempo.

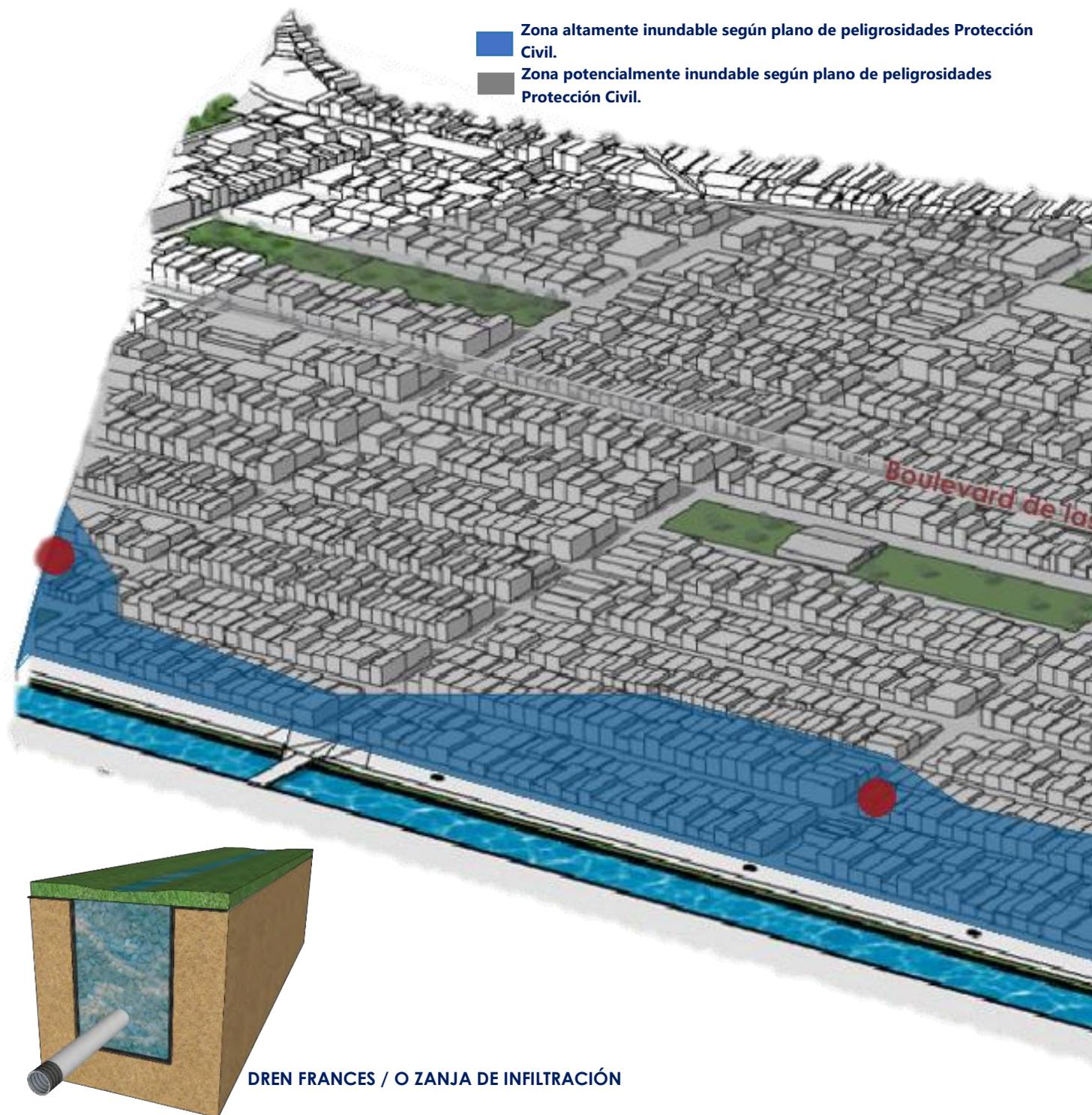


PROPUESTA Y APLICACIÓN

● Posible sitio para intervención

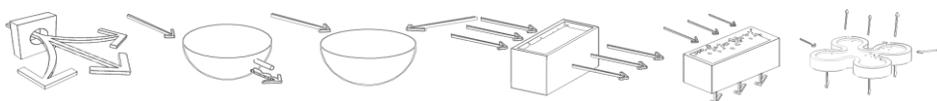
■ Zona altamente inundable según plano de peligrosidades Protección Civil.

■ Zona potencialmente inundable según plano de peligrosidades Protección Civil.

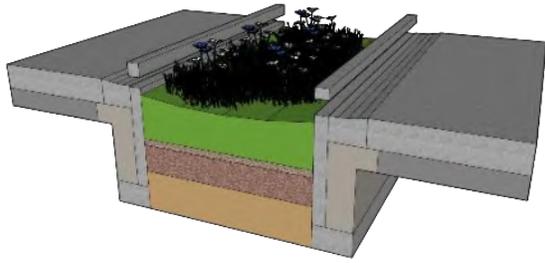


DREN FRANCÉS / O ZANJA DE INFILTRACIÓN

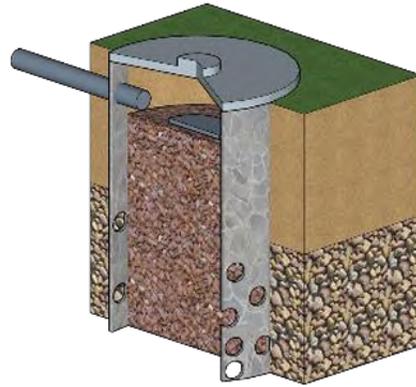
Figura 68| Propuesta y aplicación en Colonia Prados Verdes



JARDÍN DE LLUVIA



POZO DE ABSORCIÓN





IX.-CAPÍTULO 8:

MARCO ECONÓMICO

PRESUPUESTOS PARAMÉTRICOS:

Cabe mencionar que antes de iniciar los trabajos relacionados se deben realizar los trabajos previos para la preparación del sitio: Como levantamiento topográfico, análisis de suelos para verificar la permeabilidad y textura, un estudio geohidrológico para confirmar el tipo de suelo y para el cálculo de escorrentías, así como limpieza y despaldo del terreno.

Se desglosan a continuación los presupuestos paramétricos para los trabajos que se proponen en este proyecto de investigación, se tomaron en consideración obras similares.

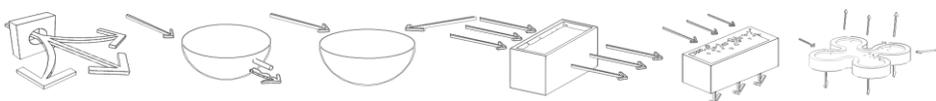
POZO DE ABSORCIÓN

Instalación y colocación de ademe en pozo de absorción con una profundidad de 20 metros, utilizando tubería de 12 pulgadas de diámetro, marca Durman o equivalente, fabricada conforme a la norma ASTM-D2241, así como tubería ranurada (rejilla) de igual diámetro, también conforme a dicha normativa. (El presupuesto excluye la excavación y el relleno principal).

Incluye: equipo, materiales, mano de obra y herramientas. Costo Aprox. \$22,000.00 pesos por unidad.

Tabla 7 | Desglose departidas Pozo de absorción

POZO DE ABSORCIÓN		
No.	PARTIDA	UNIDAD
1	Excavación	M3
2	Mejoramiento de terreno	M3
3	Suministro y colocación de Ademe	PZA
4	Suministro y colocación de Filtro (3/4) de grava, entre pozo y tubería	M3
5	Carga y retiro de Material producto de la excavación	
6	Limpieza general	M2
7	Colocación de adoquín	M2
8	Colocación de pasto	M2
9	Compra del terreno	M2



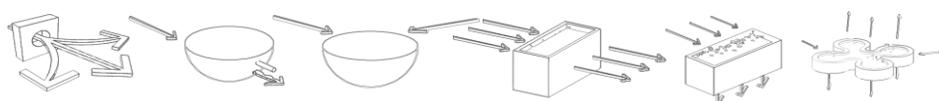
ZANJA DE INFILTRACIÓN / O DREN FRANCÉS

Zanja de infiltración, de 60 cm de altura y 40 cm de anchura, con 3% de pendiente máxima Utilizando grava filtrante sin clasificación previa, envuelta en geotextil y compactada en capas de un máximo de 30 cm de espesor, mediante equipo manual de compactación. El precio excluye la excavación y el relleno principal.

Incluye: equipo, materiales, mano de obra y herramientas. Costo Aprox. \$350 pesos a 550 pesos m lineal.

Tabla 8 | Desglose de partidas Dren Frances

ZANJA DE INFILTRACIÓN		
No.	PARTIDA	UNIDAD
1	Excavación	M3
2	Mejoramiento de terreno	M3
3	Grava filtrante sin clasificar	M2
4	Geotextil no tejido sintético, termo soldado, de polipropileno	M2
5	Equipo y Maquinaria	H
6	Mano de obra	H
7	Limpieza	M2
8	Compra del terreno	M2



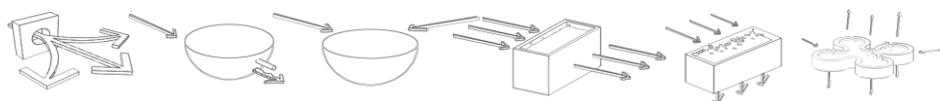
JARDÍN DE LLUVIA O JARDIN INFILTRANTE

Suministro de materiales, mano de obra, herramienta y equipo necesario para la construcción de un jardín de lluvia diseñado para la captación, filtración y gestión de aguas pluviales, de acuerdo con el diseño hidrológico y paisajístico.

Incluye: equipo, materiales, mano de obra y herramientas. Dependiendo de la complejidad del Jardín de lluvia su costo puede oscilar entre \$1,000.00 pesos y \$10,000.00 pesos el m². Este precio varía dependiendo de la calidad del sustrato, especies vegetales, tipo de rebose, si se requiere demolición, muros de contención, escala del proyecto y ubicación geográfica.

Tabla 9| Desglose de partidas Jardín de Lluvia

NO.	PARTIDA	UNIDAD
1	Limpieza y nivelación, limpieza superficial y trazado del área	M ²
2	Excavación manual a 50–60 cm de profundidad	M ³
3	Grava filtrante (Capa de grava lavada 10–20 cm)	M ³
4	Arena filtrante Capa de arena de río 10–15 cm	M ³
5	Mezcla vegetal Mezcla de tierra, arena y compost 40–50 cm	M ³
6	Plantación Plantas nativas (estrato alto, medio, bajo)	U
7	Mulch Acolchado vegetal (hojarasca, corteza)	M ²
8	Bordes Piedra, madera o geo borde plástico	ML
9	Rebose y captación Pequeñas canaletas, rebose o conexión a bajante	M
10	Mantenimiento inicial Riego y control de malezas (30 días)	M ²



POSIBLES FORMAS DE FINANCIAMIENTO

• PRESUPUESTO PARTICIPATIVO

El Presupuesto Participativo es un concurso anual que organiza el H. Ayuntamiento de Morelia, donde se tiene la oportunidad de presentar un proyecto de obra civil que pueda mejorar alguna colonia con un monto de presupuesto no mayor a \$2,000,000.00 de pesos, con el ideal para transformar alguna colonia que considere los derechos humanos, la inclusión social y la inclusión de las personas en condición de vulnerabilidad,

La presente propuesta de mejora para la colonia Prados Verdes, considera a personas vulnerables a eventualidades por el clima respecto a inundaciones, podría incluirse dentro de este concurso del presupuesto participativo. (Presupuesto participativo Morelia, 2025)

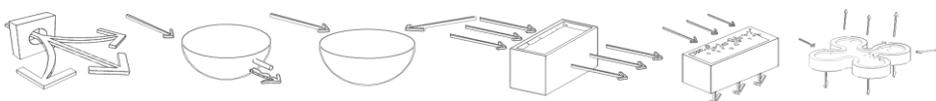
• PROGRAMA DE MEJORAMIENTO PUMOT

El Programa de Fomento a la Planeación Urbana, Metropolitana y Ordenamiento Territorial (PUMOT) forma parte del Programa de Mejoramiento Urbano (PMU) y tiene como objetivo impulsar la planificación territorial y urbana. en México. Su objetivo principal es apoyar la creación de instrumentos de planeación urbana y territorial. Se trata de un programa federal que busca optimizar la calidad de vida de la población en las ciudades en México a través de la infraestructura, equipamiento y planeación urbana.

(Gobierno de Mexico, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2019)

• FONDO PARA DESASTRES NATURALES

Existen algunos fondos y programas destinados a ayudar a enfrentar los desastres naturales en México y a nivel mundial. En México existe el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) que se utiliza para mitigar los efectos de los fenómenos naturales, (Gobierno de México, 2015) y el fondo para catástrofes climáticas de la ONU, el Fondo de Emergencia



para la Respuesta a Desastres (DREF) de la IFRC provee ayuda rápida a los afectados. Además, el Fondo para Catástrofes Climáticas, para ofrecer apoyo financiero a los países más vulnerables.

• **CROWDFUNDING**

Es una manera de recolectar dinero para financiar proyectos y a través de la colaboración de personas, usualmente a través de plataformas online. Estas personas contribuyen con pequeñas donaciones de dinero para proyectos altruistas, así como organizaciones sin fines lucrativos y así conseguir apoyo para financiar algún proyecto o tratar de recibir ayuda de la comunidad, (Alonso, 2025) esta forma de financiamiento podría ser una alternativa para recaudar fondos para la colonia Prados Verdes; existen varias plataformas de crowdfunding entre ellas destacan:

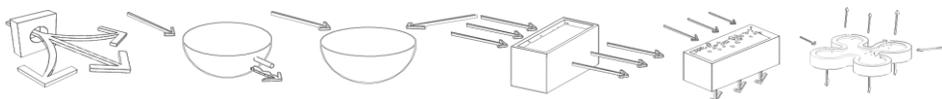
- **DONORBOX**
- **KICKSTARTER**
- **GOFUNDME**
- **CROWDFUNDER**
- **INDIEGOGO**
- **PATREON**
- **FACEBOOK FUNDRAISING**
- **PAYPAL**
- **EDCO**
- **360MATCHPRO**
- **BONFIRE**
- **KIVA**

• **POSIBLE FINANCIAMIENTO DE SEDATU**

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

• **POSIBLE FINANCIAMIENTO A CARGO DEL BANCO MUNDIAL, EN BUSCA DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2019).**

• **POSIBLE FINANCIAMIENTO A CARGO DE LA SECRETARÍA DE BIENESTAR SOCIAL ANTES LLAMADA SEDESOL**



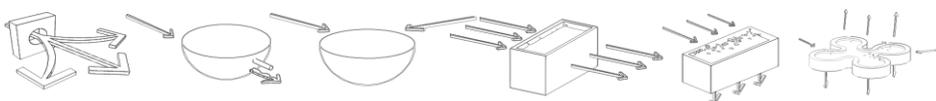


X.-CONCLUSIONES

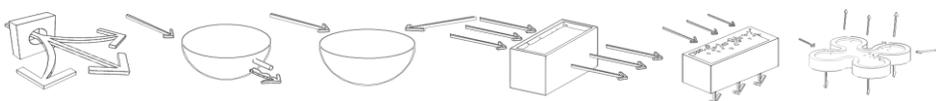
A través de desarrollo de este proyecto que tuvo como resultado elaboración de un manual que ofrece un catálogo de propuestas para la implementación de diversas tecnologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), nos dimos a la tarea de comprobar que se necesitan implementar estrategias que promuevan la resiliencia de las ciudades, y nos enfocamos en el recurso del agua, para las zonas más vulnerables a inundaciones.

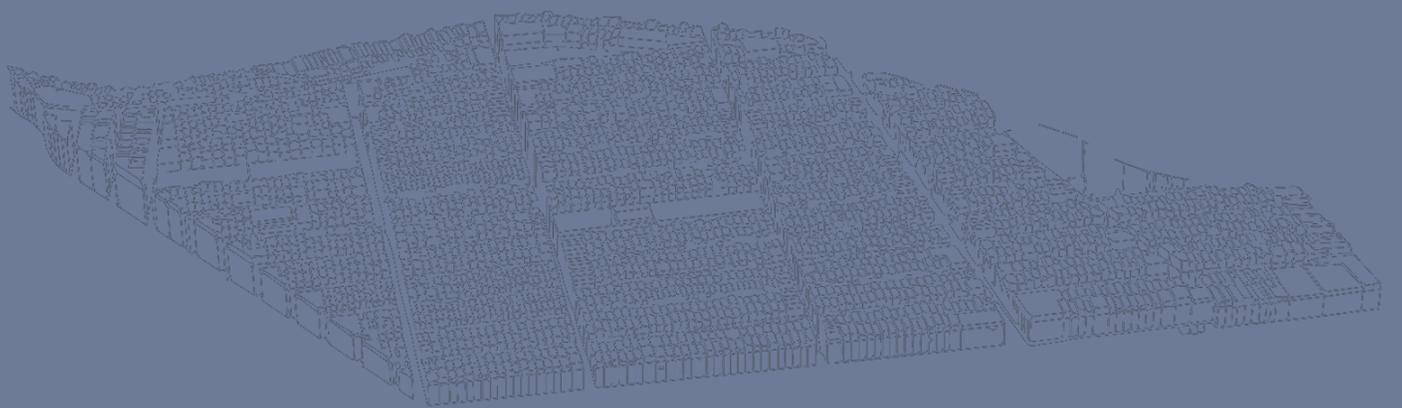
A lo largo de este estudio se pretendía abordar el estrés hídrico y el tema de las inundaciones como problemas principales con la hipótesis de que la ciudad sufría por estrés hídrico tras revisar la información confiable de documentos oficiales del municipio se llegó a la conclusión de que hay suficiente agua para los morelianos, como ya se mencionó anteriormente.

El trabajo se centró como aplicación a la colonia "Prados Verdes", que de acuerdo con la investigación de campo, y la documentación existente de que existen largos tramos de la ciudad que son afectados por estos problemas de agua, la evaluación permitió detectar limitaciones con la cobertura de los servicios de drenaje pluvial, información clave para priorizar acciones dentro del plan de resiliencia hídrica, y orientar propuestas que se pueden aplicar dentro de la colonia Prados Verdes como la implementación del uso de combinado de Jardines de Lluvia y pozos de absorción, que de igual forma se pueden replicar en otras colonias con los mismos problemas de inundación, sin embargo, se tienen que revisar que los elementos de drenaje sean compatibles para cada caso necesario, en algunos casos se tendrían que utilizar en combinación de dos o más elementos para asegurar la infiltración del agua a los mantos acuíferos, estas propuestas no son una solución definitiva, pero sí podría aportar a mejorar en un porcentaje considerable a la situación desfavorable dentro de esta y otras colonias, es una propuesta de solución parcial.



También nos dimos cuenta que entre más nos adentrábamos en la investigación salía más información al respecto. Se llegó a la conclusión de que, existen muchas vertientes por estudiar, si bien el presente trabajo no va terminar con la problemática en cuestión, se pretende informar a través del manual para aminorar en una pequeña proporción a enfrentar los desafíos que el cambio climático.





GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

Arroyo: “Ríos de menor dimensión” (Real Academia Española, 2024).

Calidad del agua: Son las características físicas, químicas y biológicas que pueden ser adecuadas o no, según los estándares establecidos, para ciertos usos como el agua potable, la agricultura, la generación de energía o la protección de la naturaleza. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Ciudades resilientes: Ciudades que poseen una mayor habilidad para afrontar las consecuencias del cambio climático y restablecerse tras sus efectos (Aguilar, Maldonado et al., 2019)

Cuerpos o espacios azules: Áreas exteriores, ya sean naturales o creadas por el ser humano, donde el agua es un elemento destacado. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Cuerpos o espacios verdes: Zonas exteriores, donde la vegetación es el elemento principal. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Curva de nivel: Son trazos que conectan puntos con la misma altura sobre un plano de referencia en un terreno, usualmente tomando como base la altitud media respecto al nivel del mar (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Drenaje Urbano Sostenible: Es el conjunto de acciones, métodos, tecnologías e infraestructuras, en su mayoría verdes, que se emplean para gestionar el agua de lluvia en zonas urbanas, buscando imitar lo más posible el funcionamiento natural del drenaje y fortalecer los beneficios ecosistémicos relacionados con el agua y la naturaleza en la ciudad. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

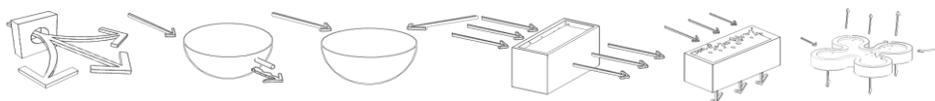
Escorrentía: “Agua pluvial que se desplaza por la superficie de un terreno” (Real Academia Española, 2014).

Espacios urbanizados: Zonas urbanas en las que se pueden aplicar técnicas de infraestructura verde para gestionar el agua de lluvia (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Infraestructura gris: Sistema tradicional de drenaje diseñado para desalojar rápidamente el agua de lluvia (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Infraestructura verde: Elementos del entorno urbano que pueden desempeñar funciones hidrológicas y ofrecer servicios ecosistémicos importantes para fortalecer la resiliencia de las ciudades (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Humedal: Son todas las áreas de pantanos y turberas, así como las zanjas cubiertas de agua, cuya profundidad no supere los seis metros, y estén dentro de los límites urbanos. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).



Medidas preventivas: Incluyen todas las acciones que favorecen el manejo del agua de lluvia en el lugar donde se precipita, mediante procesos como el tratamiento, la infiltración, la evaporación y la evapotranspiración, conservando al mismo tiempo un entorno más natural y eficiente. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Parques urbanos: Áreas urbanas con gran cantidad de vegetación, ya sea nativa o introducida, que comúnmente se emplean para actividades recreativas, culturales y para conservar la biodiversidad. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

Periodo de retorno: Conocido también como periodo de recurrencia. Es el intervalo de tiempo promedio que transcurre entre dos eventos meteorológicos o hidrológicos que exceden cierto nivel. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

Resiliencia: "Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos" (Real Academia Española, 2014).

Riesgo climático: Posibilidad de que ocurra un desastre debido a la presencia de una amenaza climática en una zona donde hay personas, viviendas, infraestructura y/o ecosistemas vulnerables a sufrir daños (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Río: Corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar (Real Academia Española, 2014).

Servicios ecosistémicos: Aporte, tanto directo como indirecto, que los ecosistemas brindan al bienestar de las personas (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Sostenible: "Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente" (Real Academia Española, 2014).

Vulnerabilidad: "Propensión o predisposición de aquello expuesto a ser afectado negativamente producto de la susceptibilidad del sistema al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación" (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Acrónimos

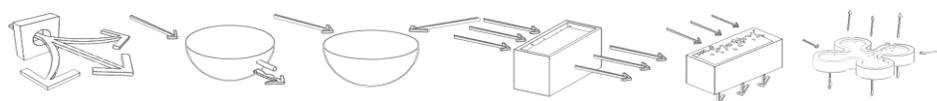
CONAGUA O CNA Comisión Nacional del Agua.

DREF: Fondo de Emergencia para la Respuesta a Desastres. (IFRC, s.f.)

DUS: Drenaje Urbano Sostenible (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

FONDEN: Fondo de Desastres Naturales. (Gobierno de México, 2015)

IFRC: Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja. (IFRC, s.f.)



IMPLAN: Instituto Municipal de Planeación de Morelia. (Instituto Municipal de Planeación de Morelia, s.f.)

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

LID: Low Impact Development. (Desarrollo de bajo Impacto). (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

MSNM: Metros sobre el nivel del Mar.

OOAPAS Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia. (OOAPAS, 2019)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible. (CEPAL Naciones Unidas, s.f.)

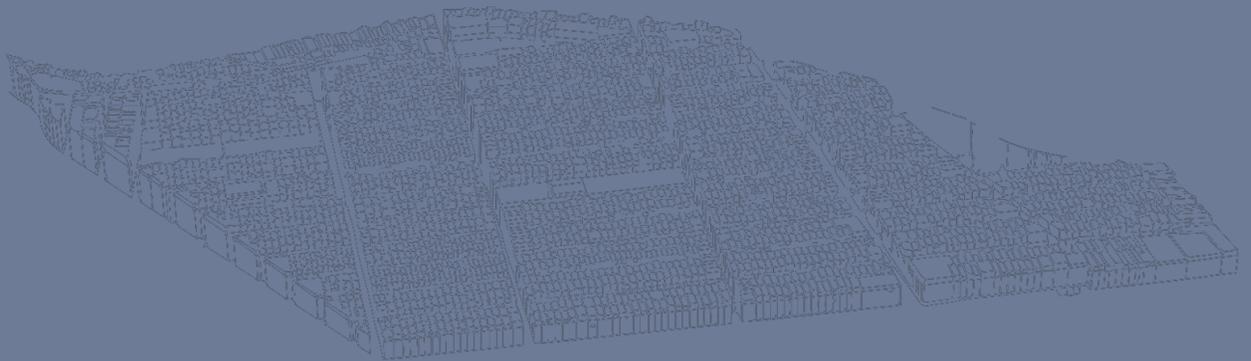
OMS: Organización Mundial de la Salud. (Organización Mundial de la Salud, 2025)

PUMOT: Programa de Fomento a la Planeación Urbana, Metropolitana y Ordenamiento Territorial. (Gobierno de Mexico, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2019).

SUDS: Sustainable Urban Drainage Systems (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

WSUD: Wáter Sensitive Urban Design (Diseño Urbano Sensible al agua) (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).





BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Alejandro, M., & Manzano, R. (n.d.). *Métodos de dosificación de concreto permeable-revisión de estado del arte*. <https://www.researchgate.net/publication/346334709>
- Agenda 2030 en América Latina y el Caribe*. (s.f.). Obtenido de <https://agenda2030lac.org>:
<https://agenda2030lac.org/es/ods/6-agua-limpia-y-saneamiento>
- Aguilar, M. (28 de 06 de 2024). *CB TELEVISIÓN*. Obtenido de <https://cbtelevision.com.mx/>:
<https://cbtelevision.com.mx/vecinos-de-prados-verdes-sufren-por-inundaciones>
- Alfaro, E. A. (31 de julio de 2024). *Quadratin*. Obtenido de www.quadratin.com.mx:
<https://www.quadratin.com.mx/principal/sorprende-granizada-en-el-centro-y-norte-de-morelia/>
- Alfaro, F. (09 de 06 de 2022). *Quadratin*. Obtenido de <https://www.quadratin.com.mx>:
<https://www.quadratin.com.mx/principal/fuertes-lluvias-dejan-inundaciones-de-hasta-un-metro-en-morelia>
- Alfaro, F. (17 de 09 de 2024). *Quadratin*. Obtenido de <https://www.quadratin.com.mx>:
<https://www.quadratin.com.mx/principal/lluvia-morelia-encharcamiento-en-19-puntos-una-barda-y-3-arboles-caidos/>
- Alfaro, F. (02 de 08 de 2024). *Quadratin*. Obtenido de Www.Quadratin.com:
<https://www.quadratin.com.mx/principal/lluvia-en-morelia-provoco-inundaciones-y-colapso-de-infraestructura-pc/>
- Alfaro, F. (16 de 08 de 2024). *Quadratin*. Obtenido de <https://www.quadratin.com.mx/>:
<https://www.quadratin.com.mx/principal/dejaron-lluvias-10-viviendas-afectadas-en-morelia-la-madrugada-de-viernes/>
- Alonso, M. (13 de 02 de 2025). *asana*. Obtenido de www.asana.com:
<https://asana.com/es/resources/crowdfunding>
- Asociación de Academias de la Lengua Española. (2023). <https://www.rae.es/>. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/resiliencia>
- Cambio de Michoacán. (16 de 08 de 2024). *Cambio de Michoacán*. Obtenido de www.cambiodemichoacan.com.mx: <https://cambiodemichoacan.com.mx/2024/08/16/lluvias-deja-inundaciones-y-encharcamientos-en-7-colonias-de-morelia/>
- CEPAL Naciones Unidas. (s.f.). *CEPAL*. Obtenido de www.cepal.org:
<https://www.cepal.org/es/temas/agenda-2030-desarrollo-sostenible/objetivos-desarrollo-sostenible-ods>



Comisión Nacional del Agua. (2010). *Estadísticas del agua en México, edición 2010*. (S. d. Naturales, Ed.) Distrito Federal: Talleres graficos de Mexico.

Diccionario de la lengua española. (s.f.). RAE . Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/arroyo>

Elorriaga, E. M. (09 de 06 de 2022). *La Jornada*. Obtenido de www.jornada.com: <https://www.jornada.com.mx/notas/2022/06/09/estados/reportan-calles-inundadas-por-fuertes-lluvias-en-morelia>

Espindola, J. A. (2021). *México Sensible al Agua, un enfoque innovador para la Gestión del agua en las ciudades Mexicanas*. Guadalajara, Jalisco: Universidad de Guadalajara.

Espíndola, J. A. (2021). *México Sensible al Agua, Un enfoque Innovador para la gestión del agua en las ciudades Mexicanas* . Guadalajara Jalisco: Universidad de Guadalajara.

Esquivel, E. O. (2021). *Diseño de paisajes para ciudades Biodiversas*. CDMX: FONCA.

Ferreya, L. H. (2017). *Análisis de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible en la Ciudad de Morelia, Michoacán: Caso de Estudio “Villas del Pedregal”*. . Morelia Michoacán: UMSNH.

Gobierno de la Republica Mexicana, SEGOB, SEDATU, PROTECCION CIVIL MEXICO, ONU HABITATHAT. (2016). <https://publicacionesonuhabitat.org>. (S. S. Secretaria de gobierno de la republica, Ed.) Obtenido de Onuhabitat.org: https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/Guia_de_Resiliencia_Urbana_2016.pdf

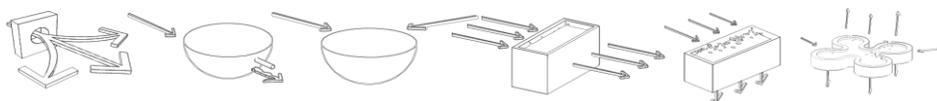
Gobierno de México. (12 de 04 de 2015). Obtenido de <https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/fondo-de-desastres-naturales-fonden>

Gobierno de la Ciudad de México. (2016). Hacia una Ciudad de México sensible al agua. El espacio público como una estrategia de gestión de agua de lluvia. *Gob Cdmx*.

Gobierno de Mexico, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (05 de 04 de 2019). Obtenido de <https://www.gob.mx/sedatu/acciones-y-programas/programa-de-fomento-a-la-planeacion-urbana-metropolitana-y-ordenamiento-territorial-pumot-196379#:~:text=El%20Programa%20de%20Fomento%20a,metropolitanas%2C%20municipios%20y%20demarcaciones%20territoriales>

GRUPO BANCO MUNDIAL. (15 de 01 de 2019). Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2019/01/15/world-bank-group-announces-50-billion-over-five-years-for-climate-adaptation-and-resilience>

Hernández, B. P. (2015). *Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias en Tecnología de la Madera*. Morelia, Michoacán: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.



<https://agenda2030lac.org>. (2023). Obtenido de Agenda 2030 en America Latina y el Caribe:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

IAGUA. (s.f.). Obtenido de IAGUA: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-sistema-urbano-drenaje-sostenible-suds>

ICAT UNAM. (MARZO de 2019). *ICAT UNAM*. Obtenido de <http://somi.icat.unam.mx/>:
<http://somi.icat.unam.mx/somi34/morelia.html#:~:text=Clima,en%20las%20zonas%20m%C3%A1s%20bajas>

IFRC. (s.f.). *Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja*. Obtenido de <https://www.ifrc.org/es>

implanmorelia.org. (28 de 04 de 2023). Obtenido de <https://implanmorelia.org/pmdu/>:
<https://implanmorelia.org/site/wp-content/uploads/2024/02/D-I-D6.-Agua-Potable.070224.pdf>

INEGI. (2020). *INEGI*. Obtenido de <https://cuentame.inegi.org.mx/>:
<https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mich/poblacion/>

INEGI. (s.f.). <https://www.inegi.org.mx>. Obtenido de INEGI:
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825658052>

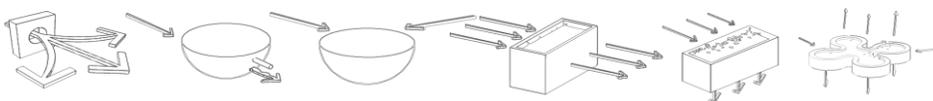
Instituto Geofisico UNAM. (2019). <https://cardi.geofisica.unam.mx/>. Obtenido de Laboratorio de Cartografía Digital, Instituto de Geofisica, UNAM.:
<http://cardi.geofisica.unam.mx/subsistencia/index.html#:~:text=La%20subsistencia%20o%20huidimiento%20del,de%20mantenimiento%20y%20reposici%C3%B3n%20de%20World%20Disasters%20Report%202021.International%20Federation%20of%20Red%20Cross%20and%20Red%20Crescent%20Societies.>
<https://www.ifrc.org>

Instituto Municipal de Planeación de Morelia. (s.f.). *IMPLAN*. Obtenido de Instituto Municipal de Planeación de Morelia: <https://implanmorelia.org/site/>

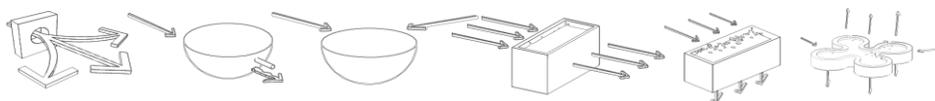
La voz de michoacán. (27 de 07 de 2022). *la voz de Michoacan*. Obtenido de <https://www.lavozdemichoacan.com.mx>:
<https://www.lavozdemichoacan.com.mx/michoacan/clima/videos-fuerte-tormenta-deja-inundaciones-cortes-de-luz-y-mucho-trafico-en-morelia>

La voz de Michoacán. (09 de 07 de 2024). *La voz de Michoacán*. Obtenido de <https://www.lavozdemichoacan.com.mx>:
<https://www.lavozdemichoacan.com.mx/michoacan/morelia-appmobil/en-40-minutos-llovia-la-misma-cantidad-que-en-15-dias-ayuntamiento-de-morelia>

Ledesma, I. A. (2021). *Aplicación de Metodología Para el Análisis y Reducción de Riesgo Contra Inundaciones*. . Morelia Michoacán: UMSNH.



- Quadratin. (24 de febrero de 2020). *www.quadratin.com.mx*. Obtenido de Quadratin:
<https://www.quadratin.com.mx/principal/sobreexplotacion-de-acuiferos-ha-generado-estres-hidrico-en-michoacan/>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la academia española*. Obtenido de Diccionario de la academia española: <https://dle.rae.es/resiliencia?m=form>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de RAE:
<https://dle.rae.es/escorrent%C3%ADa?m=form>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/sostenible?m=form>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/r%C3%ADo?m=form>
- Real Academia Española*. (12 de 02 de 2023). Obtenido de www.rae.es:
<https://www.rae.es/diccionario-estudiante/resiliencia#:~:text=resiliencia%20%7C%20Diccionario%20del%20estudiante%20%7C%20RAE&text=1.,un%20material%20de%20gran%20resiliencia.>
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de Diccionario de la lengua española: <https://dle.rae.es/arroyo>
- Secretaria de Gobierno. (20 de octubre de 2015). Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007 . *Infiltracion artificial de agua a los acuiferos* , pág. 44.
- Secretaria de Gobierno. (11 de noviembre de 2019). Reglamento de Construcciones y servicios Urbanos del Municipio de Morelia . *Periodico Oficial de la federación*.
- Secretaria de Gobierno. (01 de 04 de 2024). LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO. *Periodico Oficial de la Federación*.
- Shigematsu, S. (2013). *OMA*. Obtenido de <https://www.oma.com>:
<https://www.oma.com/projects/resist-delay-store-discharge-comprehensive-urban-water-strategy>
- Susana Lucia Aguilar-Maldonado, A. G.-C.-S. (2019). Análisis de componentes y definición del concepto resiliencia: una revisión narrativa. *Revista de Investigación Psicológica* , 79.
- Valdivielso, A. (s.f.). *www.iagua.es*. Obtenido de [iagua](http://www.iagua.es): <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-escorrentia>
- Valdiverso, A. (s.f.). *iagua.es*. Obtenido de <https://www.iagua.es>:
<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-escorrentia>



Valenzuela, F. (31 de Julio de 2020). *El sol de Morelia*. Obtenido de www.elsoldemorelia.com.mx:
<https://www.elsoldemorelia.com.mx/local/colonia-prados-verdes-con-afectaciones-tras-la-intensa-lluvia-en-morelia-5567022.html>

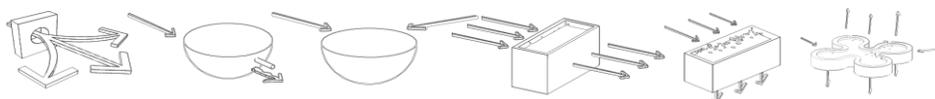
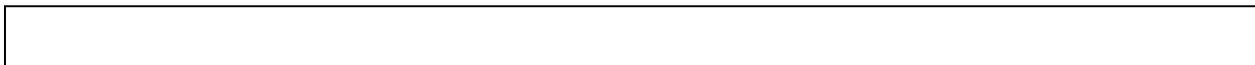
Velasco, A. E. (27 de Junio de 2019). *siglonuevo*. Obtenido de <https://siglonuevo.mx>:
<https://siglonuevo.mx/nota/1794.el-mexicano-que-hizo-bloques-con-sargazo>

Velázquez, J. (31 de 07 de 2020). *Contramuro*. Obtenido de www.contramuro.com:
<https://www.contramuro.com/prados-verdes-con-fuertes-inundaciones-tras-lluvia-pc/>

www.un.org. (1 de 04 de 2015). Obtenido de Naciones Unidas:
<https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-6-hacer-frente-al-reto-posibilitar-el-acceso-al-agua-limpia-y-potable-en-todo-el-mundo>

Zacarías, A. Y. (2019). *Resiliencia Urbana en Planteles Educativos con peligro de inundación en la ciudad de Morelia Michoacán*. Morelia Michoacán: UMSNH.

Zarza, L. f. (2021). <http://www.sadsma.cdmx.gob.mx/>. Obtenido de SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE:
<http://www.sadsma.cdmx.gob.mx:9000/datos/glosario-definicion/Estr%C3%A9s%20h%C3%ADrico#:~:text=El%20indicador%206.4.2.%20de,y%20el%20total%20de%20recursos>



ANEXO 1.-

MANUAL DE ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA
HÍDRIC EN ZONA URBANA DE MORELIA
CASO DE ESTUDIO:
“COLONIA PRADOS VERDES”

ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA HÍDRICA PARA MORELIA



I. INTRODUCCIÓN	4
<i>1.1. Objetivo del manual.</i>	5
<i>1.2. Contexto hídrico de Morelia, Michoacán.</i>	5
<i>1.3. Marco legal y normativo aplicable.</i>	9
II. CONCEPTOS BÁSICOS	15
<i>2.1. Resiliencia Hídrica.</i>	16
<i>2.2. ¿Qué son los SUDS?</i>	17
<i>2.3. Principios y beneficios de los SUDS.</i>	19
<i>2.4. Diferencias entre drenaje tradicional y drenaje sostenible.</i>	22
<i>2.5. Componentes principales de los SUDS.</i>	29
III. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN MORELIA	
<i>3.1. Características climáticas y hidrológicas de la región.</i>	35
<i>3.2. Problemáticas hídricas actuales (inundaciones, contaminación, escasez, etc.)</i>	40
<i>3.3. Infraestructura de drenaje existente.</i>	41
<i>3.4. Identificación de áreas prioritarias para la implementación de SUDS CNA.</i>	43

IV. ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SUDS

- 4.1. *Selección de técnicas SUDS según el contexto local.* **45**
- 4.2. *Elementos SUDS* **48**
- 4.3. *Integración de SUDS en espacios públicos y privados* **69**

V. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SUDS

- 5.1. *Criterios de diseño para SUDS en Morelia* **71**
- 5.2. *Propuesta metodológica para implementación de SUDS.* **74**
- 5.3. *Consideraciones técnicas* **79**
- 5.4. *Propuesta basica de paleta vegetal* **85**

VI. FINANCIAMIENTO

- 6.1. *Presupuesto participativo* **87**
- 6.2. *Programa de mejoramiento PUMOT* **87**
- 6.3. *Fondo para desastres naturales* **88**
- 6.4. *Crowdfunding* **88**
- 6.5. *Otras fuentes de financiamiento* **89**

VII. ANEXOS

- 7.1. *Glosario de términos.* **90**
- 7.2. *Referencias bibliográficas* **95**

VIII. CONCLUSIÓN

- 9.1. *Conclusión* **97**



Fotografía 1 "Vialidad Guadalupe Victoria colonia "Prados verdes", autoría propia, 16/08/2024

I. Introducción

¿Qué sucedería si la infraestructura urbana en relación al manejo de agua pluvial contribuyera a optimizar el equilibrio ecológico?

Ante el creciente impacto del cambio climático, la expansión urbana desordenada y uso excesivo e insostenible del agua disponible. Las ciudades enfrentan serios desafíos en manejo sostenible del agua. La resiliencia hídrica se ha convertido en una necesidad urgente para garantizar la disponibilidad a largo plazo y proteger la infraestructura urbana y salvaguardar la calidad de vida de la población.

El recurso hídrico es vital para las personas, los espacios y el entorno. En muchas ciudades, como Morelia, la escasez de agua y las inundaciones han sido parte de la vida diaria, afectando directamente a las colonias más vulnerables que se encuentran aledañas al río. Frente a esta realidad, es necesario repensar la manera en que convivimos con el agua en nuestras calles, hogares y espacios públicos. Este manual de estrategias de resiliencia hídrica nace como una herramienta para que vecinos, autoridades y colectivos trabajen juntos en la construcción de soluciones prácticas, sostenibles y solidarias.

1.1. Objetivo del manual.

Se tiene como propósito ofrecer un conjunto de estrategias técnicas, ambientales y sociales enfocadas en promover una gestión integrada del agua en zonas urbanas vulnerables. A través del uso de infraestructura verde, la recuperación del ciclo hidrológico y empleando el agua de lluvia como recurso, la recuperación de espacios verdes y el uso SUDS, con la intención de fortalecer la capacidad de nuestras colonias para adaptarse a los retos del clima, optimizar la calidad de vida

y cuidar el agua como un bien común. Se busca informar para fortalecer la habilidad de adaptación de las localidades ante fenómenos como la falta de agua, la contaminación y las inundaciones. Estas estrategias están pensadas para ser aplicables, replicables y adaptables a diferentes contextos urbanos, iniciando en un contexto local Morelia Michoacán.

1.2. Contexto hídrico de Morelia, Michoacán.

La ciudad de Morelia enfrenta diversas problemáticas vinculadas al agua, destacan el estrés hídrico, la recurrencia de inundaciones y las fallas en su infraestructura hidráulica. Esta situación hace visible la urgencia de implementar una gestión del agua que sea integral, eficiente y sostenible, particularmente ante el avance del crecimiento urbano y los impactos del cambio climático. (CONAGUA, 2020), (IMPLAN Morelia, 2022).

Desafíos y problemáticas

Escasez de agua potable: En Morelia se observan notables deficiencias en la distribución del agua potable, particularmente en el nororiente de Morelia, donde el suministro es inconstante y el suministro se limita a solo dos o tres días por semana. (IMPLAN Morelia, 2022).

Inundaciones y encharcamientos: Las fuertes lluvias en verano generan acumulaciones de agua e inundaciones en distintas áreas urbanas, como resultado de los suelos no permeables y la poca capacidad en los sistemas de drenaje pluvial que existen. (Martínez, Austria & Patiño, Gómez, 2012). Este tipo de impactos deteriora el bienestar general de las personas y conlleva riesgos tanto en la salud pública como a la pérdida de bienes materiales.

Pérdidas por fugas en la red; De acuerdo con la tabla 3 del anexo D6 “Agua Potable” del Plan Municipal de Desarrollo de Morelia 2021–2024, el **29.42 %** del agua se pierde en las tomas domiciliarias, mientras que el **27.11 %** corresponde a pérdidas causadas por el mal estado de los sistema de suministro de agua potable. Esta situación afecta de manera significativa la eficiencia operativa y disminuye la disponibilidad del recurso, agravando el problema de escasez. (Implan Morelia, 2023).

TABLA 3. Valor total de las pérdidas reales de agua

CONCEPTO	CAUDAL MEDIO (L/S)	% RESPECTO AL CAUDAL CAPTADO
Pérdidas estimadas en procesos de potabilización	36.36	1.21
Pérdidas estimadas en conducciones	155.84	5.15
Pérdidas estimadas en tomas	890.14	29.42
Pérdidas estimadas en redes	830.35	27.11
TOTAL	1,902.69	62.89

FUENTE: Estudio-Diagnóstico Integral de Planeación para el OOAPAS Morelia, 2020.

Figura 2 Tabla 3 del anexo D6 Agua Potable del Plan Municipal de desarrollo de Morelia 2021-2024

Disminución del nivel freático: Los acuíferos que suministran agua a la ciudad presentan una disminución progresiva en sus niveles freáticos, consecuencia de la sobreexplotación de los pozos y de la reducción en su recarga natural, provocada por la expansión urbana y la desaparición de zonas permeables que permitían la infiltración. (CONAGUA, 2020).

Gestión deficiente de la infraestructura: El sistema de infraestructura hidráulica presenta diversas fallas, como conexiones deficientes entre redes, ausencia de mantenimiento adecuado y componentes técnicos obsoletos, lo que repercute negativamente en su eficiencia operativa el suministro y abastecimiento de agua a las distintas zonas urbanas a través de la red de infraestructura hidráulica que permite su acceso domiciliario. (OOAPAS, 2021).

Fuentes de abastecimiento

- **Manantial de La Mintzita:** Representa la fuente más importante de suministro hídrico para la ciudad, ya que proporciona aproximadamente el 40% del total. No obstante, se encuentra sometida a fuertes presiones ambientales y a un aumento constante en la demanda del recurso. (IMPLAN Morelia, 2022).
- **Fuentes subterráneas y superficiales:** El OOAPAS (Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia) utiliza pozos profundos, presas y manantiales para abastecer de agua, aunque cada vez depende más de las fuentes subterráneas. (OOAPAS, 2021).
- **Sistema de distribución:** La infraestructura de la red de distribución abarca pozos, presas y conductos que suministran agua a las colonias

urbanas y suburbanas, aunque presenta notables diferencias en cuanto a la cobertura y la continuidad del servicio. (IMPLAN Morelia, 2022).

INICIATIVAS Y SOLUCIONES

Reúso de agua tratada: Una estrategia fundamental es reutilizar agua residual tratada para el riego de áreas verdes y demás servicios no destinados al consumo, lo que ayuda a preservar el agua potable para actividades prioritarias. (OOAPAS, 2021).

Reducción de fugas: Se han realizado acciones para identificar y corregir fugas, además de dividir la red en sectores con el fin de optimizar su control y eficiencia.(Ayuntamiento de Morelia, 2023).

Educación y sensibilización: Las iniciativas de sensibilización destinadas a la localidad promueven la gestión consciente y eficiente del recurso hídrico, la denuncia de fugas y la involucración de los ciudadanos en asuntos ambientales. (IMPLAN Morelia, 2022).

Búsqueda de nuevas fuentes: Actualmente se están realizando investigaciones técnicas para localizar fuentes alternativas de suministro que refuercen la capacidad de resiliencia hídrica de la ciudad. (CONAGUA, 2020).

1.3. Marco legal y normativo aplicable.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-15-CONAGUA-2007:

La norma NOM-015-CONAGUA-2007 establece los lineamientos que deben cumplirse para ejecutar los procedimientos de infiltración artificial del agua hacia los mantos acuíferos y regula la filtración artificial de agua a los acuíferos con el objetivo de preservar su calidad y asegurar un manejo responsable del agua. (Secretaría de Gobierno, 2015).

1.3.1. Reglamento de construcción y servicios urbanos de morelia

El Reglamento de Construcción y Servicios Urbanos de Morelia establece directrices para promover la infiltración agua de lluvia capas superficiales y profundas del terreno, utilizando parámetros del COS, CUS y CAS que se detallan en los artículos 47 a 52 del Capítulo Segundo.

El artículo 47.-El CAS es el Coeficiente de Absorción del Suelo y señala la fracción mínima del terreno que debe conservarse permeable, correspondiente al 80% de la superficie construible una vez aplicado el COS. Cumplir con este requisito es indispensable para obtener la licencia de construcción.

Artículo 49. El uso del CAS (Coeficiente de Absorción del Suelo) es obligatoria en construcciones nuevas, ampliaciones y remodelaciones que generen áreas libres de suelo, las cuales pueden estar cubiertas con materiales permeables. En edificaciones con sótanos, se debe respetar el porcentaje libre establecido por el COS; si esto no es posible, se deben presentar soluciones alternativas. El CAS se aplica a cada lote en fraccionamientos, no puede ser inferior al 4% del terreno y no se exige en predios menores a 100 m². Para monumentos históricos, el CAS se define según un dictamen técnico del Consejo de Sitios Culturales. (Secretaría de Gobierno, 2019).

Artículo 50. El Coeficiente de Utilización del Suelo (CUS) representa la proporción entre la superficie total construida, excluyendo sótanos y semisótanos, y el área del terreno. Su propósito es controlar la densidad de construcción en áreas urbanas, fomentando la compacidad y la optimización de los servicios y la infraestructura. Este coeficiente se expresa en forma decimal y se determina dividiendo la Superficie Máxima de Utilización del Suelo (SMUS) entre el área total del terreno.

Artículo 51. La Superficie Máxima de Utilización del Suelo (SMUS) corresponde al área máxima autorizada para la construcción en un terreno,

sin incluir sótanos ni semisótanos. Su cálculo se basa en el Coeficiente de Ocupación del Suelo (COS), el número de niveles (N) y debe cumplir con el Coeficiente de Absorción del Suelo (CAS).

Artículo 52. Al establecer el Coeficiente de Utilización del Suelo (CUS), es importante tener en cuenta que la SMUS no incluye sótanos ni semisótanos, que el número de niveles debe ajustarse a lo permitido sin opción a regularizaciones adicionales, y que cualquier área construida por encima del límite se calcula por nivel y debe ser gestionada conforme al artículo 41 del reglamento.(Secretaria de Gobierno, 2015).

1.3.2. Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.

Art. 2. Cada individuo, independientemente de su condición, posee el derecho fundamental a habitar entornos urbanos que sean sostenibles, resilientes, equitativas, inclusivas y seguras.

Art. 4. La organización, regulación y administración de territorios urbanizados y localidades, así como el ordenamiento del territorio, tienen que basarse en los siguientes lineamientos fundamentales.

VII. Cuidado y optimización del Espacio Público: Es fundamental asegurar espacios públicos accesibles que fomenten el bienestar físico, mental de las personas y la seguridad, considerando las necesidades de toda la población. Estos espacios deben ser revitalizados, ampliados o conservados, nunca eliminados o disminuidos, y cuando se destinen a Las intervenciones destinadas al interés colectivo deben ser reemplazadas por infraestructuras equivalentes que garanticen el mismo nivel de funcionalidad y beneficio social.

VIII. Fortalecimiento de la resiliencia, seguridad urbana y manejo de riesgos: Es necesario robustecer las instituciones y medidas destinadas a prevenir, reducir y adaptarse a riesgos tanto naturales como provocados por el ser humano, protegiendo a la población y evitando la ocupación en áreas de peligro.

IX. Sostenibilidad ambiental: Fomentar el uso responsable del agua y otros recursos, respetando la capacidad de los ecosistemas y evitando la expansión urbana sobre terrenos agrícolas, zonas protegidas y áreas boscosas.(Secretaria de Gobierno).

1.3.3. Agenda Urbana 2030 Para El Desarrollo Sostenible, 17 Ods



**GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD Y LA GESTIÓN
SOSTENIBLE DEL AGUA Y EL SANEAMIENTO PARA TODOS**

ODS 6 Agenda Urbana 2030

El agua constituye el fundamento esencial de la vida, y el agua potable constituye el cimiento de la civilización. El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 tiene el propósito de mejorar significativamente las condiciones de vida, particularmente en aquellos países donde el acceso al agua potable continúa siendo un reto importante. (www.un.org, 2024)

“ Meta 6.4: Para 2030, incrementar la eficacia en el uso de agua y garantizar su extracción y suministro sostenible, reduciendo significativamente la escasez y la falta de acceso.”. (<https://agenda2030lac.org>, 2024)

El indicador 6.4.2, propuesto por la FAO (La organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura) como parte de los ODS, permite evaluar El impacto generado por las acciones humanas sobre la disponibilidad, calidad y equilibrio del recurso hídrico. Este se calcula al comparar el volumen de agua potable extraída principalmente por áreas como la agricultura, la industrial y el uso doméstico, el volumen total de agua renovable aprovechable en un territorio. (<https://agenda2030lac.org>, 2024) (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, 2024).

ODS 11 Agenda Urbana 2030



CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

El ODS 11 pretende desarrollar ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles frente al acelerado crecimiento urbano y al incremento de personas que viven en condiciones vulnerables. La expansión urbana desordenada provoca problemas como la insuficiencia de viviendas adecuadas, servicios, transporte y espacios públicos. Aunque se han logrado progresos, como la implementación de estrategias para disminuir riesgos, aún es indispensable aumentar Las acciones orientadas a elevar el bienestar y las condiciones habitacionales, sociales y ambientales de la población que habita en zonas urbanas. (NACIONES UNIDAS, 2017)

1.3.4. Nueva Agenda Urbana Hábitat III

Fue adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible (Hábitat III), realizada en Quito, Ecuador, en el año 2016. Bajo el lema "Ciudad para todos", se promueve un modelo urbano basado en la equidad, inclusión y sostenibilidad, donde todas las personas, sin excepción, tengan acceso

justo a servicios básicos, espacios públicos de calidad, vivienda digna y oportunidades de desarrollo. Esta perspectiva urbana enfatiza la eliminación de obstáculos estructurales y sociales para asegurar el bienestar colectivo y el total respeto y garantía de los derechos humanos. Inspirada en la Declaración Universal de Derechos Humanos, esta visión busca garantizar derechos y libertades fundamentales, impulsar la participación ciudadana y crear ambientes seguros, accesibles y resilientes, especialmente para los grupos más vulnerables, en beneficio de las generaciones vigentes y venideras. (NACIONES UNIDAS, 2017).

II. Conceptos Básicos

2.1. Resiliencia Hídrica.

El término de resiliencia se define de varias maneras. Según la RAE, se refiere a:

- “La habilidad de los seres vivos para adaptarse frente a agentes perturbadores o situaciones adversas”. (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2023)
- “La capacidad de un material, mecanismo o sistema para volver a su estado original una vez que cesa la alteración a la que fue sometido”. (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2023)

De forma general, la resiliencia se entiende como la aptitud para afrontar y adaptarse a circunstancias difíciles o imprevistas, logrando recuperar un equilibrio o una condición estable. Su significado tiene origen latín “resilio”, “resilire”, que quiere decir: “saltar hacia atrás” o “rebotar (Asociación de Academias de la Lengua Española, 2023).

La resiliencia hídrica: Se puede describir como la habilidad para adaptarse y reaccionar frente a eventos extremos vinculados al agua, como sequías prolongadas, lluvias intensas o situaciones de estrés hídrico, requieren de una capacidad de adaptación que no solo permita resistir sus efectos, sino también recuperarse de ellos. Esta capacidad se vuelve esencial para responder a la

sostenibilidad ambiental y una adecuada planificación urbana frente al cambio climático y relación con el agua .(Patagua et al., 2021)

2.2. ¿Qué son los SUDS?

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) comprenden una serie de métodos, herramientas, tecnologías y enfoques elaborados para manejar el agua de lluvia en zonas urbanas mediante infraestructuras que sean ambientalmente amigables. Estos sistemas incorporan componentes de infraestructura verde con la finalidad de apoyar el funcionamiento natural del ciclo hidrológico. (Patagua et al., 2021)

Históricamente, los sistemas de drenaje urbano se han implementado con la finalidad de evacuar rápidamente las aguas pluviales mediante obras de infraestructura a través de tuberías de drenaje y alcantarillado pluvial. Aunque esta infraestructura ha funcionado, por que busca reducir encharcamientos y daños inmediatos, también generar impacto negativo en la naturaleza ya que aumenta la velocidad del escurrimiento del agua, se reduce la infiltración y Reabastecimiento de los acuíferos subterráneos, contaminan las fuentes hidricas (Patagua et al., 2021)

Ejemplos Ilustrativos de los SUDS (Sistema Urbano De Drenaje Sostenible)



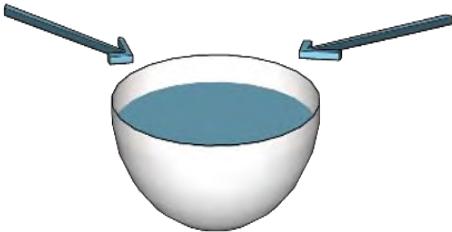
Figura 3| ejemplos de sistemas de drenaje urbano sostenible, imágenes tomadas de internet

2.3. Principios y beneficios de los SUDS.

Son métodos que manejan el agua pluvial en zonas urbanas, replicando los procesos naturales del agua y regulando su flujo dentro del entorno de la ciudad. Los SUDS integran distintos componentes que colaboran para gestionar eficientemente el agua de lluvia en áreas urbanizadas. (Espindola, 2021)

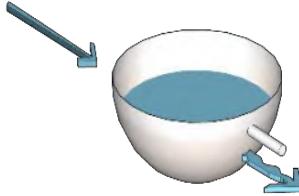
El lema central de las ciudades sensibles al agua, es **“RETRASAR, RETENER, ALMACENAR, REUTILIZAR, DRENAR SOLO CUANDO SEA NECESARIO”** (Espindola, 2021). y en términos generales, las prácticas en el Diseño Urbano Sensible al Agua (DUSA) se basan en los siguientes principios:

ALMACENAR: (Detener)



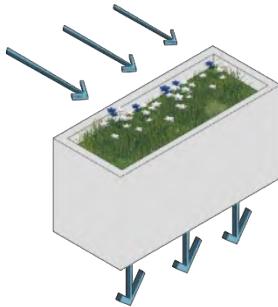
Se refiere a la habilidad que tiene la infraestructura verde para acumular y almacenar el agua pluvial, con fines de retención, detención y/o reutilización. Estas funciones contribuyen a disminuir los caudales pico, reducir el escurrimiento superficial y favorecer la sedimentación de sólidos

RETENER (Retrasar)



La Retención es la habilidad de un objeto de acumular agua a lo largo del año, mientras que la detención, se entiende como la habilidad del objeto de acumular el agua de forma temporal y liberarla poco a poco según sea el diseño

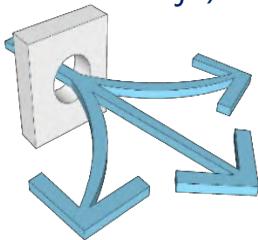
DRENAR (filtrar, infiltrar)



Capacidad de los SUDS que puede infiltrar de lluvia gracias a su suelo permeable, lo que reduce el volumen de escorrentía, los caudales y favorece la recarga del acuífero.

RETRASAR:

(Controlar el flujo)



Es la habilidad de la infraestructura verde para desplazar aguas pluviales de un lado a otro sin que este genere algún problema. Las soluciones fundadas en infraestructura verde tienen como prioridad el flujo lento gracias a la textura de la superficie, ayudando a aminorar los volúmenes máximos, evitar la erosión y favorecer el aprovechamiento local.

**Proceso integral de manejo del agua guiado por el principio
"Retrasar, Retener, Almacenar, Reutilizar, Drenar solo cuando sea
necesario".**

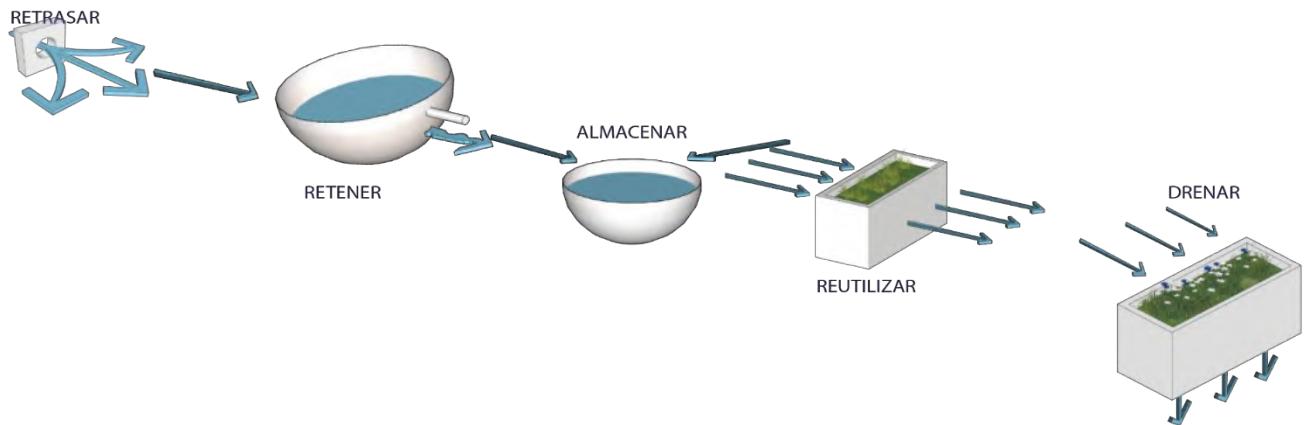


Figura 4 | Diagrama de funcionamiento de la cadena de gestión del agua, elaboración propia

2.4. Diferencias entre drenaje tradicional y drenaje sostenible.

La principal diferencia entre el **drenaje tradicional** y el **drenaje sostenible (SUDS)** está en cómo manejan las aguas pluviales y su huella en el medio ambiente.

2.4.1. Drenaje Tradicional

Es el sistema más común en las ciudades, diseñado para sacar rápidamente el agua de lluvia por medio de tuberías y canales, sin reutilizarla.

Características:

- Conduce el agua rápidamente a través de tuberías subterráneas.
- Disminuye el encharcamiento local, pero incrementa el riesgo de inundaciones en zonas río abajo.
- Impide la infiltración al subsuelo, perjudicando la renovación del agua en los acuíferos.
- Lleva contaminantes como aceites, metales y residuos hacia ríos o cuerpos de agua marinos.

- Necesita una infraestructura costosa y requiere mantenimiento continuo.

2.4.2 Drenaje Sostenible (SUDS)

Es un enfoque ecológico que trata el agua de lluvia de forma natural: la filtra, la infiltra y la reutiliza, mejorando el entorno urbano.

Características:

- Usa soluciones naturales como jardines de lluvia, humedales artificiales y pavimentos permeables.
- Facilita la infiltración en el suelo.
- Reduce la contaminación al filtrar sedimentos y sustancias nocivas.
- Disminuye el riesgo de inundaciones al distribuir mejor el agua de lluvia.
- Mejora el paisaje urbano con áreas verdes multifuncionales.

El drenaje tradicional elimina el agua; el drenaje sostenible (SUDS) integra el agua de lluvia al entorno urbano para reducir daños y aprovechar sus beneficios.

2.4.3. Diferencias entre drenaje tradicional y SUDS:

Tabla 1 | Diferencias entre drenaje tradicional y SUDS

Característica	Drenaje tradicional	Drenaje SUDS
Gestión del agua	Evacúa rápido el agua	Retiene, filtra y reutiliza
Infiltración al suelo	No permite infiltración	Favorece la recarga de acuíferos
Control de inundaciones	Puede causar inundaciones río abajo	Reduce el riesgo con almacenamiento y absorción
Calidad del agua	Transporta contaminantes a cuerpos de agua	Filtra contaminantes y mejora la calidad
Infraestructura	Costosa y de alto mantenimiento	Más económica a largo plazo y sostenible
Impacto ambiental	Afecta ecosistemas y reduce la biodiversidad	Promueve la biodiversidad y el equilibrio natural

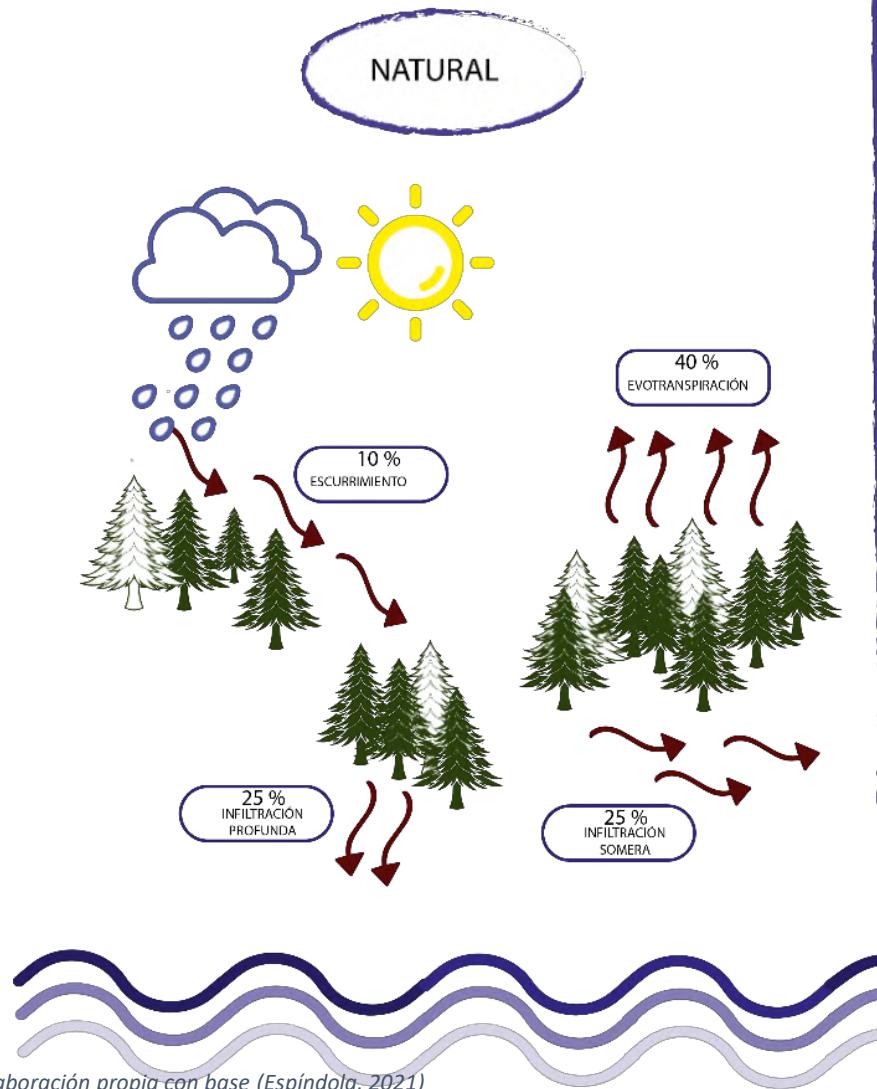
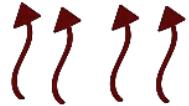


Ilustración 5 | Deterioro del ciclo del agua, elaboración propia con base (Espíndola, 2021)

URBANO



30%
EVOTRANSPIRACIÓN



55 %
ESCURRIMIENTO



5%
INFILTRACIÓN
PROFUNDA

10 %
INFILTRACIÓN
SOMERA



BALANCE HÍDRICO ESCEN

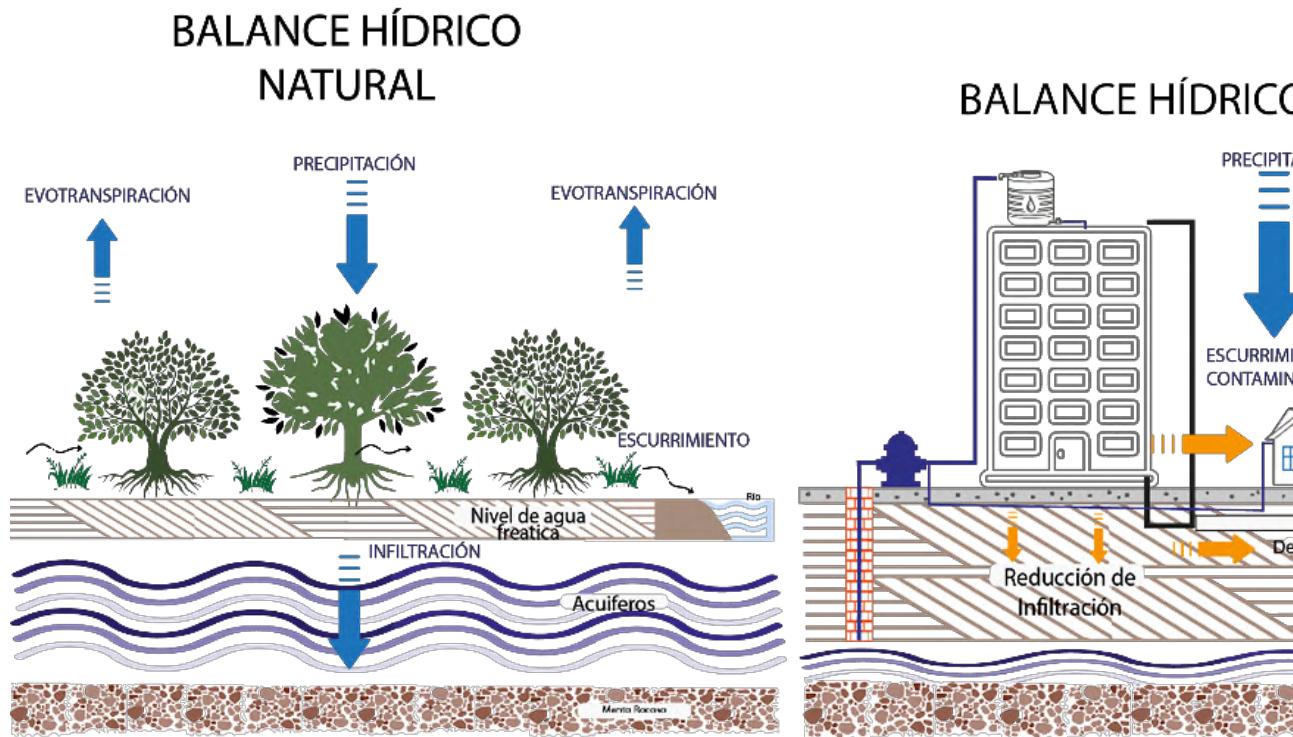


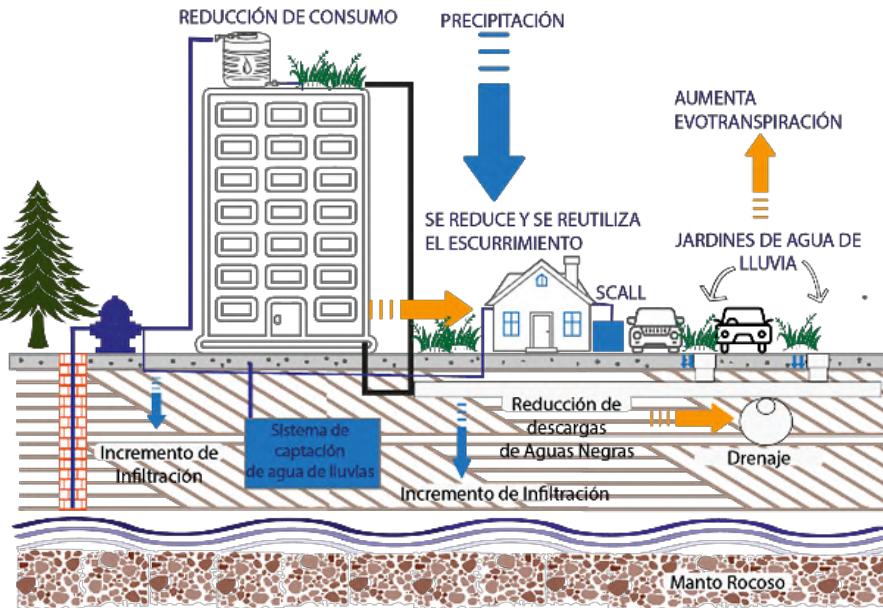
Figura 6 | Balance Hídrico distintos escenarios elaboración propia con base a (Espíndola, 2021)

BAJO DISTINTOS ARIOS

URBANIZADO



BALANCE HÍDRICO RESTAURADO SUDS



2.5. Componentes principales de los SUDS.

Estos componentes pueden agruparse como componentes estructurales, componentes vegetales, tipo de gestión, componentes de soporte y de acuerdo a su función principal dentro del sistema.

Tabla 2 Clasificación de componentes

<p>1. COMPONENTES ESTRUCTURALES (FÍSICOS O VISIBLES):</p> <p>Son las infraestructuras diseñadas para manejar directamente el agua pluvial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zanjas de infiltración / drenes franceses • Pozos de absorción, • Jardines de lluvia, • Pavimentos permeables (adoquines, concreto permeable, adopastos), • Humedales construidos, • Reservorios o tanques de retención/infiltración
<p>2. COMPONENTES VEGETALES (NATURALES O VERDES):</p> <p>Ayudan a la retención, infiltración y evapotranspiración del agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas verdes multifuncionales, • Vegetación filtrante, • Cubiertas verdes (azoteas verdes)
<p>3. COMPONENTES DE GESTIÓN DEL AGUA:</p> <p>Sistemas que controlan o aprovechan el agua recolectada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cosecha de lluvia, • Métodos de retención y retardo, • Métodos de infiltración, • Métodos de conducción sostenible
<p>4. COMPONENTES DE SOPORTE O GESTIÓN:</p> <p>Complementan el funcionamiento técnico y administrativo del sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores o monitoreo de humedad, calidad del agua y niveles de almacenamiento • Dispositivos de control de caudal (válvulas, compuertas) • Diseño urbano sensible al agua (WSUD): enfoque integrador que conecta planificación urbana con gestión hídrica.

Tabla 3 Clasificación de componentes según su función

Clasificación de componentes según su función	
FUNCIÓN PRINCIPAL	COMPONENTE
INFILTRACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Zanja de infiltración / Dren francés • Pozo de absorción • Jardín e lluvia • Pavimento permeable (adoquines, adopasto) • Áreas verdes multifuncionales
RETENCIÓN / ALMACENAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Reservorios pluviales • Tanques de retardo • Cosecha de lluvia (cisternas o tinacos)
TRATAMIENTO / FILTRACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Humedales construidos • Vegetación filtrante
EVAPOTRANSPIRACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Cubiertas verdes • Jardines y áreas vegetadas
CONDUCCIÓN SOSTENIBLE	<ul style="list-style-type: none"> • Zanjas de infiltración ó cunetas verdes • Sistemas de drenaje bioinspirados
CONTROL Y GESTIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas, compuertas, sensores • Diseño urbano sensible al agua (WSUD)

Tabla 4 Clasificación según el nivel de intervención urbana

Clasificación de componentes según el nivel de intervención urbana	
FUNCIÓN PRINCIPAL	COMPONENTE
A NIVEL DE PARCELA O VIVIENDA	<ul style="list-style-type: none"> • Cosecha de agua pluvial • Pavimento permeable • Tanques de almacenamiento • Zanjas de infiltración
A NIVEL DE CALLE O ESPACIO PÚBLICO	<ul style="list-style-type: none"> • Zanjas de infiltración ó cunetas verdes • Parques inundables • Jardines de lluvia o Jardines infiltrantes
ESCALA DE CUENCA O SECTOR URBANO	<ul style="list-style-type: none"> • Lagunas de regulación • Humedales construidos

Tabla 5 Clasificación según tipo de infraestructura

Según el tipo de infraestructura	
VERDES	Vegetación y suelo (jardines de lluvia, techos verdes etc.,).
GRISES	Estructuras artificiales (tanques, pozos de absorción etc.,).
AZULES	Cuerpos de agua (lagunas, canales).
HIBRIDOS	Combinaciones de las anteriores

2.5.1. Clasificación de los SUDS desde el proceso mecánico o ingenieril al proceso biológico o más natural posible

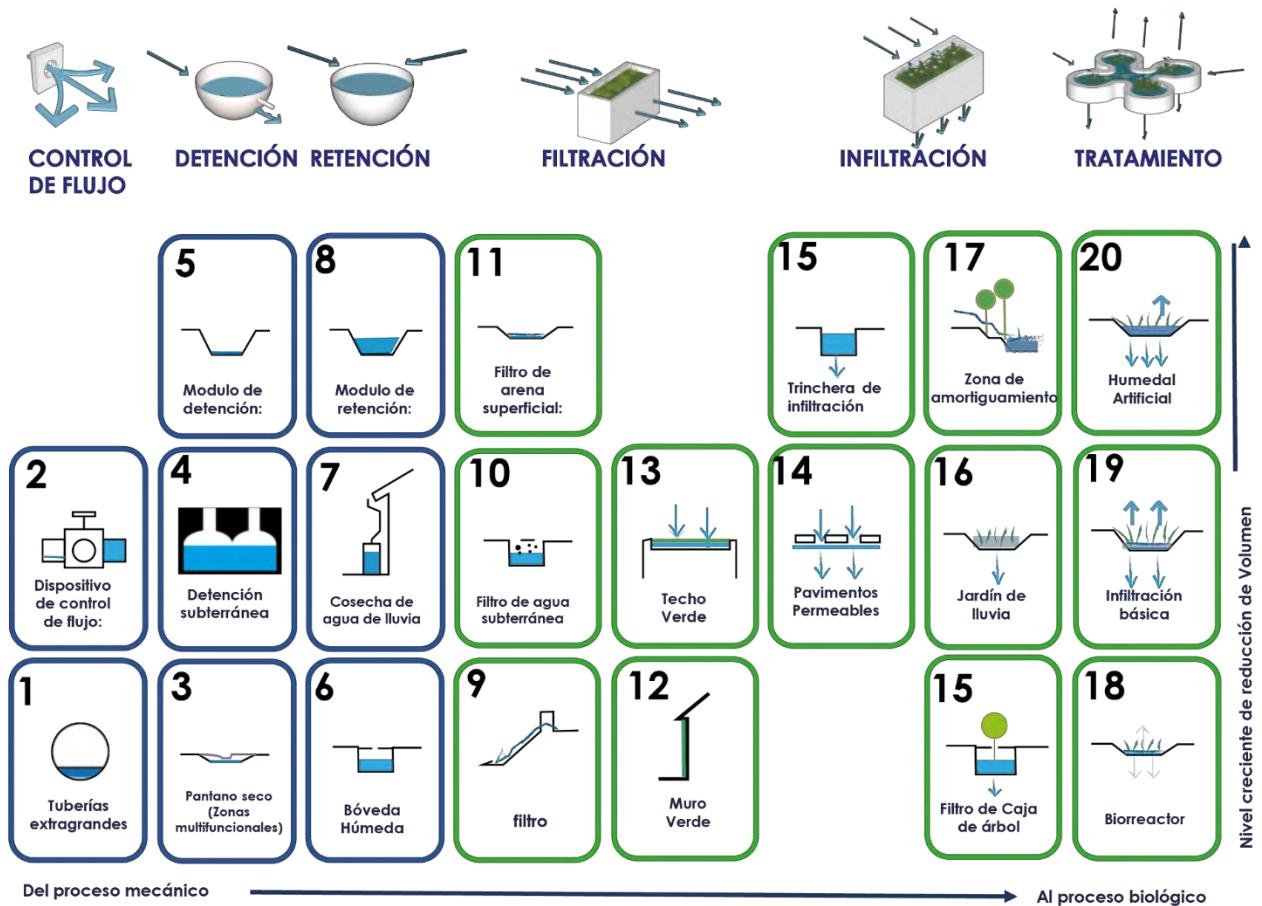


Ilustración 7| Diagrama de clasificación de Sistemas SUDS, adaptación del libro *Low impact development : a design manual for urban areas* (*Low Impact Development : A Design Manual for Urban Areas*, 2010)

Integrando la Ingeniería



Rasantes controladas,
concretos permeables

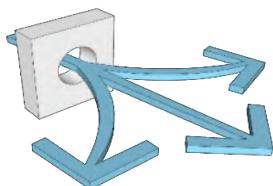
FLUJO LENTO



Zanjas de Infiltración

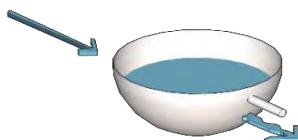


Reservorios



Control de Flujo:

La regulación de la
escorrentía pluvial



Detención:

La acumulación temporal del
escurrimiento pluvial en
depósitos subterráneos,
cuerpos de agua o espacios a
nivel más bajo, con la finalidad
de una descarga medida que
reduzca los caudales
máximos.



Retención:

El Retención local del
escurrimiento pluvial con el
objetivo de facilitar la
decantación de partículas
en suspensión

Hacia un Enfoque Desarrollo de Bajo Impacto (LID)



Adcretos

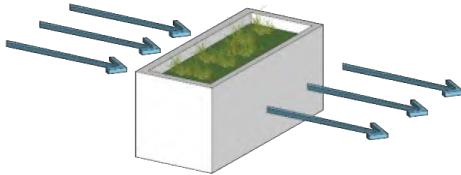


Humedales



Jardines de lluvia

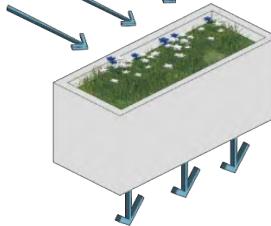
FLUJO ESPARCIDO



Filtración:

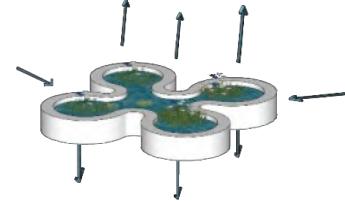
La retención de sedimentos contenidos en el escurrimiento pluvial mediante el uso de medios porosos como la arena, raíces fibrosas o filtros artificiales

REMOJO



Infiltración:

El desplazamiento descendente del agua de lluvia a través del suelo, contribuyendo a la recarga de los mantos acuíferos.



Tratamiento:

Procesos que utilizan fitorremediación o colonias bacterianas para metabolizar sustancias nocivas presentes en la escorrentía pluvial

III. Diagnóstico de la Situación Actual en Morelia

3.1. Características climáticas e hidrológicas de la región.

3.1.1. Clima

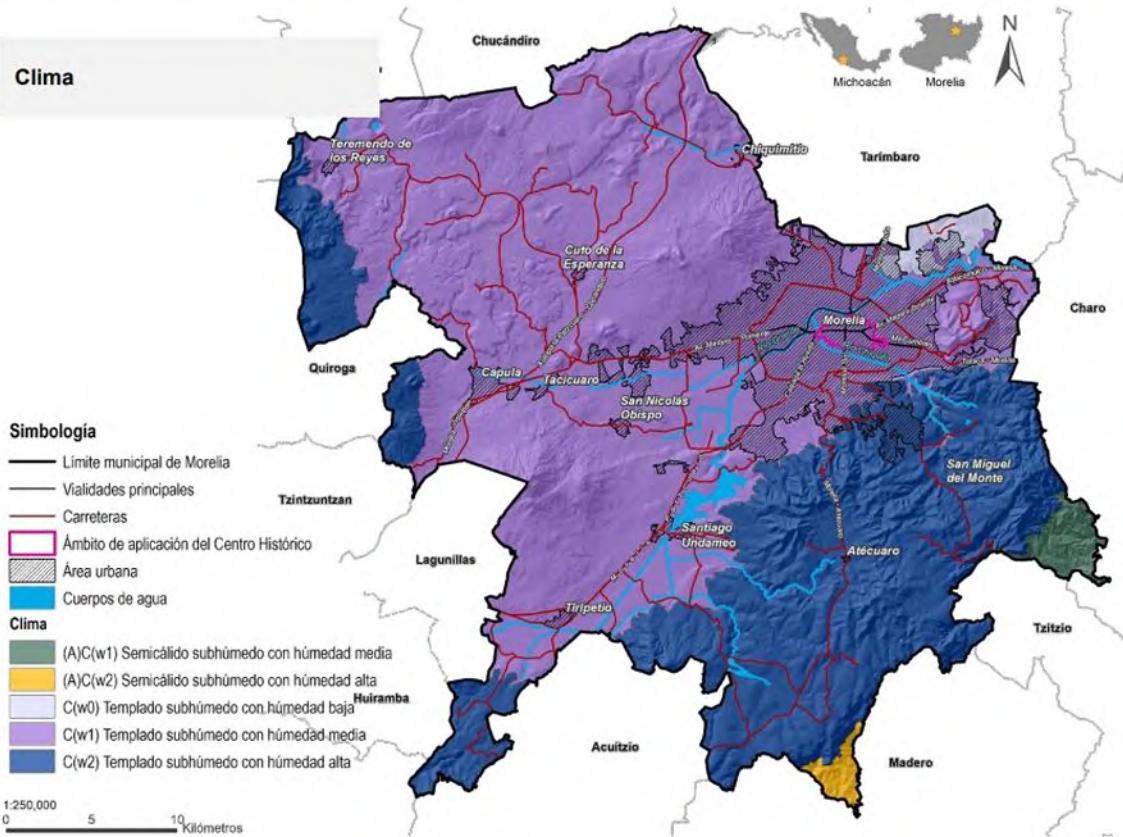
Dentro del territorio municipal de Morelia maniobran 8 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional, las cuales registran diferentes indicadores climáticos utilizadas para clasificar las variables del clima en la región. Se identifican principalmente dos clases de condiciones climáticas que presentan diferentes modalidades. En las estaciones de Morelia, Morelia OBS y Cointzio, **El clima de la zona varía entre semicálido y templado, con características subhúmedas y un régimen de lluvias concentrado en la temporada de verano**, presenta variación térmica anual y sigue un patrón de temperatura. Las diferencias entre estas estaciones radican en variables de precipitación y temperatura, la cantidad de lluvias en invierno y la media anual de precipitación.

Las demás estaciones presentan un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, las estaciones de Capula y Jesús del Monte registra mayor humedad, en cambio, las demás estaciones muestran una marcada variación térmica anual. (Implan Morelia, 2022)

Por lo tanto, en Morelia, prevalece un clima templado con humedad media, caracterizado por precipitaciones que oscilan entre 700 y 1000 mm anuales, con máximas de 5 mm en las lluvias invernales. La temperatura media anual varía de 16°C a 20°C en las áreas más bajas. En la ciudad de Morelia, la temperatura promedio anual es de 16°C, con una precipitación anual de 756 mm, todo esto, según la estación meteorológica de OOAPAS Carrillo Puerto. Los vientos predominantes provienen del noroeste y del suroeste, con variaciones en los meses de julio a agosto, alcanzando velocidades de 2,0 a 14,5 km/h. (ICAT UNAM, 2019).

M1

Clima



FUENTE: Elaboración propia con base en efectos climáticos regionales (Mayo - Octubre), (INEGI, 1988).

Imagen 9 Clima de Morelia, tomado de (Implan Morelia, 2022)

3.1.2. Hidrografía

Según CONAGUA, "Morelia se ubica dentro de la cuenca hidrológica RH12G Lago de Pátzcuaro–Cuitzeo y Lago de Yuriria, que forma parte de la región hidrológica VIII Lerma–Santiago. Esta cuenca se divide en tres subcuencas: RH12Ga Lago de Pátzcuaro, RH12Gb Lago de Cuitzeo y RH12Gc Lago de Yuriria". (IMPLAN MORELIA, 2022).

Cuitzeo es el lago más extenso del Michoacán, abarca una cuenca de 3,618 km² y recibe principalmente los aportes de los ríos Grande y Queréndaro. Dentro del municipio de Morelia existen 18 microcuencas, de las cuales cinco se encuentran completamente dentro de su territorio, mientras que las demás son compartidas con municipios vecinos. (IMPLAN MORELIA, 2022)

Tres microcuencas al sur del municipio (Santa Marías, Paredones y Barranca de Agua) que desembocan en el río Balsas, mientras que otras quince pertenecen al lago de Cuitzeo. Entre estas últimas, tres son endorreicas (Teremendo Jasso, Tiristarán y El Fresnito), es decir, no vierten en el lago principal. Las microcuencas de Lagunillas y del río Grande han experimentado alteraciones hidrológicas desde la construcción de la presa Cointzio en la década de 1930. La microcuenca de Lagunillas recibe escurrimientos de Acuitzio, Umécuaro, Tirio y Atécuaro, los cuales a su vez confluyen en la microcuenca del río Grande, que también se alimenta de

Capula, el río Chiquito y Los Pirules. El río Grande atraviesa varios municipios antes de llegar al lago de Cuitzeo, donde es canalizado para abastecer el Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro. (IMPLAN MORELIA, 2022).

Información destacada sobre Morelia:

Se encuentra dentro de la cuenca hidrológica RH12G Lago de Pátzcuaro–Cuitzeo y Lago de Yuriria pertenece a la región hidrológica VIII Lerma de Santiago.

Su territorio alberga, en su totalidad o parcialmente, un total de 18 microcuencas. forma parte de la cuenca del lago de Cuitzeo, el segundo lago más grande de México.

Ríos principales:

- Río Grande: nace en Pátzcuaro y recorre 26 km en Morelia. Fue canalizado por su historial de desbordamientos. Atraviesa la mancha urbana y desemboca en el lago de Cuitzeo.
- Río chiquito: afluente del Río Grande, con 25 km de longitud. Tiene su origen en la zona montañosa de La Lobera y La Lechuguilla, y a lo largo de su trayecto se incorpora con afluentes como los arroyos El Salitre, Agua Escondida y El Peral
- **Otros cuerpos de agua importantes:**

- Presa de Cointzio: con capacidad de 79.2 millones de m³, es clave para el abastecimiento.
 - Manantial La Mintzita: fuente vital de agua potable e industrial para la ciudad.
 - También se mencionan otros como la presa Umécuaro y la Loma Caliente
- Información tomada de la ficha temática SI5.5 Hidrografía (IMPLAN MORELIA, 2022)

3.2. Problemáticas hídricas actuales (inundaciones, escasez)

Existen más de cincuenta puntos de captación que proveen el recurso hídrico a diferentes colonias de la ciudad que se encuentran por debajo del gasto de agua necesaria ya sea por fugas o falta de mantenimiento en infraestructura. (OOAPAS, 2024)

Una de las principales dificultades asociadas con el agua que enfrenta la ciudad de Morelia es la recurrencia de inundaciones que provocan que el agua cubra temporalmente determinadas áreas del terreno durante las lluvias intensas. Cuanto mayor sea el tiempo de permanencia del agua, mayores serán los daños ocasionados. Las inundaciones pueden deberse a diversos factores como las lluvias intensas, el desbordamiento de ríos, la ruptura de presas, el ascenso del nivel del

mar, así como a condiciones del entorno, la pendiente, el tipo de suelo, la ubicación de presas, la cobertura vegetal, la topografía, y las características físicas de los cauces.

DATOS RELEVANTES DEL MUNICIPIO DE MORELIA EN 2020



1%

VIVIENDAS DEL MUNICIPIO SIN DRENAJE



30%

NECESARIO SANEAR EL CAUCE DEL RÍO GRANDE QUE RECORRE LA ZONA URBANA



60%

DE LA RED DE DRENAJE ES DE CONCRETO; YA REBASÓ SU VIDA ÚTIL



6 PLANTAS

DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL OOAPAS



1,452 L/S (CAUDAL 1,138 L/S)

CAPACIDAD INSTALADA EN LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DEL OOAPAS

3.3. Infraestructura de drenaje existente.

Según INEGI, 2020, el 99% de las viviendas particulares habitadas en el municipio de Morelia cuenta con servicio de alcantarillado sanitario. La gestión del sistema de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, es responsabilidad del OOAPAS. En el caso del sistema pluvial, este se basa principalmente en la

Ilustración 10 Imagen tomada "La ficha temática de alcantarillado D7 de Implan Morelia 2023

conducción superficial del agua a través de ríos, drenes y canales que recorren la ciudad.

Los principales cauces que permiten el desalojo de aguas residuales son los ríos Grande y Chiquito, junto con sus afluentes, además de nueve descargas autorizadas por la CONAGUA. Este sistema opera por gravedad, por lo que las tareas de mantenimiento y desazolve son fundamentales; para ello, el OOAPAS cuenta con seis equipos hidroneumáticos tipo Vactor.

Las redes más recientes están construidas con tuberías de PVC y, en menor proporción, de polietileno de alta densidad (PEAD), aunque todavía existen tramos antiguos fabricados con concreto hidráulico. El crecimiento urbano de Morelia se ha desarrollado sobre las márgenes de diversos cauces, extendiéndose hacia las zonas más elevadas de las cuencas de aportación, especialmente en las zonas sur y oriente del municipio. Esta expansión aprovecha la topografía natural, que permite el funcionamiento del drenaje por pendiente, dirigiendo los escurrimientos hacia colectores y subcolectores que desembocan en los cauces naturales. Sin embargo, el río Chiquito aún carece de colectores marginales, lo que representa una limitación para una gestión eficiente del agua pluvial y residual.

Se han detectado puntos críticos en la red primaria de drenaje donde ocurren desbordamientos durante lluvias intensas, así como zonas que aún carecen de

infraestructura. El drenaje pluvial cuenta con plantas de bombeo, especialmente a lo largo del río Grande, instaladas desde principios de los años 2000 para mitigar encharcamientos e inundaciones.

Hoy en día, se cuenta con 13 instalaciones de tratamiento de aguas residuales, cuya capacidad total alcanza los 19,300 lps, aunque solo se están utilizando 1,143 lps. Esto se debe a que dos plantas operan parcialmente y una más está fuera de servicio, lo que evidencia la necesidad de mantenimiento y rehabilitación. (Implan Morelia, 2023)

3.4. Identificación de áreas prioritarias para la implementación de SUDS CNA.

En los últimos años, Morelia ha sufrido múltiples inundaciones provocadas principalmente a causa del desborde del Río Grande y otros cauces que atraviesan la mancha urbana (NEVA, 2018). Según la Carta Urbana de Topografía E14A23 del INEGI, el flujo pluvial que afecta directamente a la ciudad de Morelia son las colonias que se encuentran aledañas al trayecto del río Grande y el río Chiquito, sobre todo las colonias que están cerca del cruce de ambos ríos como se muestran a continuación según el plano de escenarios de Inundación Periodo de Retorno 100 años de Conagua, donde el tono de color azul oscuro indica la zona más afectada.

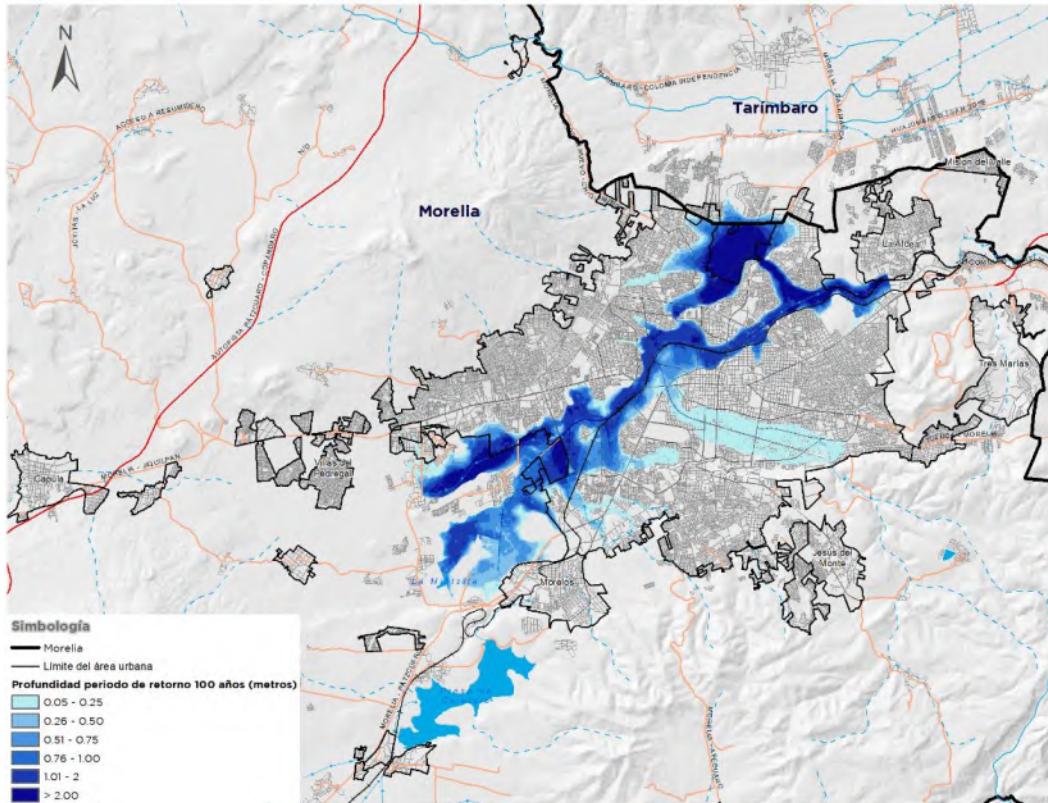


Ilustración 11 Diagrama elaborado por el autor, tomando como base el plano escenario de Inundación, periodo de retorno a 100 años de CNA

IV . Estrategias para la Implementación de SUDS

4.1. Selección de técnicas SUDS según el contexto local.

Para tener una idea de cómo utilizar los SUDS se sugiere la siguiente tabla comparativa que incluye: características generales, uso principal, tipo de suelo recomendado y características del subsuelo de los diferentes elementos:

Tabla 6 Uso de los SUDS y sus características

Uso de los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) y sus características				
SUDS	Características:	¿Cuándo se utiliza?	Tipo de suelo recomendado:	Condición del subsuelo:
<p>DREN FRANCÉS</p> 	Zanja con grava y/o tubo perforado para conducir agua subterránea o superficial.	Control de humedad, drenaje en áreas encharcadas, protección de cimentaciones.	Arenoso, franco, franco-arenoso	Permeable o semipermeable; no saturado.
<p>POZO DE ABSORCIÓN</p> 	Excavación vertical para infiltrar agua al subsuelo.	Zonas sin alcantarillado, infiltración de pluviales o aguas tratadas.	Arenoso, franco-arenoso	Alta permeabilidad; nivel freático profundo.

<p>JARDÍN DE LLUVIA</p> 	<p>Depresión vegetada para captar e infiltrar escorrentía.</p>	<p>Parques, jardines, zonas urbanas; captación pluvial superficial.</p>	<p>Franco, arenoso, con buena estructura</p>	<p>Bien drenado; no saturado; nivel freático medio o profundo.</p>
<p>CONCRETO PERMEABLE</p> 	<p>Pavimento que permite el paso del agua entre sus poros.</p>	<p>Estacionamientos, banquetas, ciclovías, accesos vehiculares.</p>	<p>No aplica directamente</p>	<p>Subbase permeable y bien compactada; suelo con infiltración.</p>
<p>ADOQUINES / ADCRETOS / ADOPASTOS</p> 	<p>Pavimentos modulares con juntas permeables o vegetadas.</p>	<p>Vías peatonales, calles de baja velocidad, zonas verdes transitables.</p>	<p>No aplica directamente</p>	<p>Subbase con buena permeabilidad o capas filtrantes.</p>
<p>ÁREAS VERDES MULTIFUNCIONALES</p> 	<p>Espacios vegetados que combinan funciones estéticas, recreativas e hidrológicas.</p>	<p>Parques, camellones, jardines urbanos.</p>	<p>Franco, franco-arenoso</p>	<p>Subsuelo con capacidad de almacenamiento e infiltración.</p>
<p>HUMEDALES CONSTRUIDOS</p> 	<p>Sistemas vegetados que tratan y filtran el agua naturalmente.</p>	<p>Tratamiento de aguas grises o negras, o depuración de escorrentías urbanas.</p>	<p>Franco, limo-arenoso, franco-arcilloso</p>	<p>Suelo con filtración moderada; subsuelo no contaminado.</p>

<p>COSECHA DE LLUVIAS</p> 	<p>Captación, almacenamiento y uso del agua pluvial.</p>	<p>Techos, patios o superficies impermeables; para reutilizar agua en riego, limpieza o servicios.</p>	<p>No depende del suelo</p>	<p>Requiere almacenamiento impermeable; no infiltra.</p>
<p>AZOTEAS VERDES</p> 	<p>Cubiertas vegetadas que retienen y evapotranspiran agua pluvial.</p>	<p>Zonas urbanas densas sin espacio en superficie; mejora térmica y retención de escorrentía.</p>	<p>Sustrato especial (no suelo natural)</p>	<p>Estructura impermeabilizada y con sistema de drenaje controlado.</p>
<p>RESERVORIOS (ALJIBES, TANQUES)</p> 	<p>Almacenamiento temporal o permanente de agua pluvial.</p>	<p>Control de avenidas, retención en eventos de lluvia intensa.</p>	<p>No aplica directamente</p>	<p>Subsuelo puede ser impermeable (evitar infiltración).</p>

4.2. Elementos SUDS

Dren Frances o Zanjas de infiltración.



Es un componente del sistema urbano o de drenaje sostenible, basado en excavaciones poco profundas y largas, llenas de grava o piedra para permitir que el agua pluvial se filtre lentamente, ocasionalmente con una capa vegetal localizadas entre calles y banquetas, camellones o estacionamientos con el propósito de capturar, retener, temporalmente y filtrar escorrentías de agua de lluvia. El proceso es bastante sencillo: inicialmente, el agua entra por la superficie o mediante tuberías; después, se retiene temporalmente dentro del sistema y, finalmente, es evacuada por infiltración a través de las paredes y el fondo de la zanja

- Se construyen en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal
- Se realizan en curvas de nivel
- La profundidad de las zanjas depende de la topografía del terreno
- El ancho de las zanjas depende de la capacidad de infiltración del terreno (Esquivel, 2021).

Tabla 7 de recomendaciones para uso de zanjas

Suelos adecuados:	Requieren modificación o precaución:	Recomendaciones técnicas:
<p>Arenosos o franco-arenosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Excelente infiltración sin escurrimiento excesivo. 	<p>Arcillosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Infiltración muy lenta, puede provocar anegamientos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se debe hacer una prueba de infiltración en sitio antes de instalar la zanja.
<p>Franco</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Buen equilibrio entre retención e infiltración de agua. 	<p>Compactados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Baja permeabilidad; requiere excavación profunda o mejoramiento del material. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si el suelo tiene baja permeabilidad, se puede usar grava y tuberías perforadas (dren francés) dentro de la zanja.
<p>Arenoso (no muy suelto)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite infiltración rápida, pero se debe estabilizar para evitar colapsos 	<p>Con nivel freático alto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo de saturación; puede impedir la infiltración efectiva. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es importante evitar ubicarlas sobre suelos muy arcillosos o impermeables, a menos que haya un sistema de drenaje auxiliar.

ZANJA DE INFILTRACIÓN

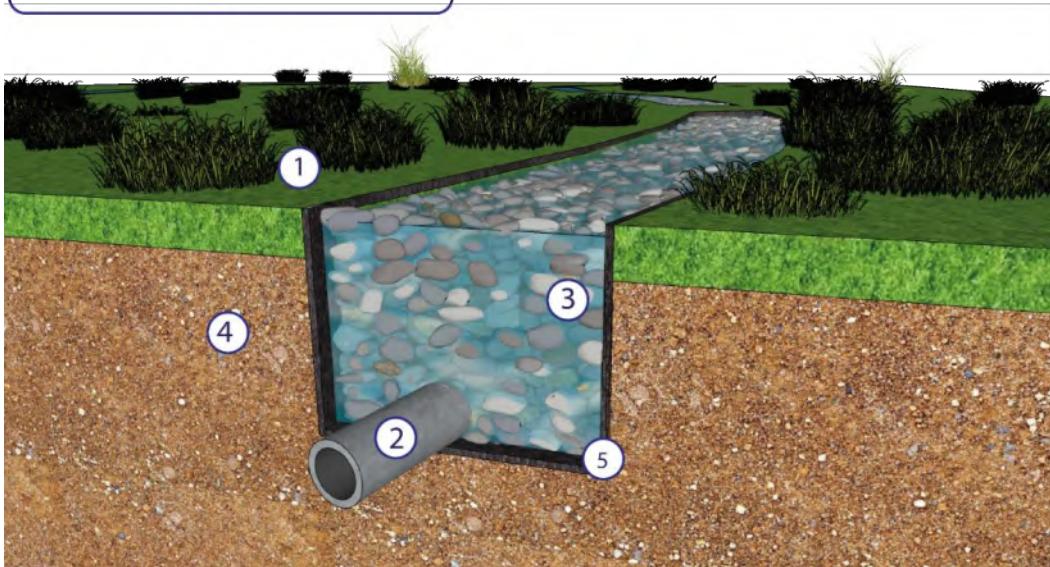


Figura 12 | Detalle de Zanja de Infiltración o Dren Francés, diagrama elaboración propia

▪ Pozo de absorción



Estructuras verticales que permiten la filtración directa del agua pluvial al subsuelo, ayudando a recargar acuíferos y reducir la escorrentía, estos componentes pueden combinarse de diversas maneras para crear una red de evacuación de agua sostenible adaptado a

las necesidades específicas de cada entorno urbano. Cuando el suelo inmediato no es precisamente permeable, de acuerdo a su estructura, puede infiltrar el agua a zonas más profundas.

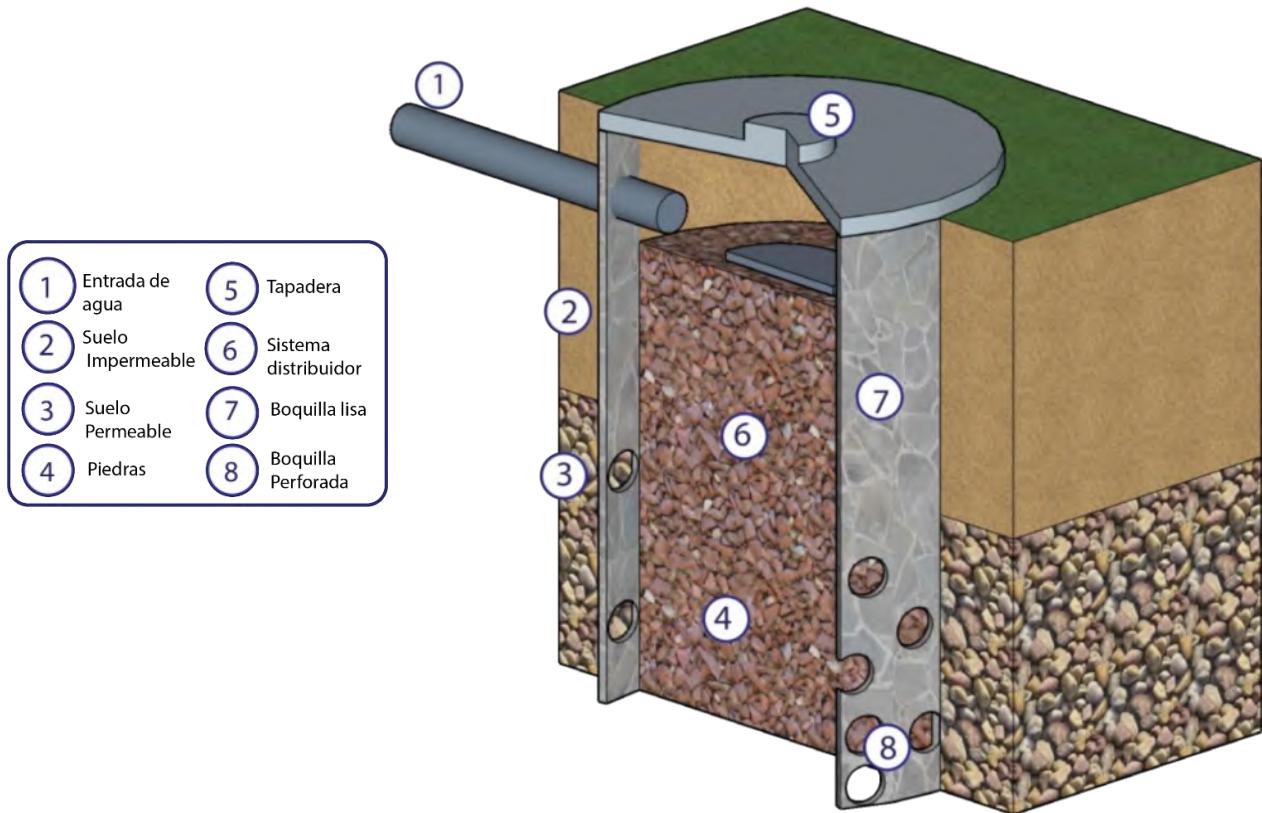


Figura 13 | Detalle de Pozo de absorción, elaboración propia

Los pozos de absorción se utilizan en:

- Zonas urbanas sin drenaje pluvial, para evitar inundaciones localizadas infiltrando el agua en el terreno.
- En patios, estacionamientos, para recolectar el agua pluvial recolectada de techos bajantes o canaletas.
- Para controlar escurrimientos en calles o banquetas para disminuir caudales superficiales en eventos de lluvia.
- Para compensar superficies impermeables y mitigar el impacto de pavimentos como concreto o asfalto.
- Cuando el subsuelo es altamente permeable y el agua puede infiltrarse rápidamente sin riesgo de saturación.
- En conjunto con sistemas de cosecha de lluvia, como parte del sistema de disposición del excedente no almacenado.
- En terrenos con espacio limitado en superficie ya que no requieren un área amplia como los jardines o zanjas.

No se recomienda utilizar los pozos de absorción en:

- Suelos arcillosos o compactados, con baja infiltración.
- Áreas con nivel freático alto, donde puede contaminarse el acuífero.
- Lugares donde se infiltra agua con contaminantes sin tratamiento previo.

■ Jardines de lluvia.



También conocidos como Jardines infiltrantes, hundidos levemente, se localizan en las zonas donde se concentra el agua de lluvia ayudando a capturar, retener y absorber el agua de lluvia a diferentes escalas, con vegetación nativa para capturar y filtrar el agua de lluvia, reduciendo el volumen de escorrentía y mejorando la calidad del agua. (Esquivel, 2021) (Figura 14). Se utilizan preferentemente en suelos con buena capacidad de infiltración.

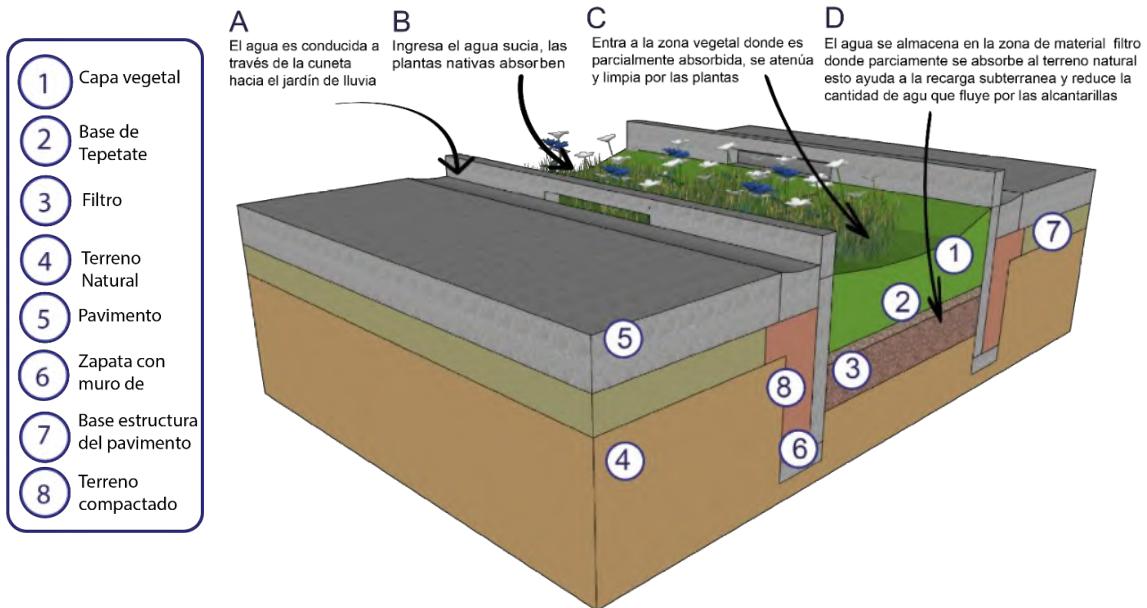


Figura 14| Detalle de Jardín de lluvia de elaboración propia

Tabla 8 Tabla de recomendaciones para uso de jardines de lluvia

Suelos adecuados:	Requieren modificación o precaución:	Suelos no recomendados:	Soluciones si el suelo no es ideal:
<p>Arenosos o franco-arenosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta permeabilidad. ▪ Permiten que el agua se infiltre rápidamente. ▪ Ideales para el funcionamiento eficiente del jardín. 	<p>Franco-arcillosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tienen una infiltración lenta. ▪ Pueden usarse si se mejora el drenaje (por ejemplo, con capas de grava o arena en el fondo del jardín). 	<p>Arcillosos pesados o impermeables (como los vertisoles):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy baja o nula infiltración. ▪ El agua tiende a encharcarse y no filtra adecuadamente. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mezclar arena gruesa, compost y grava para mejorar la infiltración.
<p>Franco (mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Buena infiltración, aunque no tan rápida como el arenoso. ▪ Buena estructura y retención de nutrientes. 	<p>Compactados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La infiltración es muy baja o nula. ▪ Necesitan des compactación y/o mejoramiento del suelo. 	<p>Suelos con capa freática muy superficial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No permiten almacenamiento de agua ni buena filtración. • Riesgo de contaminación del agua subterránea. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalar un sistema de drenaje subterráneo. ▪ Usar una base de grava para mejorar la percolación.

▪ Pavimentos permeables.



Se trata del uso de materiales permeables en calles, banquetas y estacionamientos para permitir que el agua se filtre lentamente en lugar de generar escorrentía.

El concreto permeable es un tipo de material que facilita el paso de agua a través de la superficie, lo que ayuda a evitar charcos y mejora el manejo del agua de lluvia. Para que esto funcione bien, hay un valor llamado "factor K" que indica qué tan fácil puede pasar el agua por dicho material. Un rango aceptable oscila, en un valor entre 0.2 y 5.4m/s, aunque puede variar según los materiales usados y cómo se haya compactado el concreto. Si se quiere que el agua apenas pase (por ejemplo, en estructuras donde no debe filtrarse), el valor de K debe ser mucho menor, por debajo de 10-12 m/s y la profundidad que el agua puede penetrar no debe superar los 30 mm.

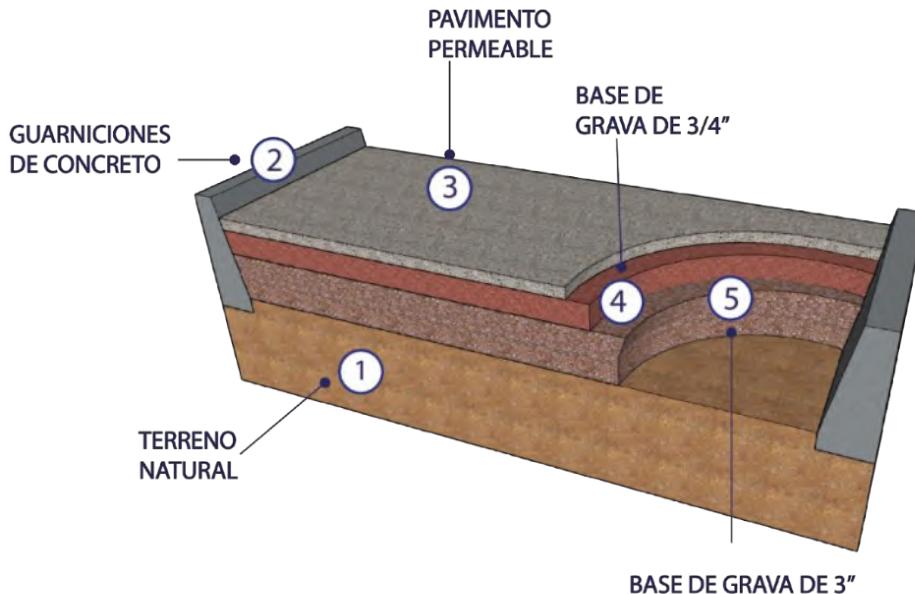
Algunos factores que influyen en la permeabilidad del concreto son:

- La dimensión y la forma de las piedras que se usan (los agregados): piedras más grandes y rugosas dejan más espacio para que el agua pase.
- Cuánta agua se usa al mezclar el concreto: usar menos agua puede hacerlo más compacto y menos permeable.
- Cómo se compacta la mezcla: una buena compactación reduce los espacios por donde puede pasar el agua.
- El tipo de cemento y los productos que se añaden a la mezcla también pueden influir.

Se busca que el concreto deje pasar el agua lo suficiente para evitar encharcamientos, pero sin llegar a ser tan poroso que pierda su resistencia.

El costo por m² puede variar, pero se estima que el precio por m² de concreto permeable marca Cemex esta alrededor de \$500.00 pesos mexicanos hasta el año 2025 y estos costos pueden varias según las condiciones del terreno, también dependiendo si se requiere mejorar el terreno, para que sea eficaz el uso de este tipo de concreto y suponiendo que se reúnen los requisitos básicos de la colocación del concreto permeable, es decir que exista un coeficiente de permeabilidad del suelo optimo (factor K). (Alejandro & Manzano, n.d.)

PAVIMENTOS PERMEABLES, (ECOCRETO)



NOTA: SI EL TIPO DE TERRENO NATURAL NO ES PERMEABLE, SE PODRIA CONSIDERAR CONSIDERAR COMBINAR CON POZO DE ABSORCIÓN

Figura 15| Detalle de concreto permeable elaboración propia



▪ **Adoquines, adocretos, adopastos**

Los adoquines, adocretos y adopastos son elementos de pavimentación que se utilizan comúnmente en proyectos de urbanismo, construcción de calles, banquetas y, en el caso de SUDS, como soluciones de pavimento permeable. Aunque a menudo se usan como sinónimos, tienen diferencias clave en su diseño, material y funcionalidad.

Adoquines: Son piezas de piedra natural, concreto o materiales similares, con forma regular (rectangular, hexagonal, etc.) usadas para pavimentar calles, banquetas, patios y plazas.

Características:

- Alta resistencia a la carga.
- Suelen colocarse sobre una base de arena o grava.
- Permiten filtración del agua (adoquines permeables).
- Cuando son permeables o se colocan con juntas abiertas, permiten infiltración de agua al subsuelo.

Adocretos: Son adoquines hechos específicamente de concreto, moldeados en fábrica con formas regulares.

Características:

- Más económicos que los adoquines de piedra.
- De alta durabilidad y fácil colocación.
- Pueden fabricarse con diseños específicos para permitir infiltración.
- Si son del tipo permeable o se combinan con subbases drenantes, contribuyen a la reducción de escurrimientos pluviales.

Adopastos: Son elementos de concreto o plástico, o plástico reciclado con perforaciones que permiten el crecimiento del pasto en su interior, combinando firmeza estructural con permeabilidad natural.

Características:

- Alta permeabilidad.
- Ideales para áreas verdes transitables (estacionamientos, senderos, accesos vehiculares.) Reducen la escorrentía y el efecto de isla de calor urbano.
- Son una opción de pavimento permeable que permite la recarga del acuífero, filtración de agua de lluvia y vegetación.

Tabla 9 Diferencias entre adoquines, adocretos y adopastos

Tipo	Material	Permeabilidad	Vegetación posible	Uso común
Adoquín	Piedra	Media	No	Calles, banquetas, plazas
Adocreto	Concreto	Media	No	Calles, patios, andadores
Adopasto	Concreto/plástico	Alta	Si	Estacionamientos, accesos, áreas verdes

ADOQUINES

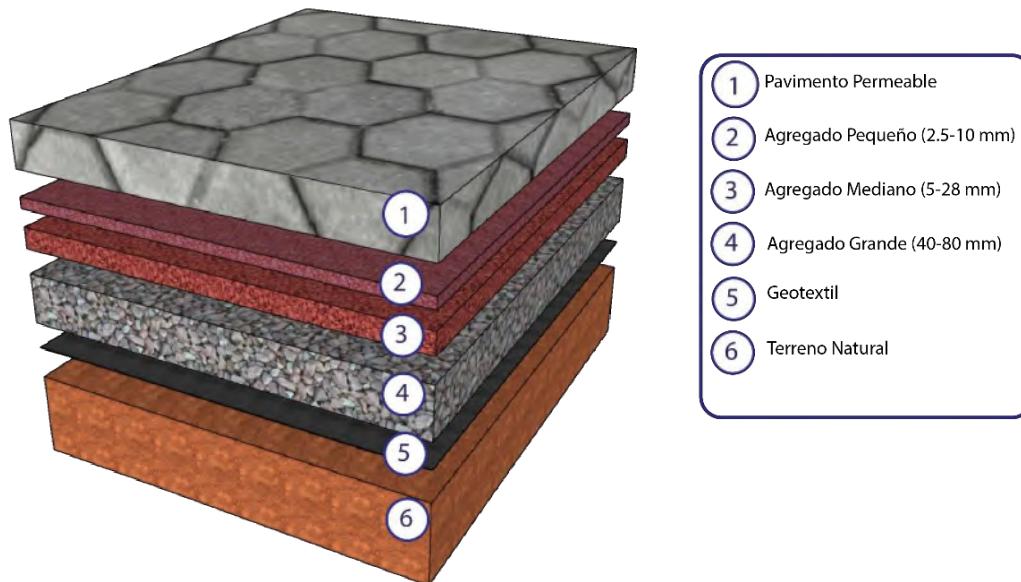


Figura 16 | Diagrama de Adoquín, elaboración propia

■ Áreas Verdes Multifuncionales



Las áreas verdes multifuncionales son espacios que pueden ser utilizados para múltiples actividades, como recreación, deporte, educación y conservación del medio ambiente (Esquivel, 2021)

ÁREAS VERDES MULTIFUNCIONALES



Figura 17| Ejemplo de áreas verdes multifuncionales, elaboración propia

▪ Humedales artificiales.



Es la creación de áreas naturales o artificiales, cubiertas total o temporalmente por agua, que ayudan a absorber el exceso de agua en las ciudades, retener nutrientes y sedimentos y que ofrecen un de los ecosistemas de la fauna silvestre, diseñadas para tratar el agua de lluvia y mejorar su calidad mediante procesos biológicos y físicos (Esquivel, 2021). Los humedales construidos son compatibles para ejecutar en una amplia gama de suelos, pero las condiciones del terreno y del subsuelo influyen directamente en su eficiencia y en el tipo de diseño que se debe emplear.

Tabla 10 Recomendaciones para construcción de humedales

Suelos Adecuados	Requieren modificación o precaución	Soluciones si el suelo no es ideal:
Franco arcilloso: <ul style="list-style-type: none"> Retiene adecuadamente; agua evita filtración excesiva. 	Arenoso o muy permeable: <ul style="list-style-type: none"> Alta infiltración; el agua se pierde rápidamente. 	<ul style="list-style-type: none"> Revestir con arcilla, geomembranas o material compactado.
Franco limoso, o limoso <ul style="list-style-type: none"> Buena retención de humedad, adecuado para el crecimiento de plantas. 	Suelos con alta salinidad: <ul style="list-style-type: none"> Afectan el crecimiento de las plantas macrófitas. 	<ul style="list-style-type: none"> Selección específica de especies vegetales resistentes.
Arcilloso Moderado: <ul style="list-style-type: none"> Impermeabilidad natural, ideal para retener agua en superficie. 		



Cosecha de Lluvias

La cosecha de lluvia es una técnica utilizada para recolectar, almacenar y utilizar el agua de lluvia, generalmente captada desde techos en viviendas o edificios y algunas otras superficies impermeables, es una

HUMEDALES

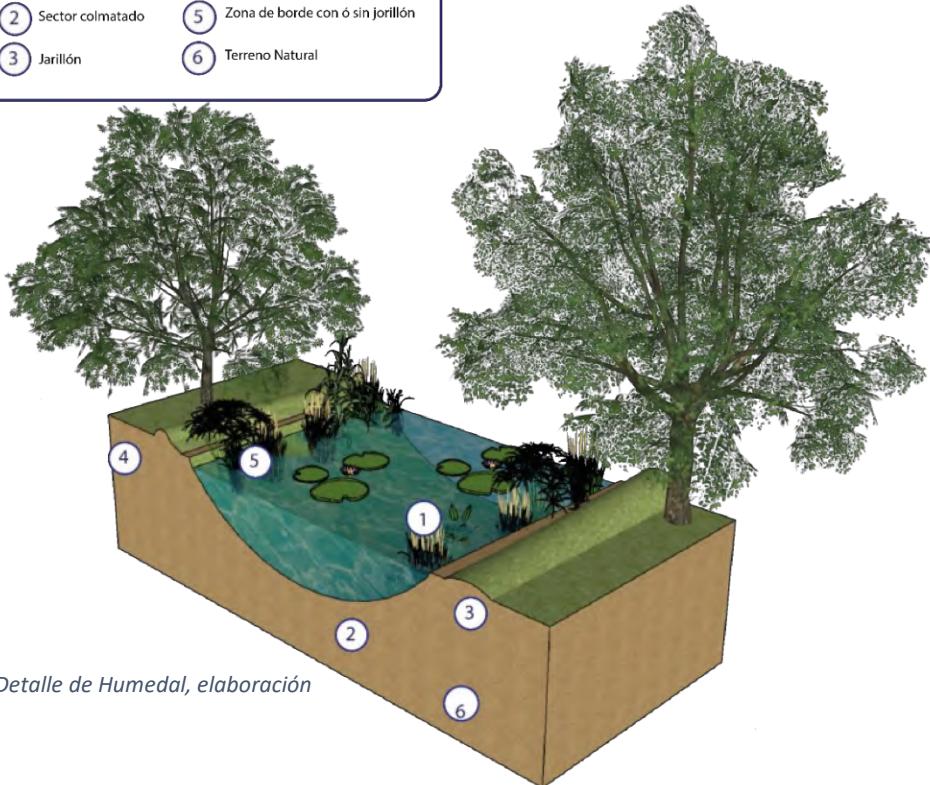


Ilustración 18 Detalle de Humedal, elaboración propia

propuesta eficaz y sostenible para aprovechar el agua de lluvia donde el suministro es escaso.

COSECHA DE LLUVIAS



Figura 19 Detalle de cosecha de lluvias, elaboración propia

▪ Azoteas Verdes



Se trata de la Instalación de vegetación en los techos de edificios para absorber el agua de lluvia, reducir el escurrimiento superficial y mejorar la calidad del agua, el agua de lluvia ingresa al espacio privado como precipitación, para ser interceptada por la vegetación existente para luego ser evapotranspirada. Existe una variedad de azoteas verdes según la vegetación que se utilice, la capacidad de agua que se almacena y el peso del sistema que utilicen.

Se pueden construir azoteas verdes en dos sistemas, Modular (macetas, jardineras u otro tipo de envases) y sistemas de membranas (con una membrana impermeabilizante).

Las azoteas tienen la capacidad de cosechar agua de lluvia a través de un sistema de canaletas, filtros y tanques, o bien se puede utilizar la azotea verde recreativamente, para beneficio de aves e insectos polinizadores y /o eficiencia energética de la construcción. (Esquivel, 2021) El costo por m² en la construcción de azoteas verdes varía dependiendo del tipo de vegetación que se utilice, del diseño, de la complejidad de su instalación y del sistema de drenaje que se utilice, sin embargo, en promedio puede costar entre \$1,500 pesos y \$5,000.00 pesos mexicanos

AZOTEAS VERDES

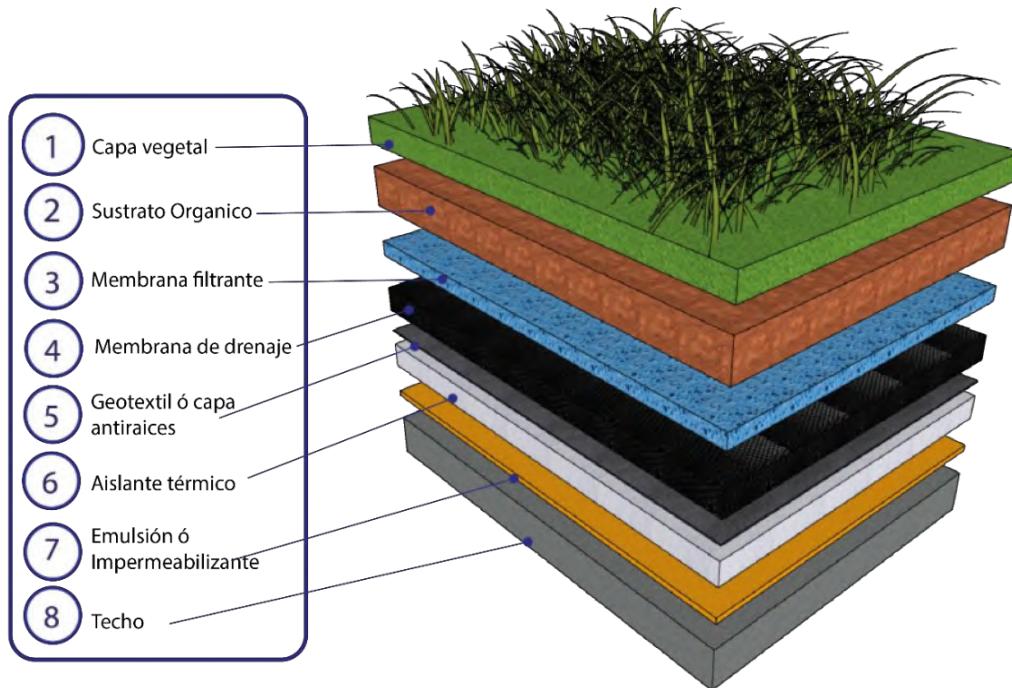


Figura 20 Diagrama de Azoteas verdes, elaboración propia

Antes de construir una azotea verde se recomienda:

Hacer una evaluación estructural del edificio: es decir; contratar a un ingeniero estructurista para verificar si la losa puede soportar el peso adicional de la azotea verde (generalmente de 100 a 300 kg/m²). para asegurar que la estructura resista:

- Peso de sustrato húmedo
- Carga viva (mantenimiento)
- Carga de agua retenida (en caso de encharcamiento)

Diseño del sistema de capas

Una azotea verde típica consta de las siguientes capas (de abajo hacia arriba):

1. Impermeabilización:

- Usar membranas resistentes a raíces (como TPO, EPDM o membrana asfáltica modificada).
- Asegurar continuidad y buen sellado.

2. Barrera anti raíces (si la impermeabilización no la incluye).

- Evita que las raíces perforen la impermeabilización.

3. Capa de drenaje:

- Puede ser grava, láminas plásticas alveolares o módulos prefabricados.
- Permite el flujo del exceso de agua
- Evita encharcamientos no deseados.

4. Filtro geotextil:

- Separa la capa de drenaje del sustrato
- Evita que partículas finas tapen el sistema de drenaje.

5. Sustrato ligero:

- Debe tener buena capacidad de retención de agua y nutrientes.

- Mezcla típica: tierra negra + perlita + fibra de coco o composta.
- Espesor: 5–15 cm para vegetación herbácea o suculentas (más si usarás arbustos o árboles).

6. Capa vegetal

- Selección de plantas según clima, exposición solar y mantenimiento.

Elección de vegetación adecuada para el clima de Morelia (templado subhúmedo):

- Plantas suculentas (bajo mantenimiento, tolerantes a sequía)
- Gramíneas nativas: toleran el clima local y requieren menos riego.
- Herbáceas resistentes al sol: lavanda, tomillo, romero (también útiles como plantas aromáticas).

Nota: Evitar especies invasoras o con raíces agresivas.

Sistema de riego y mantenimiento

- Instala un sistema de riego por goteo automatizado, con temporizador y sensor de humedad.
- Considera la recolección de agua pluvial para riego.

Mantenimiento básico:

- Revisión mensual de drenajes
- Retiro de malezas
- Reposición de plantas secas
- Revisión de sistema de riego

Aspectos técnicos adicionales

- Asegura un acceso seguro para mantenimiento.
- Considera colocar bordes o barandales si hay riesgo de caída.

Beneficios esperados

- Reducción de temperatura interior (hasta 4 °C en verano).
- Aumento en la retención de agua de lluvia, ayudando a mitigar inundaciones.
- Mejora del aislamiento acústico.
- Aplazamiento de la vida útil de la impermeabilización.
- Aumento del valor estético e inmobiliario.

4.3. Integración de SUDS en espacios públicos y privados.

Se anexa al presente una tabla de sugerencias para el uso de SUDS en la ciudad, por su ubicación, sin tomar en consideración los componentes físicos como topografía y tipo de suelo y permeabilidad del suelo.



Figura 18 Diagrama clasificación de elementos SUDS por datos geográficos

V. Diseño y Construcción de SUDS



5.1. Criterios de diseño para SUDS en Morelia.

Para la elección de SUDS en la ciudad de Morelia se propone la siguiente metodología, que se distribuye en 5 etapas para desarrollar e instalar proyectos de drenaje sostenible (SUDS) en contextos urbanos, con un enfoque en la sostenibilidad y la resiliencia ante problemáticas hídricas como las inundaciones y el manejo inadecuado del recurso.

Etapa 1. Definición del proyecto SUDS

- **Escala de trabajo:** Se delimita el área de intervención, (colonia, zona urbana o cuenca).
- **Objetivos estratégicos:** Se definen metas afines con la mejora del manejo del agua.
- **Equipo de trabajo:** Se conforma un grupo multidisciplinario (ingenieros, urbanistas, ecólogos y representantes de la sociedad civil).
- **Actores clave:** Se identifican las instituciones, comunidades y sectores relevantes que participarán en el desarrollo del proyecto.

Etapa 2. Antecedentes Consiste en el diagnóstico integral de la zona de intervención:

- **Componentes naturales:** clima, hidrología, topografía y vegetación.

- **Componentes artificiales:** infraestructura, urbanización y servicios existentes.
- **Aspectos sociodemográficos:** densidad de población, niveles de marginación y uso del suelo.

Este análisis contextual permite entender cómo el entorno influye en el ciclo del agua y qué oportunidades existen para intervenir de manera eficiente.

Etapas 3. Elaboración, evaluación y selección de alternativas, en esta etapa se diseñan posibles soluciones y se elige la más adecuada:

Elección de alternativas: se consideran diferentes opciones de drenaje sostenible, como jardines de lluvia, pavimentos permeables, entre otros.

- **Ajuste de alternativas:** se adaptan las soluciones seleccionadas al contexto técnico y social local.
- **Evaluación de viabilidad:** se analizan aspectos como costos, beneficios, aceptación social y requerimientos de mantenimiento.
- **Selección final:** se elige la alternativa óptima de acuerdo con criterios técnicos, económicos y sociales.

Esta etapa permite definir claramente qué solución será implementada y con qué recursos.

Etapa 4. Diseño e implementación de obra: esta es la fase operativa del proyecto

- **Diseño:** elaboración de planos, especificaciones técnicas y cálculos hidráulicos.
- **Plan de implementación:** establecimiento de cronogramas y fases de ejecución.
- **Procesos administrativos:** gestión de permisos, contrataciones y trámites legales.
- **Consideraciones ambientales y sociales:** Se toman medidas para minimizar impactos negativos y maximizar beneficios colectivos.

Aquí se materializa la intervención, asegurando que cumpla con los estándares técnicos y normativos establecidos.

Etapa 5. Sostenibilidad: Esta etapa busca garantizar la funcionalidad del proyecto a largo plazo, **Monitoreo y evaluación:** seguimiento del desempeño hídrico y ambiental del sistema implementado.

- **Mantenimiento:** realización de acciones periódicas como limpieza, reparaciones o sustitución de elementos.
- **Prevención:** adopción de medidas para mitigar riesgos futuros derivados del uso indebido o la falta de mantenimiento.
- **Financiamiento:** aseguramiento de los recursos económicos necesarios para la operación continua y futuras mejoras.

Esta fase es esencial para mantener la efectividad del sistema en el tiempo, de este seguimiento depende que las propuestas sean casos de éxito

Dicho lo anterior, se propone esta metodología se representa a través de la figura 21.

5.2. Propuesta metodológica para implementación de SUDS

La presente propuesta metodológica se basa en la revisión de diversos documentos sobre ciudades sensibles al agua. Según estos estudios, para que una ciudad logre ser sensible al agua, se deben establecer medidas adaptadas a las características específicas del lugar con la premisa a la ciudad resiliente. Globalmente se han hecho variedad de estudios en diversas ciudades para abordar este tema.

En la revisión de documentos se identificaron iniciativas que promueven el concepto de ciudades sensibles al agua en distintas regiones del mundo. En México, se han realizado proyectos relevantes en la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. A nivel internacional, también se han implementado estas propuestas en diversas ciudades. Todas estas propuestas se basan en el siguiente diagrama, tomado del libro "Hacia una Ciudad de México Sensible al Agua", el cual a su vez

se basa en el trabajo de Brown et al. (2008). Las propuestas metodológicas adoptadas se asimilan a la metodología que se desarrollará en este documento.

La manera de trabajar que se sugiere mediante esta propuesta, es seguir de manera secuencial los puntos del anterior diagrama (*Ver Figura 21*)

1.- Definición del proyecto (es decir hacer un análisis exclusivo de la zona desde la escala de trabajo y lugar donde se planea realizar la implementación), en el caso de este estudio.

2.- Se revisan antecedentes de la zona de estudio desde sus componentes naturales, artificiales y socioeconómicos.

3.- Se detectaron los puntos más críticos y cuantas inundaciones,

4.- De acuerdo con las características del lugar, se sugiere para la propuesta la aplicación de ciertas tecnologías SUDS para ver cuál es la más viable.

5.- Posterior a ello es de suma importancia la sostenibilidad de los proyectos, por lo tanto, para el monitoreo, se sugiere la creación de una mesa directiva (SGAS como un sistema de gestión ambiental) de colonos para organizarse y ver de qué manera pueden solicitar a las autoridades el apoyo con el proyecto, de solicitar recursos y/o financiamiento, incluso para dar mantenimiento y estar al pendiente

de los colonos ante una situación preventiva de desastres naturales entre mismos colonos.

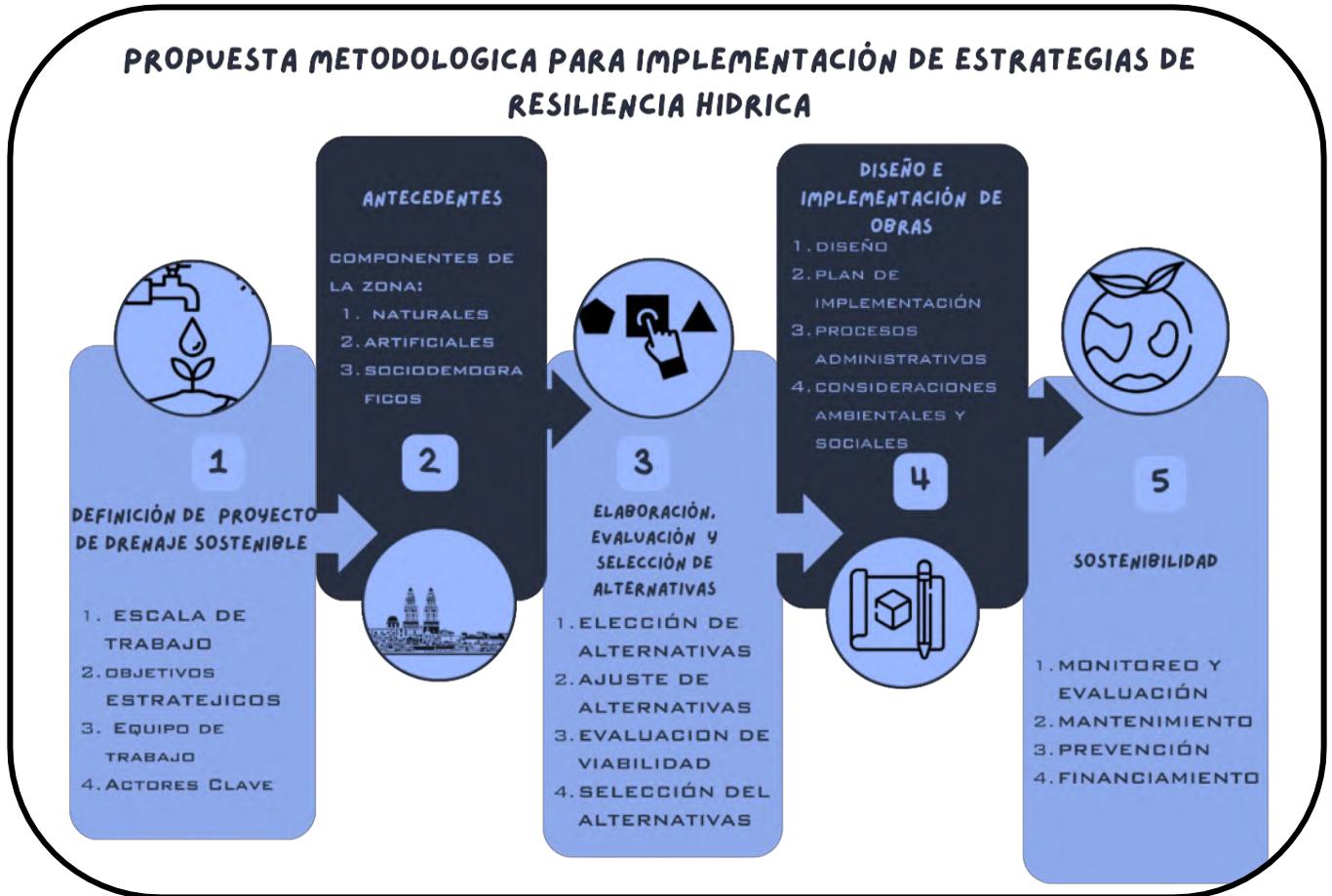


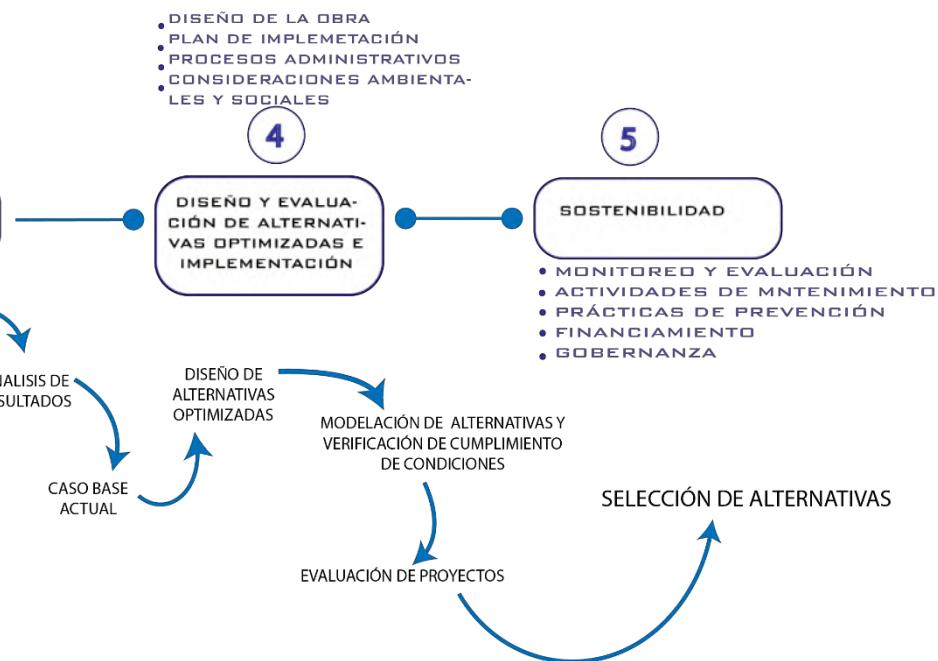
Figura 21| Diagrama de propuesta metodológica para implementación de SUDS.

DESGLOSE DE ACTIVIDADES A REALIZAR EN LA PROPUESTA METODOLOGICA PARA IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE RESILIENCIA HÍDRICA

- ESCALA DE TRABAJO
- OBJETIVOS ESTRATÉGICOS
- EQUIPO DE TRABAJO
- ACTORES CLAVE



Imagen 22 Diagrama de proceso, esta propuesta metodológica toma como referencia los enfoques planteados por Brown et al. (2008), adaptados por Patagua (2021).



5.3. Consideraciones técnicas

Para la implementación y diseño de estrategias de resiliencia hídrica en entornos urbanos, es indispensable considerar las características técnicas del medio físico, particularmente en lo que respecta a la edafología, la geología, la topografía y el régimen de precipitación. Estos elementos condicionan tanto la factibilidad como la eficiencia de las soluciones propuestas, como los SUDS y cosecha de lluvia.

Desde el enfoque edafológico, la textura, estructura y permeabilidad del suelo determinan su capacidad de infiltración. En zonas con suelos de textura arenosa o franco-arenosa, se favorece la recarga del subsuelo mediante pozos de absorción o zanjas de infiltración. Sin embargo, en áreas con suelos arcillosos, compactados o con baja conductividad hidráulica característicos de muchas zonas urbanas, es necesario complementar con estrategias como pavimentos permeables, jardines o sistemas de almacenamiento temporal.

En cuanto a la geología, el tipo de sustrato rocoso y su punto de fractura, influyen directamente en la recarga de acuíferos y en la estabilidad de las obras hidráulicas. Las formaciones geológicas permeables, como tobas volcánicas fracturadas, permiten una mayor infiltración, mientras que los estratos impermeables, como

lutitas o basaltos masivos, requieren soluciones de retención superficial o tratamiento previo.

La topografía también es un factor crítico. En zonas con pendientes suaves o moderadas se facilita la conducción del agua hacia áreas de captación o infiltración. Por el contrario, en pendientes pronunciadas se incrementa la velocidad del escurrimiento y el riesgo de erosión, lo que demanda obras de control hidráulico, barreras vegetativas o disipadores de energía.

Finalmente, el régimen de precipitación, caracterizado en Morelia por lluvias intensas en verano, obliga a dimensionar adecuadamente los sistemas de captación, almacenamiento y descarga. La intensidad, duración y frecuencia de los eventos pluviales deben ser consideradas para evitar la saturación de los sistemas y minimizar el riesgo de inundaciones.

Estas consideraciones técnicas permiten adaptar cada solución al contexto físico local, garantizando su viabilidad, eficiencia hidráulica y sostenibilidad ambiental, elementos clave en la construcción de una ciudad resiliente frente al cambio climático y la presión hídrica.

Para la aplicación del manual se tomará en consideración el tipo de propuesta más conveniente de acuerdo con la zona a intervenir, desde el tipo de espacio, que

elementos viales intervienen, si es zona urbana la que se requiere intervenir y que elementos naturales de deben tomar en cuenta.

Tabla 11 Usos y recomendaciones de SUDS en tipos de suelos

Tipo de Suelo	Características relevantes	Recomendación de SUDS adecuados
Arenoso	Alta infiltración, baja retención de agua.	Pozos de absorción, zanjas de infiltración, jardines sin base impermeable.
Arcilloso	Baja infiltración, alta retención, riesgo de encharcamiento.	Pavimento permeable con sistema de dren subterráneo, reservorios, humedales artificiales.
Franco	Buen balance entre drenaje e infiltración.	Todo tipo de SUDS: jardines de lluvia, adoquines permeables, cisternas de captación, humedales.
Limoso	Infiltración moderada, pero puede compactarse.	Jardines con control de compactación, zanjas vegetadas, áreas verdes multifuncionales.
Pedregoso/ gravoso	Alta infiltración si no está cementado.	Pozos de absorción, trinchera filtrante, sistema de recolección con almacenamiento subterráneo.
Volcánico (andosol)	Buena capacidad de retención e infiltración.	Jardines de lluvia, infiltración directa, sistemas de cosecha de lluvia.

Calcáreo	Puede tener costra impermeable superficial.	Jardines con excavación controlada, cunetas filtrantes, sistemas de retención temporal.
Salino/ alcalino	Mala infiltración y toxicidad para vegetación.	Reservorios cerrados, cosecha de lluvias para usos no vegetales, evitar infiltración directa.
Orgánico (histosol)	Excelente retención de agua, mala estabilidad estructural.	Humedales artificiales, jardines con refuerzo estructural, áreas de amortiguamiento.

Tabla 12 Descripción de tipos de suelos

Tipo de suelo	Descripción edafológica	Descripción geológica
Arenoso	Suelo con alta proporción de arena (más del 70 %), textura suelta, buena infiltración, baja retención de agua.	Producto de meteorización mecánica de rocas; común en zonas aluviales o costeras.
Arcilloso	Alto contenido de arcilla, textura fina, poca permeabilidad, se compacta fácilmente y retiene mucha humedad.	Asociado a procesos de sedimentación fina, especialmente en antiguos lechos lacustres o marinos.
Franco	Mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla; buen drenaje y retención de nutrientes.	Superficie con depósitos mixtos (aluviales o coluviales); común en valles y terrazas.
Limoso	Rico en limo, textura suave, alta retención de humedad, pero susceptible a la compactación.	Producto de transporte fluvial o eólico (loess); se encuentra en terrazas o planicies de inundación.
Pedregoso o gravoso	Contiene gravas o fragmentos de roca; pobre en nutrientes, pero con alta infiltración si no está cementado.	Suelo poco evolucionado sobre depósitos fluviales o coluviales; también en conos aluviales y laderas.
Volcánico (Andosol)	Rico en materia orgánica, buena estructura, muy fértil, excelente capacidad de retención de agua.	Derivado de cenizas o tobas volcánicas; muy común en regiones como el Eje Neovolcánico (ej. Morelia).

Calcáreo	Rico en carbonato de calcio; alcalino, con costras o tepetate superficial.	Asociado a rocas calizas y ambientes marinos antiguos; suelos sobre plataformas carbonatadas.
Laterítico	Rico en hierro y aluminio; color rojo, típico de zonas tropicales húmedas; baja fertilidad.	Derivado de alteración intensa de rocas en climas cálidos y húmedos; forma capas duras (lateritas).
Salino o alcalino	Suelo con acumulación de sales solubles; afecta la vegetación y la infiltración.	Se forma en zonas áridas, costeras o mal drenadas; asociado a cuencas endorreicas o evaporitas.
Orgánico (Histosol)	Alta proporción de materia orgánica en descomposición; excelente retención de agua.	Depósitos de turba en zonas húmedas, pantanosas o de mal drenaje; típicos en climas fríos o templados.

5.4. Propuesta básica de paleta vegetal

Liriope muscari.



- Planta baja como hierbas.
- La floración perenne es el verano y otoño.
- Follaje siempre verde.
- De sombra.



Junco espiga

- Plantas anuales o perennes.
- Acuáticas o de suelo húmedo.
- Altura de 20 a 40 cm

Myosotis.



- Floración principalmente en primavera y verano.
- Luz: soportan bien tanto el sol como la sombra.
- Suelo continuamente húmedo



Dryopteris

- Suelos uniformemente húmedos.
- Sombra ligera.

Plectatum Mona Lavender



- Floración en otoño que puede alargarse a invierno y primavera.
- Sombra parcial o sombra luminosa
- Puede cultivarse en pleno sol.
- Necesita riegos regulares.



Lysimachia nummularia

- Sol y sombra
- Ecosistema húmedo.
- Menor rango de dispersión.
- Cubre suelo.

Cola de Zorro.



- Es una planta de menos de un metro de altura, con flores en espigas de color blanco, crema o con toques púrpura.
- Crece mejor a pleno sol, aunque tolera semisombra,
- Se adapta a suelos de jardín bien drenados.

Pennisetum setaceum



- Alcanza los 75 cm de altura.
- El color de las hojas puede ser verdes, púrpuras o rojas.
- Prospera en las zonas más cálidas y secas.

Verbena bonariensis



- Tolerante a la sequía.
- Floración verano-otoño.
- Pleno sol o sombra parcial.

Hierba Buffel.



- Se utilizarán variedades medianas (1 m) y bajas (70 cm) de esta especie
- Originaria de climas templado-cálidos con lluvias de verano y estación seca prolongada.
- Prefiere suelos sueltos y arenosos, pero también crece bien en suelos arcillosos.

Cosmos bipinnatus (Mirasol).



- Alcanza entre 60 y 120 cm de altura
- Presenta flores en tonos rosa, púrpura o blanco,
- Se adapta a suelos pobres o secos y florece mejor a pleno sol, aunque también tolera algo de sombra.

Actea racemosa



- Planta herbácea perenne
- Alcanzan una altura de entre 25 a 60 centímetros.
- Florece a finales de primavera o principios del verano
- Zonas húmedas en sombra o semisombra.

VI. Financiamiento

6.1. Presupuesto participativo

"El Presupuesto Participativo es una convocatoria anual impulsada por el H. Ayuntamiento de Morelia, en la que se pueden presentar propuestas de obra civil orientadas a mejorar alguna colonia, con un límite presupuestal de hasta \$2,000,000.00 de pesos. Esta iniciativa busca transformar comunidades considerando principios de derechos humanos, inclusión social y atención a personas en condición de vulnerabilidad. Se contemplan a personas vulnerables ante fenómenos climáticos como inundaciones, podría ser integrada como candidata dentro del proceso del Presupuesto Participativo. (Presupuesto participativo Morelia, 2025)

6.2. Programa de mejoramiento PUMOT

El Programa de Fomento a la Planeación Urbana, Metropolitana y Ordenamiento Territorial (PUMOT) es una iniciativa integrada al Programa de Mejoramiento Urbano (PMU), cuyo propósito es promover la planificación urbana y del territorio en México. Tiene como meta principal: respaldar la elaboración de herramientas de planeación urbana y territorial. Como programa federal, busca mejorar la calidad de vida de los habitantes en las ciudades del país mediante acciones en

infraestructura, equipamiento y ordenamiento urbano. (Gobierno de México, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2019)

6.3. Fondo para Desastres Naturales (FONDEN)

Existen algunos fondos destinados a apoyar a enfrentar los desastres naturales en México y a nivel mundial. En México existe el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) que se utiliza para mitigar los efectos de los fenómenos naturales (Gobierno de México, 2015) y el fondo para catástrofes climáticas de la ONU, el Fondo de Emergencia para la Respuesta a Desastres (DREF) de la Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja IFRC proveen ayuda rápida a los afectados. Además, el Fondo para Catástrofes Climáticas, para ofrecer apoyo financiero a los países más vulnerables.

6.4. CROWDFUNDING

Se trata de un método de recaudación de fondos destinado a financiar proyectos mediante la colaboración de diversas personas, generalmente a través de plataformas en línea. Los participantes aportan pequeñas cantidades de dinero para respaldar iniciativas con fines altruistas o apoyar a organizaciones sin fines de lucro, con el objetivo de obtener apoyo comunitario y lograr la financiación de

determinados proyectos (Alonso, 2025). Existen varias plataformas de crowdfunding entre ellas destacan:

- **Donorbox**
- **Kickstarter**
- **GoFundMe**
- **Crowdfunder**
- **Indiegogo**
- **Patreon**
- **Facebook Fundraising**
- **PayPal**
- **EdCo**
- **360MatchPro**
- **Bonfire**
- **Kiva**

6.5. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO

- **SEDATU** Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
- **BANCO MUNDIAL:** En busca de proyectos de innovación (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2019).
- **Secretaria de Bienestar Social, antes “SEDESOL”**

VII. Anexos

7.1 Glosario de términos

Arroyo: “Ríos de menor dimensión” (Real Academia Española, 2024).

Calidad del agua: Son las características físicas, químicas y biológicas que pueden ser adecuadas o no, según los estándares establecidos, para ciertos usos como el agua potable, la agricultura, la generación de energía o la protección de la naturaleza. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Cambio climático: Es la modificación del clima causada directa o indirectamente por actividades humanas que afectan la composición de la atmósfera, y que se añade a los cambios naturales del clima registrados en periodos similares. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

Ciudades resilientes: Ciudades que poseen una mayor habilidad para afrontar las consecuencias del cambio climático y restablecerse tras sus efectos (Aguilar, Maldonado et al., 2019)

Cuerpos o espacios azules: Áreas exteriores, ya sean naturales o creadas por el ser humano, donde el agua es un elemento destacado. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Cuerpos o espacios verdes: Zonas exteriores, donde la vegetación es el elemento principal. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Curva de nivel: Son trazos que conectan puntos con la misma altura sobre un plano de referencia en un terreno, usualmente tomando como base la altitud media respecto al nivel del mar (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Drenaje Urbano Sostenible: Es el conjunto de acciones, métodos, tecnologías e infraestructuras, en su mayoría verdes, que se emplean para gestionar el agua de lluvia en zonas urbanas, buscando imitar lo más posible el funcionamiento natural del drenaje y fortalecer los beneficios ecosistémicos relacionados con el agua y la naturaleza en la ciudad. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

Escorrentía: “Agua pluvial que se desplaza por la superficie de un terreno” (Real Academia Española, 2014).

Espacios urbanizados: Zonas urbanas en las que se pueden aplicar técnicas de infraestructura verde para gestionar el agua de lluvia (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Infraestructura gris: Sistema tradicional de drenaje diseñado para desalojar rápidamente el agua de lluvia (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Infraestructura verde: Elementos del entorno urbano que pueden desempeñar funciones hidrológicas y ofrecer servicios ecosistémicos importantes para fortalecer la resiliencia de las ciudades (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Humedal: Son todas las áreas de pantanos y turberas, así como las zanjas cubiertas de agua, cuya profundidad no supere los seis metros, y estén dentro de los límites

urbanos. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Medidas preventivas: Incluyen todas las acciones que favorecen el manejo del agua de lluvia en el lugar donde se precipita, mediante procesos como el tratamiento, la infiltración, la evaporación y la evapotranspiración, conservando al mismo tiempo un entorno más natural y eficiente. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Parques urbanos: Áreas urbanas con gran cantidad de vegetación, ya sea nativa o introducida, que comúnmente se emplean para actividades recreativas, culturales y para conservar la biodiversidad. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

Periodo de retorno: Conocido también como periodo de recurrencia. Es el intervalo de tiempo promedio que transcurre entre dos eventos meteorológicos o hidrológicos que exceden cierto nivel. (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021)

Resiliencia: "Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos" (Real Academia Española, 2014).

Riesgo climático: Posibilidad de que ocurra un desastre debido a la presencia de una amenaza climática en una zona donde hay personas, viviendas, infraestructura y/o ecosistemas vulnerables a sufrir daños (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Río: Corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar (Real Academia Española, 2014).

Servicios ecosistémicos: Aporte, tanto directo como indirecto, que los ecosistemas brindan al bienestar de las personas (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Sostenible: “Especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente” (Real Academia Española, 2014).

Vulnerabilidad: “Propensión o predisposición de aquello expuesto a ser afectado negativamente producto de la susceptibilidad del sistema al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación” (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

Acrónimos

CONAGUA O CNA Comisión Nacional del Agua.

DREF: Fondo de Emergencia para la Respuesta a Desastres. (IFRC, s.f.)

DUS: Drenaje Urbano Sostenible (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

FONDEN: Fondo de Desastres Naturales. (Gobierno de México, 2015)

IFRC: Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja. (IFRC, s.f.)

IMPLAN: Instituto Municipal de Planeación de Morelia. (Instituto Municipal de Planeación de Morelia, s.f.)

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

LID: Low Impact Development. (Desarrollo de bajo Impacto). (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

MSNM: Metros sobre el nivel del Mar.

OOAPAS Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia. (OOAPAS, 2019)

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible. (CEPAL Naciones Unidas, s.f.)

OMS: Organización Mundial de la Salud. (Organización Mundial de la Salud, 2025)

PUMOT: Programa de Fomento a la Planeación Urbana, Metropolitana y Ordenamiento Territorial. (Gobierno de Mexico, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2019).

SUDS: Sustainable Urban Drainage Systems (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible) (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

WSUD: Wáter Sensitive Urban Design (Diseño Urbano Sensible al agua) (Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile, 2021).

7.2. Referencias bibliográficas

Bibliografía

Asociación de Academias de la Lengua Española. (2023). <https://www.rae.es/>. Obtenido de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/resiliencia>

Espíndola, J. A. (2021). *México Sensible al Agua, Un enfoque Innovador para la gestión del agua en las ciudades Mexicanas*. Guadalajara Jalisco: Universidad de Guadalajara.

<https://agenda2030lac.org>. (1 de 02 de 2024). Obtenido de Agenda 2030 en America Latina y el Caribe: <https://agenda2030lac.org/es/metas/64>

ICAT UNAM. (MARZO de 2019). *ICAT UNAM*. Obtenido de <http://somi.icat.unam.mx/>: <http://somi.icat.unam.mx/somi34/morelia.html#:~:text=Clima,en%20las%20zonas%20m%C3%A1s%20bajas>

Implan Morelia. (18 de 11 de 2022). Obtenido de <https://implanmorelia.org>: <https://implanmorelia.org/site/wp-content/uploads/2023/11/E-I-E6.-Variables-Climatol%C3%B3gicas.pptx.pdf>

IMPLAN MORELIA. (18 de noviembre de 2022). Obtenido de <https://implanmorelia.org>: <https://implanmorelia.org/site/wp-content/uploads/2023/11/E-I-E5.-Hidrolog%C3%ADa.pptx.pdf>

Implan Morelia. (28 de 04 de 2023). Obtenido de <https://implanmorelia.org>: <https://implanmorelia.org/site/wp-content/uploads/2023/11/D-I-D7.-Alcantarillado.pptx.pdf>

NACIONES UNIDAS. (2017). *Nueva Agenda Urbana Habitát III*. Ecuador, Quito: Naciones Unidas editada por la Secretaría.

OOAPAS. (20 de 01 de 2024). <https://www.ooapas.gob.mx/>. Obtenido de Organismo Operador de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Morelia: <https://fuentes.ooapas.gob.mx/>

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. (01 de 02 de 2024). www.fao.org. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/642/es/>

Patagua, Fundación Legado Chile & Pontificia Universidad Católica de Chile. (2021). *CIUDADES SENSIBLES AL AGUA, Guía de Drenaje Urbano Sostenible para la Macrozona Sur de Chile Vol I*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Secretaría de Gobierno . (s.f.). LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y DESARROLLO URBANO. *Periodico Oficial de la Federación*.

Secretaría de Gobierno. (20 de octubre de 2015). Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007 . *Infiltracion artificial de agua a los acuíferos* , pág. 44.

Secretaría de Gobierno. (11 de noviembre de 2019). Reglamento de Construcciones y servicios Urbanos del Municipio de Morelia . *Periodico Oficial de la federación*.

www.un.org. (1 de 02 de 2024). Obtenido de Naciones unidas: <https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-6-hacer-frente-al-reto-posibilitar-el-acceso-al-agua-limpia-y-potable-en-todo-el-mundo>

VIII. Conclusión

La situación hídrica de Morelia demanda acciones urgentes y coordinadas que integren soluciones técnicas, sociales y ambientales. La escasez de agua potable, los problemas de inundación, la pérdida de agua por fugas y el descenso del nivel freático evidencian la necesidad de adoptar un modelo de gestión hídrica integral y resiliente, con la participación activa de todos los involucrados.

Estrategias de Resiliencia Hídrica

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	www.cedeus.cl Internet	583 palabras — 2%
2	www.interchalet.it Internet	339 palabras — 1%
3	implanmorelia.org Internet	286 palabras — 1%
4	podcast.unesp.br Internet	178 palabras — < 1%
5	www.morelia.gob.mx Internet	173 palabras — < 1%
6	www.coursehero.com Internet	162 palabras — < 1%
7	www.urbanisten.nl Internet	125 palabras — < 1%
8	hdl.handle.net Internet	115 palabras — < 1%
9	docplayer.es Internet	81 palabras — < 1%
10	iplaneg.guanajuato.gob.mx Internet	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Maestría en Diseño Avanzado	
Título del trabajo	Estrategias de resiliencia hídrica en zona urbana de Morelia, caso de estudio: colonia "Prados Verdes"	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	María Carmen Tapia Noriega	0711860e@umich.mx
Director	Mtro. Joaquin López Tinajero	joaquin.lopez@umich.mx
Codirector		
Coordinador del programa	Dr. Habid Becerra Santacruz	habid.becerra@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	Si	En algunos apartados pedía se mejorar el texto de redacción propia
Traducción al español	Si	Algunos libros de consulta si para antecedentes
Traducción a otra lengua	Si	En la redacción del Abstract

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Revisión y corrección de estilo	No	
Análisis de datos	No	
Búsqueda y organización de información	No	
Formateo de las referencias bibliográficas	No	
Generación de contenido multimedia	No	
Otro	No	

Datos del solicitante	
Nombre y firma	María Carmen Tapia Noriega 
Lugar y fecha	23/06/2025