

# Ciudades Sensibles al Agua

---

Oportunidades para avanzar en resiliencia urbana en la Región de Los Lagos



**Patagua**

Gestión integrada del agua

Empresa



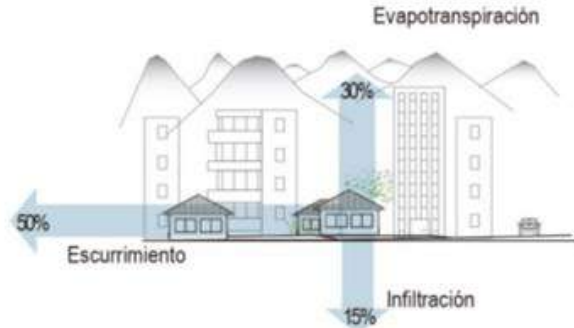
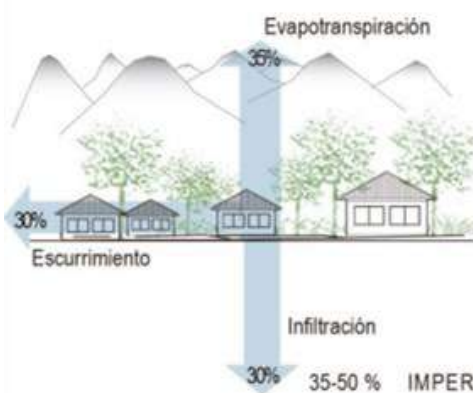
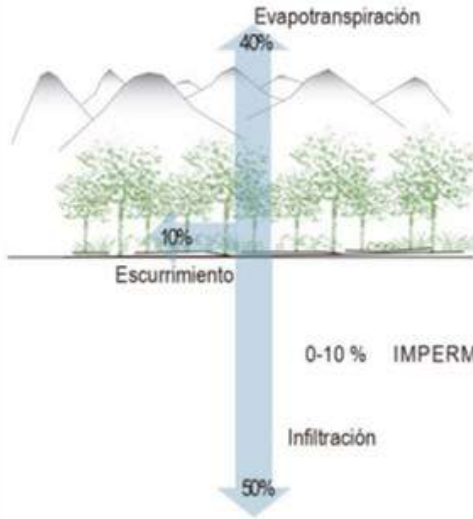
Certificada

## DISEÑO URBANO SENSIBLE AL AGUA (WSUD)

“

Enfoque que busca **integrar el ciclo del agua** en la planificación, diseño y gestión y de entornos urbanos, para minimizar impactos sobre los ecosistemas, potenciar la resiliencia frente a amenazas climáticas y mejorar la calidad de vida de las personas.”





## CICLO DEL AGUA

- La urbanización altera el ciclo natural del agua.
- A medida que aumenta el % de superficies impermeables, aumenta el % de escurrimiento.

## Puerto Varas | 2 de Julio de 2022



¿Evento extremo?

$T < 1$  año

(14 veces en 2023)



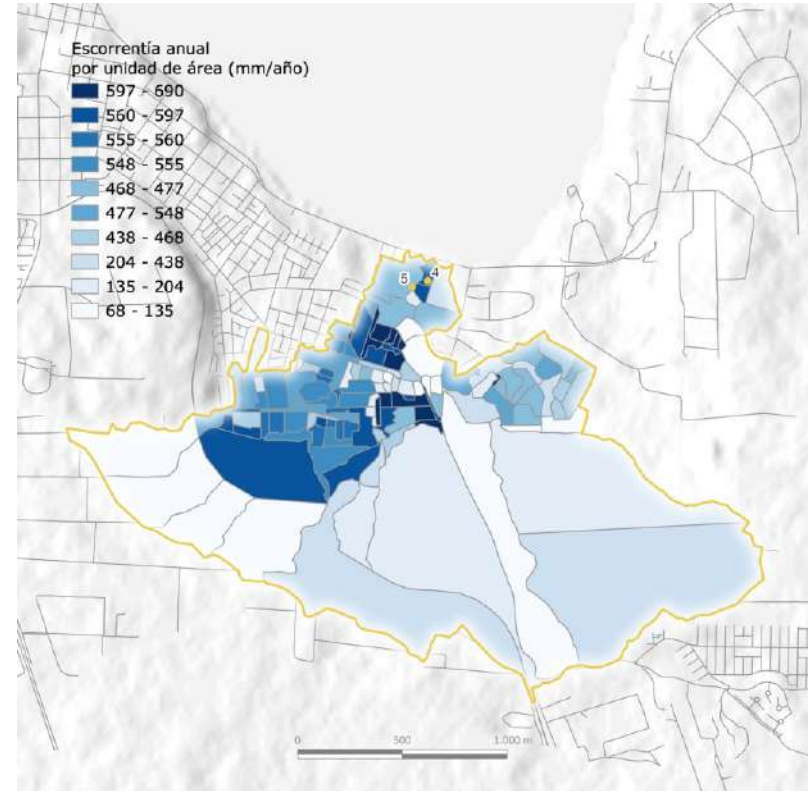


# CAMBIAR LA PERSPECTIVA



## ENFOQUE TRADICIONAL:

¿Cómo sacamos el agua de aquí?



## ENFOQUE WSUD:

¿Cómo evitamos que el agua llegue aquí?



**DEL GRIS**

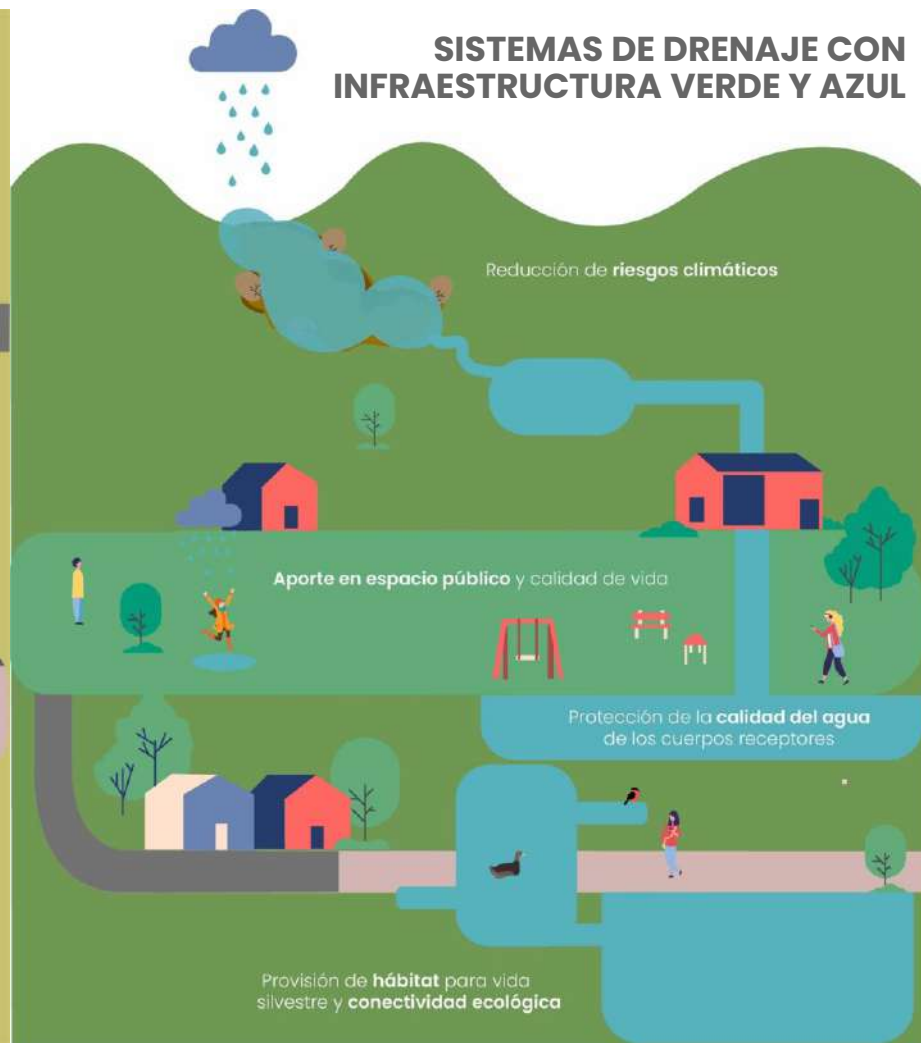


**AL VERDE Y AZUL**

## SISTEMAS DE DRENAJE CON INFRAESTRUCTURA GRIS

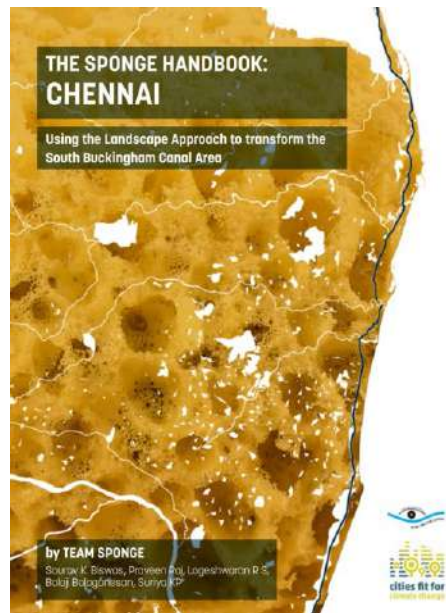


## SISTEMAS DE DRENAJE CON INFRAESTRUCTURA VERDE Y AZUL

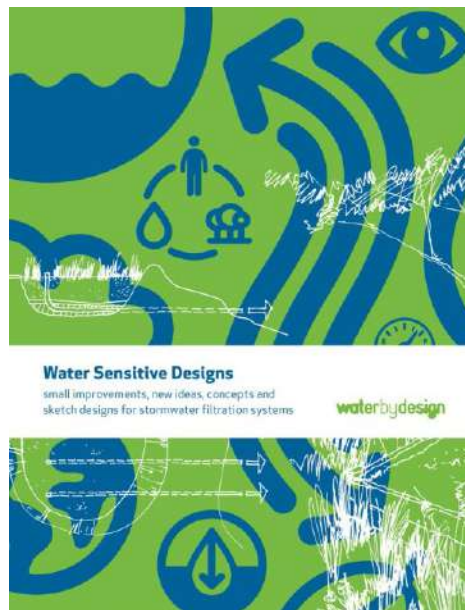




# REFERENTES INTERNACIONALES



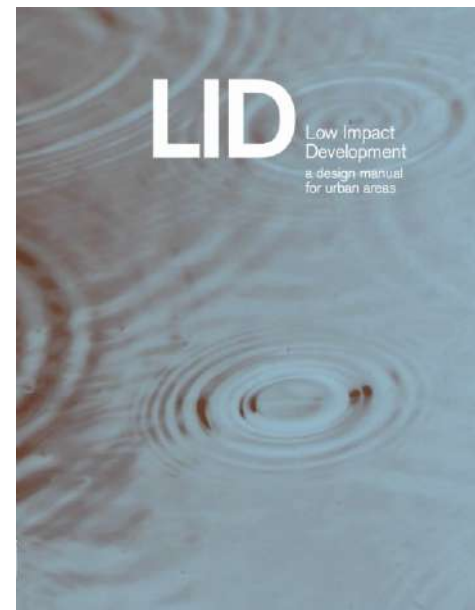
Chennai, India | 2019



Australia | 2014



Londres, Reino Unido | 2015

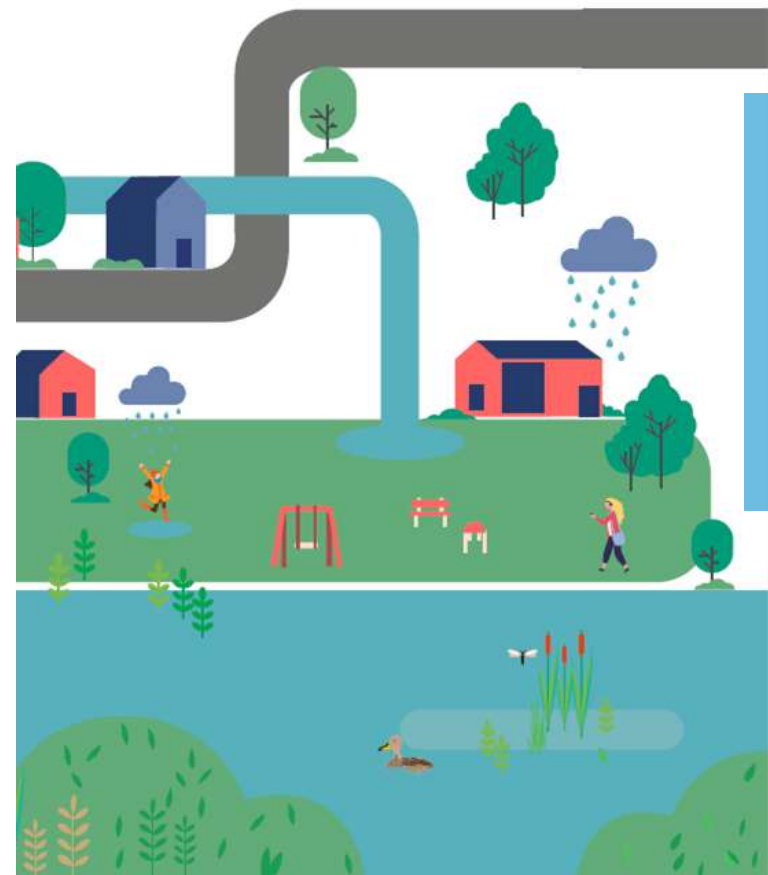


Arkansas, USA | 2010



# CIUDADES SENSIBLES AL AGUA

Guía de Drenaje Urbano Sostenible para la Macrozona Sur de Chile



## RESIGNIFICAR EL AGUA

COMO ELEMENTO DE VALOR EN LA CIUDAD Y  
GESTIONARLA DE FORMA SOSTENIBLE

I

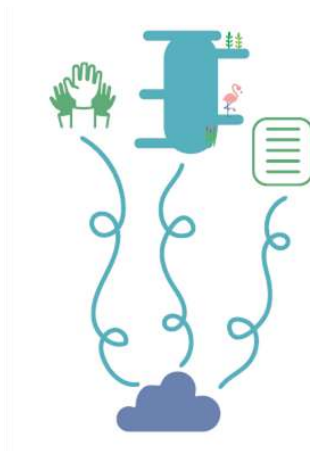
## MARCO CONCEPTUAL



¿Qué es el DUS?  
Contexto internacional  
Marco normativo  
Contexto macrozonal

II

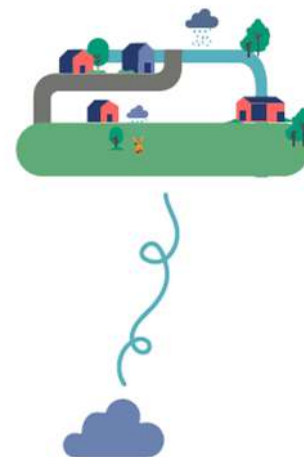
## PROPUESTA METODOLÓGICA



Estudio de antecedentes  
Modelación hidrológica  
Optimización de IV  
Sostenibilidad de sistemas DUS

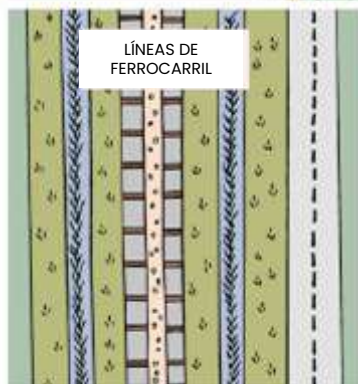
III

## CASO APLICADO



**Llanquihue** como modelo de adaptación climática

# INFRAESTRUCTURA VERDE







## Componente: CALLES URBANAS

### Escenario de diseño optimizado

Los pasajes mantienen, hasta el lado más bajo del bombeo de la catada de una vía, zanjas de infiltración que reciben, entre otras aguas, aquellas que precipitan directamente sobre el pavimento. Esta zanja se encuentra protegida con elementos discontinuos para evitar el ingreso de vehículos. Por la misma acera, la esorrenta que fluye en sentido contrario, es decir, desde espacios urbanizados hacia zanjas de infiltración, pasan sobre franjas filtrantes o jardines de lluvia.

En la acera contraria del pasaje, se construyen franjas filtrantes y se diseñan estacionamientos de borde de catada con pavimento permeable. Estos elementos recibirán, principalmente, las aguas lluvias desde la escala domiciliar hacia aguas arriba.

En calles de doble vía, se incorporan zanjas de infiltración a cada uno de los lados de la catada, además de jardines de lluvia intermitentes, que son protegidos por elementos discontinuos frente al ingreso de vehículos. Las aceras, se construyen de pavimento permeable.

Las transiciones de áreas impermeables a áreas permeables, en este diseño optimizado, ocurren al mismo nivel (sin soleiras continuas u otros obstáculos para el flujo). Además, se selecciona vegetación nativa con un nivel de diversidad y complejidad de especies y estratos en correspondencia con su escala y área de intervención.

### Escala de drenaje



Red primaria



Red secundaria

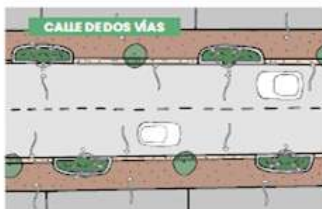
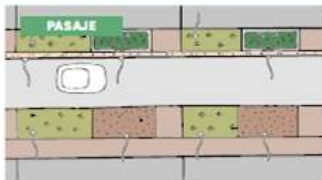
### Ventajas y desventajas

Dentro de sus ventajas destaca la reivindicación a través de estas medidas, de la calle como un espacio público multifuncional de calidad. Además, son espacios que permiten conectar los distintos elementos de la ciudad logrando un sistema conectado superficialmente.

Entre sus desventajas destaca que, al ser uno de los elementos que recibe la mayor parte de la contaminación de la ciudad, algunos componentes requieren de importante mantención para evitar su colmatación y falta, entre ellos: pavimentos permeables, jardines de lluvia, franjas filtrantes y zanjas de infiltración.

### Requerimientos de mantención

- Ciertas secciones de vegetación de las **franjas filtrantes** deben ser removidas periódicamente para evitar la colmatación producto de los sedimentos y los **pavimentos permeables** deben ser barridos anualmente.
- Se deben retirar las ramas y hojas caídas de los **jardines de lluvia** para mejorar la eficiencia y considerar poda frecuente.
- Las **zanjas de infiltración** requieren de una revisión de su estado funcional y posible remoción de sedimentos cada 2 años. Cada 5 a 10 años realizar reemplazo total o parcial, o reparación de todos los elementos que compongan la zanja.



### Simbología:

- Franja filtrante
- Jardín de lluvia
- Pavimento permeable
- Zanja de infiltración
- Senda peatonal
- Pavimento impermeable
- Área impermeable
- Conductión superficial
- Almacenamiento temporal e infiltración

### Casos de aplicación

Corresponden a los ejes viales públicos y privados incluyendo sus calzadas de hasta dos vías, aceras, ciclovías (comúnmente construidas de materiales impermeables), caminos peatonales y todos aquellos otros elementos presentes hasta la línea oficial de edificación. Refiere especialmente a calles de una y dos vías que, según la clasificación dispuesta en el Manual de Carreteras (MOP, 2016), corresponden a vías de tipo colector, local y/o de desarrollo.



Una alternativa para reducir el número de colectores subterráneos que suelen incorporarse en calles urbanas, es considerar, según la factibilidad de la calle, la incorporación de zanjas con vegetación. Por otro lado, cuando exista una red subterránea o se diseñe una por considerarse necesaria, las soluciones SJS de la situación optimizada deberán interactuar adecuadamente con ella.



### Rendimiento multifuncional



#### Funciones hidrológicas

- Infiltración
- Almacenamiento
- Conducción



#### Servicios ecosistémicos

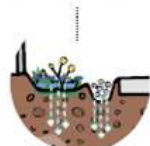
- Reducción de riesgo de inundación
- Depuración de aguas
- Provisión de hábitat y conectividad ecológica
- Provisión de espacios de recreación

### CALLES URBANAS

### Simbología:

- Superficie permeable vegetada
- Superficie semipermeeable vegetada
- Superficie permeable tipo pavimento
- Superficie impermeable

Los **jardines de lluvia** recolectan las aguas lluvias gracias a la pendiente del bombeo de la catada.

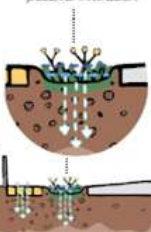


Infiltración



Las **franjas filtrantes** se encuentran al mismo nivel que los pavimentos impermeables. Pueden mantener elementos de protección discontinuos.

Los **jardines de lluvia** recolectan y almacenan temporalmente las aguas lluvias, para su poste-filtración.

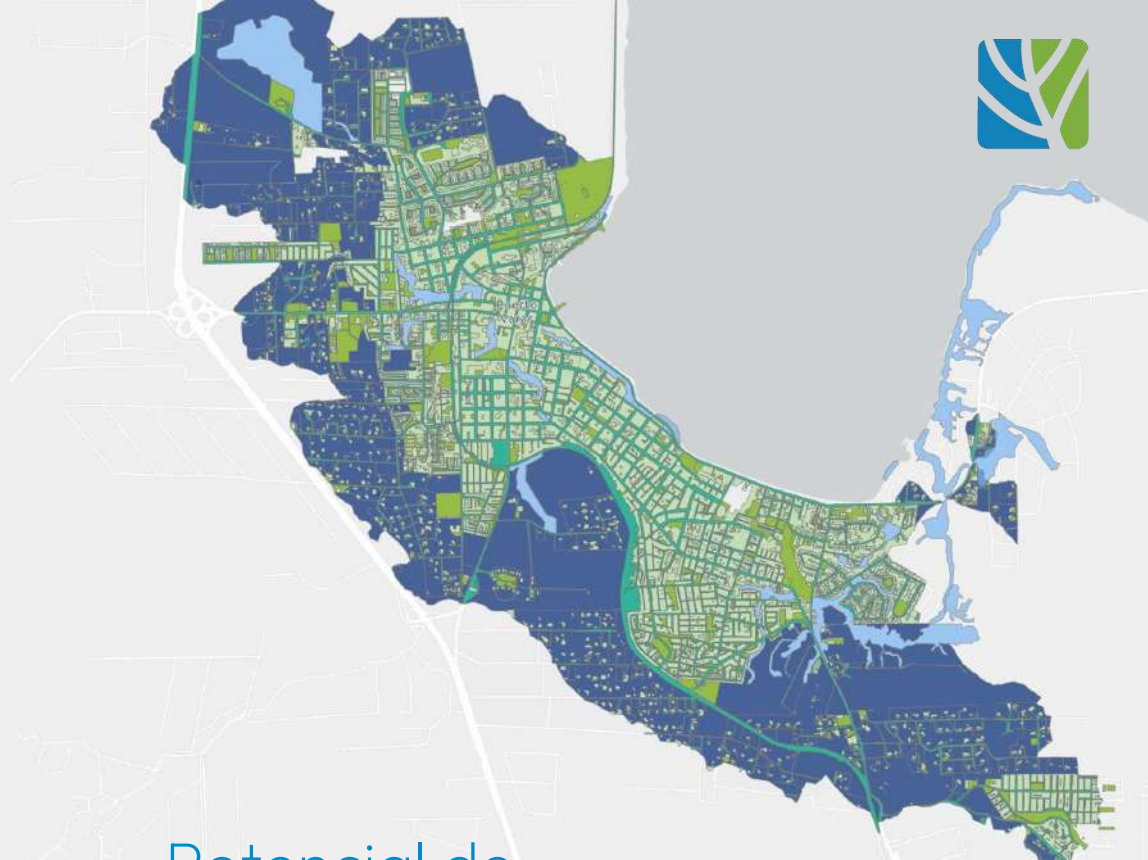


Las **zanjas de infiltración** pueden trabajar en conjunto con el sistema subterráneo de drenaje.





- Espacios edificados
  - Techos
  - Jardines de espacios edificados
  - Estacionamientos
  - Plazas de barrio
  - Parques urbanos
  - Cementerios
  - Canchas de pasto
  - Sitios eriazos
- Grandes espacios urbanos
  - Calles urbanas
  - Avenidas parque
  - Rotondas
  - Líneas de ferrocarril
- Elementos viales
  - Humedales
  - Esteros
  - Quebradas
  - Borde de lago
- Elementos naturales
  - Parcelas de agrado
  - Grandes sitios periurbanos
- Entorno periurbano



Potencial de  
infraestructura **verdeazul**

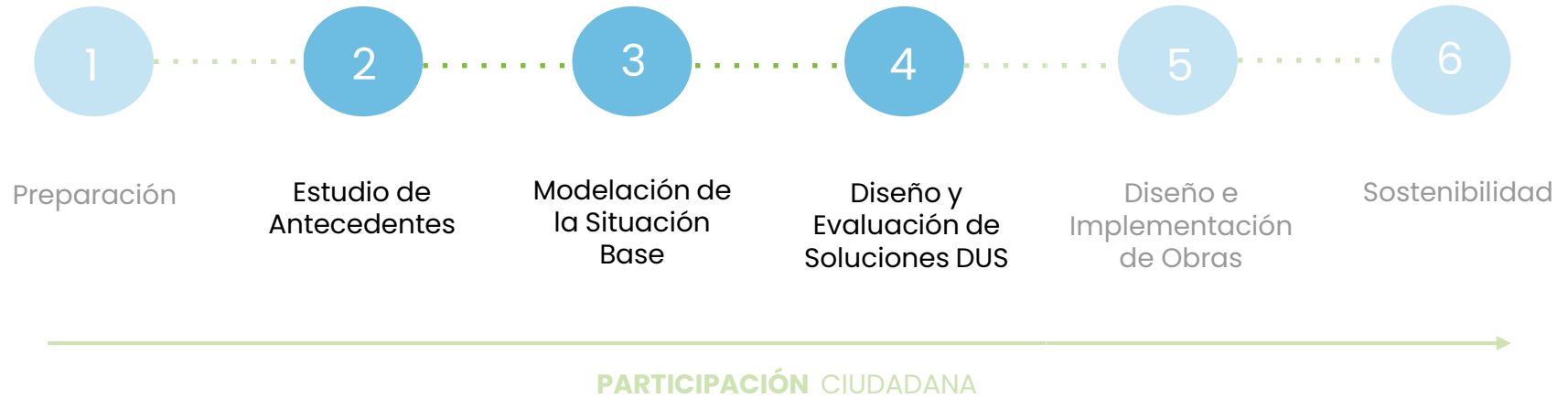


**07**

**Llanquihue  
Norte**



# METODOLOGÍA GUÍA

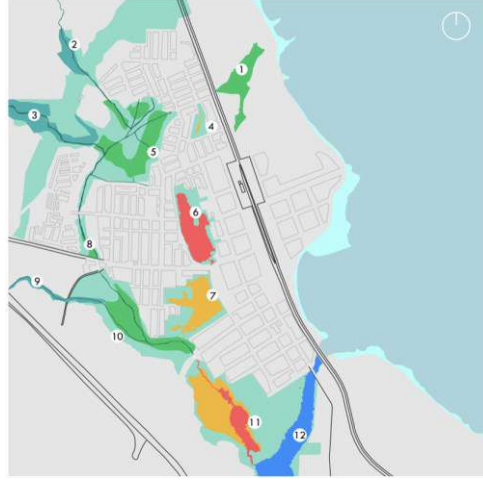


# Estudio de Antecedentes

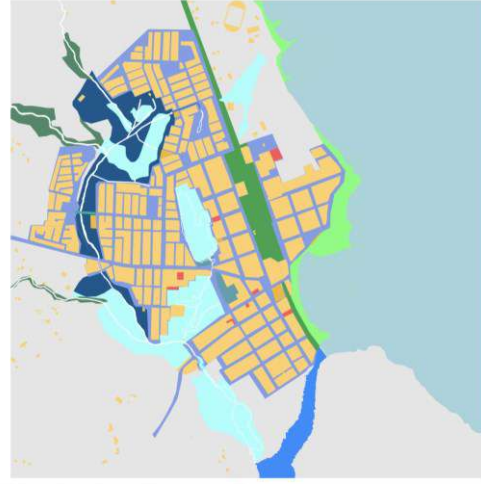
Índice de calidad de agua



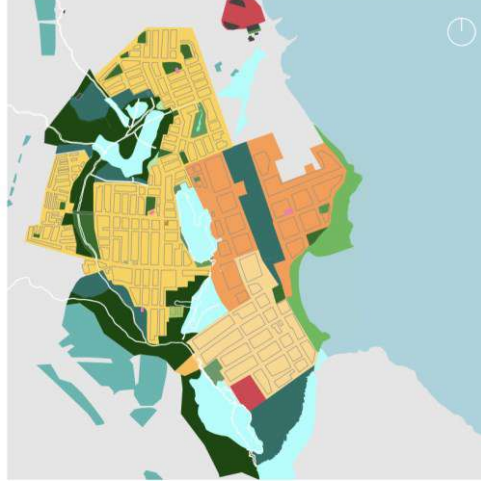
Cursos y cuerpos de agua



Potencial de IV



Usos y coberturas de suelo



Red vial

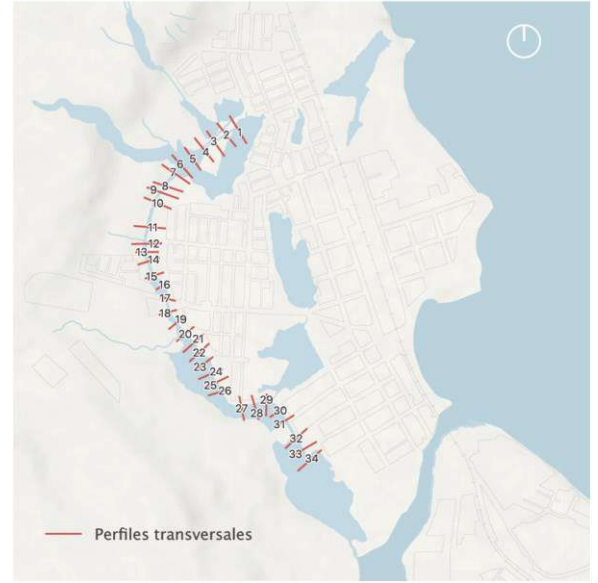
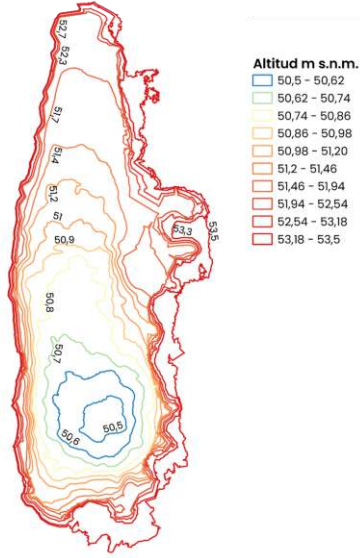


Topografía

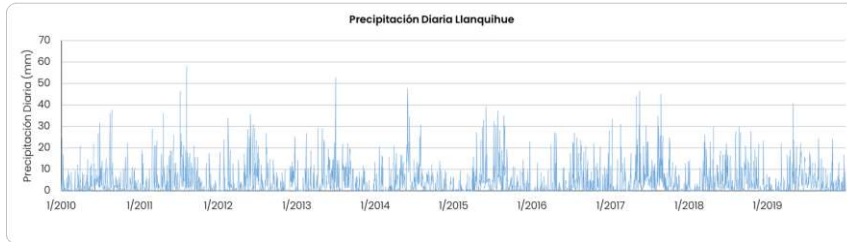


# Estudio de Antecedentes

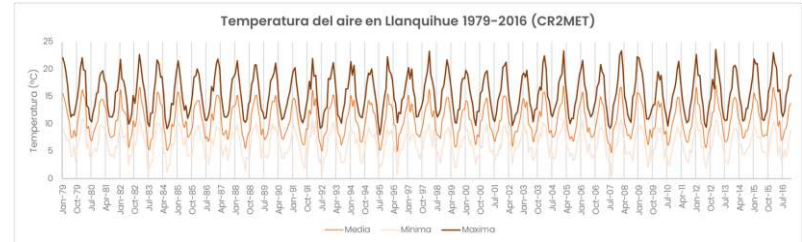
## Batimetrías



## Series de precipitación



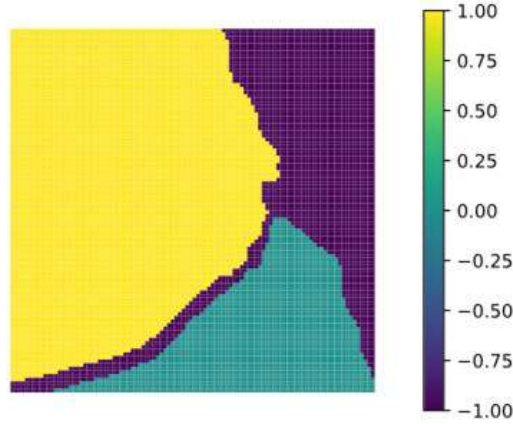
## Series de temperatura



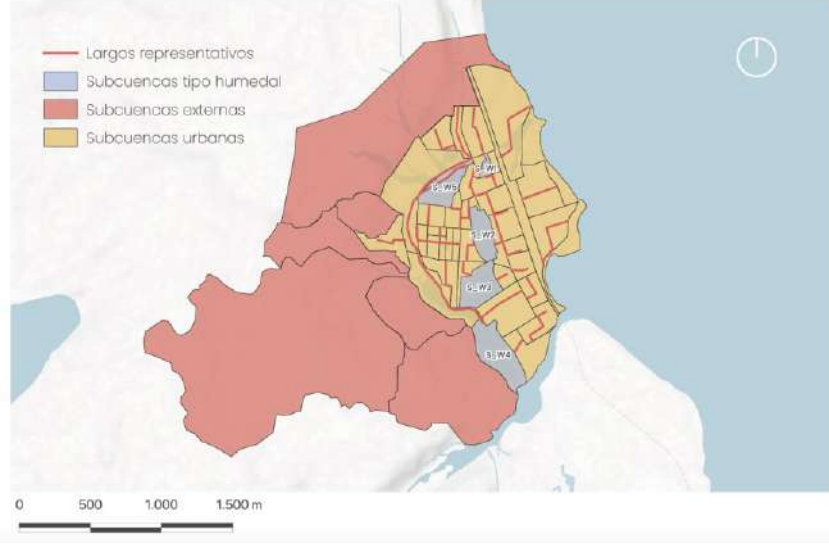


# Modelación situación base

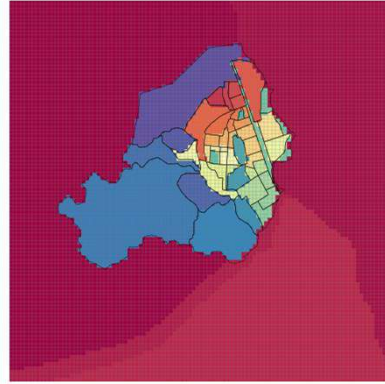
Modelo MODFLOW



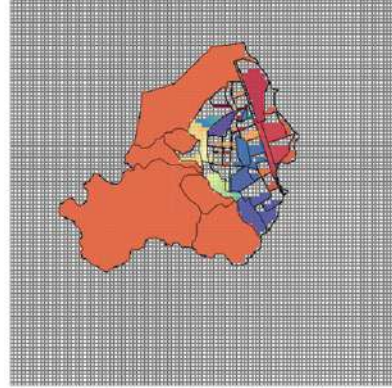
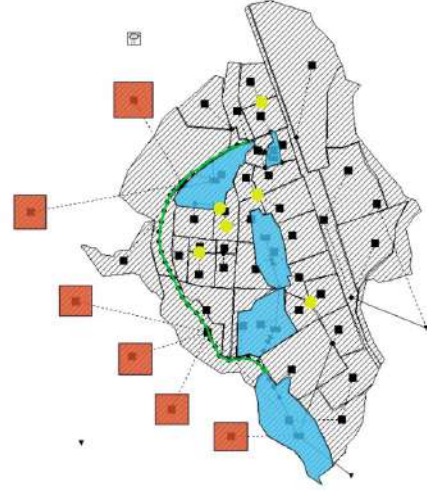
Cuencas aportantes



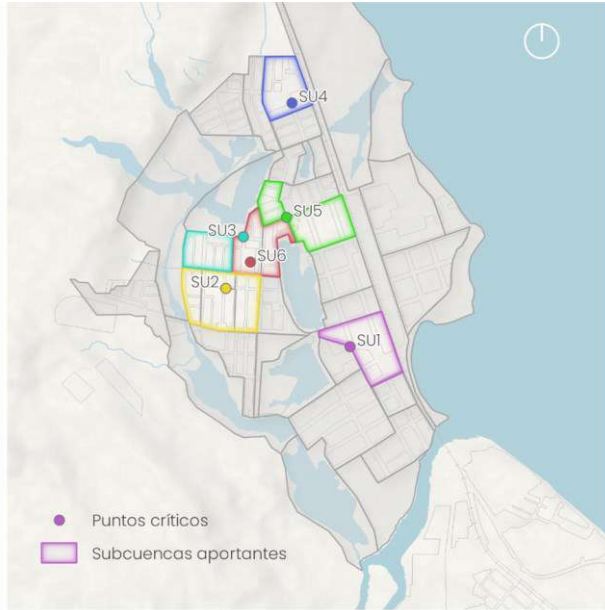
Acople SWMM-MODFLOW



Modelo SWMM



# 6 puntos críticos de inundación



SU4

SU4



**Pavimentos**

- Jardín de Lluvia
- Canal vegetado
- Pavimento permeable
- Pavimento impermeable

- Estanque de detención
- Área verde/ Pasto
- Colector

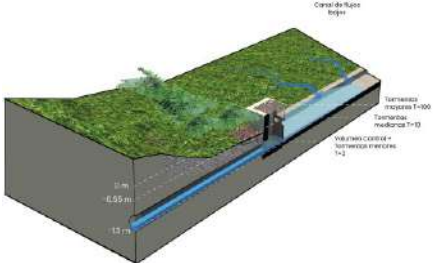
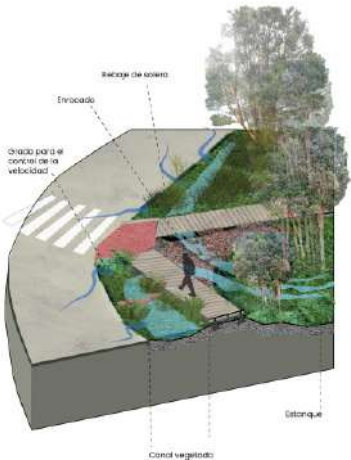
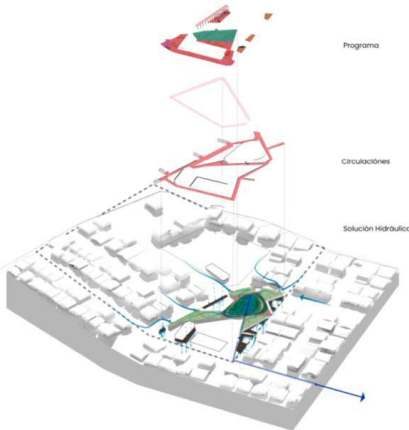
**Equipamientos**

- 1.- Sede Social
- 2.- Cancha Preexistente
- 3.- Graderías cancha
- 4.- Paradero transporte público
- 5.- Foodtruck
- 6.- Estacionamiento
- 7.- Área techada
- 8.- Mirador
- 9.- Juegos de niños



# Plaza Villa Hermosa como estanque de detención

# SU4

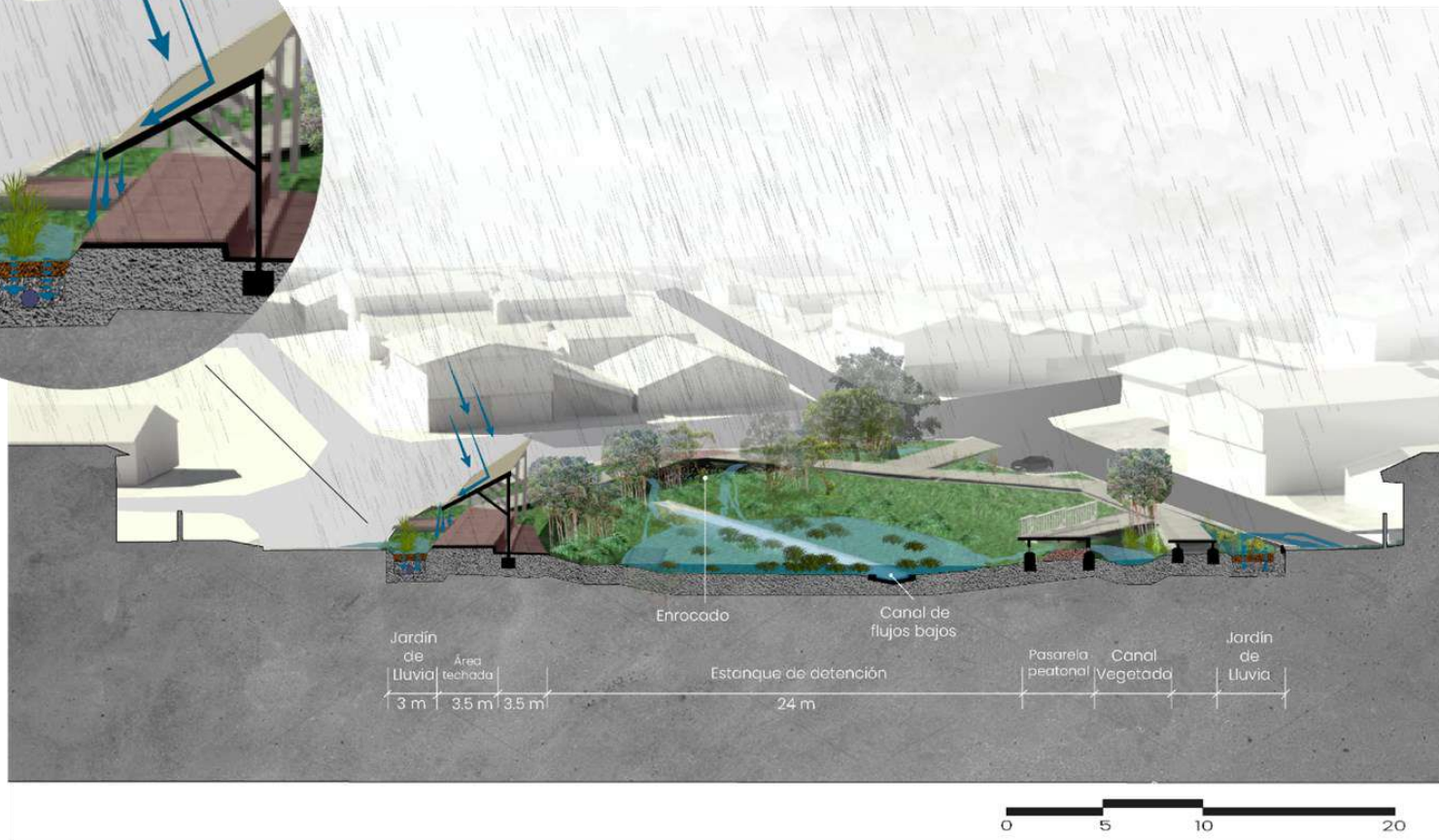
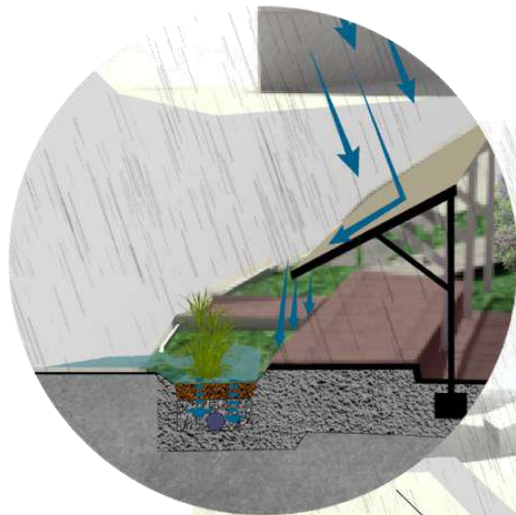


Corte A-A'





Corte B-B'



SU4



# Patagua

Gestión integrada del agua

Empresa



Certificada

[www.patagua.cl](http://www.patagua.cl)

[info@patagua.cl](mailto:info@patagua.cl)





# Av. Matta esq. Erardo Werner: descentralización

# SU1

