



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
DOCTORADO EN ARQUITECTURA Y URBANISMO

El paisaje como infraestructura para la adaptabilidad y resiliencia de territorios en riesgo de desastres.

El caso de los Parques de Mitigación en localidades de borde costero del centro-sur de Chile post tsunami 2010.

Tesis Doctoral presentada por
Mg. Arqto. OSVALDO MORENO FLORES

ante la
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la
Universidad Nacional de La Plata

para acceder al Grado de Académico de
DOCTOR EN ARQUITECTURA Y URBANISMO

Director de tesis:
FERNANDO ALIATA

Co-Director:
HERMANN MÜHLHAUSSER

La Plata, Argentina. Diciembre de 2020

*A mi familia, fuente inagotable de
inspiración e incondicional apoyo.*

Índice de Materias y Contenidos

Resumen / Abstract	7
Capítulo 1: Introducción a la Investigación.	
Desastres, riesgo y resiliencia. Aproximaciones desde el paisaje.	9
1.1. Problema de investigación.	9
1.2. Preguntas de investigación.	15
1.3. Hipótesis.	15
1.4. Objetivos	18
1.5. Metodología de la Investigación.	19
Capítulo 2: Marco Teórico y Estado del Arte.	
(Re) Definiendo el Paisaje como infraestructura para la resiliencia de territorios y comunidades vulnerables ante desastres.	24
2.1. Desastres, vulnerabilidades y territorios en riesgo. Acepciones y enfoques.	27
2.1.1. El desastre como problema de Paisaje: ecología, representación y proyecto.	32
2.1.2. Desastres en Chile: el borde costero como espacio de transición y territorio en riesgo ante la acción de marejadas y tsunamis.	48
2.2. Resiliencia. Un nuevo enfoque asociado a la gestión de territorios en riesgo.	62
2.2.1. Gestión de resiliencia: bases conceptuales de planificación y diseño para la adaptabilidad y reducción de riesgo.	70
2.3. Infraestructuras Verdes. Planificación y diseño de paisajes resilientes.	77
2.3.1. Paisaje: desde la idea de jardín a la noción de infraestructura verde.	84

2.3.2. La infraestructura verde como plataforma de resiliencia para ciudades y territorios.	93
Capítulo 3: Análisis del Contexto de Investigación.	
Caracterización del tsunami de 2010 en el borde costero del centro sur de Chile y análisis de los instrumentos de planificación territorial post desastre.	103
3.1. Impacto del Tsunami 2010 en el borde costero de las regiones del Maule y Biobío.	110
3.2. Planificación territorial y gestión del desastre. Marco normativo y operativo en Chile: definiciones, disposiciones e instrumentos.	118
3.2.1. Prevención de desastre.	120
3.2.2. Respuesta a la emergencia.	124
3.2.3. Rehabilitación y Plan de Reconstrucción Post 27F.	127
3.3. Planes Maestros de Reconstrucción: PRBC y PRES.	136
Capítulo 4: Estudio de Caso.	
El desastre como espacio de oportunidad para repensar las dinámicas de habitabilidad desde el paisaje: los Parques de Mitigación en el contexto de la reconstrucción post tsunami de 2010.	144
4.1. Parques de Mitigación, pieza emblemática de los Planes Maestros de Reconstrucción post 27F.	144
4.1.1. Constitución, paisaje de bordes en riesgo.	146
4.1.2. Plan de Reconstrucción de Constitución. Hacia un modelo de planificación de infraestructura verde multipropósito.	154
4.2. Parque de Mitigación de Constitución. Estrategia para la reducción de riesgos y la reclamación del paisaje fluvial.	166
4.2.1. Diseño conceptual del parque como infraestructura de mitigación. Fundamentos y estrategias.	169
4.2.2. Diseño del proyecto ejecutivo. Técnicas y operaciones.	179

4.3. Otros casos de Parques de Mitigación en localidades costeras.	
Los casos de Pelluhue y Dichato.	196
4.3.1. Parque Dunar en Pelluhue.	200
4.3.2. Parque de Borde Costero en Dichato.	213
Capítulo 5: Resultados y conclusiones.	
Hacia un modelo de resiliencia urbana desde el paisaje: Formulación de lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios técnicos para el diseño de Parques de Mitigación.	225
5.1. Síntesis e integración de referencias asociadas a la experiencia internacional.	229
5.2. Propuesta de lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios de diseño del Paisaje para el fortalecimiento de los Parques de Mitigación en contextos de borde costero.	239
5.2.1. Lineamientos conceptuales: definiciones indicativas y normativas de planificación y diseño.	241
5.2.2. Estrategias de planificación: articulaciones y sinergias con el mosaico de paisaje.	244
5.2.3. Criterios técnicos de diseño del Parque como sistema integrado de amortiguación.	248
5.2.3.1. Diseño de componentes <i>off-shore</i> .	248
5.2.3.2. Defensas construidas.	251
5.2.3.3. Sistemas de circulación / evacuación.	253
5.2.3.4. Modelamiento topográfico.	254
5.2.3.5. Bosques de mitigación.	256
5.3. Conclusiones y proyecciones de la investigación.	261
5.3.1. Validación de la hipótesis.	264
5.3.2. Alcance de los objetivos propuestos.	267
5.3.3. Resultados y proyecciones de la investigación.	270

Bibliografía.	273
Índice de Tablas y Figuras.	292
Anexo 1.	
Análisis de experiencias internacionales en materia de planificación y diseño de infraestructuras verdes para la resiliencia urbana y reducción de riesgos de desastres.	301
Anexo 2.	
Publicaciones del doctorando, relacionadas con planificación y diseño de paisaje, infraestructura verde, resiliencia urbana y desastres.	310

Resumen.

La investigación tiene como propósito estudiar el alcance y contribución de la planificación y diseño del paisaje en la gestión de riesgos, adaptabilidad y resiliencia urbana de territorios afectados por desastres, tomando como caso de estudio el sistema de parques de mitigación de tsunamis proyectado en los años posteriores al evento de terremoto y tsunami de Febrero de 2010, en localidades urbanas costeras del centro-sur de Chile, en las regiones del Maule y Biobío.

En ese marco, el paisaje constituye una plataforma apta para analizar, representar y proyectar las condiciones dinámicas de territorios, con especial atención a aquellos contextos caracterizados por situaciones de exposición a cambios. El desastre en tal sentido, comprendido desde la perspectiva de un cambio abrupto en la trayectoria de un sistema territorial, conforma un ámbito de estudio de alto interés para la arquitectura del paisaje y ésta provee de la sensibilidad para abordar su complejidad en materia de transformación y potencial adaptabilidad. En términos más precisos, la arquitectura del paisaje puede ser entendida como un soporte estructurante del territorio, que permite reconocer y también diseñar sistemas socioecológicos claves para la resiliencia de territorios y comunidades, favoreciendo la prestación de funciones y servicios relacionados con la prevención y/o mitigación de efectos de desastres asociados a inundación o remoción en masa, así como también permitiendo la evacuación y refugio de la población afectada.

Respecto al caso de estudio, la figura de los Parques de Mitigación desarrollados bajo el alero de los Planes de Reconstrucción en el periodo 2010-2015, en la zona centro-sur de Chile, constituye un antecedente relevante en materia de puesta en práctica del enfoque asociado a la arquitectura del paisaje como infraestructura para la mitigación y reducción de riesgos. No obstante, dada su importancia como pieza clave para la resiliencia urbana ante la ocurrencia de desastres de tsunami, es fundamental profundizar en su análisis respecto a los criterios y lineamientos que determinan su formulación, así como también fortalecer el campo de conocimiento referido a las estrategias y técnicas que definen su diseño.

Para ello, el estudio de la experiencia internacional en materia de planificación y diseño de paisaje como infraestructura para la adaptabilidad y resiliencia de territorios afectados por desastres permitirá sistematizar lineamientos, estrategias y técnicas orientadas a fortalecer las bases sobre las cuales se desarrollan actualmente los Parques de Mitigación en Chile.

Abstract.

The main purpose of this doctoral research is to study the scope and contribution of landscape planning and design in the management of risks, adaptability and urban resilience of disaster-affected territories, taking as a case study the projected tsunami mitigation park system in the years after the earthquake and tsunami event of February 2010, in coastal urban areas of the Maule and Biobío regions, in Chile.

Within that framework, the landscape can be understood as an important platform to analyze, represent and project the dynamic conditions of territories, with special attention to those contexts characterized by situations of exposure to changes. In this sense, disasters can be understood as an abrupt change in the evolutionary process of a territorial system, building a high interest field of study of for landscape architecture, that provides the sensitivity to address its complexity in terms of transformation and potential adaptability. The case of the Mitigation Parks developed in the Reconstruction Plans in the period 2010-2015 – in the coastal cities of central-southern Chile – defines a relevant background in the implementation of the landscape architecture approach as infrastructure for risk reduction. Due to its importance as a key piece for urban resilience in the event of tsunami disasters, it is essential to deepen the analysis of the criteria and guidelines that determine its formulation, as well as strengthen the field of knowledge related to the strategies and techniques that defined their design.

The study of international experience in landscape planning and design as an infrastructure for the adaptability and resilience of disaster-affected territories will allow systematizing guidelines, strategies and techniques to strengthen the foundations on which the Mitigation Parks in Chile are currently being developed.

Capítulo 1: Introducción a la Investigación.

Desastres, riesgo y resiliencia. Aproximaciones desde el paisaje.

1.1. Problema de investigación.

La arquitectura del paisaje constituye un campo multidisciplinario en el cual convergen diversos ámbitos de conocimiento vinculados a las ciencias sociales, las ciencias naturales y las disciplinas del arte, las cuales se integran y sintetizan a partir de técnicas asociadas al diseño y la planificación territorial, en escalas variables de representación y proyecto. Aun cuando el papel tradicional de la arquitectura del paisaje se ha situado históricamente en la producción de escenarios de ocio y esparcimiento en ciudades a través del diseño de jardines y espacios verdes, la compleja realidad contemporánea devela nuevos desafíos y campos de actuación, integrando conceptos que refieren a condiciones de contextos inestables y cambiantes, especialmente relacionadas con territorios vulnerables ante impactos y perturbaciones generadas por desastres. En este panorama reciente – y como se expondrá en el segundo capítulo de esta investigación – resulta interesante constatar también el rol ascendente de la arquitectura del paisaje en las iniciativas de planificación territorial con enfoque de gestión de riesgo y resiliencia, pasando de comparecer como una especialidad vinculada a soluciones específicas de diseño paisajístico, para constituirse como plataforma articuladora de este tipo de instancias.

La ocurrencia de un desastre es posible debido a la propensión de una determinada zona o asentamiento humano al riesgo de afectación derivado de un fenómeno de origen natural o antrópico, determinado por la consumación de un proceso – a veces de larga data – de generación de condiciones de riesgo en la sociedad. Como señala Tapia & Arteaga (2015), la ocupación desaprensiva de territorios expuestos a amenazas naturales, la falta de estudios profundos de riesgos, que antecedan a la planificación de la localización y crecimiento de las ciudades sobre terrenos seguros, así como los niveles de pobreza y segregación social, constituyen factores sociales, culturales y políticos de los cuales depende el nivel de daño que puede sufrir la población. Mientras los riesgos representan las probabilidades de que ocurran desastres en un determinado lugar, las catástrofes registran su manifestación a través

de daños y pérdidas de vidas humanas, bienes y servicios económicos, materiales, psicológicos, culturales y simbólicos, así como de importantes perturbaciones en el comportamiento de las estructuras sociales y de las instituciones encargadas de mantener la normalidad y resiliencia de los grupos humanos que habitan los asentamientos rurales y urbanos (Aravena, Fuentes, & Guerra, 2010).

El desastre, comprendido así como un proceso de cambio abrupto en la trayectoria de los sistemas antrópicos y ecológicos en un determinado contexto territorial, constituye un ámbito de estudio emergente de alto interés para la arquitectura del paisaje, en el contexto de territorios urbanos expuestos a riesgos de desastres. Y ésta – dada su posición intermedia e integradora de diversos ámbitos de conocimiento – puede proveer de la sensibilidad necesaria para abordar su complejidad en materia de transformación y potencial adaptabilidad.

En el marco de esta problemática, el surgimiento del proyecto de paisaje ha estado estrechamente vinculado – en especial en la última década – a experiencias de intervención en territorios afectados por eventos hidrometeorológicos, principalmente en el contexto norteamericano. El impacto recurrente de tormentas y huracanes en América del Norte - como Katrina en 2005, Ike 2008 y Sandy en 2011 - han sido factores desencadenantes de iniciativas de investigación y políticas públicas orientadas a promover instrumentos de planificación y proyectos para la reducción de riesgo ante desastres, principalmente referidos al manejo de inundaciones en ciudades costeras (Lister, 2015). Asimismo, desastres relacionados con tormentas y tsunamis ocurridos en el norte de Europa y Asia, respectivamente, aportan experiencias relevantes en materia de planes y proyectos. En torno a este panorama, que también adopta los lineamientos establecidos por Naciones Unidas a través de diversas instancias intergubernamentales para la gestión del riesgo de desastres, la arquitectura del paisaje ha tenido un emergente espacio de desarrollo teórico y práctico, cuya base conceptual en materia de diseño es informada tanto por el conocimiento ecológico, como las ciencias aplicadas de la ingeniería, la arquitectura y el urbanismo (Waldheim, 2016; Reed & Lister, 2014; Corner & Bick, 2014).

El resultado de estas experiencias de investigación y práctica profesional abre un renovado espacio de reflexión y exhibe transversalmente un cuestionamiento hacia los tradicionales enfoques de planificación ante desastres naturales, durante mucho tiempo arraigados en el lenguaje de la resistencia y el control. Asociados a estrategias de defensa costera mediante grandes estructuras de fortificación y blindaje, han utilizado respuestas de ingeniería convencional con obras civiles diseñadas para contraponerse, generalmente de manera infructuosa, a las fuerzas naturales. Por el contrario, los enfoques emergentes que evidencian estos planes y proyectos concebidos desde la arquitectura del paisaje, hacen referencia al lenguaje de la resiliencia, el manejo adaptativo y la versatilidad, mediante el diseño de infraestructuras verdes conformadas por ingenierías híbridas de elementos construidos, manejo de topografías y sistemas ecológicos, que se adaptan a las condiciones dinámicas del territorio, sus múltiples naturalezas y fenómenos.

Chile, con su amplia extensión de 4.329 kilómetros de longitud continental, ubicado en una estrecha franja contenida entre la Cordillera de los Andes y el Océano Pacífico, es un territorio esencialmente costero que atraviesa diferentes condiciones climáticas y geográficas¹, desde el árido desierto en su zona norte, hasta las áreas glaciares y subglaciares del sur austral. Como señala Fernández Galiano, el territorio chileno es un oxímoron geográfico: *“del desierto a los témpanos, este país interminable reptante por el meridiano para reconciliar el fuego con el hielo, deslizándose entre los Andes y el Pacífico con el aplomo*

¹ El clima de Chile abarca un amplio rango de características y condiciones, a través de una gran escala geográfica que se extiende por casi 40 grados de latitud en el territorio continental y casi 73 grados si se considera el reclamado Territorio Chileno Antártico. Al analizar de manera general la geografía de Chile continental, se puede señalar que el norte tiene un clima más seco con temperaturas relativamente altas, mientras que el sur posee un clima más fresco y húmedo, con aumento de precipitaciones hacia el sur, las cuales son más frecuentes durante los meses de invierno. Además se deben mencionar el clima tropical lluvioso, de Rapa Nui, o Isla de Pascua, el clima marítimo del archipiélago de Juan Fernández y el clima polar del Territorio Chileno Antártico. Según la clasificación climática de Köppen, Chile incluye dentro de sus límites al menos a 7 de los grandes subtipos climáticos: Desde el clima desértico en el norte, a la tundra y glaciares en el este y el sur, pasando por el húmedo subtropical en Isla de Pascua, el clima mediterráneo en Chile central, el clima oceánico en el sur y el clima polar en Antártica. Se presentan las cuatro estaciones en todo el país: Verano, de diciembre a marzo; Otoño, de marzo a junio, Invierno, de junio a septiembre; y Primavera, de septiembre a diciembre (INE, 2006).

del que a la vez se sabe cordillera y océano.” (Fernandez Galiano, 2002:3). Su estructura político-administrativa² – dividida jerárquicamente en regiones, provincias y comunas – devela su condición de territorio eminentemente costero: 14 de sus 15 regiones, 33 de sus 54 provincias y 102 de sus 346 municipios, limitan con el Océano Pacífico (SUBDERE, 2011). Asimismo, todas las regiones y provincias de Chile incluyen formaciones geográficas de cordillera³, generándose en algunas de ellas hasta 3 cordones cordilleranos que se desarrollan longitudinalmente en forma paralela, como ocurre en las regiones nortinas de Antofagasta y Atacama, donde convergen las cordilleras de Los Andes, de Domeyko y de la Costa.

Debido a la confluencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, Chile constituye un territorio altamente expuesto a múltiples riesgos de carácter geológico, tales como terremotos, tsunamis, remoción en masa y erupciones volcánicas; e hidrometeorológico, como inundaciones, aluviones, marejadas, tormentas, lluvias extremas y sequías, entre otros. (Arenas et al., 2010). Los impactos relacionados a estos eventos repercuten de manera importante tanto en el medio natural, como en los sistemas antrópicos, debido en gran medida a la presencia de asentamientos humanos, infraestructuras y actividades productivas localizadas en zonas de riesgo, condición agravada además por una débil planificación territorial que se evidencia especialmente en las ciudades regionales de escala intermedia y menor (Martínez, 2013).

Al respecto, como señala Arenas et al. (2010), una gran parte de las áreas urbanas en Chile presenta situaciones de riesgo, debido no sólo a la ocupación irregular y desprovista de planificación territorial, sino también a la presión ejercida desde el sector inmobiliario para la construcción en esos espacios. Por lo tanto, más allá de las condiciones físico-naturales, la

² Para dar cumplimiento a los objetivos de gobernanza, administración y gestión del territorio nacional, el país se divide en 15 unidades territoriales menores llamadas Regiones, y cada uno de ellas está a cargo de un intendente, los cuales son designados por el Presidente de la República (Capítulo IV de la Constitución Política). A su vez, las regiones se dividen, en provincias los cuales están a cargo de un gobernador, y éstas finalmente se dividen en comunas, también llamadas municipios, las que son dirigidas por un alcalde, el cual es electo por votación popular.

³ Las cordilleras, en tanto formaciones de relieve del territorio, expresan a su vez las dinámicas geológicas de pliegues de placas tectónicas, procesos sedimentarios y modelamientos derivados de la acción de la hidrología y la erosión eólica, por millones de años (Cereceda & Errázuriz, 2015).

escasa consideración de la dinámica y recurrencia de procesos naturales extremos, y su relación con el emplazamiento de asentamientos humanos ha incrementando el riesgo de desastre, especialmente en las localidades de borde costero (Lagos et al., 2008).

En este marco, el terremoto y tsunami ocurrido en Febrero de 2010 se considera uno de los eventos más relevantes en los registros históricos de actividad sísmica a nivel mundial, tanto desde el punto de vista de la magnitud del fenómeno, de la extensión territorial que abarcó y de la población comprometida – incluyendo a los principales centros urbanos e infraestructuras críticas del centro sur de Chile – con severas consecuencias en las localidades de borde costero en más de 600 kilómetros de extensión (MINVU, 2010). Por otra parte, desde un enfoque prospectivo, este desastre ha permitido, en años posteriores, desarrollar conocimiento científico y técnico en diversas áreas del conocimiento, favoreciendo procesos reflexivos relacionados con la planificación territorial de bordes costeros, contemplando una revisión de los protocolos de gestión de riesgo y un desarrollo de instrumentos especialmente focalizados en la zonificación de áreas de riesgo, en el marco de la actualización de instrumentos de planificación territorial (IPT) a escala comunal y regional.

A partir de este caso de estudio, la investigación abordará la revisión de la figura de los *Parques de Mitigación* en localidades costeras de las regiones del Maule y Biobío, cuyo planteamiento surge como estrategia de planificación en el contexto post-tsunami de Febrero de 2010, en el marco de los procesos de reconstrucción de ciudades afectadas en el centro sur de Chile. La propuesta de los Parques de Mitigación – planteada por primera vez en el plan de reconstrucción de la ciudad de Constitución – emerge como proyecto vinculado a proveer de espacios de amortiguación para disipar parte de los efectos generados por el impacto de tsunamis y marejadas, con el objetivo de favorecer, por un lado, los tiempos de evacuación de la población hacia zonas altas de seguridad y, por otro, de reducir los daños a la propiedad pública y privada. Este nuevo enfoque de infraestructura integra la noción de parque como estrategia que reflexiona sobre las condiciones de habitabilidad en los bordes expuestos a riesgos de desastres, definiendo nuevas posibilidades de encuentro social entre las ciudades litorales y los paisajes costeros, los cuales previos al desastre habían sido progresivamente ocupados, privatizados y subvalorados, en su dimensión cultural y

ecológica. De esta manera, el espacio público en la reconstrucción del 27F tiene un rol estratégico, dado que se comprende como el ámbito clave a intervenir para revertir las condiciones de vulnerabilidad, promover la reducción de riesgos de desastre y fomentar la resiliencia urbana.

Sin embargo, aun cuando los Parques de Mitigación han conformado un importante ámbito de inversión pública en la última década y sus estrategias han sido implementadas en diversos contextos territoriales, no existe todavía una base documental organizada que permita esclarecer los lineamientos conceptuales y criterios técnicos que han sido utilizados en su formulación e implementación. Por el contrario, los antecedentes referidos a estas experiencias se encuentran atomizados en diversos soportes asociados a estudios, informes, memorias y planos, lo cual hasta hoy ha dificultado su análisis y comprensión.

Por tanto, uno de los desafíos que asume esta investigación es visibilizar de manera ordenada y jerarquizada la información encontrada a partir de la consulta a diversas fuentes, sistematizando luego los resultados del análisis para determinar la idoneidad de las principales estrategias y operaciones que dan forma y sentido a la figura de los Parques de Mitigación. Por otra parte, esta base articulada de análisis permitirá identificar aquellos componentes de diseño necesarios de mejorar y fortalecer, nutriendo de aquellos lineamientos conceptuales y criterios técnicos que puedan incorporarse a partir de la experiencia internacional, no sólo en materia específica de estrategias de mitigación ante tsunamis, sino en el amplio panorama de casos asociados a otros fenómenos de desastres. Se estima que sólo así será posible aprovechar el enorme esfuerzo del Estado y de diversos actores que han participado de su desarrollo, con el propósito de promover de manera responsable su replicabilidad como parte de una política pública basada en el rol del paisaje como infraestructura para la resiliencia y adaptabilidad de territorios en condiciones de vulnerabilidad ante desastres.

1.2. Preguntas de investigación.

En virtud de la problemática expuesta, la investigación se estructura en base a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el rol que puede asumir la arquitectura del paisaje en la adaptabilidad y resiliencia de territorios urbanos en bordes costeros afectados por desastres?
- ¿Qué espacios de oportunidad emergen a partir de la experiencia del desastre del tsunami de 2010 en las costas del centro sur de Chile, en términos de adaptabilidad y resiliencia urbana a través de la planificación y diseño del paisaje en bordes costeros?
- ¿Cuáles son los lineamientos conceptuales, las estrategias de planificación y los criterios de diseño del paisaje, que son pertinentes de establecer en el marco de políticas públicas e instrumentos orientados a atender los desafíos de resiliencia, adaptabilidad y reducción de riesgos de desastre en Chile?

1.3. Hipótesis.

La arquitectura del paisaje tiene una amplia trayectoria asociada a la planificación y diseño de espacios abiertos a nivel urbano y territorial, integrando la dimensión ecológica y cultural bajo un enfoque que combina tanto una aproximación física sobre los patrones y componentes tangibles que se reconocen en un determinado contexto, como también una aproximación fenomenológica hacia los procesos que determinan la estructura, funcionalidad y cambio en el paisaje.

En ese marco, a partir del análisis de la experiencia internacional de las últimas décadas y de las evidencias que la literatura especializada ofrece, es posible sostener que la arquitectura del paisaje constituye una plataforma apta para analizar, representar y proyectar las condiciones dinámicas de territorios, con especial atención a aquellos contextos caracterizados por situaciones de exposición a cambios. El desastre en tal sentido, leído desde la perspectiva de un cambio abrupto en la trayectoria de un sistema territorial, constituye un campo de estudio de alto interés para la arquitectura del paisaje y ésta provee de la

sensibilidad para abordar su complejidad en materia de transformación y potencial adaptabilidad. La integración de los ámbitos teórico-conceptuales, metodológicos y prácticos de la Arquitectura del Paisaje, asociados a la planificación y diseño de territorios vulnerables ante desastres, aborda tres cuestiones fundamentales:

- La representación de capas y variables críticas que evidencien procesos de cambio y eventos de desastre que ocurren en el territorio, con especial atención al análisis de la estructura y dinámica del paisaje en borde costeros.
- La planificación del espacio de borde costero y sus procesos socioecológicos, destinada a favorecer la adaptabilidad y resiliencia de las áreas urbanas vulnerables.
- El diseño de infraestructuras verdes comprendidas como soportes que proveen importantes servicios ecosistémicos destinados a reducir las condiciones de vulnerabilidad de territorios y comunidades.

En términos más precisos, la tesis postula que la arquitectura del paisaje puede ser entendida como una plataforma multidisciplinaria que articula diversos ámbitos de conocimiento teórico y práctico necesarios para reconocer, planificar y diseñar sistemas infraestructurales que resultan claves para la resiliencia de territorios y comunidades, otorgando respuestas efectivas en contextos vulnerables ante la ocurrencia de desastres. El desempeño de estos sistemas – de naturaleza híbrida asociada a la combinación sinérgica de componentes ecológicos y antrópicos – favorecen la prestación de funciones y servicios relacionados con la reducción del riesgo y la mitigación de efectos de desastres asociados a contextos de borde costero, así como también facilitan protocolos para la evacuación o refugio de la población afectada. Al mismo tiempo que, ante carencias de espacios públicos y áreas verdes especialmente en entornos vulnerables, puede contribuir al desarrollo de lugares memorables para la vida urbana mediante la integración de ecologías, programas sociales e infraestructuras.

Estas cualidades, por cierto, no establecen un rol hegemónico de la arquitectura del paisaje por sobre otras disciplinas asociadas a la planificación territorial, sino que la sitúa en un papel articulador y mediador que se constata en los diversos casos de estudio que se exponen como parte de la experiencia internacional y que – para el caso chileno – conforma un potencial

aporte para fortalecer las actuaciones en territorios afectados por desastres, en correspondencia con aquellas políticas e instrumentos de planificación que le otorgan legitimidad.

Respecto al caso de estudio, la figura de los parques de mitigación desarrollados bajo el alero de los planes de reconstrucción en localidades de borde costero del centro-sur de Chile post tsunami 2010, constituye un antecedente relevante en materia de puesta en práctica de este enfoque innovador. No obstante, dada su importancia como pieza clave para la resiliencia urbana ante la ocurrencia de desastres de tsunami, marejadas y alza del nivel del mar, se estima fundamental profundizar en el análisis referido a los lineamientos conceptuales que han determinado su formulación, así como también a las estrategias de planificación y criterios técnicos que han definido su diseño.

Por un lado, se plantea necesidad de establecer una sistematización y análisis crítico de estas iniciativas – cuya documentación de anteproyecto, proyecto ejecutivo y registro de obras ejecutadas se encuentra hasta la fecha dispersa y fragmentada en distintos archivos generados desde el año 2010 – para evaluar la idoneidad de su diseño en términos de coherencia y efectividad, en tanto dispositivos de mitigación ante desastres. Por otra parte, la profundización de su análisis comparado respecto a otras iniciativas relevantes que se evidencian en la experiencia internacional, en materia de planificación y diseño de paisaje como infraestructura para la adaptabilidad y resiliencia de territorios afectados por desastres, contribuirá a fortalecer las bases conceptuales y técnicas sobre las cuales los parques de mitigación actualmente se desarrollan en Chile.

1.4. Objetivos

Objetivo General:

La investigación tiene como propósito estudiar el alcance de la planificación y diseño del paisaje en la gestión de resiliencia urbana y la adaptabilidad de territorios afectados por desastres, tomando como caso de estudio el sistema de Parques de Mitigación de tsunamis proyectado en localidades urbanas costeras del centro-sur de Chile, en las regiones del Maule y Biobío post tsunami de 2010.

Objetivos específicos:

- 1) Determinar los aportes teóricos y prácticos que emergen desde los enfoques contemporáneos de planificación y diseño del paisaje en el ámbito de la resiliencia urbana ante desastres, en contextos de borde costero.
- 2) Comprender el contexto del desastre asociado al Tsunami de Febrero de 2010 y su alcance en los territorios de borde costero del centro-sur de Chile, en las regiones del Maule y Biobío.
- 3) Analizar las condiciones normativas que han determinado iniciativas de planificación y gestión ante desastres en los territorios afectados por el evento del Tsunami de 2010, focalizando la atención en la figura de los Planes de Reconstrucción Estratégica y los Parques de Mitigación.
- 4) Identificar métodos y estrategias asociados a proyectos de planificación y diseño del paisaje, orientados a la gestión de resiliencia y adaptabilidad ante desastres, a partir del estudio de referentes internacionales relacionados con el caso de estudio.
- 5) Proponer lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios técnicos de diseño de infraestructuras verdes orientadas a la resiliencia y adaptabilidad de territorios urbanos en bordes costeros, en el marco de los instrumentos de planificación territorial en Chile.

1.5. Metodología de la Investigación.

El diseño metodológico de la investigación se estructura, en primera instancia, en torno a la relación que se establece entre los postulados teórico-conceptuales propuestos y las aproximaciones específicas vinculadas al estudio de caso, que se aborda como núcleo del proceso investigativo (Martínez, 2006). En tal sentido, la investigación desarrollada es de carácter cualitativo y responde a los desafíos de una investigación exploratoria hacia nuevos contextos de estudio que requieren ser comprendidos para abarcar la problemática y las interrogantes de la investigación propuesta (Flick, 2004), donde la generación de conocimiento se produce mediante la combinación de estrategias deductivas e inductivas y la utilización de conceptos sensibilizadores provenientes de diversos campos del conocimiento científico, los cuales surgen del conocimiento teórico-práctico previamente indagado (Maxwell, 1998).

Esta dimensión cualitativa se relaciona con la complejidad multidisciplinaria del objeto de estudio, que no se reduce a variables individuales, sino que reconoce la totalidad del contexto establecido en la problemática de investigación, posibilitando el estudio de interacciones entre el caso y diversas referencias teórico-prácticas vinculadas al estado del arte en materia de arquitectura del paisaje, resiliencia y planificación de territorios asociados a riesgos de desastres. Para ello, el diseño de la investigación se realiza en base a la estrategia de estudio de casos, considerando por un lado la experiencia internacional documentada en planes y proyectos de paisaje enfocados en resiliencia y gestión de riesgo y, por otro, indagando acerca de la experiencia de los Parques de Mitigación generados en el marco de los Planes de Reconstrucción implementados en localidades afectadas por el tsunami de Febrero de 2010.

El marco temporal al cual refiere la investigación, si bien remite a sujetos y eventos derivados de acontecimientos recientes asociados a la última década, entre los años 2010 y 2018, abarca también referencias históricas relacionadas, por un lado, con antecedentes de desastres en Chile, y por otro, con casos de estudio vinculados a experiencias de planificación y diseño de proyectos de paisaje, en un espectro internacional que considera ejemplos recientes y también otros de más larga data.

Respecto a las fuentes de información utilizadas para el desarrollo de la investigación, éstas abarcan una amplia colección de documentación bibliográfica, de autores provenientes de diversos campos del conocimiento relacionados con el ámbito de estudio de desastres, planificación territorial y arquitectura del paisaje, reuniendo un importante registro de literatura científica y técnica. Estas fuentes secundarias dan cuenta de una aproximación multidisciplinaria al objeto de estudio, referidas a consolidar un corpus teórico conceptual que sustente los postulados de la investigación, contribuya a precisar su alcance específico y también a comprender la universalidad de la problemática.

Por otra parte, la investigación comprende el análisis y sistematización de fuentes primarias de información asociadas a escritos, memorias y documentos no editados, de los procesos administrativos y técnicos relacionados con los planes de reconstrucción y los proyectos que se formularon y ejecutaron en ese marco, obtenidos a través de plataformas de información pública del Estado. Estas fuentes colaboran en robustecer el estudio de caso, contextualizando las indagaciones específicas en un espectro de alcance mayor en lo referido a variables territoriales, socioculturales y socioecológicas. Adicionalmente, una importante fuente de información – también de carácter primario – está determinada por el material multimedia obtenido mediante el registro fotográfico y audiovisual en terreno, complementado por el aporte de imágenes de colaboradores que han cedido sus registros y por aquellos obtenidos de medios de comunicación. Así también, la incorporación de entrevistas no estructuradas a actores involucrados en el desarrollo de los planes y proyectos de Parques de Mitigación, aportan con información clave para integrar aquellos aspectos no registrados en evidencia registrable. Estas entrevistas fueron realizadas, en Febrero de 2018, a dos profesionales de la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de la Región del Maule (SEREMI MINVU Maule) – una de las regiones donde se ubica el estudio de caso – y a un profesional de la oficina de Arquitectura ELEMENTAL, la cual estuvo a cargo de uno de los procesos de planificación de reconstrucción post tsunami de 2010.

Asimismo, es importante señalar que bajo el alero de este proceso investigativo conducente a la elaboración de la tesis de doctorado que se postula, se han desarrollado diversas

investigaciones académicas en temáticas convergentes, las cuales en algunos casos han contribuido a profundizar aspectos específicos de la investigación, relacionados principalmente con la discusión bibliográfica, el levantamiento de información y análisis del estudio de casos. En tal sentido, se destacan: diversas tesis de maestría dirigidas en el marco del Magister en Arquitectura del Paisaje de la Pontificia Universidad Católica de Chile; dirección de Seminarios de Investigación de Pregrado y Tesis de Título en la Universidad de Chile; pasantías de investigación doctoral en la Universidad Católica de Lovaina y en la Universidad de Valladolid.

Respecto a las fases metodológicas de la investigación, éstas se estructuran en base a los cinco objetivos específicos propuestos definiendo para cada uno de ellos métodos, herramientas y productos, los cuales se presentan en la siguiente tabla. Es importante destacar que, si bien cada uno de los objetivos presenta particularidades respecto a los pasos metodológicos desarrollados, también existen métodos y herramientas que han sido utilizados de manera transversal.

FASES METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN			
OBJETIVOS	MÉTODOS	HERRAMIENTAS	PRODUCTOS
1. Determinar los aportes teóricos y prácticos que emergen desde los enfoques contemporáneos de planificación y diseño del paisaje en el ámbito de la resiliencia urbana ante desastres, en contextos de borde costero.	Exploración, sistematización y análisis de fuentes bibliográficas (fuentes secundarias) de diversos campos del conocimiento relacionados con la problemática de investigación.	Procesador de textos Microsoft Word. Procesador de imágenes Adobe Creative Suite.	Elaboración del marco teórico de la investigación, articulando diversas perspectivas multidisciplinares en torno a los conceptos de desastres, paisaje, infraestructura, resiliencia y reducción de riesgos.
2. Comprender el contexto del desastre asociado al Tsunami de Febrero de 2010 y su alcance en los territorios de borde costero del centro sur de Chile, en las regiones del Maule y Biobío.	Exploración, sistematización y análisis de fuentes primarias y secundarias de información. Trabajo de campo y levantamiento de información en terreno.	Procesador de textos Microsoft Word. Procesador de imágenes Adobe Creative Suite. Procesador de cartografías ArcGIS y de dibujo técnico AutoCAD.	Desarrollo del estudio de caso, con énfasis en la contextualización territorial del desastre asociado al impacto del tsunami de 2010 en las costas del centro sur de Chile.

		<p>Cámara fotográfica</p> <p>Drone con cámara de alta definición.</p>	
<p>3. Analizar las condiciones normativas que han determinado iniciativas de planificación y gestión ante desastres en los territorios afectados por el evento del Tsunami de Febrero de 2010, focalizando la atención en la figura de los Planes de Reconstrucción Estratégica y los Parques de Mitigación.</p>	<p>Exploración, sistematización y análisis de fuentes primarias y secundarias de información.</p> <p>Trabajo de campo y levantamiento de información en terreno.</p> <p>Entrevistas no estructuradas a actores involucrados en el proceso de reconstrucción.</p>	<p>Procesador de textos Microsoft Word.</p> <p>Procesador de imágenes Adobe Creative Suite.</p> <p>Procesador de cartografías ArcGIS y de dibujo técnico AutoCAD.</p> <p>Cámara fotográfica</p> <p>Drone con cámara de alta definición.</p>	<p>Desarrollo del estudio de caso, con énfasis en las bases normativas de la planificación territorial asociada a la gestión de desastres y los nuevos instrumentos e instancias que surgen en el contexto post tsunami de 2010, en Chile.</p>
<p>4. Identificar métodos y estrategias asociados a proyectos de planificación y diseño del paisaje, orientados a la gestión de resiliencia y adaptabilidad ante desastres, a partir del estudio de referentes internacionales y nacionales relacionados con el caso de estudio.</p>	<p>Exploración, sistematización y análisis de fuentes primarias y secundarias de información.</p>	<p>Procesador de textos Microsoft Word.</p> <p>Procesador de imágenes Adobe Creative Suite.</p> <p>Procesador de cartografías ArcGIS y de dibujo técnico AutoCAD.</p>	<p>Sistematización de métodos y estrategias asociados a proyectos de paisaje concebidos como infraestructuras para la resiliencia y adaptabilidad ante desastres, en territorios de borde costeros.</p>
<p>5. Proponer lineamientos, estrategias de planificación y criterios de diseño de infraestructuras verdes orientadas a la resiliencia y adaptabilidad de territorios urbanos en bordes costeros, en el marco de los instrumentos de planificación territorial en Chile.</p>	<p>Exploración, sistematización y análisis de fuentes primarias y secundarias de información.</p> <p>Trabajo de campo y levantamiento de información en terreno.</p>	<p>Procesador de textos Microsoft Word.</p> <p>Procesador de imágenes Adobe Creative Suite.</p> <p>Procesador de cartografías ArcGIS y de dibujo técnico AutoCAD.</p>	<p>Definición de lineamientos de planificación y criterios de diseño de infraestructuras de paisaje para la resiliencia y adaptabilidad ante desastres, en territorios de borde costeros.</p>

Tabla 1. Fases metodológicas de la investigación, identificando los métodos, herramientas y productos asociados a cada objetivo específico. Fuente: Elaboración propia.

En base a lo anterior, los resultados de la investigación se organizan en torno al desarrollo de los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: Introducción a la investigación. Este primer capítulo establece la problemática e interrogantes a abordar por la Tesis doctoral, proponiendo la hipótesis y los objetivos que guiarán el desarrollo del proceso investigativo.
- Capítulo 2: Marco teórico y estado del arte. El segundo capítulo de la investigación define el marco teórico basado en tres ámbitos de reflexión conceptual: desastres, resiliencia e infraestructura verde, los cuales articulan la problemática del desastre y la noción de paisaje como infraestructura para la gestión de resiliencia en territorios y comunidades vulnerables.
- Capítulo 3: Análisis del contexto de investigación. El tercer capítulo aborda la caracterización de los territorios afectados por el tsunami de Febrero de 2010 en las costas del centro sur de Chile, y la formulación de instrumentos de planificación territorial post desastre, comprendidos como semillero de un nuevo enfoque de paisaje asociado a la idea de infraestructura verde para la adaptabilidad y resiliencia de territorios en riesgo de desastres.
- Capítulo 4: Estudio de caso. El cuarto capítulo de la investigación analiza el caso de los Parques de Mitigación de Tsunamis, concebidos como infraestructuras para la reducción de riesgo, la resiliencia y la reclamación de los paisajes de borde costero en las localidades afectadas por el tsunami de 2010.
- Capítulo 5: Resultados y conclusiones. El quinto capítulo propone la formulación de lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios técnicos de diseño orientados a fortalecer y consolidar las bases sobre las cuales se desarrollan actualmente los procesos de diseño de Parques de Mitigación, comprendidos como insumo indispensable para el desarrollo de proyectos de infraestructura verde capaces de aportar a la adaptabilidad y resiliencia en territorios de borde costero.

Capítulo 2: Marco Teórico y Estado del Arte.

(Re) Definiendo el Paisaje como infraestructura para la resiliencia de territorios y comunidades vulnerables ante desastres.

Tradicionalmente, el rol de la arquitectura del paisaje ha estado situado en el diseño de jardines, parques, áreas verdes públicas y privadas, centrando la atención en la producción de escenarios de ocio y esparcimiento en ciudades. Sin embargo, la realidad contemporánea devela nuevos desafíos y campos de actuación para esta disciplina, integrando conceptos que refieren a condiciones de contextos inestables y cambiantes. Si durante los últimos veinte años los discursos asociados a la ciudad han instalado la noción de *sustentabilidad* como principal propósito de investigaciones, estudios y proyectos, en la actualidad es el concepto de *resiliencia* el que centra la atención de académicos, planificadores, autoridades y, también, de una ciudadanía cada vez más activa y empoderada ante escenarios críticos derivados de la ocurrencia de desastres.

Las áreas urbanas son especialmente vulnerables frente a fenómenos naturales extremos, especialmente en países en vías de desarrollo que cuentan con un gran porcentaje de pobreza e infraestructura no preparada (Kreimer, Arnold, y Carlin, A., 2003). Es así que, en América Latina, la vulnerabilidad se ha incrementado debido a la fuerte expansión urbana sin una planificación efectiva, concretándose en desastres que afectan directamente a la población (Montenegro-Romero y Peña-Cortés, 2010). Este cambio de paradigma – que define el tránsito desde la *sustentabilidad* a la *resiliencia* - puede constatarse en diversos informes y reportes oficiales de organismos internacionales tales como el PNUD, el Banco Mundial y la CEPAL, en iniciativas de planes y proyectos urbanos en ciudades a nivel global⁴, así como también en el creciente volumen de investigaciones científicas de distintas disciplinas que

⁴ En efecto, la Nueva Agenda Urbana que surge luego de la Cumbre Mundial ONU Habitat III, desarrollada en Quito el 2016, plantea como uno de los principales desafíos la planificación y diseño de ciudades más resilientes.

abordan temáticas de resiliencia en ciudades y asentamientos humanos vulnerables ante desastres.

En términos generales el concepto de resiliencia refiere a la capacidad de un organismo o sistema de adaptarse y asumir flexibilidad en situaciones límite, para sobreponerse a ellas (Emrich & Tobin, 2018; Moreno 2013; Eckardt, 2011; Holling, 1973). En su alcance territorial, resiliencia es un término utilizado recientemente como estrategia para la reducción de riesgo ante desastres, en su dimensión tanto cultural como material, teniendo la premisa de resistir o generar adaptación de tal forma que ésta siga exhibiendo un nivel aceptable de funcionamiento, determinado por el grado en que cada sistema social es capaz de organizarse a sí mismo y la habilidad de incrementar su capacidad de aprender y adaptarse, incluyendo la capacidad de recuperarse de un desastre (Kreimer et al, 2003). El nivel de presión al cual se encuentran sometidos hoy los territorios urbanos y periurbanos - especialmente en nuestro contexto latinoamericano - debido a factores socioculturales, demográficos, económicos y ambientales, argumenta este cambio de énfasis conceptual que asume el tránsito desde la noción de sustentabilidad, hacia la de resiliencia. De esta forma, ya no se habla sólo de articular la dimensión de la equidad social, la integridad ecológica y la competitividad económica en los planes territoriales y proyectos urbanos, sino que ante constantes escenarios de cambios, crisis y desastres *socionaturales*⁵ (Romero et al., 2010), las ideas de adaptabilidad, resistencia y regeneración aparecen como nuevos vectores a gestionar, planificar y proyectar en torno a las ciudades.

El paisaje urbano, entonces, se asume como un *paisaje en emergencia*, entendido desde una doble consideración: por un lado, la emergencia, asociada al estado de alerta que supone un inmediato riesgo para la salud, la vida o la propiedad de individuos y comunidades, la cual demanda intervención urgente para atender la situación, prevenir y evitar su empeoramiento; por otra parte, la emergencia como concepto vinculado a lo emergente, referido al surgimiento de elementos, sistemas, procesos o actores en un determinado contexto, los que

⁵ Como señala Romero (2010), es la presencia de la sociedad , y en particular la vulnerabilidad que presentan algunos de los grupos que la conforman, lo que condiciona la transformación de las amenazas naturales en desastres, que, consecuentemente, deberían ser considerados como socionaturales.

aportan soluciones a problemáticas y demandas existentes (Moreno, 2015). La noción de paisaje, como denominador común para ambas acepciones, se plantea desde una posición intermedia, híbrida y mestiza, que articula lo ecológico y lo sociocultural en una dinámica que posibilita una lectura, interpretación y *proyección* del territorio, acorde a los complejos desafíos que supone la atención a las actuales problemáticas asociadas a los cambios, crisis y desastres que afectan a diversos escenarios y contextos. A su vez, permite establecer un diálogo integrador entre disciplinas que por mucho tiempo – incluso siglos mediante – han transitado senderos paralelos e inconexos (Nogué, 2010). Desde el andamiaje teórico, epistemológico y experiencial de lo paisajístico, las ciencias ambientales, las ciencias humanas, las disciplinas del arte y del diseño encuentran vasos comunicantes cada vez más trascendentes y sinérgicos.

Este segundo capítulo define el marco teórico basado en tres ámbitos de reflexión conceptual: *desastres*, *resiliencia* e *infraestructura verde*, los cuales articulan la problemática del desastre y la noción de paisaje como infraestructura para la gestión de resiliencia en territorios y comunidades vulnerables. Como se verá más adelante, los territorios costeros representan un foco de atención importante en materia de estudios y proyectos orientados a la reducción de riesgo y la gestión de resiliencia, dada su alta exposición a fenómenos tales como marejadas, tsunamis y alza del nivel del mar, acentuados en las últimas décadas debido a los efectos del cambio climático global⁶. Y, por otra parte, en tanto espacio de borde altamente dinámico, constituye un ámbito de desarrollo emergente para expandir el campo de la teoría y praxis referida a nuevos enfoques de planificación y diseño del paisaje.

⁶ Un par de datos importantes a tener en consideración en esta materia, es el hecho de que un 40% de la población mundial vive a menos de 100 kilómetros de la costa y que alrededor de 100 millones de personas viven a menos de 1 metro sobre el nivel del mar, conformándose como áreas de rápida concentración de actividades y asentamientos, pero a la vez, con importantes amenazas asociadas a desastres y cambio climático (Burke et al., 2001; IOC-UNESCO, IMO, FAO, UNDP, 2011).

2.1. Desastres, vulnerabilidades y territorios en riesgo. Acepciones y enfoques.

Se puede definir desastre como una situación de daño, desencadenada como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socionatural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en la estabilidad y condiciones de vida de la comunidad afectada (CEPAL, 2005). Generalmente, estas alteraciones implican daños y pérdidas humanas, materiales y ambientales (EPC y TCG International LLC, 2004), cuantificables a nivel de muertes, damnificados y afectación a viviendas, infraestructuras, redes de servicio, áreas productivas e industriales, entre otras categorías. Asimismo, como señala Natenzon & Ríos (2015), los daños producidos por la ocurrencia de desastres involucran también pérdidas de logros materiales y bienes obtenidos a través de años de vida por parte de las comunidades, generando también pérdidas en el patrimonio físico e inmaterial determinante para la identidad cultural en los territorios afectados (UNESCO, 2014).

Lavell (1996), haciendo una síntesis de los aportes clásicos de diversos autores exponentes de la sociología de desastres norteamericana – entre ellos Fritz (1961), Quarantelli (1987), y Kreps (1984), dados a conocer principalmente a través de la revista *Mass Emergencies and Disasters* – define un desastre, desde el punto de vista sociológico, como una ocasión de crisis o estrés social, observable en el tiempo y el espacio, donde las sociedades y sus componentes sufren daños o pérdidas físicas y alteraciones en su funcionamiento cotidiano, excediendo su propia capacidad de autorecuperación y debiendo requerir la intervención o cooperación externa. El autor establece que tanto las causas como las consecuencias de los desastres son producto de los procesos sociales que operan al interior de la sociedad afectada.

La localización de las actividades humanas en territorio – ámbito determinado por razones demográficas, sociales, culturales, económicas y políticas – puede constituir uno de los principales factores determinantes del desastre, cuando la decisión de instalar un asentamiento o actividad humana se establece sin tomar en consideración las amenazas existentes y las vulnerabilidades que se desarrollan, variables que constituyen una situación de riesgo potencial (CEPAL, 2005). Este factor, que interpela la condición de vulnerabilidad de una determinada población ante un potencial riesgo, se complejiza además porque

generalmente se encuentra estrechamente vinculada a condiciones de vulnerabilidades sociales⁷, exclusión social y pobreza (Natenzon & Ríos, 2015; Rojas, 2011), características que se evidencian en nuestras ciudades cuando observamos los escenarios más expuestos ante riesgos de remoción en masa, inundaciones, tsunamis e incendios forestales, entre otros fenómenos. Arteaga & Tapia (2015), en referencia al contexto latinoamericano, señalan que es justamente la vulnerabilidad social ante amenazas naturales lo que en definitiva desencadena los desastres, que cada vez se presentan con mayor frecuencia. Los efectos asociados a estos procesos, agregan los autores, *“han develado impactos que se constituyen en desastres una vez que comprometen los bienes y servicios sociales, generando desafíos interdisciplinarios que, para ser simétricos y equilibrados, están requiriendo con mayor énfasis la participación de las diversas ciencias sociales, con el objeto de poder definir y explicar las vinculaciones entre las comunidades humanas y los terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, aluviones e inundaciones, considerando adecuadamente la profundidad y multiescalaridad que les es propia”* (Arteaga & Tapia, 2015:10).

Asimismo, como se señala en el siguiente gráfico (fig.1), el concepto de vulnerabilidad transita diversas acepciones y énfasis, desde aproximaciones que la definen a partir de una condición intrínseca de factor de riesgo específico que es inherente a un contexto territorial en particular, hacia enfoques más complejos que determinan una comprensión multidimensional preconfigurada por una sumatoria de características físico-ambientales, socioeconómicas e institucionales, las cuales pueden acentuar la vulnerabilidad de una población ante riesgos inminentes (Birkmann, 2013).

⁷ La vulnerabilidad social o vulnerabilidad base es definida como la configuración social previa al desastre y abarca aspectos tales como las condiciones materiales de vida, el acceso a infraestructuras y servicios, los marcos normativos que regulan su accionar y las limitaciones en la toma de decisiones, entre otros. (Natenzon & Ríos, 2015; Ugarte & Salgado, 2014). Es esta vulnerabilidad previa la que *determinará, en gran medida, para quién el riesgo se transformará en catástrofe.* (Natenzon & Ríos, 2015:15).

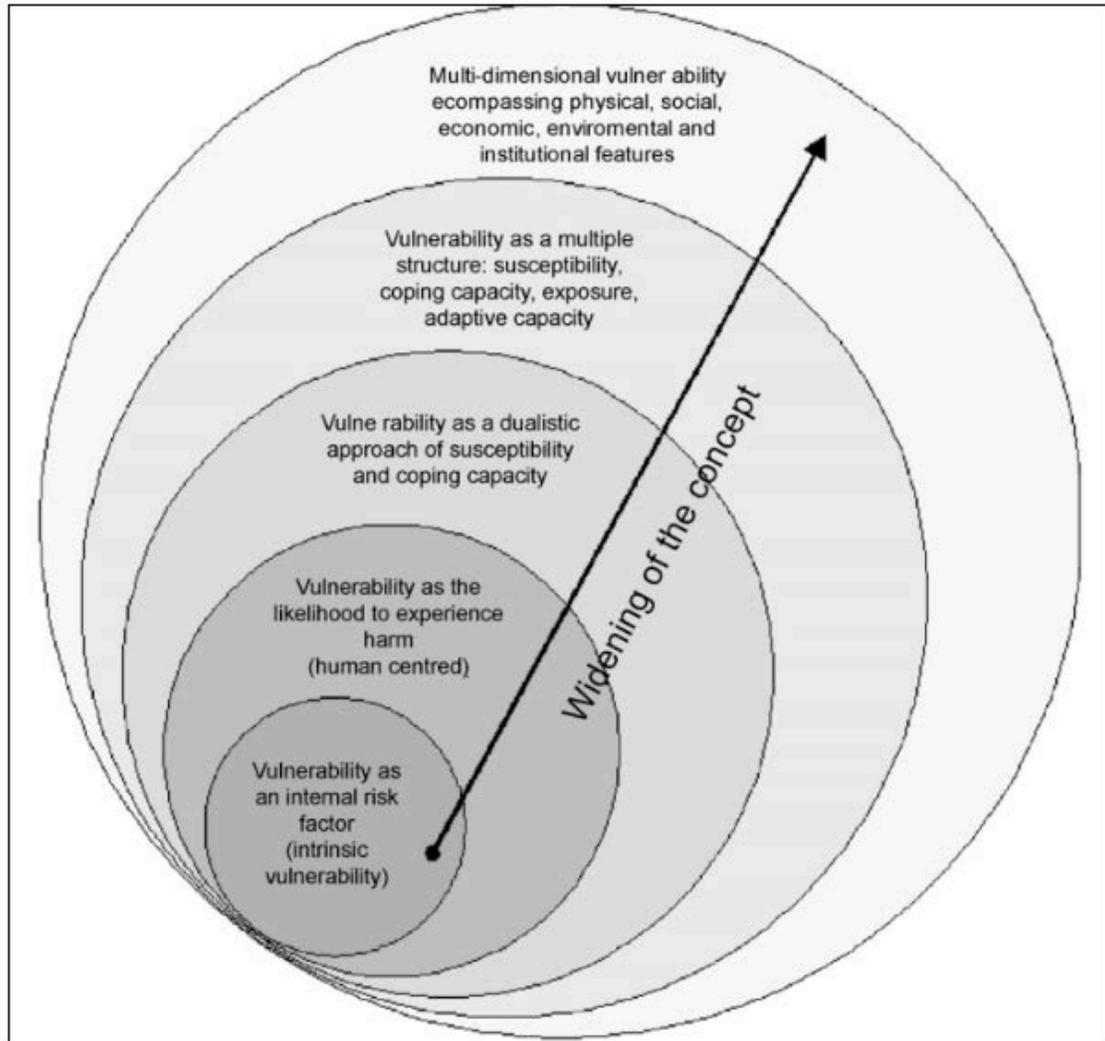


Fig. 1. Representación de la escala y complejidad del concepto de vulnerabilidad. Fuente: Birkmann, 2013: 39.

La vulnerabilidad, no obstante, no es sólo sinónimo de pobreza o desigualdades asociadas a una segregación socio-espacial en la ocupación y acceso a entornos de vida seguros, sino también es expresión de una desvinculación entre las comunidades que habitan los territorios en riesgo y las dinámicas ecosistémicas que determinan los procesos sociales y ambientales que acontecen en dichos territorios. La localización inapropiada sobre terrenos amenazantes, la escasa sensibilidad de sus habitantes ante las dinámicas cíclicas de los sistemas naturales – causada por debilidades socioeconómicas y culturales – y la ausencia de una adecuada capacidad de ajuste o adaptación a los cambios ambientales que acontecen en los territorios,

constituyen factores que acentúan la susceptibilidad a sufrir los efectos destructivos ocasionados por eventos extremos, destacando en el caso de Chile, las pérdidas ocasionadas por terremotos, tsunamis, sequías, inundaciones, erupciones volcánicas, grandes incendios, ondas de frío y de calor, todos fenómenos permanentemente presentes en su historia reciente (Arteaga & Tapia, 2015; Romero et al., 2010).

Esta desvinculación, que algunos autores atribuyen a la exacerbación del paradigma de la modernidad relacionado a la disociación *Cultura–Naturaleza* producto de la instalación global de la sociedad del consumo (Jiménez, 2016; Simonetti & Figueroa, 2003), ha sido en gran medida institucionalizada por los instrumentos de planificación territorial que históricamente han determinado áreas urbanas en disociación a los sistemas naturales cercanos, invisibilizando sus dinámicas, funciones y potenciales servicios ante fenómenos extremos⁸. En estos términos, según Calderón (2001), la vulnerabilidad es definida como la incapacidad de una comunidad para absorber mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medioambiente, es decir, constituye su inflexibilidad o incapacidad para ajustarse a ese cambio (Calderon, 2001:67). En tal sentido, el daño generado por un desastre obedece a que el sistema socioecológico⁹ y sus componentes no están en capacidad de protegerse de la fuerza amenazante o de recuperarse de sus efectos (Lavell, 2003), tal como se sintetiza en el siguiente diagrama (fig. 2).

⁸ Es así, por ejemplo, que la mayoría de los planos reguladores urbanos en Chile siguen contemplando las franjas de borde costero, los humedales y las quebradas - entre otros sistemas naturales existentes en territorio urbano - como zonas de riesgo, excluidas de toda posibilidad para entenderlas como potenciales estructuras urbanas funcionales en términos de regulación y amortiguación ante fenómenos naturales, conservación de biodiversidad, espacio público y movilidad, por nombrar algunos servicios que estos sistemas pueden aportar a la ciudad.

⁹ Como se revisará más adelante, es justamente el concepto de sistema socioecológico una clave relevante para ampliar la comprensión de desastre como un cambio abrupto en el sistema social y su soporte ecológico, que posibilita procesos de reorganización y el desarrollo de capacidades adaptativas para superar estados de vulnerabilidad (Berkes; Colding & Folke, 2003).

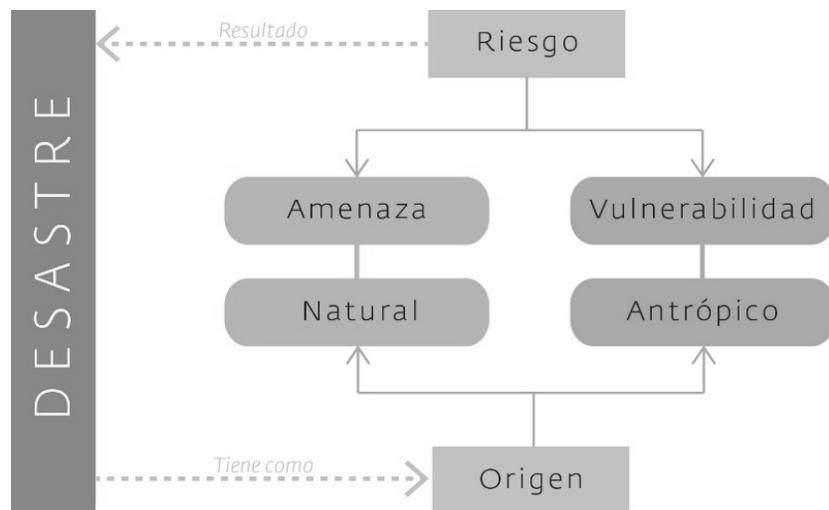


Fig. 2. Diagrama conceptual de los factores contribuyentes al desastre, el cual tiene como origen una condición natural asociada a la amenaza de fenómenos que, en un determinado contexto espacio-temporal, afectan a un sistema antrópico que evidencia condiciones de vulnerabilidad. Ambos factores – amenaza y vulnerabilidad – configuran un escenario de riesgo que deriva en desastre. Fuente: Elaboración propia en base a Menceyra, 2015.

Si bien los enfoques geográficos han estudiado los riesgos y desastres desde sus tradicionales especializaciones –sísmicos, volcánicos o climáticos, vulnerabilidades sociales– no cabe duda que se trata de sistemas complejos en los cuales no es posible separar sus componentes naturales y sociales, sino que éstos se deben estudiar con perspectivas holísticas (Pigeon, 2005; Romero et al., 2010). Como señala Romero et al. (2010), el estudio de los riesgos naturales, sociales, políticos e institucionales constituye una importante especialización de la geografía contemporánea, que los analiza en sus fases predictivas, en sus materializaciones como catástrofes y en las etapas posteriores o de manejo de las restauraciones y reconstrucciones. Bajo esta perspectiva, el foco de atención de los riesgos y desastres se desplaza desde los fenómenos naturales hacia las estructuras ambientales y socio-territoriales (Arteaga & Tapia, 2015; Romero et al., 2010), las cuales pueden ser abordadas de manera integral a partir del análisis y evaluación del Paisaje, como disciplina concurrente a la dimensión de la gestión de riesgo en territorios susceptibles a ser afectados por desastres.

2.1.1. El desastre como problema de Paisaje: ecología, representación y proyecto.

La ocurrencia de un desastre es posible debido a la propensión de una determinada zona o asentamiento humano al riesgo catastrófico de un fenómeno natural. Desde este punto de vista, el desastre es la consumación de un proceso, a veces de larga data, de generación de condiciones de riesgo en la sociedad. Por lo tanto, un desastre es un riesgo no manejado, la materialización del peligro latente, detonado por un evento “externo” (Chaparro & Renard, 2005). Mientras los riesgos representan las probabilidades de que ocurran desastres en un determinado lugar, las catástrofes registran su manifestación a través de daños y pérdidas de vidas humanas, bienes y servicios económicos, materiales, psicológicos, culturales y simbólicos, así como de importantes perturbaciones en el comportamiento de las estructuras sociales y de las instituciones encargadas de mantener la normalidad y resiliencia de los grupos humanos que habitan los asentamientos rurales y urbanos (Aravena, Fuentes, & Guerra, 2010). Como señala Tapia & Arteaga (2015), la ocupación desaprensiva de territorios expuestos a amenazas naturales, la falta de estudios profundos de riesgos, que antecedan a la planificación de la localización y crecimiento de las ciudades sobre terrenos seguros, así como los niveles de pobreza y segregación social, constituyen factores sociales, culturales y políticos de los cuales depende el nivel de daño que puede sufrir la población.



Fig. 3. Registro de Tsunami generado por el terremoto de Febrero de 2010 en la localidad de Llico, Provincia de Arauco, Región del Bío Bío, Chile. En la secuencia de imágenes se observa a la izquierda el paisaje previo a la ocurrencia del evento, y luego a la izquierda los cambios generados por el impacto de las olas. Fuente: Elaboración propia en base a fotografías de Egon Wolf, 2010.

Distintos autores (Fuchs & Thaler, 2018; UNISDR, 2015, Tapia & Arteaga, 2015; Natenzon & Ríos, 2015; Romero et al., 2010), realizan una necesaria diferenciación entre los desastres y los fenómenos que los provocan. El término “desastre natural” es equívoco, pues los desastres son el resultado de la falta de prevención y planificación ante los fenómenos de la naturaleza. Una de las máximas más profundas de esta concepción es que no existe desastre en la naturaleza; lo que existe son cambios a veces percibidos como peligros y que se transforman en desastres ante la presencia de las actividades y asentamientos humanos en los espacios donde estos cambios y fenómenos acontecen (Tapia & Arteaga, 2015; Natenzon & Ríos, 2015; Romero et al., 2010; Chaparro & Renard, 2005).

El desastre, leído desde la perspectiva de un cambio abrupto en la trayectoria de un sistema territorial, constituye un ámbito de estudio de alto interés para la arquitectura del paisaje y ésta provee de la sensibilidad para abordar su complejidad en materia de transformación y potencial adaptabilidad. Gran parte de los fenómenos naturales que devienen en desastres, debido a condiciones de vulnerabilidad de los territorios afectados, acontecen en contextos espaciales asociados a sistemas naturales definidos como bordes o ecotonos¹⁰: zonas costeras, riberas, cursos hidrológicos, laderas.

El concepto de borde en ecología remite a un espacio territorial de frontera entre 2 ecosistemas, cada una de ellos definidas por determinadas características bióticas, abióticas y/o antrópicas, que entran en contacto para generar dinámicas de conflicto o bien sinergias y complementariedades entre sí (Forman, 1995). Por otra parte, el concepto de ecotono se asocia a un espacio de transición cuya escala territorial es más amplia (Odum, 1971; Clements, 1905), como por ejemplo, las zonas de borde costero que generan el encuentro entre los ecosistemas marítimos y terrestres, favoreciendo el intercambio de especies, materia y energía (Weltzin y McPherson, 1999). Los bordes y ecotonos marcan la transición entre diferentes formas de existencia y, como señala Batty & Longley (1994), mediante la

¹⁰ El concepto de *ecotono* fue usado por primera vez en 1905 por Frederick Clements, en su libro *Research Methods in Ecology*, para definir el área de encuentro entre dos comunidades biológicas, donde los procesos de intercambio y competitividad entre los sistemas adyacentes podían ser observados. En 1971, Eugene Odum definió ecotono como una zona de transición entre dos o más comunidades, la cual contiene generalmente mayor biodiversidad y dinamismo ecológico que las propias comunidades colindantes.

gradiente que determinan transmiten y controlan el intercambio entre los distintos territorios, comprendiéndose a la vez como espacios de amortiguación y adaptabilidad al cambio ante la ocurrencia de fenómenos naturales extremos.

De esta manera, el punto de partida de este enfoque de Paisaje está definido por la propia noción de ecosistema – que identifica al conjunto de relaciones existentes entre comunidades de seres vivos, sus procesos metabólicos y el medio físico-ambiental que habitan (Odum, 1971; Holling 1973) – y, más precisamente, por el concepto de estabilidad ecosistémica. Un ecosistema es estable cuando las diversas comunidades, los procesos y componentes que lo conforman logran, en ese contexto cambiante, relaciones de equilibrio que permiten la conservación y evolución de todos ellos en ciclos temporales extensos (Light, 2006; Vargas, 2002). La estabilidad de un ecosistema es dinámica, dado que su soporte – el medio físico-ambiental – está sometido a constantes cambios y transformaciones que se expresan en fenómenos naturales generalmente cíclicos, como el clima, las mareas y los movimientos tectónicos, entre otros. En tal sentido, la estabilidad de los ecosistemas depende de su capacidad para resistir, adaptarse o evolucionar con los fenómenos naturales (Fuchs & Thaler, 2018; Holling, 1973).

Puede afirmarse entonces, que la ocurrencia de desastres se produce justamente por el desacoplamiento de las capacidades adaptativas de los sistemas antrópicos – planificados generalmente para permanecer bajo determinados parámetros de estabilidad con escasa flexibilidad a cambios – y los sistemas naturales, capaces de acoger dinámicas de flexibilidad y adaptabilidad en un espectro más amplio (Folke, 2006; Holling, 2002). De acuerdo a lo que indica el tradicional diagrama de Holling y Goldberg (1971), expresado en la figura 4, la estabilidad de un sistema no depende de una situación de equilibrio estático, sino de la flexibilidad que éste puede asumir a lo largo del tiempo. Parte importante de la problemática del desastre subyace de esta forma en la necesidad de conciliar capacidades adaptativas de los sistemas antrópicos y naturales, en el marco de los procesos de planificación de territorios susceptibles a dinámicas de cambios producidas por fenómenos naturales extremos (Berkes et al. 2003).

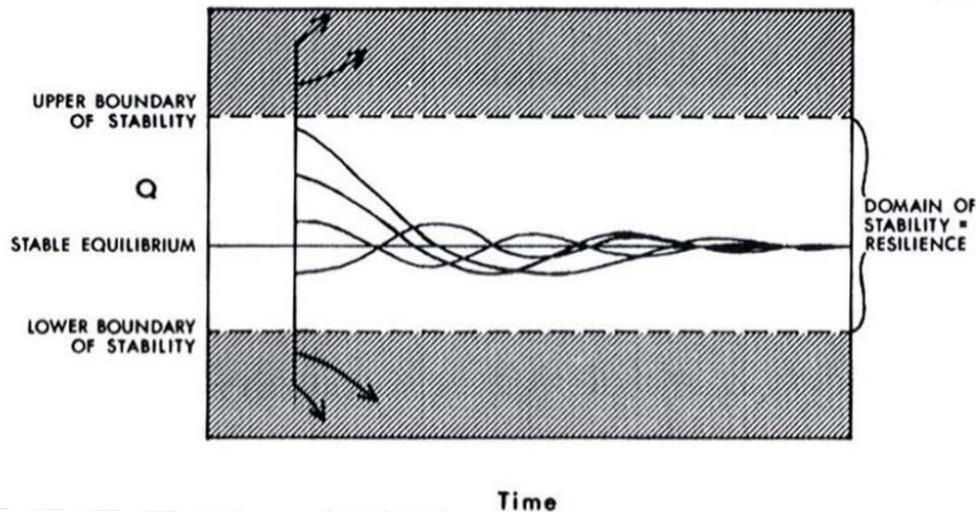


Fig. 4. Diagrama conceptual que expresa la resiliencia de un sistema socioecológico, reconociendo el ámbito de dominio de estabilidad del sistema (franja en blanco) y las capacidades adaptativas que sus componentes pueden adoptar ante perturbaciones (líneas curvas progresivas). La estabilidad por lo tanto no depende de una situación de equilibrio estático, sino de la flexibilidad que el sistema puede asumir a lo largo del tiempo. Fuente: Holling y Goldberg, 1971.

En el campo de la ecología contemporánea y sus derivaciones relacionadas con la ecología urbana, la ecología del paisaje y el paradigma de la *socioecología*, el concepto de ecosistema incluye a los seres humanos y las dinámicas de vida, ocupación y producción que despliega sobre el territorio, de igual manera que considera a las otras comunidades de seres vivos y sus procesos biológicos, en conjunto con el medio físico (Davidson-Hunt & Berkes, 2003; Folke, 2006; Holling, 1973; Holling, 2002). La noción de *sistema socioecológico* – que discute la clásica diferenciación entre lo antrópico y lo ecológico como ámbitos antagónicos – se comprende como un sistema territorial complejo y adaptativo, conformado por la combinación de elementos y subsistemas antrópicos y naturales que establece una dinámica ecológica híbrida determinada por un entramado de relaciones en torno a recursos que son necesarios para la vida humana, donde interactúan variables sociales y ambientales (Ostrom, 2009), generando procesos metabólicos relacionados con el intercambio de materia, energía e información. En la medida que los sistemas antrópicos mantengan la integridad de los sistemas naturales, éstos últimos aportarán las funciones necesarias para fortalecer las capacidades adaptativas del sistema en su conjunto (Ostrom, 2009; Folke, 2006; Holling, 2002).

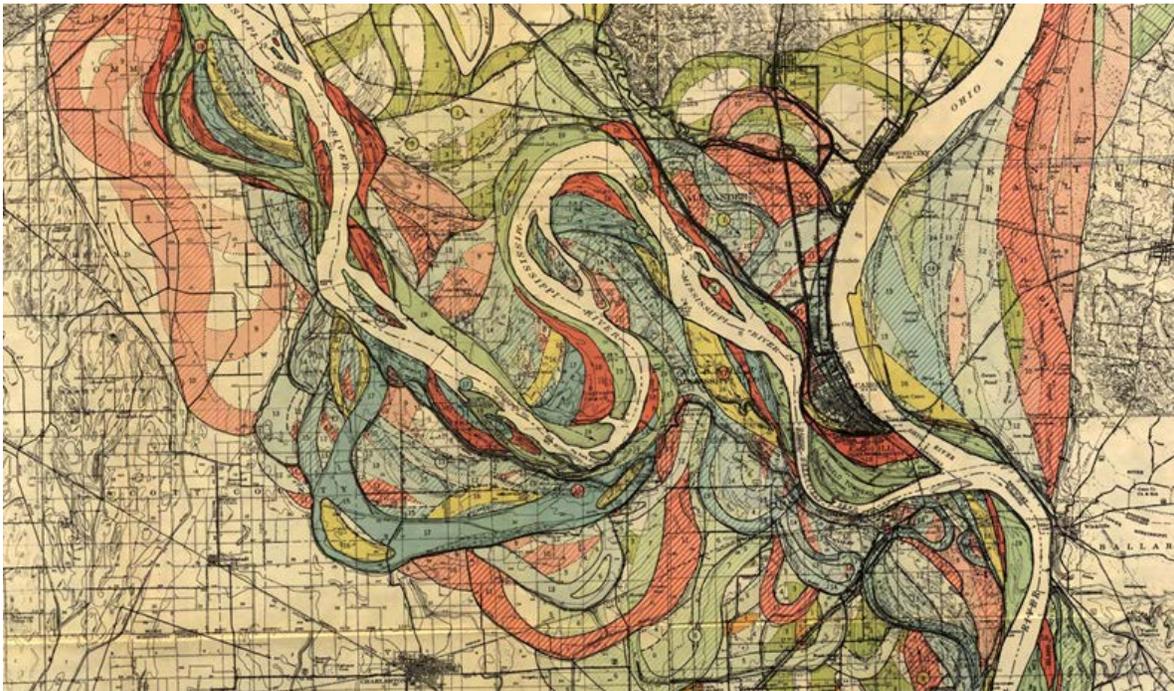
El paisaje, en tanto expresión de niveles de organización de los ecosistemas en un determinado contexto físico-espacial, se constituye como un sistema socioecológico complejo y adaptativo, en el cual los distintos componentes naturales y socioculturales están interactuando en diversos rangos de escalas espaciales y temporales; es la estructura perceptible del sistema de procesos ecológicos localizado en un territorio. Conforman así un mosaico de unidades morfológicas y funcionales – cada una de ellas caracterizada por una combinación de atributos bióticos y abióticos (Forman, 1995) – modelado también por las dinámicas culturales, económicas y políticas llevadas adelante por las sociedades humanas¹¹, en procesos históricos de larga data, comprendido como producto perceptible de la relación cultura-naturaleza configurada sobre la extensión terrestre (Berque, 1994). Cada atributo del paisaje es la expresión de un proceso o un acontecimiento ambiental o cultural y, por ende, configura el palimpsesto de las dinámicas que modelan la realidad física espacial, ambiental y sociocultural de los territorios afectados por desastres.

Entonces, un segundo punto asociado al desastre como problema de paisaje está relacionado con el enfoque de su representación. El paisaje es, esencialmente una forma de ver¹², encuadrar e imaginar una determinada realidad compleja, conformada por componentes y procesos de diversa naturaleza – biótica, abiótica y antrópica – que asumen cambios y transformaciones a lo largo de su historia evolutiva, manifestándose en huellas tangibles y

¹¹ En buena medida el paisaje es una construcción social y cultural, siempre anclado en un substrato material, físico, natural. Conforman una realidad física y la representación que culturalmente nos hacemos de ella; la fisonomía externa y visible de una determinada porción de la superficie terrestre y la percepción individual y social que genera; un tangible geográfico y su interpretación intangible. Es, a la vez, el significante y el significado, el continente y el contenido, la realidad y la ficción. (Nogué, 2009)

¹² El término Paisaje, cuya construcción a partir de la palabra País servirá de modelo a todas las lenguas europeas, apareció por primera vez en francés: en 1493, según el *Dictionnaire étymologique et historique du français* de J. Dubois, H. Mitterand y A. Dauzat, que atribuye esta innovación a un poeta originario de Valenciennes, Flandes: Jean Molinet, que lo utiliza para designar *un cuadro que representa un país* (Le Dantec, 1996: 93, en Silvestri & Aliata, 2001). Otros autores señalan que el poeta flamenco tradujo el término del neerlandés *Landschap*, proveniente del neerlandés medieval, que designaba a la pintura que representaba escenas de la naturaleza. Pero, como señala Silvestri y Aiata (2001), no es hasta el siglo XVII, que la pintura paisajista se reconoce como género pictórico autónomo, teniendo como precursores a autores como Pieter Bruegel en el siglo XVI.

formas de habitar que definen el carácter social y cultural de ese paisaje (Berrizbeitia, 2007; Nogué, 2010; Corner & Bick, 2014). La noción de paisaje transita así desde su acepción original de un momento capturado en el tiempo a través de un soporte representativo estático – la pintura paisajista –, hacia una dimensión más compleja de expresión que establece una definición contemporánea estrechamente asociada a soportes performativos¹³ capaces de expresar sus dinámicas de transformaciones e hibridación¹⁴, como se observa en los ejemplos de las variaciones del Río Mississippi (fig. 5), documentadas por Mathur & Da Cunha, (2001). En tal sentido, como señala Corner (2014), el paisaje puede configurarse tanto a través del discurso, del texto y de la imagen, así como ser construido o reconstruido físicamente a través del diseño.



¹³ El filósofo John.L. Austin define lo performativo como aquella expresión de lenguaje que lleva a la realización de una determinada acción. La performatividad se da cuando en un acto del habla o de comunicación no sólo se usa la palabra sino que ésta implica forzosamente a la par una acción (Austin, 1965). Diversos autores (Czerniak & Hargreaves, 2007; Berrizbeitia, 2007; Corner & Bick, 2014), relacionan lo performativo con las prácticas proyectuales de la Arquitectura del Paisaje.

¹⁴ En tal sentido, como señala Corner & Bick (2014), el paisaje puede configurarse tanto a través del discurso, del texto y de la imagen, así como ser construido o reconstruido físicamente a través del diseño.

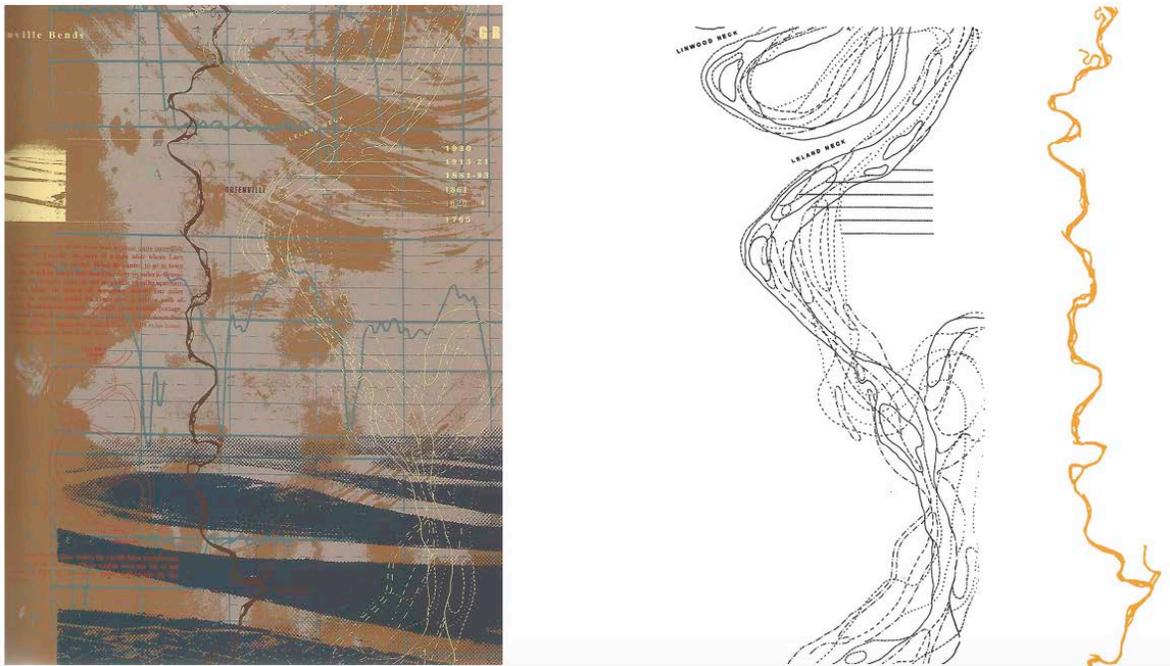


Fig. 5. Representaciones de las huellas de inundabilidad y variaciones de caudal en el paisaje del Río Mississippi, contenidas en el libro *Mississippi Floods* (Mathur & Da Cunha, 2001). A través de técnicas como la serigrafía, el fotomontaje, los dibujos y la fotografía, se expresan las dinámicas cambiantes del sistema hidrológico, que evidencian las variaciones en el espesor del espacio del agua y las múltiples posibilidades de comprender su ámbito de dominio. En lugar de representar el sistema hidrológico a partir de la clásica definición de una línea que separa de manera abstracta e imprecisa el agua y la tierra, la consideración de gradientes y ecotonos expresa de manera más certera y precisa los fenómenos del paisaje, trasladando al campo de la representación los datos estadísticos y mediciones matemáticas contenidos en los registros históricos del territorio. El reconocimiento de estas gradientes favorece la planificación de usos y la gestión del riesgo ante inundaciones. Fuente: *Blues Meanders*. En, Mathur & Da Cunha (2001).

El paisaje del desastre se puede entender como aquel que evidencia las manifestaciones físicas de fenómenos o eventos extremos acontecidos en los territorios que albergan estas dinámicas de cambios, con consecuencias que impactan tanto en sus estructuras materiales como simbólicas, en las actividades económicas, políticas y sociales, y también en la estructura y ordenamiento demográfico del contexto afectado (Vale & Campanella, 2005). La representación del paisaje del desastre responde al registro de componentes y variables críticas asociadas a procesos de cambio en un determinado sistema, que pueden organizarse y reconocerse en 4 tipos de capas de información:

- La representación de la *dinámica ecológica*, que comprende modificaciones en los sistemas ecológicos y sus componentes, variaciones en los procesos agrícolas y alteración del mosaico, afectando de igual o diferentes formas las matrices, parches y corredores que conforman un paisaje determinado.
- La representación de la *dinámica hidro-geográfica*, marcada por las alteraciones en el medio físico natural, variaciones de líneas costeras, alteraciones en el relieve y la topografía, así como también modificaciones en el cauce y caudal de sistemas hidrológicos.
- La representación de la *dinámica sociocultural*, teniendo en cuenta las pérdidas de vidas humanas, los cambios en las relaciones de grupos y actores en la población afectada, la movilización y redistribución demográfica, así como el comportamiento de los sectores productivos y comerciales.
- La representación de la *dinámica de infraestructura urbano-territorial*, entendida como subcategoría de la dinámica sociocultural que manifiesta una dimensión más bien física, principalmente evidenciada por las variaciones en el estado de las redes de servicios, industria, equipamientos y asentamientos.

Estos cuatro tópicos vienen a conformar las capas informativas fundamentales de patrones y procesos a representar, dado que expresan la estructura esencial de las variaciones que un paisaje en particular puede manifestar al ser afectado por un evento natural desencadenante en desastre (Belmonte, 2016). Tal como se ejemplifica en el siguiente diagrama (fig. 6), la representación de estas capas, sus variables y componentes, constituyen un soporte clave de comunicación y sociabilización de los riesgos y vulnerabilidades asociados a territorios expuestos a desastres, contribuyendo a que las instituciones y las comunidades puedan gestionar estrategias de planificación coherentes con esa condición territorial.

Como señala Corner (2014), “*esta es la razón de porqué mapear nunca es neutral, pasivo o sin consecuencias; al contrario, mapear es quizás el acto más formativo y creativo de cualquier proceso de diseño, primero revelando y luego exponiendo las condiciones para el surgimiento de nuevas realidades*” (Corner & Bick, 2014: 200).

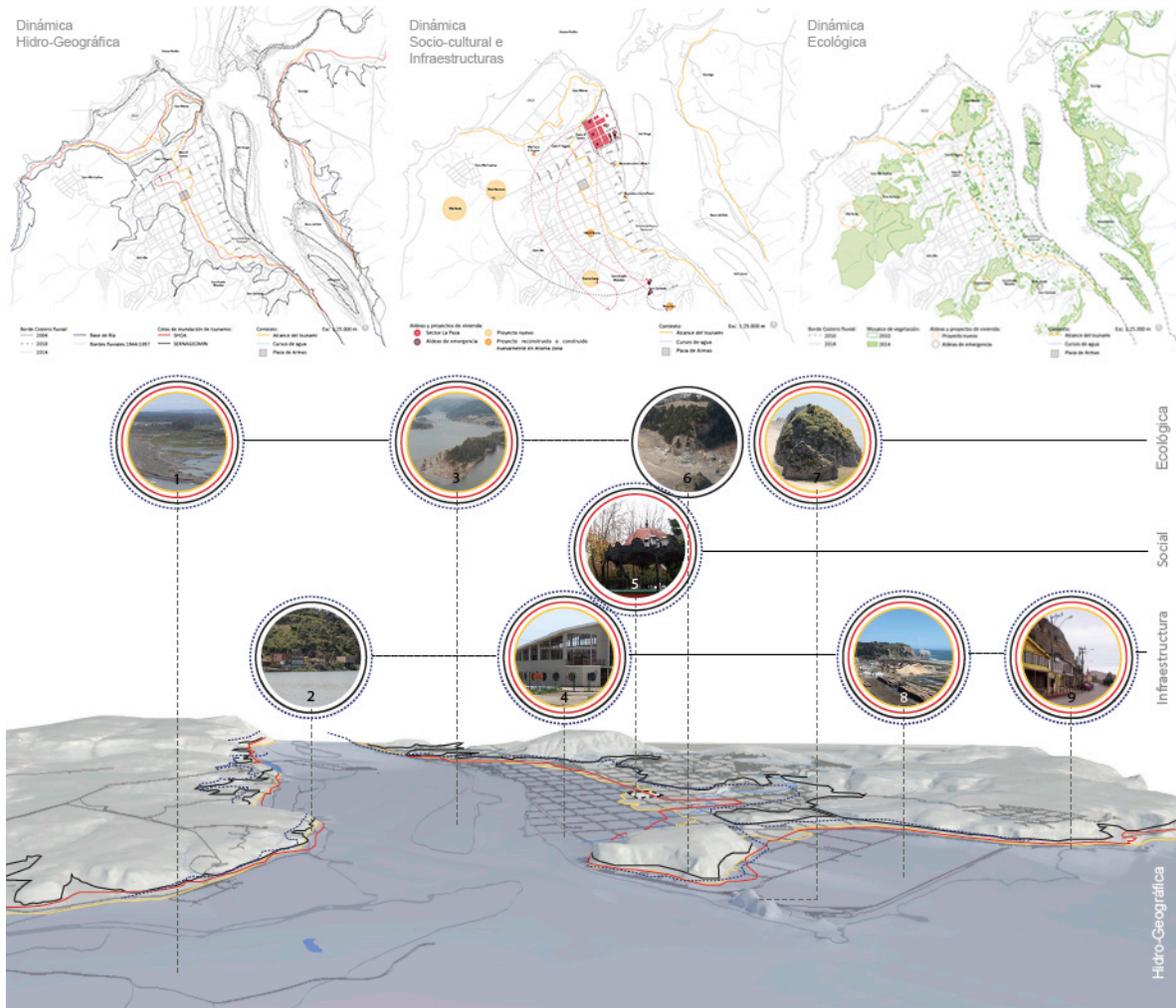


Fig. 6. Representaciones del Paisaje del desastre en el estuario de Constitución, en Chile, post tsunami de Febrero de 2010, elaboradas en el proceso de investigación de Tesis de Magister en Arquitectura del Paisaje de Jesús Belmonte, bajo la dirección del profesor guía Osvaldo Moreno. Fuente: Elaboración propia en base a Belmonte, 2016.

Entendido como realidad representada, el paisaje presenta una versatilidad socio-espacial que permite analizar en múltiples escalas los patrones y procesos socioecológicos que le son propios, con la capacidad de abordar áreas rurales, ecosistemas silvestres, redes e infraestructuras, así como de planificar vastas extensiones vacías o urbanizadas (Waldheim, 2006), otorgando una mirada integral sobre el territorio: desde la comprensión de lo existente, del legado patrimonial natural y cultural que se hereda y bajo la idea de que comprenderse como recurso frágil y dinámico.

El tercer punto que relaciona las nociones de paisaje y desastre refiere, por tanto, a la dimensión de planificación y proyecto gatillada por la ocurrencia de eventos que cambian abruptamente el estado de un sistema socioecológico. El surgimiento del proyecto de paisaje en contextos de riesgos y vulnerabilidades ante desastres ha estado estrechamente vinculado – en especial en la última década – a experiencias de intervención en territorios afectados por eventos hidrometeorológicos, principalmente en el contexto norteamericano. La escala y el impacto de las tormentas y huracanes de América del Norte - como Katrina en 2005, Ike 2018 y Sandy en 2011 - han sido factores desencadenantes de políticas públicas orientadas a promover instrumentos de planificación para a reducción de riesgo ante desastres en general, y planes de manejo de inundaciones, en particular (Lister, 2015).

Bajo este contexto institucional, que adopta también los lineamientos establecidos por Naciones Unidas a través del Marco de Sendai para la reducción del Riesgo de Desastres¹⁵, la arquitectura del paisaje ha tenido un emergente espacio de desarrollo teórico y práctico¹⁶, cuya base conceptual en materia de diseño es informada tanto por el conocimiento ecológico, como las ciencias aplicadas de la ingeniería, la arquitectura y el urbanismo (Waldheim, 2016; Reed & Lister, 2014; Corner & Bick, 2014).

¹⁵ El *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030* se adoptó en la tercera Conferencia Mundial de Naciones Unidas celebrada en Sendai, Japón, en marzo de 2015. Es el instrumento sucesor del *Marco de Acción de Hyogo 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*, concebido en su momento para dar mayor impulso a la labor en relación con el Marco de Acción del Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales de 1989. Uno de los cambios más importantes que propone el Marco Sendai es el marcado énfasis puesto en la gestión del riesgo de desastres - en lugar de la gestión de desastres – introduciendo la noción de resiliencia, asociada a promover la adaptabilidad como herramienta para la reducción de impactos, a través de la participación de los estamentos de la sociedad y de instrumentos de planificación territorial consistentes con ese objetivo (UNISDR, 2015a).

¹⁶ Reconocidos teóricos y arquitectos del paisaje - como Kate Orff, Tom Leader, James Corner, Julia Czerniak, Charles Waldheim y Chris Reed, entre otros - han identificado el auge de los paisajes urbanos asociados a crisis ambientales y desastres como catalizadores para el resurgimiento de la teoría y la praxis contemporánea del paisaje en estrecha relación con el marco conceptual de adaptabilidad y resiliencia inducido por el nuevo paradigma ecológico.

La arquitectura del paisaje, comprendida como un campo multidisciplinario en expansión, ha abarcado en los últimos años un ámbito de práctica profesional renovado en el contexto de los territorios urbanos expuestos a riesgos de desastres. Una tendencia claramente representada en la iniciativa *Rebuild by Design*¹⁷, donde equipos de ingenieros, arquitectos, diseñadores y otros expertos – junto a los gobiernos locales y las comunidades costeras de aquellos territorios impactados por el Huracán Sandy – desarrollaron diez propuestas de planificación y diseño para fortalecer la resiliencia de las costas de metrópolis de Nueva York ante el aumento del nivel del mar, la ocurrencia de tormentas severas e inundaciones por eventos hidrometeorológicos.

El resultado de estas propuestas de diseño exhibe transversalmente un cuestionamiento hacia los tradicionales enfoques de planificación ante desastres naturales, durante mucho tiempo arraigados en el lenguaje de la resistencia y el control, haciendo referencia a estrategias de defensa costera mediante grandes estructuras de fortificación y blindaje; utilizando respuestas de ingeniería convencional con obras civiles diseñadas para contraponerse, generalmente de manera infructuosa, a las fuerzas naturales. Por el contrario, como se expresa en la figura 7, los enfoques emergentes que evidencian estos planes y proyectos hacen referencia al lenguaje de la resiliencia y el manejo adaptativo, y están asociados con elasticidad y flexibilidad, utilizando ingeniería híbrida de materiales construidos, manejo de topografías y sistemas ecológicos que se adaptan a las condiciones dinámicas del paisaje.

¹⁷ Concurso internacional convocado en 2013 por The Rockefeller Foundation y el Gobierno de Estados Unidos a través del Programa Hurricane Sandy Rebuilding Task Force y del U.S. Department of Housing and Urban Development. *Rebuild by Design Hurricane Sandy Design Competition* cambió la forma en que el gobierno federal de Estados Unidos responde actualmente a los riesgos de desastres y se convirtió en el modelo que ahora se usa en otras regiones para preparar a las comunidades ante futuras incertidumbres. En 2014, el presidente Obama lanzó la Competencia Nacional de Resiliencia ante Desastres, que otorgó importantes recursos a 13 ciudades y estados de todo el país para financiar proyectos de fortalecimiento de resiliencia urbana. A nivel internacional, la Fundación Rockefeller, en asociación con la Agencia Sueca de Desarrollo Internacional, desarrolló la *Global Partnership for Resilience* basada en el modelo de *Rebuild by Design*. <http://www.rebuildbydesign.org>.

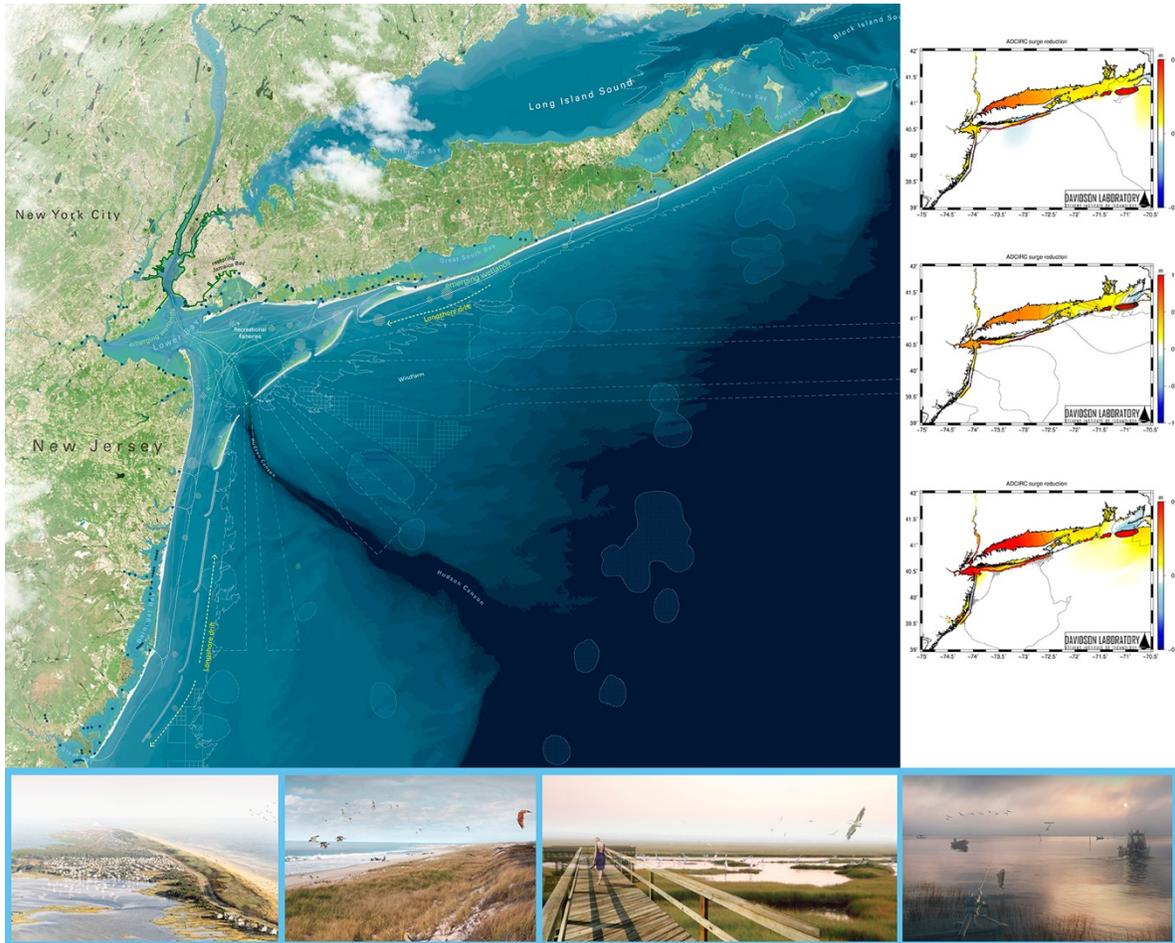


Fig. 7. *Blue Dunes*, propuesta desarrollada por WXY Architecture + Urban Design y WEST 8 Landscape Architecture para Rebuild by Design Hurricane Sandy Design Competition. A través de una estrategia de planificación y diseño a escala regional, se propone el desarrollo de una infraestructura de amortiguación de tormentas y alza del nivel del mar mediante el modelamiento y la proyección de un sistema de dunas ubicadas en paralelo al litoral de la bahía, costa afuera (offshore). Este sistema natural-artificial, junto con constituirse como infraestructura de defensa ante eventos extremos, como lo expresa la modelación de inundabilidad en la derecha de la imagen, conforma un conjunto de áreas destinadas a la conservación ecológica, el desarrollo de actividades productivas y turísticas, como se observa en las imágenes objetivo de la franja inferior. Fuente: <http://www.rebuildbydesign.org>.

Ello se vincula además con la influencia que ha ejercido el nuevo paradigma ecológico, anteriormente comentado, mediante el cual el campo de la ecología ha pasado de preocuparse por la estabilidad, la certeza, la previsibilidad y el orden, en favor de una comprensión más contemporánea del cambio sistémico dinámico y los fenómenos relacionados con la incertidumbre, la adaptabilidad y la resiliencia (Reed & Lister, 2014). Cada vez más, estos conceptos de teoría ecológica y sistemas socioecológicos complejos contribuyen a definir marcos de referencia para la toma de decisiones en materia de planificación territorial en general y, con evidencia empírica, para la planificación y diseño del paisaje, en particular (Lister, 2015).

En continuidad con las experiencias de planes y proyectos desarrollados en la costa este norteamericana, estos enfoques se expresan también al otro lado del subcontinente, en proyectos tales como *Public Sediment*, de SCAPE (fig. 8), o *South Bay Sponge*, de Field Operations (fig. 9), ambos desarrollados bajo el alero de la iniciativa *Resilient by Design: Bay Area Challenge*¹⁸, en la Bahía de San Francisco. Ambos casos conciben el paisaje como un soporte complejo capaz de articular las relaciones entre los ecosistemas, las redes, las infraestructuras, las actividades públicas y privadas y los distintos programas, en contextos altamente expuestos a cambios.

¹⁸ Proyecto de investigación y diseño colaborativo - organizado por The Rockefeller Foundation a través del programa Rebuild by Design y la Red 100 Resilient Cities, en colaboración con el U.S. Department of Housing and Urban Development – el cual reúne a las comunidades residentes, funcionarios públicos y expertos locales, nacionales e internacionales para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas provocados por el cambio climático y el riesgo de desastres que enfrenta el territorio de la Bahía de San Francisco. En un desafío de un año de duración, equipos de ingenieros, arquitectos, diseñadores y otros expertos trabajaron junto a los miembros de la comunidad para identificar áreas críticas en toda el área de la Bahía y proponer soluciones de planificación y diseño que fortalecerán la resiliencia urbana ante el aumento del nivel del mar, tormentas severas, inundaciones, terremotos y tsunamis. Los equipos de diseño recopilaron comentarios de funcionarios gubernamentales, académicos y líderes comunitarios. Los resultados de esta iniciativa pueden consultarse en el sitio web: <http://www.resilientbayarea.org/>



Fig. 8. Public Sediment, de SCAPE, desarrollado bajo el alero de la iniciativa Resilient by Design: Bay Area Challenge. Mediante el manejo ecológico de los sedimentos aportados por los diversos cursos fluviales que desembocan en la Bahía de San Francisco, el proyecto propone amplificar el ecotono del borde costero, generando gradientes ecológicas para la conservación de hábitat y biodiversidad, el desarrollo de actividades productivas y recreativas. Esta ampliación de borde contribuye como infraestructura para la resiliencia de las áreas urbanas ante el alza del nivel del mar, marejadas y tsunamis. Fuente: <http://www.resilientbayarea.org/>



Fig. 9. South Bay Sponge, presentado por Field Operations en Resilient by Design: Bay Area Challenge. La propuesta contempla la recuperación ecológica del borde del estuario conformando grandes sistemas de humedales para la absorción – a modo de esponja – de las variaciones de mareas, tsunamis y otros eventos hidrometeorológicos.. Fuente: <http://www.resilientbayarea.org/>

A la experiencia norteamericana se suman otras iniciativas desarrolladas en los últimos años en contextos tales como el Norte de Europa, Asia y América del Sur, focalizadas principalmente en propuestas de planificación y proyectos orientados a la reducción de riesgo y la reconstrucción post-desastres. Casos como *The Sand Engine Project*¹⁹, en las costas holandesas; las propuestas de humedales urbanos y parques inundables en China²⁰; o los parques de mitigación en ciudades de borde costero en Chile²¹, conforman un espectro amplio y variado de antecedentes que evidencian – en distintos grados de integración – la comprensión colectiva del urbanismo, el paisaje y la ecología. En concordancia con lo que señala Etualin & Gonzalez (2014), *“la incorporación de las condicionantes ambientales le impone a los proyectos urbanos demandas específicas a partir del reconocimiento de los aspectos ecológicos, las tecnologías de avanzada en metabolismo urbano, el paisaje natural y urbanizado, y pone en valor las preexistencias ambientales del lugar de la intervención, junto con la necesaria participación ciudadana”* (Etualin & Gonzalez, 2014:188).

Esta sinergia, que nutre nuevos enfoques de planificación y diseño del paisaje en las regiones metropolitanas contemporáneas, ha sido un importante catalizador para el consolidar la integración del discurso de la resiliencia en el campo de la arquitectura del paisaje. Si bien en un principio esta integración ha remitido a cuestiones generales de conceptualización y lenguajes formales exploratorios argumentados sobre supuestos, los proyectos en el presente demuestran un permanente búsqueda – abierta y con amplias necesidades de investigación -

¹⁹ The Sand Engine, defensa costera en la provincia de Zuid Holland, conforma una infraestructura para la mitigación de los efectos de marea basada en la creación progresiva de una península de arena, a modo de duna expandida que adopta morfologías cambiantes influenciadas por la sedimentación que aporta el océano y el viento. Este sistema se complementa con una propuesta de vegetación dunaria orientada a estabilizar los suelos y a proveer de hábitat a especies de fauna propias de estos ambientes costeros. Asimismo, al igual que el proyecto Blue Dunes, anteriormente referido, acoge una serie de usos productivos vinculados a turismo, deportes náuticos y otras actividades. Ver: <https://www.dezandmotor.nl/>

²⁰ Proyectos como *Wusong Riverfront*, realizado en Kunshan, China por el equipo SWA Group, o *Yanweizhou Park* en la ciudad china de Jinhua por el equipo Turenscape Landscape Architecture dan cuenta del enfoque de diseño integrado que se basa en la articulación de ecología, urbanismo y arquitectura del paisaje.

²¹ Los Parques de Mitigación de Constitución, Pelluhue y Dichato, documentados en esta tesis, fueron desarrollados en el marco de los planes de reconstrucción de bordes costeros post-tsunami de Febrero de 2010, en las regiones de Maule y Biobío.

para avanzar hacia la implementación de estrategias, planes y diseños para la resiliencia fundamentados en la evidencia (fig. 10).



Fig. 10. The Sand Engine, provincia de Zuid Holland. El diseño de la duna expandida en forma de península va modelándose mediante la acción de mareas y vientos, para progresivamente extenderse a lo largo de la costa como buffer de protección ante tormentas y alza del nivel del mar. En la secuencia de fotografías aéreas se observa el proceso de construcción durante: a) 15 de Marzo, 2011; b) 25 de Marzo, 2011; c) 25 de Abril, 2011; d) 17 de Mayo, 2011; e) 14 de Junio, 2011; f) 11 de Julio, 2011. Fuente: <https://www.dezandmotor.nl/>

Más allá de los nuevos métodos de investigación y aplicación que surgen y de las herramientas tecnológicas que se ponen al servicio de la interdisciplina, es importante destacar el paradigma asumido. Transitando desde lo especulativo hacia lo empírico, las soluciones aplicadas a la planificación de territorios expuestos a riesgos de desastres, basadas en la estrecha integración de las ciencias de la ecología, la ingeniería y el diseño, conforman ejemplos notables del potencial rol de la arquitectura del paisaje en la superación de vulnerabilidades y en la recuperación de los valores ecológicos y culturales de los entornos de vida.

2.1.2. Desastres en Chile: el borde costero como espacio de transición y territorio en riesgo ante la acción de marejadas y tsunamis.

Chile, con sus 4.329 kilómetros de longitud continental que se desarrollan entre la Cordillera de los Andes y el Océano Pacífico, es un territorio esencialmente costero, lo cual se refleja en su estructura político-administrativa: 14 de sus 15 regiones, 33 de sus 54 provincias y 102 de sus 346 municipios, son costeros (SUBDERE, 2011). Debido a su amplia extensión longitudinal, que atraviesa diferentes condiciones climáticas y geográficas, es también un territorio expuesto a múltiples riesgos de carácter geológico – tales como terremotos, tsunamis, remoción en masa y erupciones volcánicas – e hidrometeorológico, como inundaciones, aluviones, marejadas, tormentas, lluvias extremas y sequías, entre otros. (Arenas et al., 2010).

Los impactos que generan estos eventos pueden producir cambios importantes en el medio natural y en los sistemas antrópicos, principalmente producto de la presencia de asentamientos humanos, infraestructuras y actividades productivas en territorios altamente expuestos, además de una débil planificación territorial que se evidencia especialmente en las ciudades regionales de escala intermedia y menor (Martínez, 2013). Como señala Lagos et al. (2008), más allá de las condiciones físico-naturales, la escasa consideración de la dinámica y recurrencia de procesos naturales extremos, y su relación con el emplazamiento de asentamientos humanos puede tener consecuencias no deseadas, incrementando el riesgo de desastre.

En ese entendido, una gran parte de las áreas urbanas en Chile presenta situaciones de riesgo, debido a la no sólo a la ocupación irregular y desprovista de planificación territorial, sino también a la presión ejercida desde el sector inmobiliario para la construcción en esos espacios. Como ejemplo de ello, se puede considerar *la expansión urbana en zonas de quebradas o de pendientes abruptas, transformando nuevos espacios urbanos en escenarios de riesgo por posibles derrumbes e inundaciones; las urbanizaciones cercanas a la costa, elevando los niveles de exposición ante marejadas y tsunamis; la localización de viviendas*

en cauces excepcionales de ríos, exponiéndolas a futuras inundaciones. (Arenas et al., 2010:2).

En términos de magnitud del desastre, los terremotos destacan por su devastación, derivada principalmente de la incapacidad tecnológica de predicción (EPC & TCG International LLC, 2004). Se miden generalmente en la escala de *Richter*²² y en la escala de *Magnitud de Momento*²³, y las consecuencias más destructivas se aprecian sobre la escala 6. Además, debe considerarse que pueden tener como efecto un tsunami²⁴ si se producen en un sector cercano al borde costero, tal como se se observa en el siguiente mapa (fig. 11). En este sentido, según Lagos (2000) los tsunamis también se presentan entre los desastres más devastadores, tratándose de eventos extremos de baja frecuencia pero que se generan a gran velocidad y se les atribuye una gran destrucción en territorios litorales.

²² La escala de Richter - denominada así en honor a Charles F. Richter, sismólogo e investigador del California Institute for Technology, quien la propuso en 1935 - representa la energía sísmica liberada en cada terremoto y se basa en el registro sismográfico. Es una escala que crece en forma potencial o semilogarítmica, de manera que cada punto de aumento puede significar un aumento de energía diez o más veces mayor. Una magnitud 4 no es el doble de 2, sino que 100 veces mayor. En términos de magnitud y efectos de un sismo, se define la siguiente escala:

- Magnitud menor de 3.5: Generalmente no se siente, pero es registrado
- Magnitud de 3.5 a 5.4: A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
- Magnitud de 5.5 a 6.0: Ocasiona daños ligeros a edificios.
- Magnitud de 6.1 a 6.9: Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
- Magnitud de 7.0 a 7.9: Terremoto mayor. Causa graves daños.
- 8 o mayor: Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

²³ La escala sismológica de magnitud de momento (Mw) es una escala logarítmica usada para medir y comparar terremotos. Está basada en la medición de la energía total que se libera en un sismo. Fue introducida en 1979 por Thomas C. Hanks y Hiroo Kanamori como la sucesora de la escala sismológica de Richter. Una ventaja de la escala de magnitud de momento es que no se satura cerca de valores altos. Otra ventaja que posee esta escala es que coincide y continúa con los parámetros de la escala sismológica de Richter. Por estas razones, la escala de magnitud de momento es la más usada por sismólogos para medir y comparar terremotos de grandes proporciones. El Centro Nacional de Información Sísmica (National Earthquake Information Center), dependiente del Servicio Geológico de los Estados Unidos, usa esta escala para la medición de terremotos de una magnitud superior a 6,9.

²⁴ El término “tsunami” proviene de las palabras japonesas *tsu* que significa bahía o puerto y *nami* que significa ola, y se puede definir como una onda sísmica marina causada mecánicamente por el repentino ascenso y descenso de la corteza terrestre y el subsecuente desplazamiento del agua localizada debajo de dicha corteza (Tibballs, 2005).

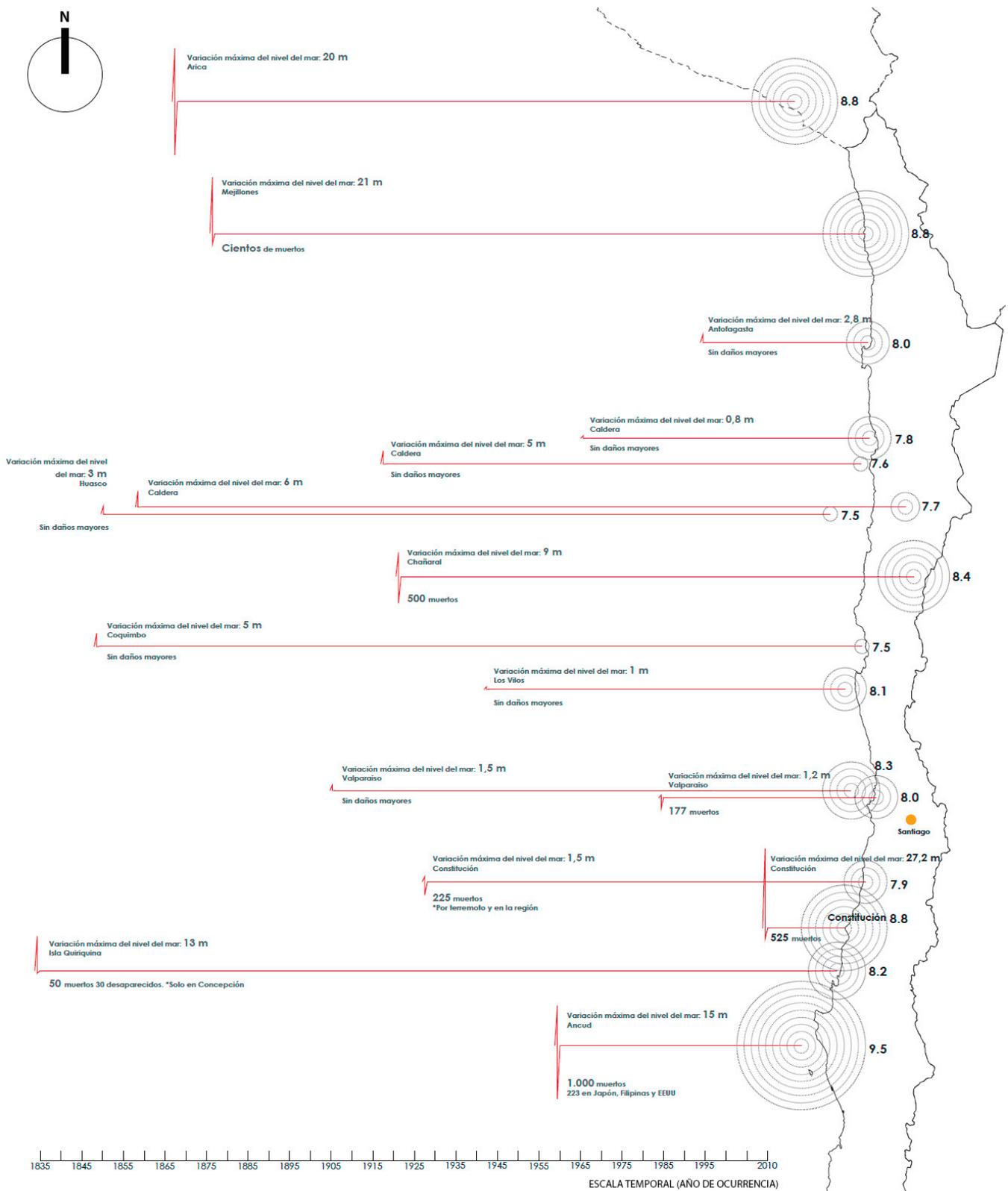


Fig. 11. Mapa y Diagrama de Tsunamis históricos de Chile. Fuente: Elaboración propia a partir de Belmonte (2016) y Cartografía del SHOA.

El territorio chileno está situado a lo largo del llamado “Cinturón de Fuego del Pacífico” (fig. 12), el cual abarca todo el límite que define la Cuenca del Pacífico, caracterizada por la presencia de fosas oceánicas profundas y por zonas de subducción, principales características para la presencia de estos eventos y sus magnitudes. Según informes del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), las mayores zonas están bien definidas: América del Sur y Central, Alaska, Islas Aleutianas, Península de Kamchatka, Islas Kuriles, Japón y el Pacífico Suroeste; y es donde se origina el 80 por ciento de los terremotos más grandes del mundo (Mazereeuw, 2011).

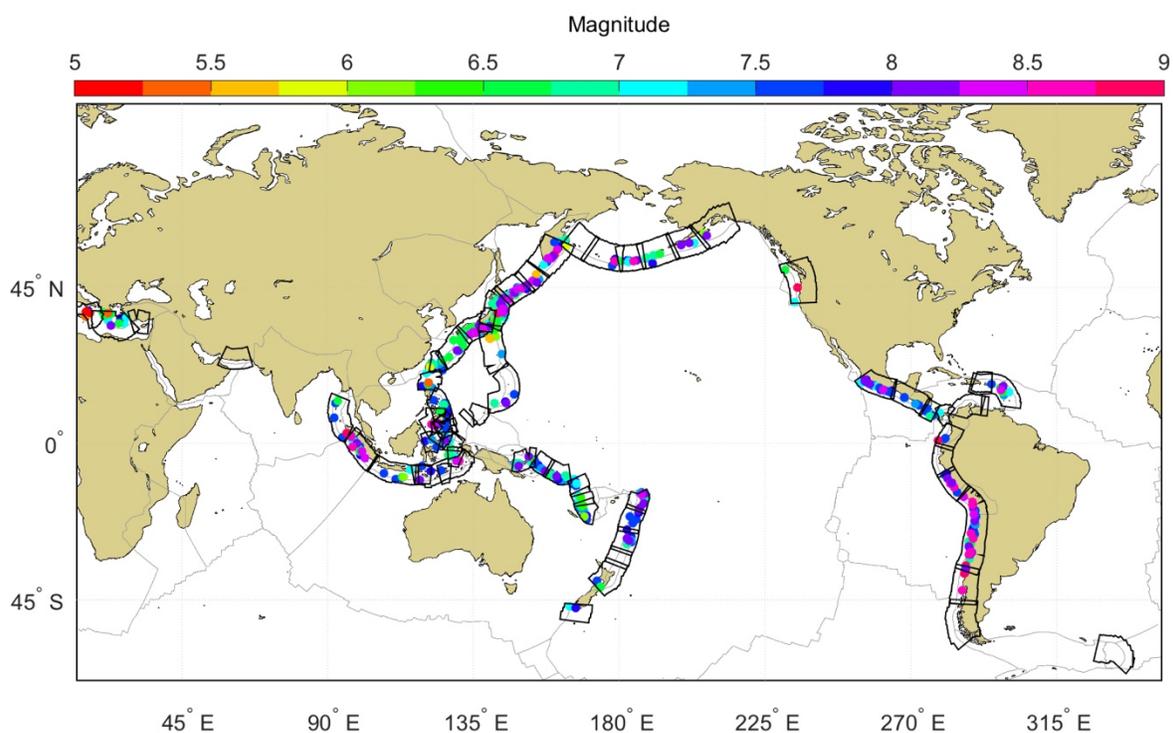


Fig. 12. Cinturón de fuego del Pacífico. Mapa de terremotos tsunamigenicos relacionados con zonas de subducción desde 1962 a 2016, elaborado según la base de datos de NOAA²⁵, coloreados de acuerdo a la magnitud que se expresa en la parte superior de la imagen. Fuente: Zelst, I. van et al. (2018) The influence of subduction zone tectonics on earthquake-generated tsunamis. EGU 2018, Vienna, Austria. Poster.

²⁵ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Cabe destacar además que según datos del Centro Nacional de Datos Geofísicos (NGDC), organización que pertenece a la Administración Nacional de Asuntos Oceanográficos y Atmosféricos de Estados Unidos (NOAA), el 70 por ciento de los tsunamis registrados se han generado en el Océano Pacífico, y que además el 83 por ciento de estos eventos se generaron a causa de terremotos.

Según la Comisión Oceanográfica Intergubernamental²⁶ (COI, 2012), el fenómeno del “tsunami” se refiere a una serie de ondas oceánicas extremadamente largas generadas por perturbaciones asociadas principalmente con sismos que ocurren bajo o cerca del piso oceánico, en aguas someras²⁷. Por otra parte, el International Tsunami Information Center (ITIC), los define como una serie de olas enormes creadas por disturbios bajo el agua tales como un terremoto, deslizamientos, erupciones volcánicas (Tibballs, 2005). Ambas definiciones tienen en común que unas de las causas del fenómeno de tsunami es un sismo, siendo ésta la principal responsable de que este evento ocurra. Incluso como ya se dijo anteriormente en el Océano Pacífico se originan la gran mayoría. Sin embargo, no es el único causante de un tsunami, debido a que otras agentes, aunque de menor rango, lo constituyen las erupciones volcánicas y los deslizamientos de tierra, donde en el mismo territorio representan el 6 y 3 por ciento respectivamente²⁸. Una tercera definición, que incorpora conceptos de comportamiento, es que los tsunamis son una serie de ondas que se originan principalmente en el mar, debido a una causa externa que impulsa y desplaza verticalmente la columna de agua, formando un tren de ondas largas, en un periodo que va desde varios minutos hasta una hora (Cereceda et al., 2011).

²⁶ La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), que es un órgano autónomo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), que proporciona a los Estados Miembros un mecanismo de cooperación a nivel mundial para el estudio de los océanos, promoviendo el intercambio de conocimientos, información y tecnología y a la coordinación entre los programas nacionales y regionales.

²⁷ Las aguas someras son aguas de baja profundidad, hasta 30 metros.

²⁸ “Tsunamis generados por terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos y otras causas en el mundo, desde 1410 a.C hasta el año 2011”, consultado en agosto 09, 2015.
http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/pdf/tsu_poster_sp_2012_03_26_FINAL_sm.pdf.

En Chile, la mayoría de los terremotos tsunamigénicos, esto es, sismos que generan a su vez eventos de tsunami, como se explica en la siguiente secuencia (fig. 13). Son producidos por movimientos de subducción²⁹ de las placas tectónicas, donde la placa de Nazca ingresa bajo la placa Sudamericana, generando la contracción y el alzamiento tectónico que luego, al liberarse, genera el terremoto y el posterior tsunami (Tibballs, 2005; Cereceda et al., 2011; Lagos, 2000).

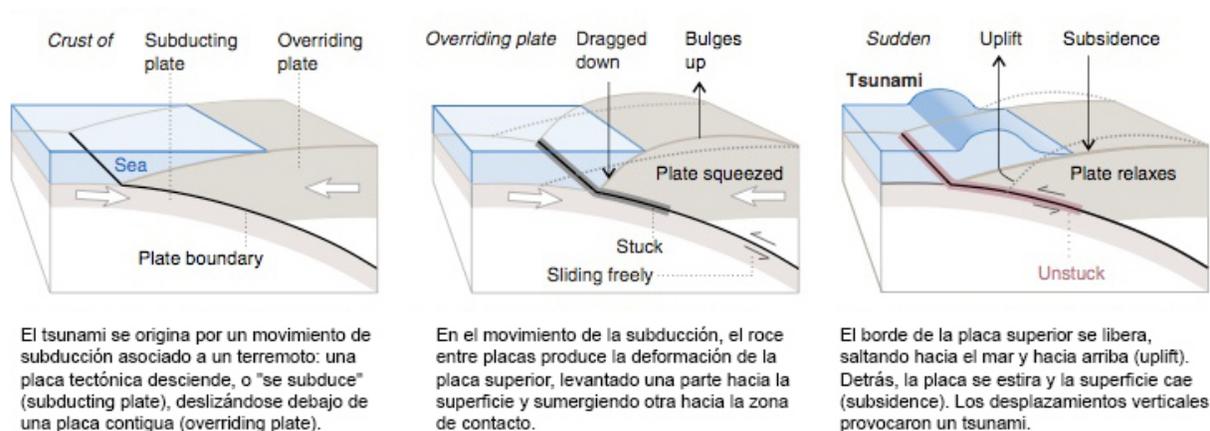


Fig. 13. Proceso de formación de un tsunami ocasionado por un movimiento de subducción asociado a un terremoto. Este fenómeno se observa en gran parte de los eventos ocurridos en Chile, producidos por el movimiento de subducción de la placa de Nazca (subducting plate) que se sumerge bajo la placa Sudamericana (overriding plate). Fuente: Elaboración propia en base a diferentes diagramas del SHOA, COI y NOAA.

Las costas de Chile – constantemente azotadas por marejadas y producto del encuentro de las placas tectónicas de Nazca, Sudamericana y Antártica – han sido escenario de numerosos terremotos³⁰ y tsunamis³¹. Esta condición lo convierte en un territorio que está bajo la

²⁹ La subducción es un movimiento entre placas tectónicas, donde se genera un proceso de hundimiento de una de ellas bajo la otra. Ocurre en las denominadas zonas de subducción, que son largas franjas de encuentro entre placas y que se concentran principalmente en el Océano Pacífico.

³⁰ Terremotos en los últimos 20 años dentro de los cuales los de mayor intensidad han sido (en orden cronológico): Tarapacá 2005, 7.9; Tocopilla 2007, 7.7; Cauquenes 2010, 8.8; Tirúa 2011, 7.0; Constitución 2012, 7.0; Iquique 2014, 7.0; Iquique 2014, 8.2 Mw; Iquique 2017, 7.7; Coquimbo 2015, 8.4; Chiloé 2016, 7.6. (Intensidad medida en Magnitud de momento Mw.)

³¹ Tsunamis registrados en Chile en los últimos 20 años: 2001, afectación entre Arica y Corral, magnitud 8.2; 2010, afectación entre Arica y Ancud, magnitud 8.8; 2011, Terremoto marino cerca de la costa de Japón, magnitud 9.0; 2014, afectación en el Norte de Chile, magnitud 8.2; 2015, afectación centro Norte de Chile, magnitud 8.4.

amenaza constante de desastre, debido a que numerosas ciudades están establecidas a lo largo de sus costas. En términos normativos y técnicos, se pueden diferenciar dos conceptos que refieren a la franja de contacto entre el océano y el continente: la *zona costera* y el *borde costero*.

- La zona costera del litoral es una franja longitudinal, paralela al océano, en la que interaccionan, tanto desde el punto de vista físico y biológico como social y económico, la tierra y el mar. Hoy en día, debido a la gran importancia que ha adquirido esta área, en los aspectos sociales, económicos y ecosistémicos, se está adoptando el concepto de Zona Costera, definida como menciona el Protocolo de Paipa en 1989³², “donde se manifiesta ecológicamente la interacción de la tierra, el mar y la atmósfera, y será determinada por cada Estado Parte de acuerdo con los criterios técnicos y científicos pertinentes” (SUBDERE, 2011).
- Por otra parte, el borde costero del litoral es un concepto legal, definido en la Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República³³, en la cual lo define como “aquella franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República. Se entiende entonces que el borde costero es un sub-ámbito de la zona costera –o en su máxima expresión igual-, y cuyos límites de jurisdicción administrativos están definidos por norma y comprenden, en el espacio territorial, básicamente los denominados terrenos de playa de mar.

El arribo de un tsunami a las costas se manifiesta inicialmente por un cambio anómalo en el nivel del mar, donde generalmente se presenta un recogimiento previo de las aguas, que suele dejar descubiertas grandes extensiones del fondo marino. Posteriormente, se produce una sucesión rápida y acentuada de ascensos y descensos del nivel de las aguas, cuya altura puede variar entre uno y cuatro metros. Sin embargo, se han registrado casos puntuales en que las olas alcanzaron alturas superiores a los 20 metros (Cereceda et al., 2011). El tsunami está

³² Protocolo para la Conservación y Administración de las Areas Marinas y Costeras Protegidas del Pacífico Sudeste. Paipa, Colombia, 21 de septiembre de 1989.

³³ Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República de Chile, establecida según Decreto Supremo número 475 del año 1994, Ministerio de Defensa.

formado por varias olas que llegan a la costa separadas entre sí unos 15 o 20 minutos, aumentando progresivamente la altura entre la primera ola y las siguientes.

En este proceso de formación de las olas, las variaciones en las formas y las pendientes de la batimetría³⁴ submarina cercana a la línea de costa influye directamente en el potencial de energía del tsunami, ocurriendo amplificación o atenuación de las ondas (Lopez, 2012; Tibballs, 2005). Como señala Cereceda et al. (2011), una costa que tenga una plataforma continental escalonada con bruscos cambios de pendiente, contribuirá a que la onda de tsunami pierda gradualmente su energía cinética y por tanto su potencial, debido a los choques sucesivos de la masa de agua con el fondo marino. En tanto, una costa con topografía de pendientes suaves en forma de rampas, donde la plataforma continental penetra suavemente en el mar, permitirá que la energía del tsunami sea transmitida en su totalidad, y por lo tanto, se incrementa el poder destructivo del mismo. Estas son costas de alto riesgo con olas de gran altura que producen inundación. (Tibballs, 2005; Cereceda et al., 2011). Por otra parte, la topografía del territorio del borde costero, en tierra firme, influye directamente en la penetración del tsunami en superficie. Cuando la pendiente es relativamente fuerte la extensión de la zona inundada no es significativa, en cambio, cuando el terreno es plano o con escasa pendiente, la penetración puede abarcar varios kilómetros tierras adentro (Lopez, 2012; Tibballs, 2005; Cereceda et al., 2011).

Diversos autores han definido escalas de magnitud (m) para Tsunamis. Inamura en 1949 propone una escala en función de la altura de la ola y los daños que estas producen en las áreas costeras. Por su parte, Iida en 1963, propone una escala de grados de tsunami, relacionando la máxima altura de subida que alcanza en tierra la ola, medida sobre el nivel medio del mar; y la energía de los tsunamis correspondiente a diferentes grados de intensidad. Posteriormente, Wiegel en 1970, combina las escalas propuestas por Inamura y Iida. Como se observa en la siguiente tabla, adiciona a la escala de Inamura la cota máxima de inundación R, definida por Iida (Lagos, 2000).

³⁴ La batimetría refiere a la topografía del fondo de mares, lagos y ríos.

Grado tsunami m	Altura ola H (metros)	Cota máx. inundación R (metros)	Descripción de los daños
0	1 - 2	1 - 1.5	No produce daños.
1	2 - 5	2 - 3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 - 10	4 - 6	Hombres, barcos y casas son barridos.
3	10 - 20	8 - 12	Daños extendidos a lo largo de 400 km de la costa.
4	> 30	16 - 24	Daños extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera.

Tabla 2. Escala de grados de tsunami según Inamura e Iida. Fuente: Lagos, M. (2000: 96).

Los daños causados por un tsunami en el territorio costero pueden agruparse en 3 tipos: por momento de flujo, inundación y socavamiento (Tibballs, 2005; Cereceda et al., 2011; Lagos, 2000):

- En primer lugar, se reconocen daños producidos por el *momento del flujo*, los cuales se generan cuando la masa de agua del tsunami seguida por una fuerte corriente, impacta el espacio construido, caracterizado por edificaciones e infraestructuras de diversa índole, los ecosistemas naturales y su entorno, generando destrucción y escombros a su paso. Cuando la masa de agua fluye de vuelta al mar, los escombros arrastrados fortalecen la fuerza del empuje del flujo que irrumpe, causando de este modo un efecto destructivo de los componentes debilitados por la primera embestida. En algunas ocasiones la magnitud del momento del flujo es tan alta, que es capaz de arrastrar tierra adentro elementos de elevado tonelaje (fig. 14).
- En segundo lugar, se evidencian daños por *inundación*, producidos por flujos de agua de menor magnitud que ingresan hacia zonas bajas del territorio costero, levantando por flotación elementos y estructuras que no están fuertemente arraigados al terreno. Al existir diferencias de pendiente en zonas inundadas, el flujo de agua acelerado produce el barrido de los elementos que encuentra a su paso, depositándolos en áreas distantes a su localización inicial.
- En tercer lugar, se identifican daños generados por *socavamiento*. Cerca de la costa la corriente del tsunami remueve el suelo del fondo del mar, socavando fundaciones de infraestructuras, edificaciones, árboles y otros elementos, produciendo su colapso.



Fig. 14. Daños causados por el tsunami del 27 Febrero de 2010 en las costas de las regiones del Biobío (izquierda) y del Maule (derecha), en Chile. La imagen de la izquierda corresponde a la localidad de Dichato, Biobío, donde se observan restos de viviendas arrastrados al mar por el flujo de retorno del tsunami. En la imagen de la derecha, un poco más al norte, se muestra la devastación producida por el momento de flujo de entrada del tsunami en la ciudad de Constitución, región del Maule. Ambas localidades se encuentran distantes 143 kilómetros entre sí. Fuente: Emol – El Mercurio On Line: https://www.emol.com/especiales/2010/fotos_AD/terremoto_chile_aereas/index.htm.

Dado que el comportamiento de los tsunamis está directamente relacionado a la profundidad de los fondos oceánicos y su relieve, hoy en día es posible mapear y representar las trazas de la propagación del mismo. De este modo, se puede conocer el tiempo de arribo a nivel local y a costas lejanas. En las siguientes imágenes se evidencia una comparación de la propagación entre el tsunami de 1960 y del 2010, originados en las costas de Chile por terremotos de magnitud 9.5³⁵ y 8.8, respectivamente (fig. 15 y 16).

³⁵ El terremoto de Valdivia, ocurrido el 22 de Mayo de 1960 con epicentro en las cercanías de la ciudad de Valdivia (39.5° Latitud Sur, 74.5° Longitud Oeste), se considera el de mayor magnitud de la historia, según el Servicio Geológico de Estados Unidos - USGS Earthquake Hazards Program. Consultar: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/largest-world.php>

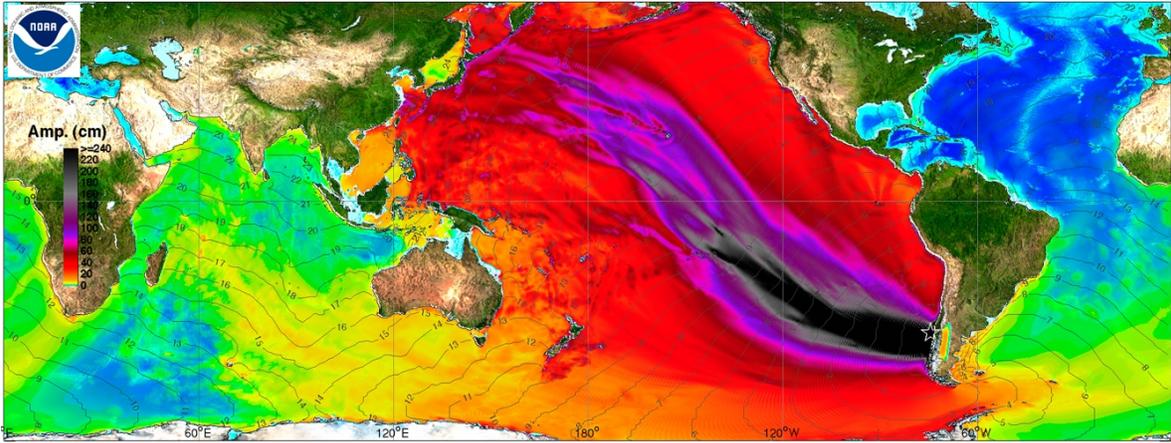


Fig. 15. Propagación del tsunami a través del Océano Pacífico a consecuencia del terremoto de 1960, Magnitud 9.5, Valdivia, Chile. El color indica la altura de variación de la ola (amplitud) y cada curva trazada sobre el mapa corresponde al intervalo de 1 hora en el desplazamiento de la ola desde el epicentro del terremoto tsunamigénico. Fuente: NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Documento online: <https://nctr.pmel.noaa.gov/chile20100227/index.html>

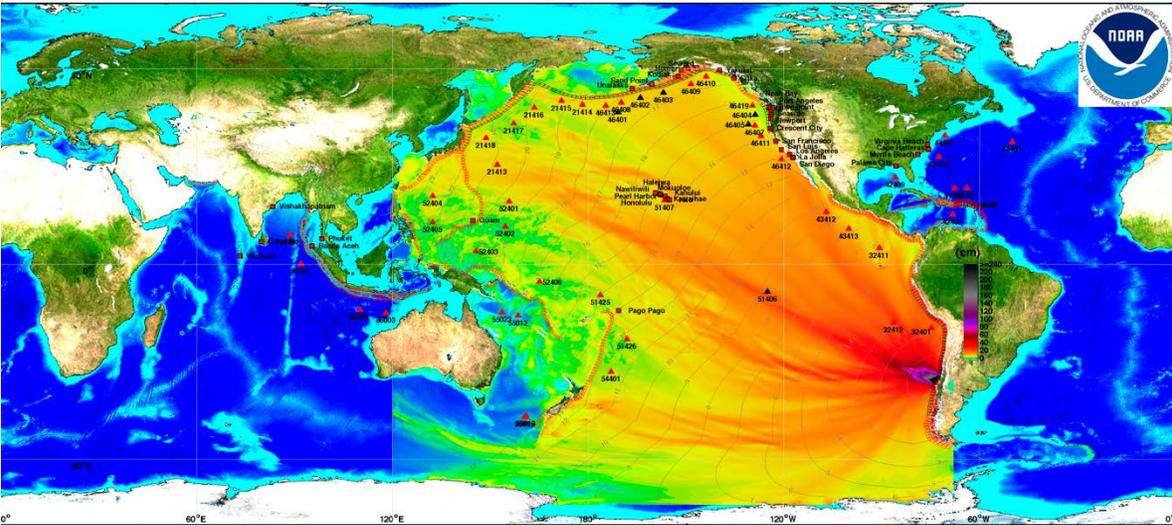


Fig. 16. Propagación del tsunami a través del Océano Pacífico a consecuencia del terremoto de 2010, Magnitud 8.8, Cobquecura, Chile. Al igual que en la imagen anterior, el color indica la altura de variación de la ola (amplitud) y cada curva trazada sobre el mapa corresponde al intervalo de 1 hora en el desplazamiento de la ola desde el epicentro del terremoto tsunamigénico. Fuente: NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Documento online: <https://nctr.pmel.noaa.gov/chile20100227/index.html>

Junto a la ocurrencia de tsunamis, la dinámica de este borde costero puede verse afectada por fenómenos de marea meteorológica³⁶, la cuales se define como un evento de olas de gran altura formadas por fuertes vientos en el área oceánica o en condiciones locales y que se propagan fuera de la zona de generación llegando impactar en los sectores costeros. Según Campos (2016), debido a los fenómenos de marejadas, el país se encuentra en un área de gran exposición a riesgo, considerando que de manera general la altura de ola va desde los 3 metros hasta una altura de 4.5 metros o mayor (como se observa en la siguiente figura), constituyéndose como el sexto país en el mundo con mayor afectación por marea meteorológica.

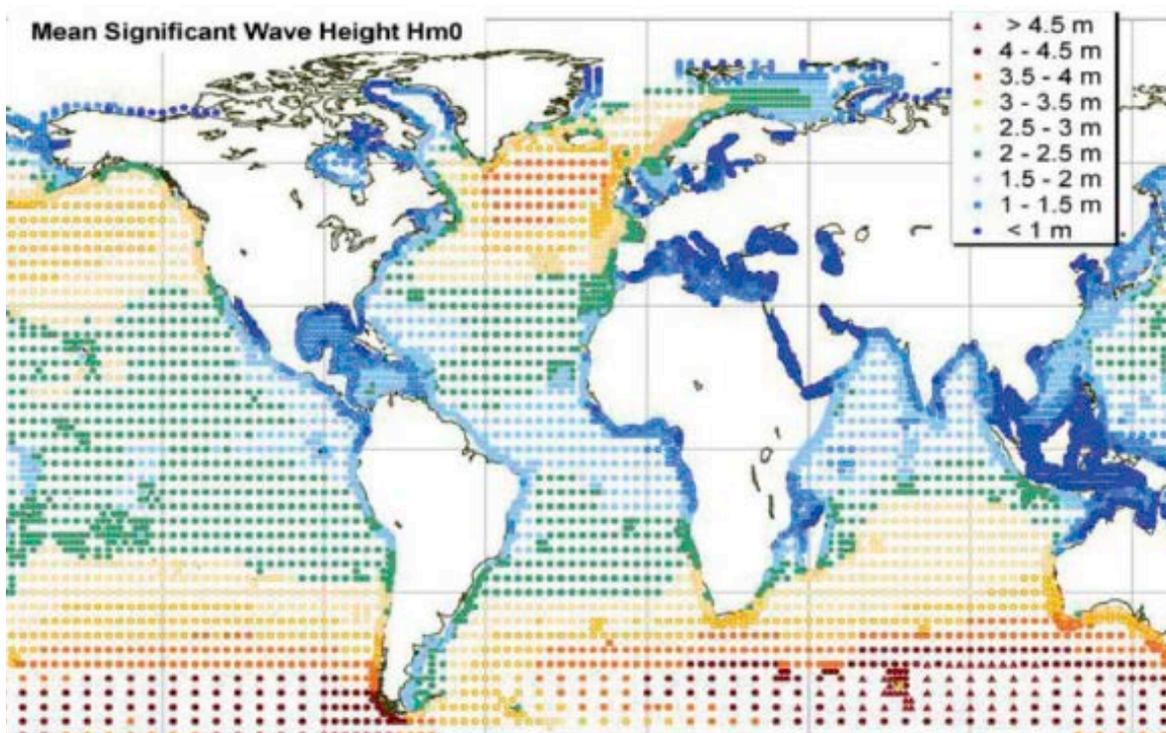


Fig. 17. Altura significativa de promedio de ola ($Hm0$) alrededor del mundo, entre 1997 y 2006. Fuente: Campos, R., 2016:66, según datos de OCEANOR³⁷.

³⁶ La marea meteorológica o *storm surge*, se define como las variaciones del nivel del mar debido a condiciones atmosféricas y meteorológicas (Ortega et. al., 2012). Considera cambios de presión atmosférica, lo cual también es conocido como marea barométrica. Por otra parte, las variaciones de marea producidas por efectos meteorológicos se deben a las fuerzas forzantes sobre la superficie del mar, producidas por la velocidad del viento. Este fenómeno es llamado set-up por viento. (Campos, 2016)

³⁷ http://www.oceanor.no/Services/Worldwaves/WW_database. Consultado en 18/01/2016.

Por otra parte, como consecuencia del incremento de concentración de dióxido de carbono y otros gases de invernadero en la atmósfera, se proyecta que la temperatura media superficial a nivel global experimente un aumento entre 1,4 y 5,8 °C hacia el año 2100, tomando como punto de partida el año 1990, donde se proyecta que las zonas en latitudes mayores aumenten su temperatura en una tasa mayor a la del promedio global (Estrada, 2001). El aumento en la emisión de gases invernadero ha llevado al planeta a un continuo aumento en el nivel del mar, debido a que los océanos y glaciares aún se siguen ajustando a los cambios climáticos que se han generado en la atmósfera terrestre. Las proyecciones indican un aumento en el nivel del mar entre 0,37 y 0,79 metros hacia el 2100 (op. cit.). En base a estos pronósticos, uno de los principales efectos que se puede presentar es un aumento en la cota de inundaciones de sectores costeros.

En la siguiente figura (fig. 18) se aprecian las zonas de inundación para los años 1880, 2010 y los pronósticos para los años 2050 y 2100. Factores locales como niveles de marea y el perfil de playa influyen en la forma que aumenten las inundaciones en diversos lugares del mundo (Campos, 2016). Las proyecciones muestran aumentos en el nivel de alta marea, con lo cual el año 2050 las inundaciones pasarán completamente por las estructuras que se encuentren más cercanas al borde costero y en 2100 llegarán a las zonas urbanas en diversas ciudades costeras (Union of Concerned Scientists, 2013). En Chile, el posible escenario que se pueda presentar – basándose en los aumentos del nivel del mar proyectados – varía según la latitud; por una parte se esperan aumentos del nivel del mar cercanos a los 20 centímetros en las costas del norte y del orden de 10 centímetros en la zona sur. A pesar de esto, se deja en claro que aún queda mucho por hacer para determinar con claridad cuáles serán los posibles cambios en el ámbito marítimo (CEPAL, 2012).

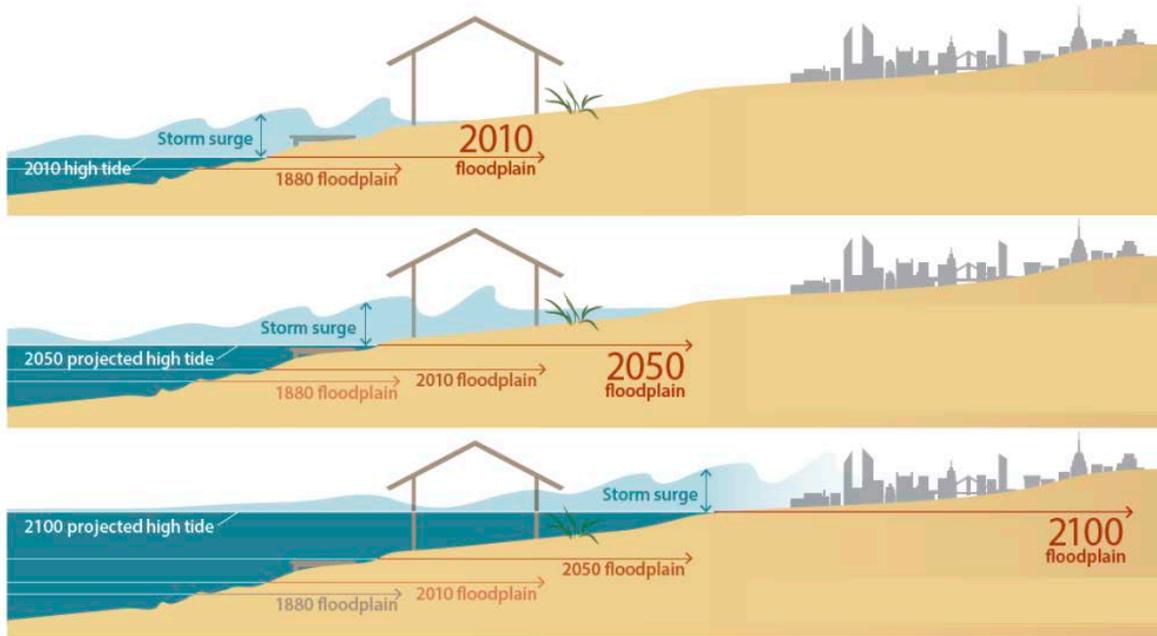


Fig. 18. Aumento de cota de zona de inundación hacia el año 2100 debido al aumento del nivel del mar. El nivel del mar establece una línea de base para las marejadas (storm surge), el aumento potencialmente destructivo en la altura del mar que se produce durante una tormenta costera. Dado que el nivel del mar local aumenta, al igual que la línea de base, permite que las tormentas costeras penetren más hacia el interior generando una mayor área de inundación. Con niveles del mar globales más altos en 2050 y 2100, las áreas interiores – hasta ahora seguras - estarían en riesgo de ser inundadas. La extensión de las inundaciones locales también dependerá de factores de intervención antrópica, como barreras y contornos edificados en el territorio costero. Fuente: UCSUSA - Union of Concerned Scientists, 2013.

2.2. Resiliencia. Un nuevo enfoque asociado a la gestión de territorios en riesgo.

El riesgo supone la probabilidad de ocurrencia de un proceso natural extremo que puede generar daño a la población (UNISDR, 2015; Arenas et al., 2010), lo cual involucra eventos de origen natural y determinadas condiciones de origen antrópico (Kreimer et al., 2003). Como ya se ha señalado, el establecimiento de las actividades humanas en el territorio sin tomar en consideración las amenazas existentes y las vulnerabilidades que se desarrollan, puede constituir uno de los principales factores desencadenantes de un desastre (CEPAL, 2005). La gestión del riesgo de desastre es un proceso social cuyo fin es la reducción, la prevención y el control permanente de dicho riesgo en la sociedad, en consonancia con el logro de pautas sustentables de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial que, además, aseguren la resiliencia y adaptabilidad de la población ante escenarios de riesgo (UNISDR, 2015a). Según Lavell (2003), esta gestión requiere de la existencia de sistemas o estructuras organizacionales e institucionales que reúnan, de acuerdo con modalidades de coordinación establecidas y con papeles diferenciados y acordados, las instancias colectivas de representación de los actores e intereses relacionados con la construcción del riesgo y su reducción, previsión y control (CEPAL, 2005; Lavell, 2003).

De acuerdo a lo anterior, la gestión de riesgo aborda al menos las siguientes fases:

- 1) el análisis de riesgo, a fin de calcular el peligro de que ocurra un desastre, sobre la base de las amenazas y vulnerabilidades específicas de una región y población particular;
- 2) la prevención y preparación ante los desastres mediante medidas políticas, legales, administrativas y de infraestructura;
- 3) la rehabilitación y reconstrucción, que abarque el análisis de las causas y consecuencias del desastre para modificar el perfil del riesgo en el futuro;
- 4) la integración de los sectores del desarrollo y la cooperación para tal fin, a fin de modificar el círculo vicioso entre desastre, reconstrucción, desarrollo y nuevamente desastre;

- 5) la concienciación de la población y de las instancias políticas de decisión, junto con el fortalecimiento de las estructuras locales orientadas a mejorar los mecanismos comunitarios de asistencia (Arenas et al., 2010).

En esta línea, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 constituye una importante carta de navegación para dirigir las políticas públicas y los protocolos de gestión de riesgo y resiliencia a nivel de gobiernos nacionales y locales. Adoptado como sucesor del *Marco de Acción de Hyogo 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*, en la tercera Conferencia Mundial de Naciones Unidas celebrada en Sendai, Japón, en marzo de 2015, este nuevo Marco pone fuerte énfasis en tres principios fundamentales: Primero, comprender cada vez con mayor rigor científico el riesgo de desastres, haciendo extensivo ese entendimiento a los actores clave y a la comunidad en general. Segundo, fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para hacer viable su gestión, promoviendo canales de comunicación y participación permanentes que operen no sólo en escenarios de emergencia, sino de manera continua en el tiempo. Y tercero, promover la inversión pública y privada en la reducción de riesgo, mediante planes y proyectos innovadores y efectivos, orientados a propósitos múltiples que, por una parte, otorguen seguridad a largo plazo, al mismo tiempo que generen oportunidades de desarrollo social y económico en sus entornos, aumentando la eficiencia en los ámbitos de recuperación, rehabilitación y reconstrucción (UNISDR, 2015a).

Este enfoque integral de la gestión de riesgo, el cual abarca no sólo la protección de los componentes materiales y tangibles del territorio, sino también sus intangibles – a nivel de procesos culturales y ecológicos que acontecen en un determinado territorio – apunta hacia el fortalecimiento de la resiliencia de los sistemas de vida en diversos contextos, principio que se establece actualmente como uno de los pilares fundamentales en las estrategias de reducción de riesgo; centrando el foco no sólo en la atención al desastre, sino en la gestión de resiliencia de las comunidades para hacer frente a potenciales y cada vez más variados riesgos.

En términos generales el concepto de resiliencia refiere a la capacidad de un organismo o sistema de asumir flexibilidad en situaciones límite y sobreponerse a ellas (Emrich & Tobin, 2018; Moreno 2013; Eckardt, 2011; Holling, 1973), favoreciendo la habilidad de incrementar su capacidad de aprendizaje y adaptabilidad, incluyendo – para el caso de los sistemas socioecológicos – la capacidad de recuperarse de un desastre (Vale y Campanella, 2005; Kreimer et al, 2003). Crawford Holling en 1973 acuña el término resiliencia para ecosistemas – entendidos como sistemas complejos que tienen tendencia a la inestabilidad – como una forma de medir la habilidad de estos sistemas de absorber los cambios, adaptarse a nuevas condiciones ambientales y así dar continuidad a su existencia. Dentro de esta conceptualización se diferencia la resiliencia de la estabilidad, ya que esta última está referida a regresar a un estado de equilibrio después de una perturbación temporal, en cambio la resiliencia se vincula con conceptos tales como la incertidumbre, la inestabilidad y la transformación de los sistemas, mediante sus estructuras y funciones, ante contextos de cambios. Desde lo social, el fortalecimiento de la resiliencia posibilita la condición de convivencia de las comunidades con las condiciones de riesgo de un determinado territorio (Eckardt, 2011), a través de la comprensión de los patrones y procesos que favorecen las capacidades de mitigación de impactos, de regeneración de los tejidos sociales y de funcionalidad de los sistemas ecológicos. (Light, 2006).

En materia de planificación de sistemas socioecológicos complejos – donde las ciudades constituyen su mayor expresión – diversos autores (Emrich & Tobin, 2018; Arup, 2014; Brandes et al., 2013; Eckardt, 2011) remiten a variables de análisis y evaluación de condiciones de resiliencia, que generalmente identifican dimensiones y parámetros asociados a la capacidad adaptativa frente a eventos de cambios, desastres o perturbaciones que afectan a los subsistemas antrópicos – relacionados con componentes demográficos, políticos, económico-financieros, tecnológicos e infraestructurales – y a los subsistemas ambientales, vinculados con ecosistemas, procesos ecológicos y recursos naturales, entre otros. Según Arup (2014), a partir del reconocimiento de estos subsistemas se pueden desprender cuatro grandes dimensiones, que operan a modo de red integrada: la dimensión social, la económica, la organizativa y la física-ambiental (fig. 19).

- La dimensión social, determinada por lineamientos estratégicos de *salud y bienestar*, establece la necesidad de acceso a condiciones favorables de vida, desarrollo humano y seguridad. Los indicadores en esta dimensión consideran, entre otros, aspectos vinculados a cobertura de necesidades básicas, acceso a recursos básicos (como alimento, comida y agua, especialmente en tiempos de crisis), acceso a servicios efectivos para la salud física y mental, acceso a medios de subsistencia, oportunidades de empleo y bienestar social.
- La dimensión económica, identificada con lineamientos estratégicos de *economía y sociedad*, busca que los sistemas sociales y financieros permitan a la población mantener la tranquilidad y actuar de forma colectiva. A nivel de indicadores, evalúa aspectos vinculados a cohesión social de las comunidades y compromiso con el actuar colectivo para el apoyo mutuo; aseguramiento de la estabilidad social y seguridad, especialmente en tiempos de emergencia; atracción de inversiones para el desarrollo de innovación y disponibilidad de financiamiento para el desarrollo planes y proyectos de contingencia.
- La dimensión organizativa, asociada a lineamientos de *liderazgo y estrategia*, indaga en el fomento de una gobernanza inclusiva y una planificación integrada. En términos de indicadores, reconoce aspectos relacionados con la existencia de una estructura institucional y normativa eficiente; liderazgo, capacidades de manejo e intercomunicación entre diferentes sectores del contexto territorial; empoderamiento de actores claves y representativos de la comunidad; planificación integrada a mediano y largo plazo, alineación de planes sectoriales y proyectos específicos con una visión de ciudad, entendida como carta de navegación consensuada y construida de manera participativa.
- La dimensión física-ambiental, determinada por los lineamientos estratégicos de *infraestructura y medioambiente*, promueve la integración y sinergia entre el sistema antrópico y los sistemas ecológicos, poniendo el foco en el aporte de los servicios ecosistémicos que entregan. A nivel de indicadores, considera la planificación basada en la existencia y funcionalidad de ecosistemas protectores (por ejemplo, humedales, dunas, bosques) para reducir la vulnerabilidad en los asentamientos humanos; el diseño multipropósito de infraestructura crítica, tales como carreteras, caminos, redes

hidráulicas, como parte de sistemas híbridos que contribuyen a la reducción de riesgo; el aseguramiento de redes de comunicación y movilidad efectiva, para asegurar el flujo libre de personas, información, bienes y servicios.

Coincidentes con parte de los objetivos y lineamientos propuestos en el Marco de Sendai, estas últimas dos dimensiones en particular, ponen en relevancia aspectos claves vinculados al ámbito de competencia de la planificación y diseño del paisaje. Por un lado, constituyéndose como matriz organizativa capaz de proveer una aproximación transversal e interdisciplinaria a nivel intersectorial y multiescalar, contribuyendo así a los objetivos estratégicos de gobernanza y planificación integrada e inclusiva en términos de intereses, actores e instrumentos de actuación.

De igual manera, la valoración de los ecosistemas como infraestructuras funcionales para la reducción de vulnerabilidades y la flexibilidad que promueve la infraestructura multipropósito en contextos de desastre, conforman una base argumental – a la vez discursiva y técnica – que orienta el desarrollo de políticas, planes y proyectos destinados a promover territorios y comunidades resilientes.

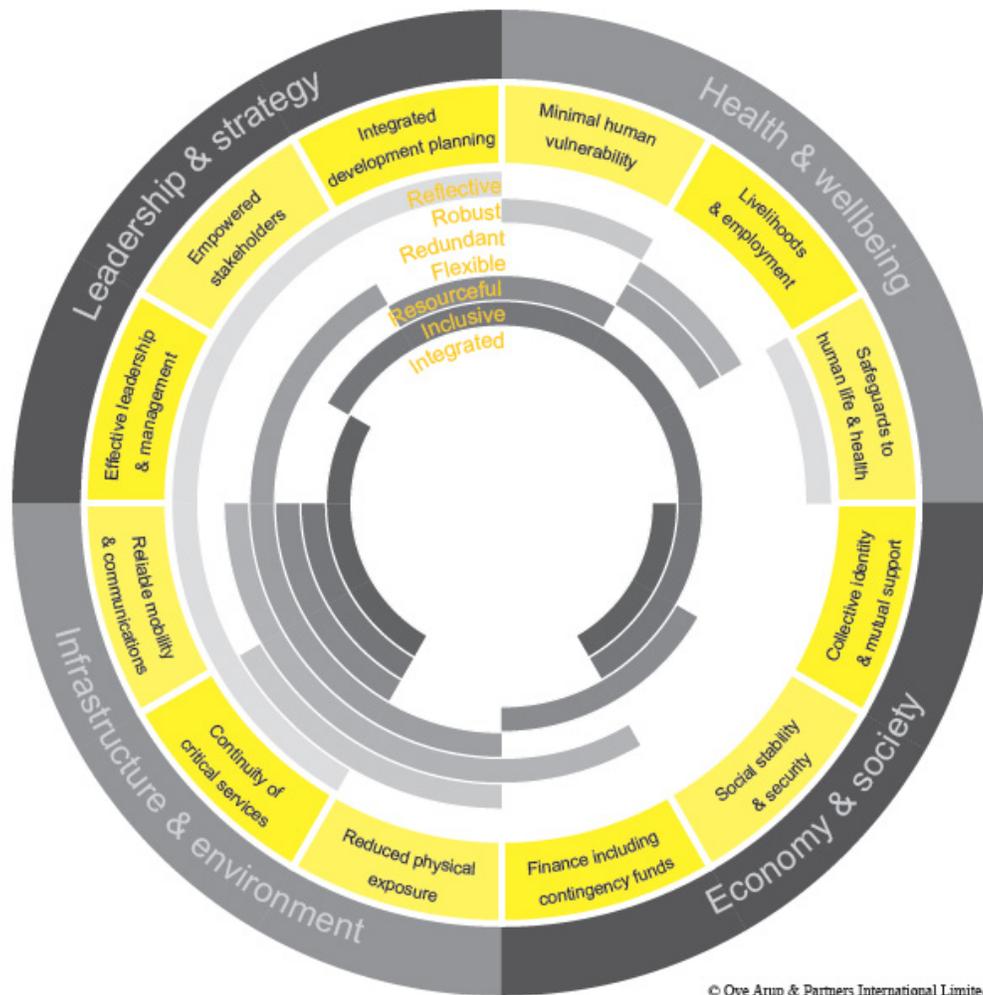


Fig. 19. En su proyecto investigativo City Resilience Framework (CRF), Arup establece una estructura para la resiliencia que se arma en función de 4 dimensiones – social, económica, física-ambiental y organizativa – conformadas a su vez por 3 indicadores cada una. Finalmente los 12 indicadores se complementan con 7 cualidades que distinguen a una ciudad resiliente. Esta organización facilita la tarea de identificar áreas críticas en un sistema socioecológico susceptible de verse afectado por desastre, sometiéndolo a evaluaciones y entregando información sobre dónde deben focalizarse los esfuerzos para aumentar su resiliencia. Fuente: Arup (2014), City Resilience Framework (CRF).

Otro de los elementos importantes para la resiliencia de un sistema socioecológico, lo constituye su propia aptitud para aprender sobre la relación entre los subsistemas sociales y los subsistemas naturales que lo conforman – con sus respectivos componentes y procesos – y entre éstos y el entorno ambiental. Bajo el concepto de *memoria socio-ecológica* (Olsson

et al. 2006; Folke et al. 2005), se contemplan los múltiples conocimientos que se acumulan en un sistema respecto del entorno con el cual se relaciona, en términos de cómo ha sido su proceso evolutivo, los cambios que han acontecido y las diversas estrategias de adaptación que se han desarrollado a lo largo del tiempo. Según Urquiza & Cadenas (2015) esta capacidad para almacenar conocimientos y mantenerlos disponibles en el sistema, refiere a un aprendizaje compartido, ya que a partir de él se reformulan perspectivas para incorporar nuevos conocimientos y recordarlos a través del tiempo.

Estos conocimientos remiten a contextos formales, como el conocimiento científico, e informales, asociados al conocimiento popular, los que en su conjunto pueden ser considerados para la toma de decisiones, conectando acontecimientos pasados con el presente y con las expectativas de cambio o amenazas futuras (Folke et al. 2005). La diversidad en este tipo de conocimientos es fundamental para la resiliencia del sistema, ya que permite desarrollar innovaciones para enfrentar en mejores condiciones nuevas amenazas y cambios del sistema. La configuración y alcance de esta memoria se relaciona también con el nivel de conectividad y colaboración tanto vertical como horizontal, ya que una mayor conectividad permite incorporar conocimientos de diferentes niveles a la memoria socioecológica de un sistema y, de esta manera, alcanzar un mayor aprendizaje colectivo durante los procesos de cambio (Urquiza & Cadenas, 2015; Olsson et al. 2006; Folke et al. 2005).

Por su parte, Lister (2015) señala que la resiliencia involucra la capacidad de un ecosistema para resistir y, hasta cierto punto, absorber los efectos de cambios repentinos e imprevisibles en condiciones ambientales previas, al mismo tiempo que mantiene la mayoría de sus estructuras y funciones. Ocasionalmente, dichos cambios pueden derivar en una reorganización de las estructuras y funciones del sistema en un estado nuevo o alternativo (fig. 20). Como tal, la capacidad de recuperación implica capacidad de transformación, y se extiende a ambos lados de la tensión entre estabilidad y perturbación, constancia y cambio (Reed, 2015). Así también, la resiliencia implica la aptitud de un determinado sistema para reconstituirse creativamente, transformando los aspectos negativos derivados de un desastre en nuevas oportunidades y ventajas asociadas a potenciales vectores de desarrollo ecológico, económico, social y cultural.

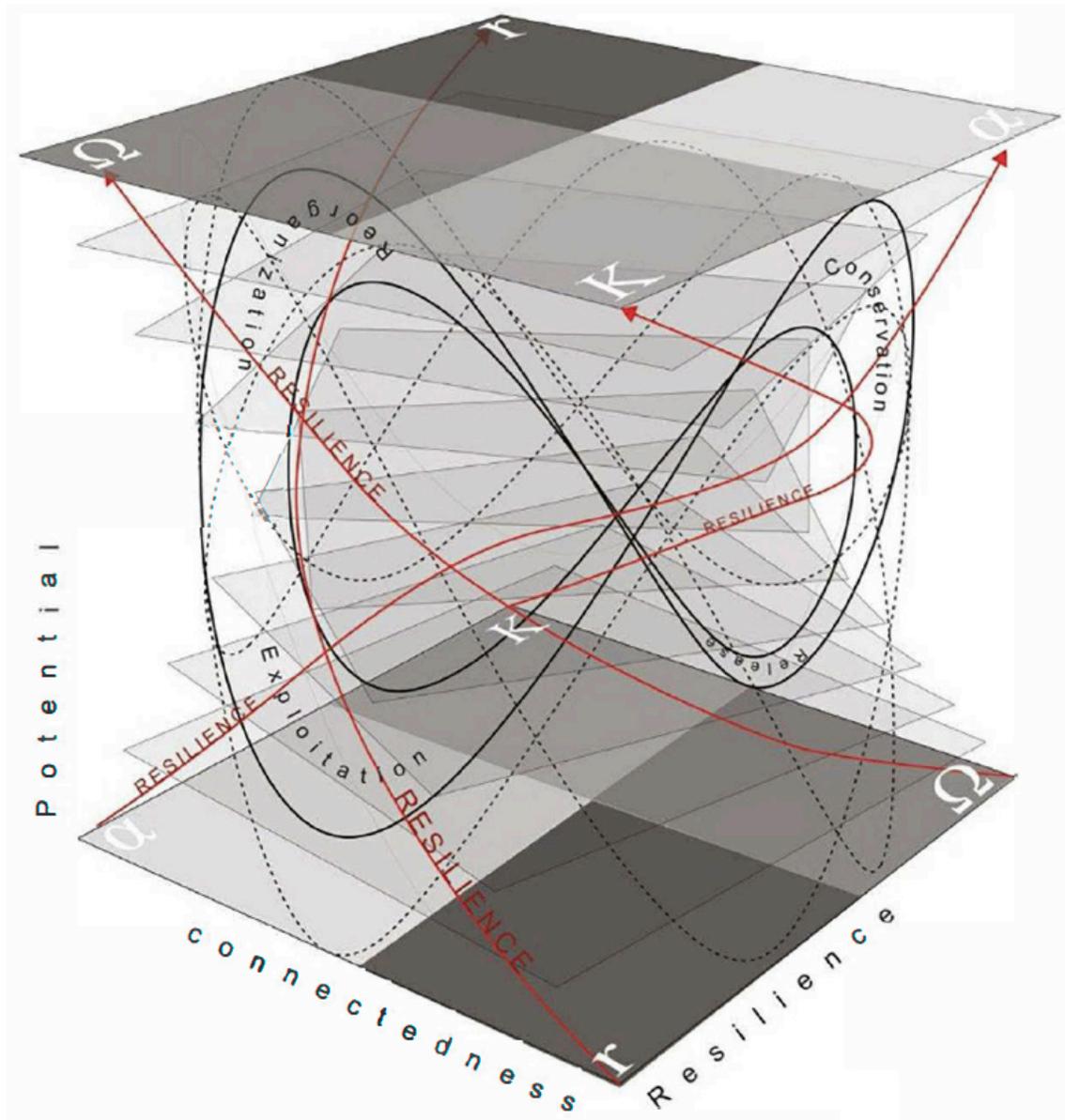


Fig. 20. Resiliencia como función de procesos socioecológicos: el modelo dinámico de desarrollo evolutivo de ecosistemas de Holling (1992) representa un cambio periódico cíclico pero discontinuo (que se manifiesta como perturbación) como un atributo normal de los sistemas vivos. Tales disturbios proporcionan oportunidades para la renovación y adaptación de las estructuras y funciones del sistema, y son esenciales para el desarrollo de la capacidad de recuperación, y con ella, la capacidad de transformación. Fuente: Topos The International Review of Landscape Architecture and Urban Design, 90, pp 60-69.

En esta tensión permanente entre estabilidad y cambio, la resiliencia constituye una noción que interpela la articulación entre naturaleza y cultura, o más precisamente, entre ecología y sociedad, invitando a una reflexión de teoría y praxis que antepone el proceso a la forma, el cambio constante al equilibrio, y la relación dinámica a la determinación estática. La noción de resiliencia contribuye a cambiar la perspectiva de análisis desde modelos simples de relación causa-efecto, a sistemas complejos y relaciones no lineales, siempre considerando la dimensión escalar del tiempo y el espacio (Davidson-Hunt y Berkes, 2003:76).

2.2.1. Gestión de resiliencia: bases conceptuales de planificación y diseño para la adaptabilidad y reducción de riesgo.

Los escenarios de cambios y crisis derivados de la ocurrencia de desastres en contextos urbanos plantean importantes desafíos en materia de planificación territorial, donde los conceptos de resiliencia, capacidad adaptativa y transformabilidad conforman un marco relevante que está actualmente guiando la formulación de políticas públicas e instrumentos de planificación, a nivel por ejemplo de planes y estrategias de adaptabilidad al cambio climático³⁸. Asimismo, como se ha presentado de manera más específica en la experiencia norteamericana, estos conceptos han motivado el desarrollo de planes y proyectos que promueven la mitigación y amortiguación de eventos extremos en zonas altamente expuestas, tales como bordes costeros y áreas en torno a sistemas hidrológicos en general, mediante soluciones de diseño adaptables y ecológicamente sensibles ante la complejidad, la incertidumbre y la vulnerabilidad.

³⁸ Un antecedente importante en esa materia a nivel nacional, lo constituye el *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*, cuyo documento base fue elaborado en 2014 por el Departamento de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente, Gobierno de Chile. A partir de este instrumento matriz, se han desarrollado Planes de Adaptación a escala comunal, en diversos municipios. Consulta online: <http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/02/Plan-Nacional-Adaptacion-Cambio-Climatico-version-final.pdf>

En un sentido empírico, la resiliencia es la cantidad de cambio o interrupción que un sistema socioecológico urbano puede absorber ante situaciones de desastre y, después de estos eventos de cambio, volver a un estado en el cual el sistema conserva la mayoría de sus funciones y procesos metabólicos, aun cuando sus estructuras puedan variar o transformarse. Aquí, como señala Reed (2015), dos puntos son esenciales. Primero, cuando se establece que un sistema socioecológico puede absorber los efectos del cambio, ello implica que el cambio está integrado en el tejido del sistema en cuestión, y no que el cambio es resistido o defendido.

Si este pensamiento se tuviese que aplicar a eventos de inundabilidad en la ciudad – producidas por ejemplo por precipitaciones, crecida de ríos o marejadas – los espacios públicos y las edificaciones se construirían o adaptarían para permitir la entrada de agua, soportar sus efectos temporales y ajustarse fácilmente cuando retroceden las aguas de la inundación. En segundo lugar, cuando se habla de la reorganización del sistema y la transición a un estado alternativo (Emrich & Tobin, 2018; Eckardt, 2011; Holling, 1973), se está capturando la verdadera esencia de la capacidad de resiliencia y recuperación ante los cambios acontecidos por la ocurrencia de desastres.

Los ecosistemas resilientes incorporan en su ADN la capacidad de cambiar y reorganizar sus componentes para mantener, e incluso fortalecer, el funcionamiento subyacente del sistema, sus estructuras y dinámicas básicas (Lister, 2015). Siguiendo con el ejemplo anterior, el equivalente urbano a esta afirmación sería un diseño de espacios públicos que aprovecha la condición de inundabilidad para producir en ellos nuevos programas, servicios y usos compatibles con esa dinámica; entendida ya no como un problema sino como un atributo de valor para el sistema, desde un punto de vista social, cultural, económico y ecológico, como lo expresa el proyecto relatado en la siguiente figura (fig. 21). En este caso, el sistema no sólo es capaz de absorber los efectos de cambio generados por el fenómeno de inundabilidad, sino que asume una inteligencia tal que aprovecha ese cambio para hacer emerger nuevos valores que fortalecen su funcionalidad y estructura.



Fig. 21. A la izquierda: Parque Humedal Yanweizhou Park, en la ciudad china de Jinhua, desarrollado por el estudio Turenscape. A la derecha: diseñado por la misma oficina, el Parque Humedal Minghu, en Liupanshui, China. En ambos casos, el proceso de diseño ha contemplado la articulación de ecosistemas, infraestructuras y programas de uso, transformando antiguos márgenes ribereños degradados, en sistemas flexibles orientados a la provisión de espacios públicos de alto valor social, a la restauración ecológica y a la gestión de resiliencia urbana ante inundaciones. Cada componente del proyecto adopta diversas funciones dependiendo del comportamiento hidrológico de su entorno: en la imagen de la izquierda, el aterrazamiento del borde fluvial amplifica el efecto de buffer, como mecanismo de contención de crecidas, a la vez que se transforma en espacio público y circulación peatonal, contribuyendo a la recuperación de la vegetación riparia, la cual es clave para fitodepuración del agua y el control de sedimentos. En la imagen de la derecha se observa que una circulación es a la vez soporte de movilidad, pero al mismo tiempo un mecanismo para la conformación de una secuencia de pequeñas lagunas para la laminación de las crecidas y, también, conforma un conjunto interrelacionado de hábitats de humedales. Fuente Turenscape © <https://www.turenscape.com>

Si bien gran parte de las recientes iniciativas de resiliencia abordadas desde el diseño urbano y la arquitectura del paisaje se ha centrado en los efectos de las tormentas y el aumento del nivel del mar en ciudades y regiones costeras, el cambio climático es mucho más diverso que sólo sus efectos en los océanos, y sus impactos se producen en ciudades lejos de las costas continentales (Reed, 2015). El aumento de la intensidad y la frecuencia de los eventos hidrometeorológicos afectan a las ciudades de todo el mundo, y los sistemas tradicionales de aguas pluviales urbanas, por ejemplo, no son ya capaces de hacer frente al aumento de los volúmenes de lluvia en períodos cortos de tiempo, así como durante períodos de tiempo más prolongados. Por lo tanto, los incidentes de inundaciones, remociones en masa – y otros desastres en general – están en aumento, comprometiendo no sólo daños materiales a las infraestructuras y edificaciones, sino también afectando la dinámica de los ecosistemas y, de

manera particularmente sensible, la salud y seguridad de las comunidades. Volviendo al contexto de los territorios costeros, se prevé que los riesgos aumenten en las próximas décadas debido a las amenazas crecientes del cambio climático – como la subida del nivel del mar y la mayor intensidad en las tormentas – pero también por un mayor desarrollo urbano y productivo de estos territorios, el crecimiento demográfico³⁹ y los cambios geomorfológicos de las costas (Johnson & Bayley, 2016; Hallegatte et al., 2013).

Un papel importante para la arquitectura del paisaje a este respecto es aportar soluciones basadas en la naturaleza al discurso de planificación territorial. Este enfoque, traducido del inglés *nature-based solutions*⁴⁰, abarca a todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos relacionados especialmente con la adaptación al cambio climático y, de manera más reciente, a la reducción del riesgo de desastres (McBreen, 2016). Las áreas de paisaje donde se proporcionan estos servicios – como ocurre por ejemplo en los humedales urbanos (fig. 69) – se pueden gestionar y conservar mediante iniciativas de planificación y diseño basadas ya no sólo en objetivos de preservación ecológica, sino en un afán de comprenderlos como componentes estratégicos para la resiliencia urbana (Reed, 2015), aprendiendo sistemáticamente de las formas en que la naturaleza *responde* para internalizar ese conocimiento en las propuestas de planes y proyectos.

³⁹ Según informes de ONU y Banco Mundial, la población expuesta en las principales ciudades costeras podría llegar hasta 150 millones para la segunda mitad del siglo, debido al efecto combinado del cambio climático y el desarrollo antrópico de estos territorios, generalmente asociados a una débil planificación que acentúa más la vulnerabilidad de las comunidades (Hallegatte et al., 2013; World Bank, 2010; Arenas et. al, 2010; Vale y Campanella, 2005;).

⁴⁰ En los primeros años del siglo XXI, emerge el término de *nature-based solutions*, consolidando un cambio de perspectiva: entendiendo que la población no es solo un beneficiario pasivo de los productos y servicios de la naturaleza, sino que también puede proteger, gestionar y restaurar proactivamente y de forma estratégica los ecosistemas, ayudando así a resolver los desafíos de desarrollo, la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza y la mitigación de los efectos producidos por desastres (McBreen, 2016; MEA, 2005)



Fig. 22. Parque Humedal Baquedano, proyecto detonante del Plan de Infraestructura Verde Urbana para Llanquihue, Región de Los Lagos, Chile. Arriba: fotomontaje con imagen objetivo (derecha), contrastando con situación previa (izquierda). Abajo: secuencia de planos con las operaciones de diseño, que se concentran en los bordes del Humedal, configurando un sistema de Franjas, Nodos y Áreas destinado a generar un ámbito de mediación ecológica y social. Considera la recuperación de las funciones del humedal en tanto infraestructura hidráulica para prevenir inundaciones en periodos de lluvias intensas, mediante: 1) la restauración de los ecosistemas riparios; 2) la ampliación de la lámina de agua, y; 3) el ordenamiento de las dinámicas de retención, conducción e infiltración de precipitaciones y *run-off* a través de jardines y canales de infiltración adyacentes a la vialidad. Además, contempla la habilitación de circulaciones y áreas programáticas que contribuyen a comprender el humedal como espacio de encuentro comunitario, especialmente focalizado en los niños y niñas del barrio Baquedano. Fuente: Elaboración propia en base a fotografía aérea y planos de proyecto.

Las estrategias de planificación y diseño de ciudades impulsadas desde el paisaje – mediante soluciones basadas en la articulación de sistemas naturales e infraestructuras urbanas – han demostrado ser exitosas para ayudar a mitigar el cambio ambiental (Hung, 2017; Belanger 2016; Reed, 2015; Batlle 2011). Si bien la novedad de este enfoque se expresa fuertemente en las propuestas de paisaje contemporáneas – como aquellas desplegadas en Rebuild by Design, o en los proyectos de Turenscape ya mencionados – es importante mencionar que abordan, de manera actualizada, el papel tradicional de la arquitectura del paisaje: la mediación entre las dinámicas de la sociedad y los procesos de la naturaleza (Silvestri y Aliata; 2001). Los sistemas de parques de Frederick Law Olmsted⁴¹ en ciudades de América del Norte a fines del siglo XIX son algunas de las primeras versiones de soluciones basadas en la naturaleza, donde es posible reconocer la noción de infraestructura verde como un nuevo tipo de proyecto urbano multifuncional; un proyecto que trata tanto de un enfoque paisajístico para la planificación de ciudades, enfatizando la importancia social y cultural de la conservación de los sistemas naturales en la ciudad, como de un sistema infraestructural para la movilidad urbana y la reducción de riesgo ante inundaciones.

Como señala Reed (2015), el concepto de resiliencia, y la redefinición más amplia de la ecología de sistemas adaptativos complejos en las últimas décadas, abre nuevas oportunidades para incorporar estrategias de diseño multipropósito basadas en la sinergias resultantes de la articulación entre las infraestructuras urbanas y los sistemas naturales, especialmente en contextos de ciudades asociados a riesgo de desastres.

⁴¹ Frederick Law Olmsted (1822-1903) arquitecto paisajista creador del Central Park en Nueva York, del Sistema de Parques de Boston y de la noción de Parque Nacional, aplicado a Yosemite National Park, entre otras importantes iniciativas especialmente desarrolladas durante la segunda mitad del siglo XIX en Norteamérica. Su labor estableció un nuevo paradigma asociado al proyecto de paisaje, heredero de la tradición pintoresca inglesa, pero superador en términos de escala de intervención y de articulación entre las capas ecológicas y socioculturales del contexto de intervención (Beveridge & Rocheleau, 1998). El término *Landscape Architect* fue utilizado por Olmsted para reemplazar al de *Landscape Gardener* – herencia del paisajista inglés Humphry Repton – centrando la atención en una idea de construcción del espacio público moderno a través del concepto de parque, y no ya en la aspiración de una naturaleza sublime contenida en el paisajismo de jardines. Más allá de cuestiones semánticas, este enfoque alternativo permitió reconocer el importante valor –ecológico y social – de la presencia activa de naturaleza en la ciudad y en el territorio.

Esta condición mutipropósito del diseño como cualidad inherente a la arquitectura del paisaje, apunta directamente a articular los objetivos de reducción de riesgo con otros objetivos en paralelo – tales como desarrollo económico y productivo, gestión de recursos naturales, recreación y espacio público – los cuales ya no se conciben como externalidades de un determinado proyecto, sino que se proyectan como parte del mismo, desde su propia formulación y diseño.

Abordar estas estrategias implica comprender el alcance de la escala de mosaico de paisaje en su amplia dimensión espacial y ambiental, porque su acción e influencia no se restringe a los límites específicos de una determinada compartimentación territorial administrativa, sino que extienden su influencia espacial hacia lo urbano en su conjunto, o incluso a nivel regional (Belanger 2016; Reed, 2015; Batlle 2011). Por lo tanto, planificar la resiliencia significa proyectar a escala territorial, dibujando un campo de actuación interdisciplinario – desde las ciencias naturales, exactas y aplicadas – interescalar e intersectorial, involucrando desafíos en materia de articulación de diversos ámbitos institucionales públicos y privados, marcos técnicos y normativos, actores sociales y comunidades.

2.3. Infraestructuras Verdes. Planificación y diseño de paisajes resilientes.

La discusión conceptual sobre la definición de paisaje es tan amplia como su adscripción transversal a diversas disciplinas en distintos momentos históricos, empezando con aquellas que le posicionan como el constructo social y cultural que determina una significación de la mirada sobre el territorio, la cual a su vez deriva de la interpretación y valoración subjetiva de sus características y dinámicas (Nogué, 2010; Bertrand, 2008; Silvestri & Aliata, 2001; Corner, 1999; Roger, 1997; Berque 1994). Y que, mediante el establecimiento de soportes representacionales que emergen de esa percepción individual y/o colectiva, expresa diversas jerarquizaciones y valoraciones basadas en formas tangibles o patrones, así como también en procesos o dinámicas intangibles (Corner & Bick, 2014; Bertrand, 2008; Berrizbeitia, 2007; Mathur & Da Cunha, 2001; Forman 1995). Esta construcción de la mirada, por cierto, actualmente se estructura desde múltiples dispositivos, tanto análogos como digitales, ofreciendo a su vez múltiples estímulos en esa percepción. Como señalan distintos autores (Nogué, 2010; Martínez de Pisón, 2008; Roger, 1997) el paisaje puede ser percibido *in situ*, como forma y objeto geográfico que se expresa como un palimpsesto acumulador del historial de un territorio; y también *in visu*, como imagen creada en el tiempo, a partir de la suma de vivencias, prácticas, identidades y expresiones artísticas. Según lo resume Martínez de Pisón (2008), ello refiere a “*algo parecido a la distinción entre un fundamento material y un fundamento ideal (...) ambas modalidades del paisaje, que no son sino sus facetas y, sumadas, su armazón*” (2008:30). El paisaje efectivo, como señala el autor, es el resultante completo de todos los constituyentes materiales e inmateriales de esos dos flancos.

En tal sentido, la cualidad infraestructural del paisaje que refiere y propone la tesis puede ser considerada un atributo inherente a su estructura y funcionalidad, a la vez percibida desde determinada sensibilidad social y cultural que infiere a ese paisaje un cierto rol⁴². En palabras del geógrafo cultural J.B. Jackson, el paisaje puede definirse “*como infraestructura o*

⁴² En este caso asociado no sólo a aspectos referidos a sus potenciales beneficios de protección y mediación ante la ocurrencia de desastres, sino comprendido como un soporte de convivencia social y coexistencia con la alteridad de lo urbano, aquello que conecta a las comunidades con la naturaleza, o más precisamente, con aquella estructura perceptible de sistemas naturales que conforman la base ecológica del territorio y también, en gran medida, su soporte de identidad cultural.

soporte de base para nuestra existencia colectiva (...) aquello que subraya no solo nuestra identidad y presencia, sino también nuestra historia” (Jackson, 1984:8). Se fundamenta justamente en su lectura e interpretación como soporte de resiliencia y sustentabilidad, por parte de un colectivo social que atraviesa esferas ciudadanas, políticas y académicas, situado en un contexto ambiental y geográfico - y por cierto histórico - que interpela esa cualidad infraestructural del paisaje en un marco de discusión multidisciplinaria, asociado a los desafíos de resiliencia ante desastres y sus consecuentes efectos de vulnerabilidades sociales y territoriales. Este enfoque de paisaje se sustenta conceptualmente, por una parte, en la tradición de la ecología del paisaje que lo identifica como mosaico de unidades morfológicas y funcionales (Forman, 2008; 1995; Forman & Godron 1986), las cuales aportan servicios ecosistémicos claves para la resiliencia y sustentabilidad urbana (Vásquez, 2016; Reed & Lister, 2014; Benedict & McMahon, 2002; 2006) al tiempo que provee de una comprensión del valor social y ecológico de las unidades y componentes que lo conforman (Batlle, 2011; Berrizbeitía, 2007; Berger, 2006; Silvestri & Aliata, 2001; Corner, 1999).

Como argumenta Weller (2006), el paisaje es en gran medida infraestructura, porque es el medio a través del cual todas las transacciones sociales y ecológicas del territorio deben pasar. Según lo anterior, su cualidad infraestructural remite a la síntesis de un sustrato material de carácter físico-espacial y un contenido inmaterial, ambiental y fenomenológico, a través del cual acontecen los procesos, metabolismos y flujos provenientes de aquellos sistemas de origen natural y antrópico que lo conforman (Whaldheim, 2016; Bélanger, 2016; Lister, 2015; Mathur & Da Cunha, 2001; Holland et al., 1991) los cuales, a la vez, tienen implicancias simbólicas trascendentales para la valoración de las identidades territoriales (Batlle, 2011; Nogué, 2010; Martínez de Pisón, 2008). De igual manera, esta perspectiva se basa en la noción de paisaje como el resultante de los procesos de percepción y representación del territorio, determinando una subjetivación de sus valores e imaginarios y asociándolo a un constructo social que establece una mediación entre cultura y naturaleza (Corner, 2014; 1999; Batlle, 2011; Nogué, 2010; Silvestri & Aliata, 2001; Berque, 1994), la cual puede considerarse particularmente crítica ante las condiciones de riesgos y vulnerabilidades derivadas de desastres.

En la siguiente tabla se sintetizan los planteamientos expuestos anteriormente, referidos a las consideraciones teóricas y epistemológicas sobre la cualidad infraestructural del Paisaje:

PAISAJE	Cualidad Infraestructural
<ul style="list-style-type: none"> • Constructo social y cultural determinado a partir de la percepción, interpretación y valoración subjetiva de las características físicas y las dinámicas ambientales y socioculturales de un determinado territorio. • Percibido <i>in situ</i>, como forma y objeto geográfico que se expresa como un palimpsesto acumulador del historial de un territorio; y también <i>in visu</i>, como imagen creada en el tiempo a partir de la suma de vivencias, prácticas, identidades y expresiones artísticas. • Mediante soportes representacionales que emergen de esa percepción individual y/o colectiva, expresa diversas jerarquizaciones basadas en formas tangibles (patrones o fenosistemas), así como también fuerzas intangibles (procesos o criptosistemas). • Su comprensión, significación y representación posibilita una mediación entre las dinámicas antrópicas y los procesos ecológicos, conformando un producto de la relación entre cultura y naturaleza en un determinado contexto territorial y temporal. 	<p>Se fundamenta en su lectura e interpretación como soporte de resiliencia y sustentabilidad, por parte de un colectivo social que atraviesa esferas ciudadanas, políticas y académicas, situado en un contexto ambiental, geográfico e histórico, <i>como infraestructura o soporte de base para nuestra existencia colectiva</i>.</p>
<p>(Nogué, 2010; Bertrand, 2008; Martínez de Pisón, 2008; Berrizbeitia, 2007; Mathur & Da Cunha, 2001; Silvestri & Aliata, 2001; Corner, 1999; Roger, 1997; Forman 1995; Berque 1994).</p>	<p>(Whaldheim, 2016; Bélanger, 2016; Reed & Lister, 2014; Batlle, 2011; Berrizbeitia, 2007; Jackson, 1984).</p>
	<p>Se sustenta en la tradición de la ecología del paisaje que lo identifica como un mosaico de unidades morfológicas y funcionales, las cuales aportan servicios ecosistémicos claves para la resiliencia urbana, al tiempo que provee una comprensión del valor social y ecológico de las unidades y componentes que lo conforman.</p>
	<p>(Vásquez, 2016; Benedict & McMahon, 2002; 2006; Forman, 1995; Forman & Godron 1986).</p>
	<p>Remite a la síntesis de un sustrato material (físico-espacial) y un contenido inmaterial (ambiental y fenomenológico) a través del cual acontecen los procesos, metabolismos y flujos provenientes de aquellos sistemas de origen natural y antrópico que lo conforman , que a la vez, tienen implicancias simbólicas trascendentales para la valoración de las identidades territoriales.</p>
	<p>(Lister, 2015; Batlle, 2011; Nogué, 2010; Bertrand, 2008; Berrizbeitia, 2007; Weller, 2006;).</p>

Tabla 3. Resumen de las consideraciones teóricas y epistemológicas sobre la cualidad infraestructural del Paisaje. Fuente: Elaboración propia en base a autores citados.

Desde una dimensión teórico-práctica, los enfoques contemporáneos de arquitectura del paisaje discuten la clásica aproximación disciplinar en torno al diseño de jardines y áreas verdes, tradicionalmente abordada desde su valoración estética y en su aptitud para generar escenarios de ocio y esparcimiento en ciudades. Esta aproximación, de una arquitectura del paisaje que remite a la idea de ‘jardín’, enfatiza casi exclusivamente los beneficios sociales ligados a la recreación, ocio y belleza escénica dejando fuera una amplia gama de beneficios ecológicos y sociales que este tipo de unidades de paisaje proveen (Vásquez, 2016; Thompson, 2002). Por otro lado, generalmente centra la atención en tipologías de espacios diseñados, manipulados y construidos, excluyendo la funcionalidad que aportan los sistemas naturales remanentes que se encuentran en ciudades y paisajes productivos. Lo anterior, como señala Vásquez (2016:64), *“podría ser una de las razones por las cuales, en la práctica, en la planificación urbana se subestime el rol de los espacios verdes en el desarrollo de las ciudades, y por lo tanto tengan una baja prioridad política y en la asignación de presupuestos”*.

No obstante, frente a los actuales escenarios de perturbaciones, crisis y vulnerabilidades asociadas a procesos de expansión urbana, cambio climático y desastres, la arquitectura del paisaje aborda nuevos desafíos y campos de actuación, asumiendo el desafío de repensar el rol del proyecto como una plataforma conceptual y operativa para la gestión de resiliencia. Sustentado en los paradigmas de la planificación ecológica y la ecología del paisaje, el enfoque de Infraestructura Verde⁴³ – que comprende la identificación, gestión y diseño de redes integradas de ecosistemas, espacios verdes, brownfields, áreas productivas e infraestructuras urbanas – conforma una aproximación estratégica para repensar los territorios en riesgo. Como sostienen Benedict & McMahon (2006), el paisaje y sus componentes pueden ser concebidos como una potencial red estructurante del territorio y la

⁴³ El término infraestructura verde (green infrastructure) fue empleado por primera vez en 1994 en Estados Unidos, por la Comisión de Greenways de Florida, con el objetivo de elevar el valor social y las funciones de las áreas rurales y los sistemas naturales al mismo nivel de importancia que la infraestructura gris. En 2013, la Comisión Europea hizo pública la Estrategia Europea de Infraestructura Verde (Green Infrastructure-Enhancing Europe’s Natural Capital, Comisión Europea, Bruselas, 2013), con el objetivo de impulsar el desarrollo de Infraestructuras Verdes en todos los ámbitos territoriales (nacional, regional y local) y garantizar su consideración en la ordenación del territorio.

ciudad, contribuyendo a una planificación integrada de los sistemas naturales y antrópicos tanto a nivel espacial como funcional, en el marco de las actuales políticas e instrumentos de desarrollo urbano y territorial.

De esta forma, la idea de paisaje como infraestructura no se remite solamente a la consideración de los sistemas naturales y el aporte que éstos hacen en materia de sustentabilidad y resiliencia, sino que contempla la articulación de sus ecologías con sistemas infraestructurales, productivos y urbanos, ya sea como producto de estrategias y operaciones de diseño concertadas desde un determinado proyecto, o bien derivada de prácticas tradicionales y colectivas destinadas a favorecer el desarrollo económico y cultural de una comunidad. En tal sentido, ampliando el espectro de alcance referido al enfoque de infraestructura verde, esta imbricación entre paisaje e infraestructura puede vincularse a 3 ámbitos de acción en los cuales es posible reconocerlo:

- En primer lugar, el paisaje se constituye como infraestructura mediante la acción de los sistemas naturales a través de sus propios componentes, dinámicas y procesos metabólicos, contribuyendo al bienestar y resiliencia de un determinado territorio. Ejemplo de ello lo constituye el rol que cumplen los humedales urbanos en la reducción del riesgo de inundaciones, los sistemas dunarios ante el impacto de las mareas en zonas costeras, o la vegetación de ladera en áreas cuyo relieve pronunciado genera una propensión a fenómenos de remoción en masa.
- En segundo lugar, el paisaje como infraestructura aparece vinculado al desarrollo de paisajes productivos tradicionales que involucran patrones y procesos derivados del manejo de sistemas naturales mediante tecnologías vernaculares, basadas en un conocimiento profundo y sensible de estos sistemas, que a su vez devela una estrecha vinculación entre las comunidades y su entorno de vida. Junto con focalizarse en la producción de un determinado bien o servicio, las infraestructuras de paisajes productivos aportan a la regulación de dinámicas de cambio en el territorio donde se despliegan. Como ejemplo en este sentido, cabe destacar el caso de los andenes de cultivo en territorios altoandinos, claves para el control de los procesos de erosión y

manejo de las escorrentía de agua en las laderas; o bien el paisaje infraestructural de salinas artesanales en contextos de estuario, que dibujan un borde de intercambio orientado a favorecer la mezcla de aguas dulces y saladas, a la vez que contribuyen a sostener la hidro-ecología de estos territorios (fig. 70). Esta regulación no constituye una mera externalidad del proceso productivo, sino por el contrario, es fundamental para la sustentabilidad del sistema en el tiempo.

- En tercer lugar, el paisaje adquiere una cualidad infraestructural al ser diseñado para tal propósito, lo cual evidencia una hibridación entre componentes ecológicos y estructuras antrópicas destinada a optimizar la funcionalidad de estos sistemas para contener o amortiguar fenómenos ambientales. La hibridación, que toma forma a partir de la idea de soluciones basadas en la naturaleza o *nature-based solutions*, favorece así la capacidad de la infraestructura para la reducción de riesgos, a la vez que contribuye a la conservación estratégica de sistemas naturales, o incluso a la creación de nuevos ecosistemas asociados a áreas verdes urbanas. Como se ha observado en algunos casos de proyectos relatados previamente, el foco de atención de estas infraestructuras verdes ha estado situado en las problemáticas de hidrología urbana y alza del nivel del mar en bordes costeros. No obstante, su campo de actuación en el panorama contemporáneo se ve ampliado también a contextos caracterizados por conflictos ambientales tales como manejo de relaves mineros y gestión de residuos urbanos⁴⁴, entre otros, conformando en suma un ámbito de referencia clave para la gestión de resiliencia urbana.

⁴⁴ Como ejemplo en esta materia, se puede señalar el proyecto Fresh Kills Parkland, desarrollado por James Corner & Field Operations en Staten Island, Nueva York. La iniciativa establece una estrategia de rehabilitación de un amplio territorio de 900 hectáreas, históricamente utilizado como vertedero, para transformarlo en un gran sistema de infraestructura verde que integra programas sociales y productivos – contemplando la generación de energía a partir del uso del gas metano proveniente de los desechos estabilizados – y de restauración ecológica de diversos habitats originarios de esa zona. Fuente: <https://www.fieldoperations.net/project-details/project/freshkills-park.html>



Fig. 23. Salinas de Boyeruca – Lo Valdivia, en el límite norte de la región del Maule. El paisaje productivo se basa en las dinámicas de intercambio mareal del estuario, que favorece la mezcla progresiva entre aguas dulces y saladas. Para manejar este intercambio, las infraestructuras productivas generan un borde que va filtrando las aguas, produciendo en su laminación una secuencia temporal que involucra la acción de la radiación solar y el viento, luego de la cual los componentes salinos afloran a la superficie para su cosecha. Desde un enfoque ecológico, este proceso contribuye a regular los excedentes hídricos del sistema y la sobreabundancia de materia orgánica o eutrofización, asegurando un caudal propicio para el mantenimiento del ecosistema del estuario. A su vez, este borde infraestructural conforma un buffer de amortiguación para reducir la sedimentación generada por las escorrentías de los cerros colindantes, los cuales desprovistos de su vegetación nativa por plantaciones forestales, actualmente evidencian fenómenos de erosión en sus laderas. Fuente: Fotografía obtenida de vuelo dron. © Romero, Camila (2017).

2.3.1. Paisaje: desde la idea de jardín a la noción de infraestructura verde.

El paisaje, desde una perspectiva socioecológica, constituye una manera de aproximarnos al territorio con un enfoque integral y sistémico. Se manifiesta por un lado a través de la percepción de patrones o fenosistemas, asociados a estructuras, elementos, formas tangibles y huellas del habitar, principalmente determinados por la geoforma o morfología de la superficie terrestre y la cobertura, que considera todos los elementos naturales o culturales determinados por los diversos usos de la superficie terrestre. Asimismo, el paisaje se expresa a partir de procesos o criptosistemas, que consideran dinámicas intangibles asociadas a condiciones climáticas, metabolismo de las especies y procesos antrópicos, especialmente derivados de funcionalidades socio-económicas y político-administrativas. (Gonzalez Bernaldez, 1981)

Estos patrones y procesos definen al paisaje como un sistema socioecológico complejo, dinámico y adaptativo (Janssen y Ostrom, 2006). El elemento base para la interpretación del paisaje es el concepto de *mosaico*, que está compuesto por un conjunto de unidades de paisaje, las cuales pueden categorizarse en cuatro grandes tipos: los *parches* son las diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio; los *corredores* son las conexiones existentes entre diversas unidades de paisaje; y la matriz es el complejo formado por parches y corredores que asume un determinado tipo de forma y función, expresando las capas del territorio en términos de usos, suelo, hidrología, vegetación e infraestructuras, entre otras. (Forman, 1995; Forman & Godron, 1986). Asimismo, los *ecotonos* constituyen uno de los componentes más relevantes del mosaico de paisaje, pues como ya se ha explicado, conforman las gradientes de transición entre dos o más unidades de paisaje diferentes.

Los bordes y ecotonos son altamente relevantes en la prestación de servicios ecosistémicos para las ciudades, especialmente en materia de regulación y amortiguación de fenómenos naturales, gestión del ciclo hidrológico, conservación de biodiversidad, recreación, bienestar y belleza escénica. En muchas ocasiones, estas gradientes ecotonales, también denominadas *buffers*, adquieren la morfología y funcionalidad de un corredor (Forman, 1995), abarcando grandes longitudes territoriales especialmente a través de cursos hidrológicos y bordes

costeros. Como se observa en la imagen a continuación (fig. 71), este tipo de unidades de paisaje adquieren una funcionalidad longitudinal – relacionada con la función de conectividad propia de un corredor – y además una funcionalidad transversal asociada a la función de buffer propia de la gradiente ecotonal.



Fig. 24. Ecotono y Corredor ecológico Sanlihe River, diseñado por Turenscape Landscape Architecture. Proyecto de restauración hídrica y ecológica, integrando programas de ocio y esparcimiento. Fuente: Turenscape © <https://www.turenscape.com>

Bajo esta perspectiva, el paisaje y sus componentes pueden ser comprendidos como una potencial red estructurante del territorio y la ciudad. Diversos autores (Bélanger, 2016; Waldheim, 2016; Corner, 2014; Reed & Lister, 2014; Hung, 2011) discuten acerca del rol del paisaje como *infraestructura* del territorio, particularmente ante los desafíos ambientales, socioculturales y económicos que enfrentan hoy las ciudades – incluyendo la adaptabilidad al cambio climático, la resiliencia ante desastres, las movilidades de la población y la equidad en la prestación de servicios ecosistémicos, entre otros – los cuales pueden abordarse desde esta aproximación estratégica y multidisciplinaria, que describe un paisaje híbrido y sintético conformado por sistemas naturales e infraestructuras urbanas (Bélanger, 2016).

No obstante, el enfoque de paisaje como infraestructura no es nuevo. En diversos momentos de la historia ha emergido, a veces de manera sutil, otras con más fuerza. Podría remitirse al origen mismo del jardín⁴⁵, retratado en la reproducción del jardín productivo de un alto oficial en el antiguo Egipto que nos devela un espacio multifuncional, configurado y diseñado con alta precisión para favorecer el uso del agua, los cultivos, la producción animal y el refugio ante el clima.

El Jardín de Sennefer⁴⁶ (aprox. 1400 a.C.), como se conoce a la representación que se presenta en la siguiente imagen (fig. 72), es en sí una compleja infraestructura socioecológica y productiva, situada en una escala de subsistencia específica y acotada, en el Oasis del Nilo. Como señala Batlle (2011), el deseo del ser humano de controlar la naturaleza para fines alimentarios, medicinales o contemplativos, ha producido el desarrollo de diversas técnicas agrícolas y operaciones logísticas al servicio de estos propósitos, desplegando sobre el territorio múltiples sistemas infraestructurales. *“Desde los sistemas de riego a las fuentes monumentales, desde los bancales agrícolas a las terrazas de los jardines, desde los sistemas de protección a las vallas, desde las podas para mejorar la producción a la topiaria decorativa”*. (Batlle, 2011:25)

⁴⁵ La concepción del jardín como naturaleza sintética, diseñada y controlada por el ser humano en tanto espacio ligado a los valores simbólicos y sociales de cada época, ha dado lugar a lo largo de la historia a cada uno de los modelos arquitectónico-paisajísticos que se conocen. Debatiéndose entre la imitación de la naturaleza y la imitación de la arquitectura, ambos extremos representados por el jardín paisajístico inglés del siglo XVIII y el jardín barroco francés del siglo XVII, respectivamente. Y también ejemplificados, más allá de occidente, por el Jardín Chino inspirado en la armonía universal (Ki) y el Jardín Musulmán o Ryad. *“Espacio limitado y aún cercado, fue el paraíso terrenal. Paraíso o pairidazea en persa, así quiere significar ‘jardín’ como espacio cercado. Las raíces indogermánicas de la palabra ‘jardín’, ‘gards’, ‘geard’, ‘garde’, significan, cierre o espacio cercado”* (Batlle, 2011: 23).

⁴⁶ Reproducción encontrada en pinturas decorativas de la tumba de Sennefer, encontrada en la necrópolis de Tebas, en la orilla oeste del Nilo, frente a Luxor, en el actual Sheikh Abd el-Qurna. La tumba se denomina en el ámbito egiptológico TT 96 y es conocida como la "Tumba de las viñas" o la "Tumba de los viñedos" por la amplia decoración de los techos, realizada con pinturas murales de parras y racimos de uvas. Sennefer fue alcalde de Tebas e *‘Inspector de los graneros y jardines de Amón’* durante el reinado de Amenhotep II entre el 1427 y el 1401 a. C. aproximadamente. (Fariello, 2001)

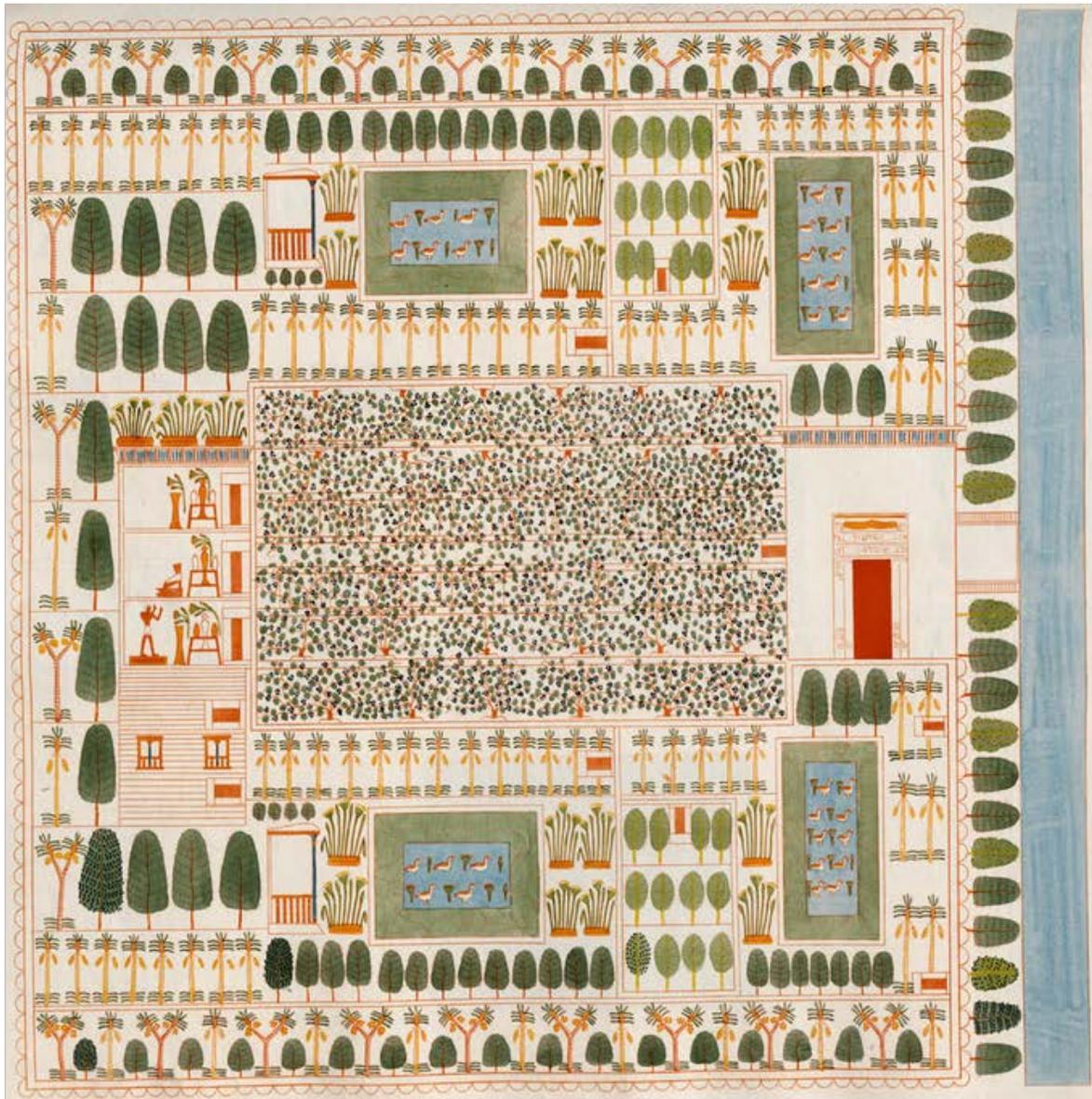


Fig. 25. Jardín de Sennefer. Representación ideal de un espacio en el que se combina la belleza de un jardín con la productividad de un huerto. Descubierto en 1828, esta pintura mural fue reconstruida por Ippolito Rossellini en 1834. Fuente: © Biblioteca Universale Heidelberg.

Más evidente aun – con más de 3 milenios de diferencia respecto al jardín egipcio – resulta la dimensión infraestructural de Central Park (1863), obra clave de Frederick Law Olmsted y punto de inflexión en la historia del Arquitectura del Paisaje. Heredero del modelo del

Jardín Inglés, Central Park se constituye como el primer parque urbano público y democrático⁴⁷, aun cuando en su apariencia sigue remitiendo al paradigma pintoresco. Sin embargo, más allá de las serpenteantes trazas de circulaciones, las praderas, los *belting*, *clumping & dotting*⁴⁸, Central Park adquiere un rol estructural para la dotar de servicios a la nueva ciudad: un pulmón verde, apto para mitigar la polución de una ciudad industrial; un reservorio de agua dulce para el consumo humano y un área de esparcimiento, recreación y encuentro cultural, en medio de una urbe ya entonces cosmopolita y marcadamente multicultural.

Desplazando a su histórica denominación europea como *jardín*, el nuevo concepto de parque proyectado por Olmsted se transforma entonces en infraestructura de paisaje para la metropolis que lo alberga, articulando la configuración y trazado de espacios verdes con áreas destinadas a programas y equipamientos estratégicos, en sus 340 hectáreas (fig. 73).

⁴⁷ Pionero en tal condición respecto a sus modelos predecesores que en Europa remitían a reductos privados generalmente asociados a principados y monarquías – como los jardines renacentistas y barrocos en Italia y Francia respectivamente – o a aristocracias terratenientes, como el caso del jardín pintoresco inglés.

⁴⁸ Los arquetipos estilísticos del jardín pintoresco, consolidados especialmente en proyectos desarrollados por Lancelot ‘Capability’ Brown tales como el Plan for Bournehill Cottage (1775) o el Serpentine Plan for Bowood. (1761) señalaban estrategias y operaciones específicas para las configuraciones de la vegetación. La disposición del arbolado se optimiza para generar efectos de masa, o bien para destacar ciertos ejemplares en primeros planos: *Belting*, asociado a la idea de cinturón verde, como telón de fondo para cerrar las vistas; *Clumping*, como aquellas agrupaciones que aparecen como plano intermedio de visión, conformando masas de árboles distribuidas sobre las praderas; *Dotting*, como aquellos ejemplares puntuales, árboles hitos o landmarks que adquieren valor por su singularidad y por la posición que toman sobre la pradera. (Batlle, 2011; Fariello, 2001; Silvestri & Aliata, 2001)



Fig. 26. Dibujo de una vista aérea del proyecto para Central Park, elaborado por F.L. Olmsted en 1863. Fuente: © National Association for Olmsted Parks (<http://www.olmsted.org>)

Un poco más al norte, en Boston, Olmsted diseña algunos años más tarde un revolucionario proyecto que hasta hoy se puede considerar vigente e innovador en términos de sus propuesta paisajística. Se trata del Sistema de Parques de Boston (fig. 74), conocido también como el Emerald Necklace (1887), que se constituye mediante la articulación y puesta en valor de diversas unidades de paisaje pre-existentes de diverso origen y naturaleza – tales como

parques, plazas, jardines, cienagas, humedales y esteros – conformando un amplio sistema de espacios verdes⁴⁹.

Sin que la noción de *servicio ecosistémico* apareciera todavía en la esfera del saber, el Emerald Necklace se transforma en un sistema que provee de servicios de regulación de inundaciones y escorrentías, vida saludable, biodiversidad y movilidad, a través de los parkways que circundan y conectan las diversas unidades, cumpliendo hasta hoy un papel fundamental para la resiliencia y sustentabilidad de la ciudad. El ejemplo de Boston fue seguido luego por diversas ciudades norteamericanas⁵⁰, replicando el modelo de articulación espacial y funcional de sistemas de espacios públicos y sistemas naturales existentes, mediante el diseño de bordes y conectores dispuestos para la movilidad, la conservación ecológica y la disposición de programas de ocio y esparcimiento.

Como señala Batlle (2011), esta estrategia de proyecto no pretende diseñar todo el territorio que abarca, sino que aprovecha lo que ya existe, mejorando el modelo de parque urbano ensayado por Olmsted en Nueva York, “*por medio de potenciar la continuidad de los recorridos a través de los diferentes espacios públicos y por conservar los valores ecológicos de determinados lugares (...) [y] se complementa con una definición más ajustada de los usos.*” (Batlle, 2011:39-40). Una nueva noción de infraestructura que no remite sólo a la edificación de sistemas antrópicos sobre un soporte natural, sino que justamente se basa en activar los sistemas naturales para transformarlos en parte de una infraestructura híbrida capaz de aportar servicios ecosistémicos orientados al bienestar y resiliencia de territorios vulnerables.

⁴⁹ Bajo el lema “*Park System from the Common to Franklin Park*”, el proyecto se compone de una sucesión de espacios que incluye desde el histórico parque del centro de la ciudad (*Boston Common Park*), nuevos paseos conectores o parkways, parques lineales en los bordes del estero (*Back Bay Fens* y *Riverway*), zonas de lagunas y humedales (*Olmsted Park* y *Jamaica Pond*), un arboretum (*Arnold Arboretum*) y un gran parque en la periferia de la ciudad (*Franklin Park*).

⁵⁰ Se puede destacar el plan de Chicago, de 1908, diseñado por Daniel Burnham y Edward Bennett; el System Park de New York, de 1928; o el System Park de Washington – originalmente planteado en 1901 por F.L. Olmsted Jr. – que enlazaba el espacio del Mall con las riberas del río Potomac.

En acuerdo con Moss (2006), esta relación entre sistemas naturales e infraestructuras públicas de la ciudad comienza a sugerir tempranamente un medio de desarrollo para las redes de infraestructuras verde, integradas de manera híbrida por componentes ecológicos y por infraestructuras urbanas. El punto de partida es que los elementos más permanentes y duraderos de las ciudades son actualmente asociados con los componentes de paisajes subyacentes: la hidrología, el relieve, las formas de las costas, la geología y la diversidad de hábitats asociados a ellos.

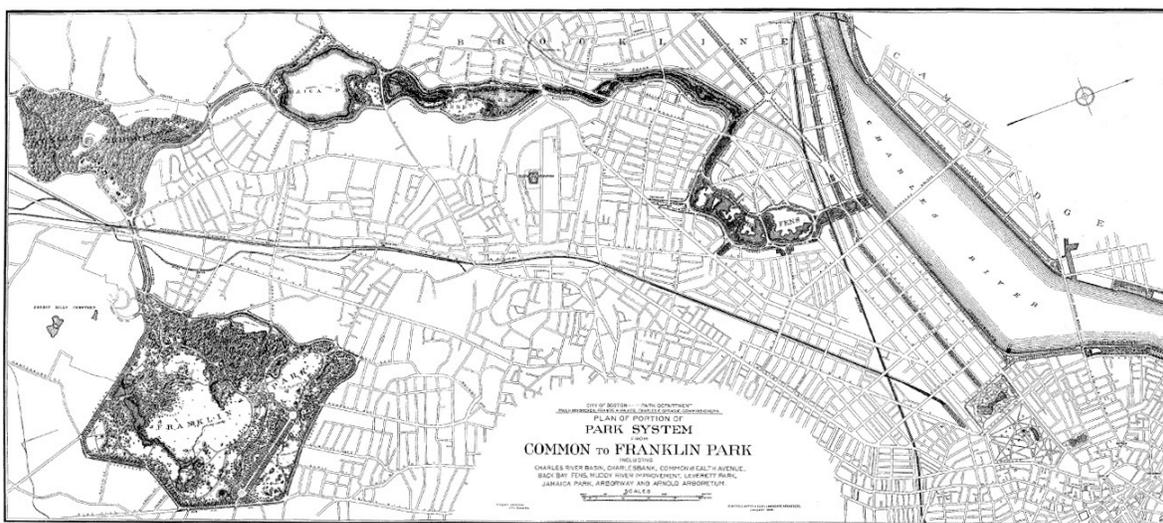


Fig. 27. Sistema de Parques de Boston, Emerald Necklace. Plano original desarrollo por Frederick Law Olmsted en 1894. Fuente: Boston Parks Department & Olmsted Architects - National Park Service Olmsted Archives.

En lugar de ‘construir’ áreas verdes, el proyecto de Olmsted propone ‘activar’ aquellas unidades de paisaje remanentes que persisten en la emergente urbanización, conectando mediante paseos y ‘parkways’ las zonas inundables, humedales y esteros con otros espacios abiertos de la ciudad. El Emerald Necklace anticipa en más de un siglo las actuales discusiones acerca del rol de la arquitectura del paisaje en nuestras ciudades, proponiendo una idea de infraestructura paisajística basada en la articulación de sistemas naturales y espacios públicos, orientada a proveer tanto de lugares memorables de encuentro y esparcimiento, como de funciones ecológicas claves para la sustentabilidad y resiliencia urbana.

El enfoque de infraestructura verde – cuyo acto fundacional se expone claramente en el trabajo de Olmsted para Boston – expande los parámetros de un paisaje diseñado con fines ornamentales o meramente recreativos, a un sistema multifuncional y de alto rendimiento, incluyendo logísticas y prestaciones originalmente atribuidas a la infraestructura tradicional, como aquellas relacionadas con las dinámicas urbanas de manejo hidrológico y la movilidad (Bélanger, 2016; Murphy, 2016; Hung, 2010), promoviendo la integración de infraestructura y ecología como vectores convergentes en las iniciativas de planificación y proyecto de paisaje a escala urbana y territorial.

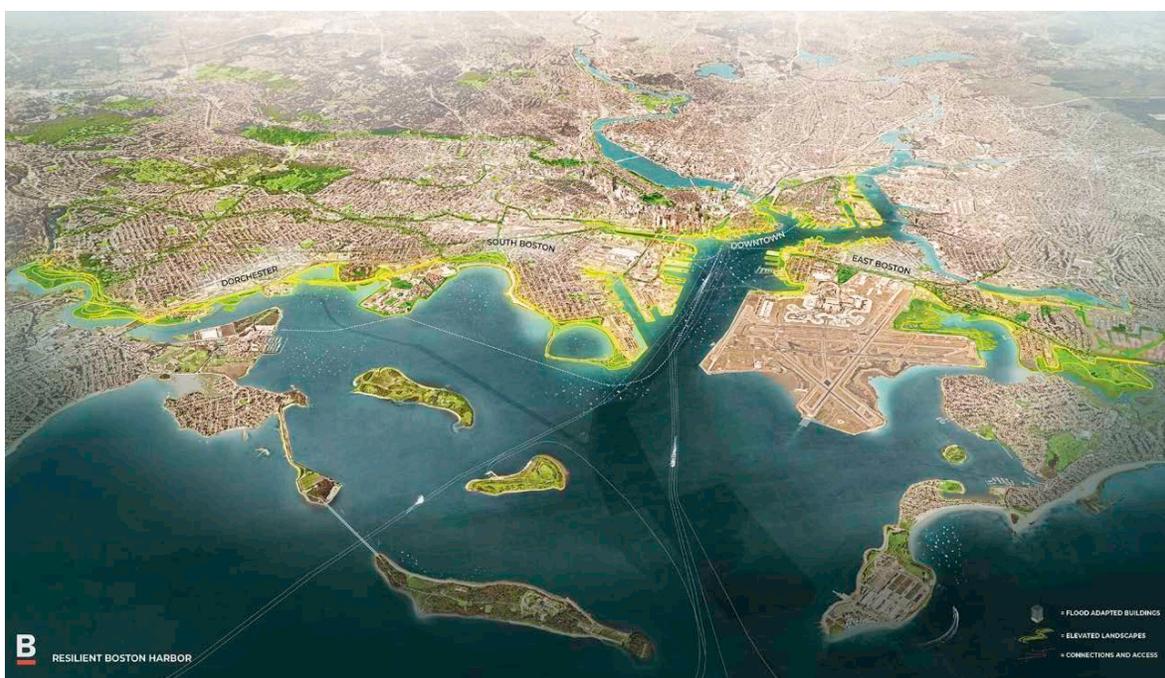


Fig. 28. Resilient Boston Harbor, vista aérea. Iniciativa del gobierno de la ciudad, en desarrollo desde 2017, orientada a generar sistemas integrados de infraestructura verde en las franjas de borde costero y fluvial, mediante la conservación y recuperación gradientes ecotonales para la adaptabilidad y resiliencia ante fenómenos de inundabilidad, marejadas y tormentas. El proyecto, diseñado para enfrentar eventos hidrometeorológicos con periodos de retorno de 100 años (100-year storm event) amplifica el sistema de parques originalmente proyectado por Olmsted, otorgando una nueva escala de infraestructura verde a nivel urbano-territorial. Fuente: City of Boston (2018) Resilient Boston Harbor. (<https://www.boston.gov/departments/environment/resilient-boston-harbor>)

2.3.2. La infraestructura verde como plataforma de resiliencia para ciudades y territorios.

El concepto de infraestructura define la condición de un sistema localizado en un determinado territorio, conformado por partes, piezas, procesos y actores que apuntan a la prestación de servicios esenciales para el desarrollo de una comunidad. La actual tendencia mundial apunta a un diseño integral y a una gestión interdisciplinaria de la infraestructura; como señalan Shannon & Smets (2010). Por ello, la creación de infraestructura no puede ser sólo considerada como la acumulación de grandes objetos aislados de sus contextos; el paisaje y las infraestructuras emergen y se integran como nuevos flujos de vida colectiva. Para funcionar, pertenecer y ser aceptadas, las infraestructuras necesitan no sólo mejorar la calidad del paisaje o entorno, sino encontrarse e hibridarse con sus componentes ecológicos y culturales. Sólo así, según Mossop (2006) la infraestructura puede ser capaz de servir a diferentes propósitos, considerar tanto su contexto físico ambiental, como su espacio de valor cultural y adaptarse a los cambios que supone su operatividad en escenarios inestables y dinámicos. En este sentido, la *infraestructura multifuncional o multipropósito* será aquella que favorezca el desarrollo de procesos simultáneos, que apunten a amplificar y diversificar la prestación de servicios. Esta condición optimiza la rentabilidad de la inversión de esa infraestructura y se comprende como un sistema abierto, susceptible de incorporar progresivamente nuevas funciones y externalidades.

El concepto tradicional de infraestructura probablemente comenzó a expandirse para incluir la idea de naturaleza en las ciudades con la temprana visión de planificación y diseño de sistemas de parques de Frederick Law Olmsted a fines del siglo XIX, luego con el trabajo de Ian McHarg (1969) y, más recientemente, de Richard Forman (1995) y Frederick Steiner (2006). La conciencia acerca de la importancia de los ecosistemas naturales en el ámbito urbano comenzó a madurar y generalizarse durante el movimiento ambiental de las décadas de los sesenta y setenta (Steiner, 2006). Desde entonces, el valor de la naturaleza en las ciudades se ha fortalecido con el crecimiento de la ecología urbana como disciplina que ha permeado los enfoques de planificación de ciudades, para comprender las dinámicas de

interacción y sinergias entre los sistemas naturales y los sistemas de infraestructura convencionales.

Precisando en las definiciones generales previamente expuestas, la *infraestructura ecológica*⁵¹ define el sistema de componentes y procesos ecológicos que operan en un determinado contexto con la finalidad de generar, distribuir y aportar servicios ecosistémicos (Carpenter & Folke, 2006; Davidson-Hunt & Berkes, 2003; Costanza et al., 1997), a partir del rol activo de ecosistemas *remanentes* – aquellos que subyacen en el territorio como pre-existencias – y *emergentes*, es decir, que surgen y se establecen a partir de dinámicas de cambios y transformaciones que acontecen producto de la acción humana o de fenómenos naturales. La infraestructura ecológica incluye también el enfoque de soluciones basadas en la naturaleza, en relación a las acciones estratégicas de conservación y manejo de ecosistemas para responder a desafíos de adaptabilidad al cambio climático, reducción de riesgo y resiliencia ante desastres (McBreen, 2016; Reed, 2015; Steiner 2012).

Esta infraestructura puede estar determinada a su vez por patrones y procesos híbridos, no sólo vinculado a ecosistemas naturales que la definen como infraestructura ecológica subyacente, sino sumando también ecosistemas resultantes de dinámicas antrópicas en contextos urbanos y/o productivos, bajo una perspectiva de sistema socioecológico complejo (Ostrom, 2009; Carpenter & Folke 2006; Bolund y Hunhammar, 1999). Esta hibridación, como se explicará más adelante, da lugar a la noción de *infraestructura verde o infraestructura verde-azul*⁵², conformada por ecosistemas naturales remanentes y emergentes, así como también por otras unidades de paisaje resultantes de procesos de antropización.

⁵¹ El concepto de infraestructura ecológica apareció por primera vez en un informe de 1984 del Programa sobre el hombre y la biosfera de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Otros autores, la refieren al concepto de *capital natural*, enfatizando su rol en la generación de servicios ecosistémicos que son necesarios para el bienestar humano (Costanza et al., 1997).

⁵² Lo *azul*, en la definición del concepto, refiere a un énfasis que la literatura referida a infraestructura verde otorga al rol que asumen aquellos sistemas del agua – sean de origen natural o antrópicos – en la provisión de funciones y servicios ecosistémicos.

A continuación, a modo de resumen, se exponen las definiciones asociadas a los diferentes enfoques de infraestructura comparados:

TIPO DE INFRAESTRUCTURA	DEFINICION Y ALCANCE
Infraestructura Gris <i>Grey infrastructure</i>	<p>Redes conformadas por partes, piezas, procesos y actores que apuntan a la prestación de servicios esenciales para un determinado territorio, planificadas y diseñadas desde un enfoque monofuncional, e implementadas con métodos tradicionales de ingeniería civil convencional.</p> <p>(Bélanger,2016; Sutton-Grier,2015; Shannon & Smets,2010)</p>
Infraestructura Multipropósito <i>Multipurpose infrastructure</i>	<p>Infraestructura multifuncional que favorece el desarrollo de procesos simultáneos, que apuntan a amplificar y diversificar la prestación de servicios, optimizando la rentabilidad de la inversión Se comprende como un sistema abierto, susceptible de incorporar progresivamente nuevas funciones y externalidades.</p> <p>(Whaldheim, 2016; Shannon & Smets, 2010; Mossop, 2006)</p>
Infraestructura Ecológica <i>Ecological infrastructure</i>	<p>Sistema de componentes y procesos ecológicos que operan sinérgicamente en un determinado contexto territorial, con la finalidad de generar, distribuir y aportar servicios ecosistémicos para el bienestar de la población, a partir del rol activo de ecosistemas remanentes.</p> <p>(Carpenter & Folke, 2006; Davidson-Hunt & Berkes, 2003)</p>
Soluciones basadas en Naturaleza <i>Nature - based solutions</i>	<p>Conjunto de estrategias y acciones de ingeniería ecológica que se apoyan en la conservación y manejo de los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a desafíos de adaptabilidad al cambio climático, reducción de riesgo y resiliencia ante desastres.</p> <p>(McBreen, 2016; Reed, 2015; Steiner 2012)</p>
Infraestructura Verde <i>Green infrastructure</i>	<p>Sistema determinado por la integración de patrones y procesos híbridos, no sólo vinculado a ecosistemas naturales que la definen como infraestructura ecológica subyacente, sino sumando también ecosistemas resultantes de dinámicas antrópicas en contextos urbanos y/o productivos, bajo una perspectiva de sistema socioecológico complejo. Se presenta como un sistema interconectado de unidades de paisaje remanentes y emergentes en contextos urbanos, rurales y silvestres, que conservan y aporta servicios claves para la población.</p> <p>(Anderson et al. 2014; Benedict & McMahon, 2006)</p>
Infraestructura Verde - Azul <i>Green - Blue infrastructure</i>	<p>Aporta a la definición de infraestructura verde un énfasis al rol que asumen aquellos sistemas del agua – sean éstos de origen natural o antrópicos – en la provisión de funciones y servicios ecosistémicos.</p> <p>(Anderson et al. 2014; Benedict & McMahon, 2006)</p>

Tabla 4. Síntesis de definiciones de diferentes enfoques de infraestructura.

Fuente: Elaboración propia en base a autores citados.

En los últimos años, especialmente a partir del trabajo intergubernamental de la ONU denominado Evaluación de los Ecosistemas del Milenio⁵³ (MEA, 2005), se ha puesto mayor énfasis en el estudio de las funciones específicas proporcionadas por los diferentes ecosistemas y de los métodos para asignar valor – cultural y económico – a esas funciones. Los componentes del paisaje aportan funciones y servicios claves para el bienestar humano. Las funciones de diversos componentes del paisaje proporcionan servicios específicos, a menudo denominados *servicios ecosistémicos*, los cuales pueden definirse como aquellos beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de las funciones de los ecosistemas (Carpenter & Folke 2006; Costanza et al. 1997). Estos servicios pueden variar desde los más tangibles como agua potable y alimento, hasta aquellos de carácter psicológico o espiritual, tales como las sensaciones de paz y relajación experimentadas por el contacto con la naturaleza.

Como se indica en la figura siguiente (fig. 76), los servicios de los ecosistemas se clasifican como servicios de *provisión* (por ejemplo, alimentos y energía), servicios de *regulación* (por ejemplo, regulación de inundaciones o control de plagas), servicios *culturales* (por ejemplo, educación y recreación) y servicios de *soporte* (p. ej., producción primaria y ciclo de nutrientes). Estos servicios producidos por los ecosistemas, en particular aquellos que contribuyen a la regulación de conflictos entre las dinámicas ambientales y antrópicas, son especialmente relevantes para la sustentabilidad y resiliencia de territorios y comunidades en contextos de vulnerabilidad y riesgo.

⁵³ El programa científico Millenium Ecosystem Assessment (<http://www.maweb.org/es/index.aspx>), promovido por Naciones Unidas entre 2001-2005 y realizado por un equipo de 1.360 expertos, es el principal análisis llevado a cabo en el ámbito internacional para evaluar la capacidad que tienen los ecosistemas del planeta y la biodiversidad para mantener el bienestar humano. Los resultados del programa alertan sobre el empeoramiento global que se ha producido en los últimos 50 años en el estado de conservación de los ecosistemas, estimándose que en la actualidad más del 60% de sus servicios se están degradando o utilizando de una manera insostenible.

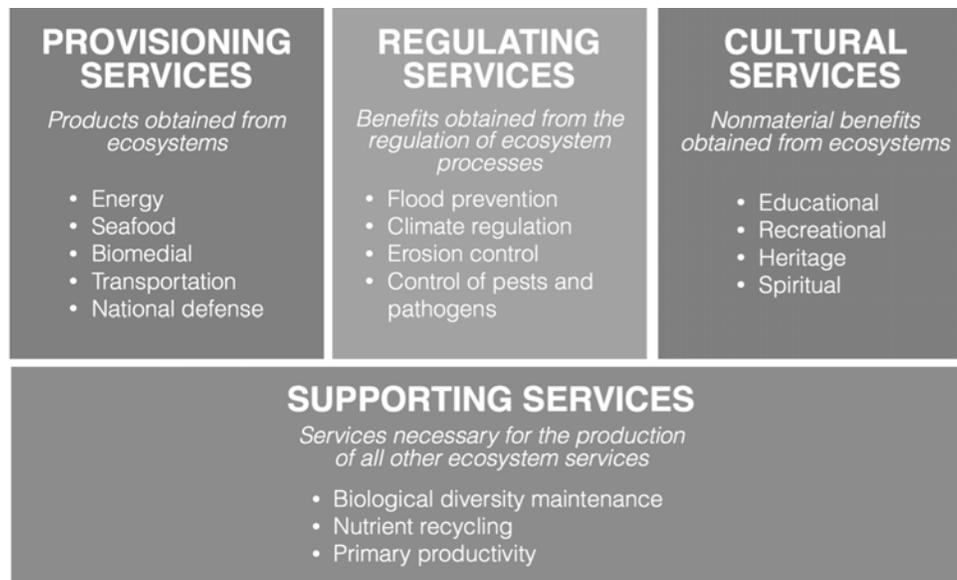


Fig. 29. Esquema de categorización de Servicios Ecosistémicos: *Servicios de Provisión*, los cuales consideran aquellos bienes y productos obtenidos directamente de los ecosistemas; *Servicios de Regulación*, que contemplan los procesos ecosistémicos destinados a regular las condiciones de habitabilidad y desarrollo de las poblaciones humanas, ante amenazas o situaciones de cambio; *Servicios Culturales*, que incluyen beneficios no materiales relacionados con recreación, educación, transmisión cultural y bienestar espiritual, entre otros; y los *Servicios de Soporte*, los cuales son claves para sostener la producción de todos los otros tipos de servicios ecosistémicos. Fuente. Elaboración Propia en base a Carpenter & Folke (2006) y MEA (2005).

Si bien los primeros trabajos sobre análisis de servicios ecosistémicos se centraron principalmente en los ecosistemas naturales (Costanza et al. 1997), la evidencia sugiere, que los paisajes dominados por actividades humanas, incluso en áreas urbanizadas, también pueden proporcionar servicios ecosistémicos (Carpenter y Folke 2006). Además, estos servicios tienen el potencial de impactar positivamente la salud pública y la calidad de vida de los seres humanos, no sólo donde se ubican los servicios, sino más allá de sus límites físicos. Bolund y Hunhammar (1999), propusieron los siguientes servicios como los más aplicables para paisajes en áreas urbanas: filtrado de aire, regulación de microclimas, reducción de ruido, drenaje de aguas pluviales, tratamiento de aguas residuales y valores recreativos y culturales. Farber et al. (2006) consideraron los servicios ecosistémicos de los sitios de investigación ecológica a largo plazo, tanto urbanos como rurales, donde se reconocieron oportunidades para que ambos tipos de paisajes proporcionen regulación

climática, regulación biológica, retención de suelos, regulación de nutrientes y servicios estéticos. Un esfuerzo por mejorar el rendimiento del paisaje sugeriría también considerar los servicios no tradicionales que podrían ser proporcionados por estos paisajes, como la producción de alimentos en entornos urbanos u oportunidades de educación y recreación en entornos agrícolas (Carpenter y Folke 2006; Faber et al. 2006).

Este enfoque de servicios ecosistémicos, distribuidos mediante redes de parches y corredores de paisaje en el mosaico territorial (Forman, 1995), es recogido también desde la noción de infraestructura verde, que define aquellos sistemas interconectados de unidades de paisaje remanentes y emergentes en contextos urbanos, periurbanos, rurales y silvestres, que conservan y aporta servicios claves para la población humana, a nivel de provisión de agua, calidad del aire, mitigación de efectos de isla de calor, biodiversidad y vida silvestre, recreación, belleza escénica y protección ante desastres (Benedict & McMahon, 2006; Anderson et al. 2014; Moreno et al. 2014). Por su parte, la *Estrategia Europea de Infraestructura Verde*⁵⁴ (Comisión Europea, 2013) la considera como “una red estratégicamente planificada de espacios naturales y seminaturales y otros elementos ambientales diseñados y gestionados para ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos. Incluye espacios verdes (o azules si se trata de ecosistemas acuáticos) y otros elementos físicos en áreas terrestres (naturales, rurales y urbanas) y marinas”.

En el contexto europeo, las primeras referencias al concepto de infraestructura verde aparecen en los primeros años de la década del 2000, en documentos de política regional y de cambio climático. No obstante, su verdadero marco de desarrollo es una iniciativa precedente: la *Estrategia de la Unión Europea sobre la Biodiversidad 2020*, aprobada por la Comisión Europea en mayo de 2011. Una de las principales bases de esta Estrategia señala

⁵⁴ En mayo de 2013 la Comisión Europea hizo pública la Estrategia Europea de Infraestructura Verde (Green Infrastructure-Enhancing Europe's Natural Capital, Bruselas, 06.05.2013), con el objetivo de impulsar el desarrollo de Infraestructuras Verdes en todos los ámbitos territoriales (a nivel nacional, regional y local) y garantizar su consideración en los procesos de planificación y ordenación del territorio, para otorgarle legitimidad y viabilidad en términos de su desarrollo. En tal sentido, esta Estrategia ofrece un sólido marco para el diseño y ejecución de proyectos de Infraestructura Verde en el ámbito europeo.

la necesidad proteger y potenciar los procesos naturales para que la sociedad aproveche los múltiples beneficios que le brinda la naturaleza. En consecuencia, entre sus objetivos propone por un lado la restauración de al menos un 15% de los ecosistemas degradados en Europa para 2020 y, por otra parte, el mantenimiento y la mejora de los servicios ecosistémicos, para lo cual se compromete a desarrollar una *Estrategia de Infraestructura Verde*, con la conservación de la biodiversidad como aspecto prioritario.

El motivo de que la biodiversidad constituya el eje central de la infraestructura verde es que la funcionalidad y resiliencia de los ecosistemas y, en último término, la calidad de los servicios ecosistémicos que éstos brindan, dependen directamente de la riqueza y abundancia de las especies que albergan. Por esta razón, para garantizar el óptimo funcionamiento de la infraestructura verde es importante favorecer la conectividad ecológica entre áreas de valor natural, mejorando la permeabilidad del paisaje especialmente en aquellos contextos altamente antropizados. La planificación basada en infraestructura verde reporta un gran número de beneficios ambientales, sociales y económicos derivados de las múltiples funciones y servicios ecosistémicos que brindan los sistemas interconectados de unidades de paisaje, cuando éstos actúan de manera integrada y sinérgica⁵⁵. Este enfoque de planificación identifica y analiza el conjunto de espacios abiertos del territorio – áreas verdes urbanas, áreas silvestres, áreas productivas, corredores hídricos, bordes y zonas de riesgo, entre otras tipologías – develando su potencial funcionalidad, conectividad y complementariedad para favorecer la provisión de servicios ecosistémicos, que contribuyen al bienestar general de personas, comunidades y economías.

El concepto de multifuncionalidad asociado a la noción de infraestructura verde ofrece oportunidades para brindar de manera simultánea funciones ambientales, sociales y económicos (Benedict & McMahon, 2006; Faber et al. 2006; Wiggering et al., 2003). Este enfoque sugiere superar el tradicional dilema de elegir entre los objetivos mutuamente

⁵⁵ Como señala Janez Potocnik, Comisario europeo de Medio Ambiente, ”... lo que estamos viendo cada vez más en toda Europa es que las soluciones de In-fraestructura Verde son a menudo más rentables, más resistentes y más beneficiosas a largo plazo que una sólida infraestructura artificial”. Conferencia del EESC-CoR sobre la Infraestructura Verde, celebrado en Bruselas en noviembre de 2013. (http://www.europa.eu/rapid/press-release_SPEECH-13-880_en.pdf).

excluyentes de la conservación y la urbanización, sino que ambos pueden conducirse a través de la planificación y diseño del paisaje con múltiples objetivos programados de manera integrada. En tal sentido, la multifuncionalidad de la Infraestructura Verde es una de sus principales características y un atributo que le permite atender múltiples necesidades de forma simultánea, lo que la convierte en un instrumento de carácter transversal que puede apoyar el desarrollo de numerosas políticas públicas, en diversos ámbitos de desarrollo territorial asociados a sectores como agricultura, energía, urbanismo, vivienda y espacio público, cambio climático y reducción de riesgo ante desastres.

Actualmente, la incorporación de la infraestructura verde como instrumento de planificación territorial se evidencia en diversas iniciativas a nivel global, especialmente en Europa, Asia y Estados Unidos. Entre ellas, cabe destacar como ejemplo el *Plan de Anillo Verde de Vitoria Gasteiz* (2010) que se expresa en la gráfica de la siguiente página (fig. 77), el *Plan de Infraestructura Verde y Paisaje de la Comunitat Valenciana* (2011), el *Green Infrastructure and Low Impact Development Plan* de Nueva York (2012) y el *Coastal Roulette - Planning Resilient Communities for Galveston Bay* (2012). En el contexto latinoamericano, destaca el *Plan Bio 2030 Medellín Valle de Aburrá* (2013) y la reciente formulación del *Plan de Infraestructura Verde Urbana para Llanquihue* en Chile (2017).

De esta forma, el panorama contemporáneo asociado a este enfoque de paisaje como infraestructura ofrece de manera creciente referencias de planes y proyectos situados en el marco de procesos de planificación de ciudades resilientes ante escenarios post-desastre y cambio climático.

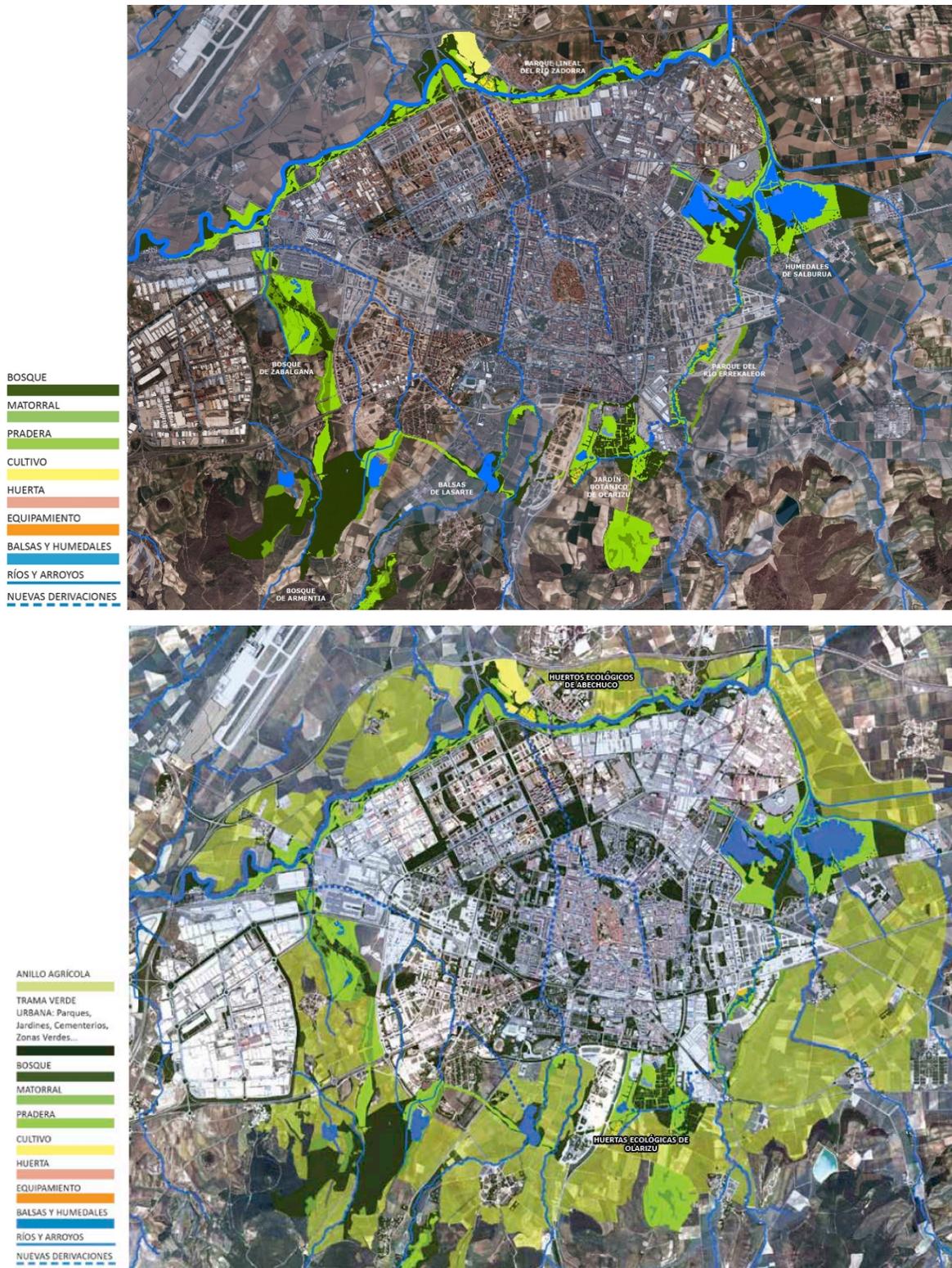


Fig. 30. Plan Anillo Verde de Vitoria Gasteiz, un sistema de infraestructura verde conformado por diversos enclaves de alto valor paisajístico, enlazados estratégicamente mediante corredores ecológicos, espacios públicos, áreas agrícolas y sistemas hídricos. Fuente: Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz.

Desde un enfoque de resiliencia, uno de los ámbitos de mayor atención en materia de gestión de servicios ecosistémicos se centra en su contribución para la mitigación y adaptación ante el cambio climático global. Según Vasquez (2016), la infraestructura verde puede colaborar activamente a enfrentar el cambio climático de dos formas: en primer lugar, aumentando los niveles globales de resiliencia del sistema socioecológico urbano y con ello mejorar su preparación para escenarios de alta incertidumbre, y, en segundo término, a través de la provisión de servicios ecosistémicos que permitan enfrentar aspectos específicos relacionados con el cambio climático (Vásquez, 2016; Gill et al., 2007), tanto a nivel de mitigación como de adaptación, tal como se evidencia en la siguiente tabla.

Mitigación	Adaptación
<ul style="list-style-type: none"> -Secuestro de carbono. -Promoción de viajes sustentables. -Reducción del uso de energía para calefacción y enfriamiento. -Provisión de energía renovable. -Provisión de materiales de construcción menos intensivos en energía. -Producción de alimentos próximos a destinos de consumo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mitigación del efecto de isla de calor urbana. -Almacenamiento de agua en el subsuelo, disminución del escurrimiento superficial y del riesgo de inundación. -Reducción de erosión del suelo. -Fortalecimiento de la resiliencia de los ecosistemas al cambio climático. -Control de desbordes de ríos y marejadas en zonas costeras.

Tabla 5. Servicios ecosistémicos asociados a la mitigación y adaptación ante el cambio climático. Fuente: Vasquez, 2016: 71.

La conservación y manejo de unidades de paisaje como parte de un sistema de infraestructura verde urbana, considerando áreas naturales y también estructuras de orden antrópico asociadas por ejemplo a zonas productivas y urbanas, conforma un eslabón fundamental para la gestión de resiliencia en territorios vulnerables ante desastres, dadas las capacidades adaptativas que estos sistemas pueden aportar ante riesgos de carácter geológico – tales como terremotos, tsunamis, remoción en masa y erupciones volcánicas – e hidrometeorológico, como inundaciones, aluviones, marejadas, tormentas, lluvias extremas y sequías.

Capítulo 3: Análisis del Contexto de Investigación.

Caracterización del tsunami de 2010 en el borde costero del centro sur de Chile y análisis de los instrumentos de planificación territorial post desastre.

Debido a su ubicación geográfica, caracterizada por su larga extensión costera en la cuenca del Pacífico suroriental, las costas de Chile se ven afectadas frecuentemente por los efectos de ondas de tsunamis. Estas ondas se desplazan a gran velocidad y, según su magnitud, pueden causar enormes daños materiales y pérdidas de vidas al alcanzar las zonas litorales continentales e islas oceánicas. En el territorio chileno, diversas inundaciones producidas por tsunamis han alcanzado alturas del orden de 25 m sobre el nivel medio del mar, generando extensa destrucción y pérdidas de vidas (Lockridge, 1985; Lagos, 2000). Esta constante amenaza de tsunami se traduce en un riesgo permanente para los asentamientos humanos localizados en el borde costero, condición que se ve acentuada debido a una ocupación urbana irregular y con una débil planificación territorial, como también por la presión inmobiliaria de construir en zonas de riesgo (Arenas et al., 2010).

La revisión de antecedentes históricos sobre terremotos y tsunamis, registrados desde 1562⁵⁶, anota más de 30 eventos⁵⁷ de magnitud superior a 7.5 en la escala de Richter (Monge, 1993).

⁵⁶ En términos de los registros históricos de tsunamis en Chile, destaca el listado de tsunamis generadores de daño, elaborado por Monge en 1993. Esta lista sintetiza y complementa el trabajo realizado por otras investigaciones desarrolladas en la década de los 70. En ella se presentan los siguientes campos de información: ubicación (región administrativa), fecha, grado (m) del tsunami y magnitud Richter (M) del sismo en rangos aproximados. El número de registros alcanza 35 eventos, entre 1562 y 1960, a la cual pueden agregarse 2 nuevos registros de historia reciente: el Tsunami de febrero de 2010, generado por el sismo de magnitud Richter 8.8 con epicentro en las costas de la región de Biobío; y el Tsunami de septiembre de 2015, provocado por un sismo de magnitud 8.4 Richter, con epicentro en las costas de la región de Coquimbo.

⁵⁷ Entre ellos, el más devastador fue el ocurrido en las costas de Valdivia, el 22 de mayo de 1960. Este tsunami corresponde a uno de los más destructivos eventos registrados en el planeta y sus efectos se sintieron en todo el Océano Pacífico. Originado por un terremoto de magnitud 9.5, su epicentro fue en el océano, frente a la provincia de Valdivia. El tsunami generado fue de magnitud (m) 4. La combinación del tsunami y el terremoto produjo en Chile 2.000 muertos; 3.000 heridos; dos millones de damnificados y 550 millones de dólares en daños. El tsunami también afectó distintas localidades

Las estadísticas relacionadas a ellos contribuyen a comprender la relevancia del fenómeno tsunami en Chile. Los territorios de Chile y Perú son los que sufren más terremotos y erupciones volcánicas por kilómetro cuadrado en todo el planeta. De acuerdo a Lockridge (1985), sólo si se considera el siglo XX, uno de cada tres tsunamis del océano Pacífico se originó en la costa chilena, mientras que el 40% de los tsunamis más destructivos del mundo se originaron exclusivamente en Chile (Lagos, 2000; Lockridge, 1985). Un terremoto de suficiente magnitud como para generar un tsunami que afecte a toda la Cuenca del Océano Pacífico ocurre en Chile, como promedio, cada 25 años (Lockridge, 1985). Como precisan diversos autores (Cereceda et al., 2011; Lagos, 2000), la generación de tsunamis en Chile está principalmente asociada a la ocurrencia de grandes terremotos⁵⁸, dada su posición en una zona de subducción denominada fosa chileno-peruana, donde convergen la placa tectónica de Nazca y la placa Americana. Así, como se ha señalado en el anterior capítulo de esta investigación, la localización geográfica de nuestro país, las características tectónicas de su emplazamiento y la generación de tsunamis que potencialmente pueden afectar el litoral chileno y toda la cuenca del océano Pacífico, hacen de Chile una de las principales áreas tsunamigénicas del planeta, junto a las costas pacíficas de Norteamérica, Asia y Oceanía.

En este marco histórico y geográfico, el terremoto y tsunami ocurrido en Febrero de 2010 se considera uno de los eventos más relevantes desde el punto de vista de la magnitud del fenómeno, de la extensión territorial que abarcó – incluyendo a los principales centros urbanos e infraestructuras críticas del centro sur de Chile⁵⁹ – y de la población comprometida. Por otra parte, desde un enfoque prospectivo, este desastre ha permitido, en años posteriores, desarrollar conocimiento científico y técnico en diversas áreas del conocimiento, favoreciendo procesos reflexivos relacionados con la planificación territorial de bordes

costeras del Océano Pacífico, repercutiendo en Hawai, las costas de Japón, Rusia, Nueva Zelandia, Australia. (Cereceda et al., 2011; Mongue, 1993)

⁵⁸ Los terremotos son el principal mecanismo generador de estas ondas, siempre y cuando presenten magnitudes superiores a 6,5 en la escala de Richter; hipocentros superficiales (inferiores a 60 km) y epicentros oceánicos y continentales cercanos a la línea de costa.

⁵⁹ De acuerdo a las estimaciones de impacto de daños, el monto total ascendió a 29 mil 663 millones de dólares equivalentes al 18% del PIB del mismo año, a nivel país, y la población total afectada superó los 13 millones de habitantes (Gobierno de Chile, 2010)

costeros, contemplando una revisión de los protocolos de gestión de riesgo y un desarrollo de instrumentos especialmente focalizados en la zonificación de áreas de riesgo, en el marco de la actualización de instrumentos de planificación territorial (IPT) a escala comunal y regional.

Esta actualización de los protocolos e instrumentos normativos e indicativos observada a continuación del evento de Febrero de 2010, se enmarca en una tradición histórica que vincula directamente la creación o revisión de leyes, normas e instrumentos con la ocurrencia de desastres, principalmente con grandes terremotos que luego han dado paso al desarrollo de regulaciones sismo-resistentes y de planificación territorial, lo cual se grafica en la siguiente figura. En efecto, como señala Herrmann (2016), la primera Ley y Ordenanza General de Urbanización y Construcción de Chile, fue creada como respuesta al terremoto de Talca de 1928. Así, el terremoto de Talca inicia en Chile no sólo los estudios en ingeniería antisísmica, conocimiento tomado en gran parte de la tecnología extranjera, sino también la planificación urbana en Chile. (Herrmann, 2016: 22).

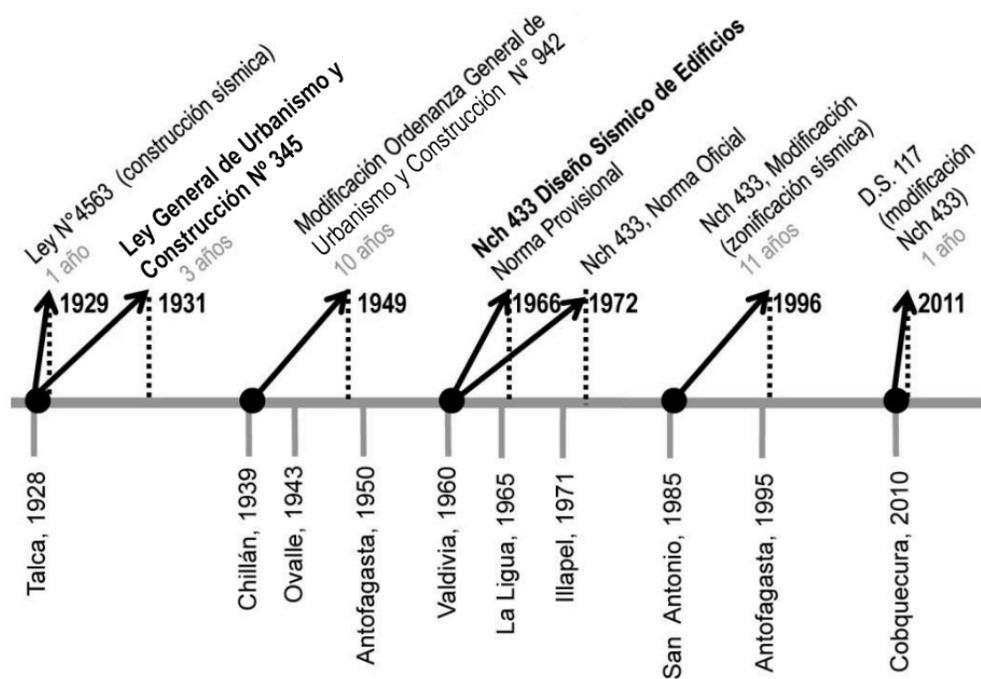


Fig. 31. Diagrama de temporalidad de Normativas creadas a partir de Desastres en Chile. Fuente: Herrmann (2016).

A partir de las consecuencias del terremoto y tsunami de 2010, el Estado de Chile visualizó la relevancia de mejorar la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en el marco institucional y normativo aplicado a los IPT⁶⁰, con la finalidad de reducir el impacto de futuros eventos (Martínez; Moris; Qüense, 2016).

Sin embargo, la dimensión de resiliencia y adaptabilidad se encuentra parcialmente recogida en estos procesos y cuerpos legales. En general, el avance en materia de planificación y gestión post desastre de 2010 se ha situado en actualizar las cartas de inundación⁶¹ de las zonas pobladas ubicadas en el borde costero (fig. 79) y en sensibilizar en términos normativos y operativos, los estudios de riesgo en los procesos de planificación a escala comunal.

⁶⁰ Considerando la necesidad del Estado de contar con herramientas que le permitieran reaccionar con mayor celeridad en situaciones de emergencia y reconstrucción, se promulgó en mayo de 2012 la Ley N° 20.582 que modifica las normas legales de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC, DFL 458 de 1975) para favorecer la reconstrucción y las disposiciones sobre planes reguladores existentes en la Ley N° 16.282 sobre sismos y catástrofes. Esta normativa da cuenta de un procedimiento excepcional para la formulación y modificación de IPT en zonas declaradas de catástrofe, donde los municipios podrán solicitar su aprobación mediante decreto supremo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), en un periodo de tiempo no superior a dos años a partir de la declaración. Por otro lado, cabe destacar que en 2011 se incorporó explícitamente el riesgo de inundación por tsunami en la normativa (Art. 2.1.17 OGUC de 2011).

⁶¹ El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA) es la entidad encargada de la elaboración de las Cartas de Inundación por Tsunami para las principales zonas urbanas y portuarias del borde costero de Chile. Estas Cartas permiten definir los niveles de inundación máximos esperados ante la ocurrencia de eventos sísmicos tsunamigénicos de campo cercano y tienen una aplicación directa en la planificación urbana que ejecuta la autoridad municipal, y en la elaboración de los planes de evacuación y protección civil. En términos generales, las Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU) que elabora este Servicio, representan un evento extremo conocido o probable, dependiendo del caso. Actualmente, la simulación numérica es la mejor técnica de análisis geofísico e hidrodinámico disponible para estudiar el riesgo de tsunami en las áreas donde los registros históricos son insuficientes. El modelo que se ha aplicado para desarrollar el proyecto CITSU, se denomina COMCOT (Cornell Multi-grid Coupled Tsunami Model) diseñado por el Dr. S.N. Seo basado en el modelo de Shuto's (Agosto 10, 1993) y Yongsik Cho (Agosto 10, 1993) en la Escuela de Ingeniería Civil y Ambiental, de la Universidad de Cornell.

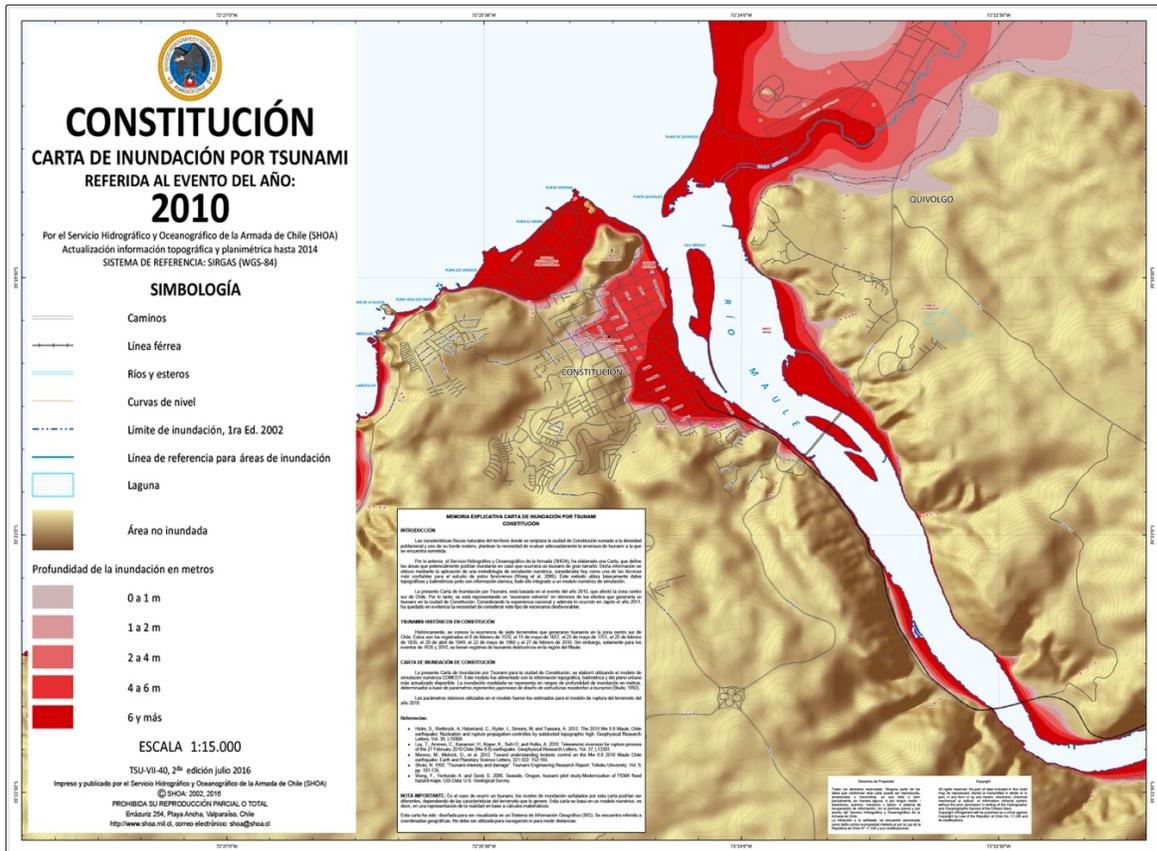


Fig. 32. Cartas de inundación por Tsunami para la ciudad de Constitución, Región del Maule (arriba) y para las localidades de Pingual, Dichato y Coliumo, Región de Biobío (abajo); ambos territorios afectados severamente por el impacto del tsunami que se generó a continuación del terremoto 8.8 Mw de Febrero de 2010. Las Cartas se elaboraron utilizando modelo de simulación numérica COMCOT, alimentado con información topográfica, batimétrica y del plano urbano más actualizado disponible. Los parámetros sísmicos utilizados fueron los estimados para el modelo de ruptura del terremoto del 27 de Febrero de 2010. En términos gráficos, la inundabilidad se expresa en la gradiente de colores de gama roja, en la simbología de la Carta. Fuente: SHOA, 2016. Disponible en: <http://www.shoa.cl/php/citsu.php>

Este paso, si bien se entiende como fundamental respecto a definir un conocimiento actualizado para la toma de decisiones en materia de gestión de riesgo, no abarca necesariamente la investigación hacia nuevas formas de habitabilidad de estos territorios de borde con criterios de resiliencia y adaptabilidad, lo cual queda declarado en la ausencia de discusión reflejada en los informes técnicos – e incluso académicos – derivados de la experiencia post Febrero de 2010 y en la exacerbadción de la noción de “reconstrucción” – esto es, ‘volver a construir lo que había’ – como denominador para determinar las estrategias y acciones sobre el territorio. En efecto, la mayoría de los instrumentos de planificación y gestión post-desastre han utilizado el concepto de reconstrucción para su denominación⁶².

No obstante lo anterior, se estima que aun cuando no existe una referencia explícita a la idea de resiliencia como marco de desarrollo de capacidades adaptativas en el habitar del borde costero, el caso del Plan de Reconstrucción de la ciudad de Constitución – y en particular el proyecto de Parque de Mitigación que se desarrolla bajo su alero – abren un espacio de oportunidad trascendental para repensar formas de actuación desde la planificación y diseño del paisaje en contextos de riesgos y vulnerabilidades.

⁶² Así se evidencia en uno de los instrumentos más importantes que surge a partir de la superación del escenario de emergencia: el *Programa de Reconstrucción Terremoto y Maremoto del 27 de febrero de 2010*, dirigido por la Presidencia de la Nación a través de la labor de un Delegado Presidencial para la Reconstrucción y que durante más de 4 años, incluyendo dos administraciones distintas de Gobierno, articuló la labor de todos los Ministerios Públicos en torno a establecer la planificación de la reconstrucción de la infraestructura pública, las viviendas de las familias afectadas y la atención a las víctimas y sus sobrevivientes, en todas las regiones y ciudades afectadas por el desastre.

Desde su conceptualización como infraestructura urbana para la amortiguación de los fenómenos de inundación derivados de la ocurrencia de tsunamis, la figura de los Parques de Mitigación es replicada luego en diversas localidades costeras afectadas por el desastre de Febrero de 2010, siguiendo el ejemplo de Constitución. En este contexto, el tercer capítulo abordará el análisis de los instrumentos de planificación que surgieron post tsunami de 2010, comprendidos como semillero de un nuevo enfoque de paisaje asociado a la idea de infraestructura verde para la adaptabilidad y resiliencia de territorios en riesgo de desastres.



Fig. 33. Memorial a las víctimas del 27F en Isla Orrego, Constitución. Fuente: Autor, 2016.

3.1. Impacto del Tsunami 2010 en el borde costero de las regiones del Maule y Biobío.

De acuerdo al Servicio Geológico de Estados Unidos, el terremoto que afectó la zona centro sur de Chile el 27 de Febrero de 2010 a las 03:34 hora local, alcanzó una magnitud de 8,8 (M_w) y tuvo duración aproximada de tres minutos. El área de ruptura comprendió entre Valparaíso (Latitud 33°S) y el sur de la Isla Mocha (Latitud 38,6°S), con una extensión superior a 610 km. (fig. 81). Según el Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, el epicentro se situó aproximadamente a 47 kilómetros de profundidad, en la región de Biobío a 8 kilómetros al oeste de Curanipe y 115 kilómetros al nor-noreste de la segunda ciudad más grande de Chile, Concepción (Bárcena et al., 2010).

El mecanismo focal de este sismo es de tipo inverso, es decir, corresponde a un terremoto de subducción producto del hundimiento de la placa de Nazca bajo la Sudamericana (Bárcena et al., 2010; Quezada et al., 2010). Por su magnitud, el desastre provocado incluyó varias otras áreas de la cuenca del Pacífico, pasando a integrar la lista de los cinco mayores terremotos tsunamigénicos del mundo. De este modo, Chile cuenta con dos de los cinco eventos sísmicos más grandes de la historia: 21-22 de mayo de 1960 (de magnitud $M=9,5$) y 27 de febrero de 2010 (Martínez et al., 2011).

Según estimaciones de diversos organismos públicos, los habitantes de todas las ciudades afectadas acumularon más de 13 millones de personas, cerca del 80% de la población del país. Los daños generados superaron las 370.000 viviendas dañadas, 47% de las cuales tuvieron daños mayores o fueron destruidas, lo que se traduciría en más de 250.000 damnificados (Bárcena et al., 2010; Bresciani, 2010). Aun con estas estadísticas, los daños fueron minimizados gracias a estrictas normas de construcción⁶³ vigentes en Chile para la construcción de edificios (INN, 2003, 2009) e industrias (INN, 2003a).

⁶³ Estas normas, que refieren a los estándares técnicos de diseño y construcción de edificaciones, son catalogadas por el Instituto Nacional de Normalización (INN), y han ido modificándose tras cada evento de terremoto en la historia reciente, para aumentar los niveles de seguridad de las construcciones (Cisternas, 2011) y se buscó actualizarlas nuevamente para incorporar las lecciones de este sismo (Bitar, 2010; Betanzo, 2010).

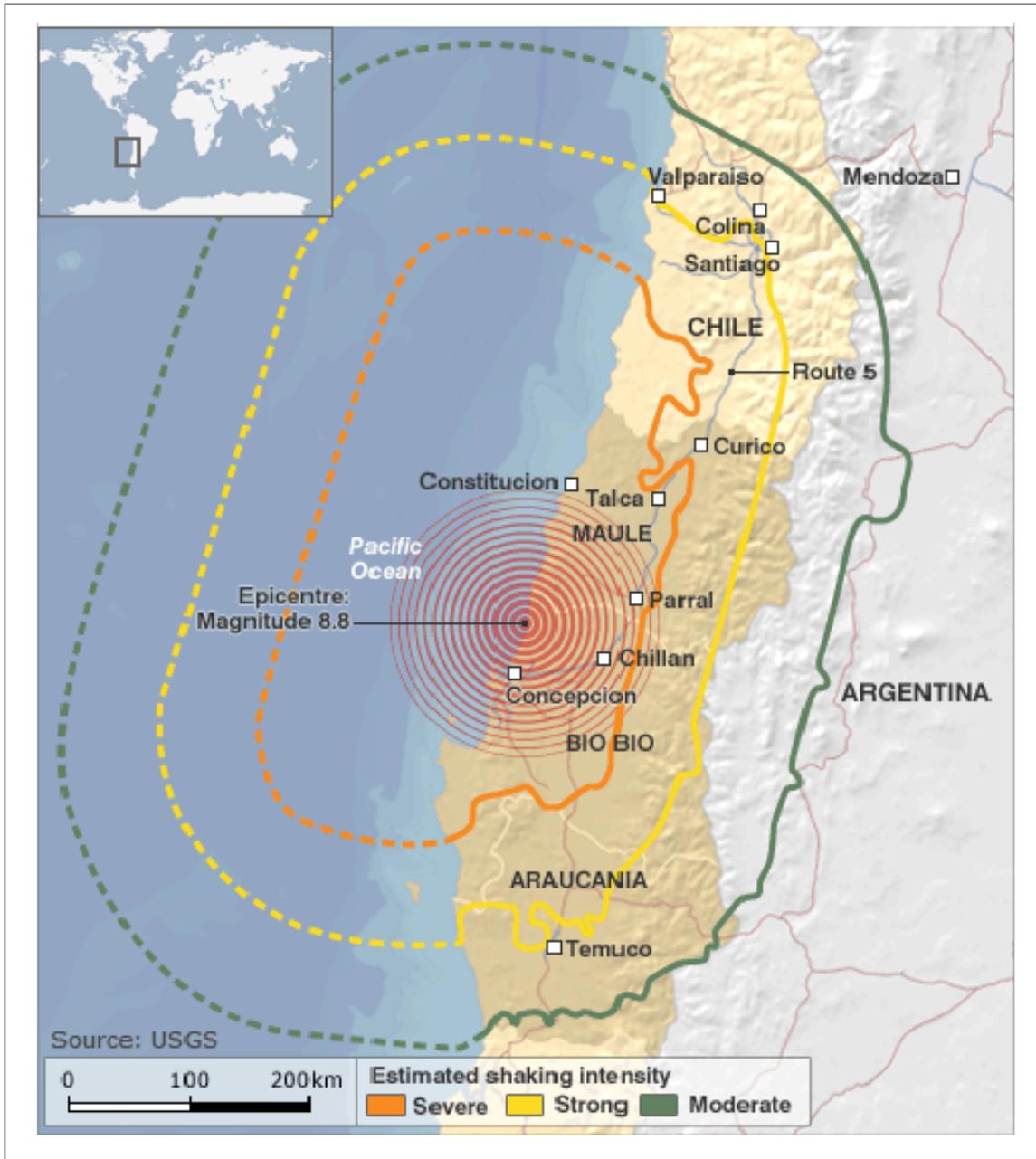


Fig. 34. Mapa con la localización del epicentro del terremoto del 27 de Febrero de 2010, de magnitud 8,8 (M_w), frente a las costas de la región del Biobío. Se indica, mediante la estimación del movimiento telúrico (*estimated shaking intensity*), el área de afectación que abarca más de 600 kilómetros, incluyendo el sistema de ciudades del centro sur de Chile: desde la región de Valparaíso, al norte, hasta la región de la Araucanía. Fuente: USGS Earthquake Hazards Program (<https://earthquake.usgs.gov/>)

El desastre ocurrido el 27 de febrero del 2010 en Chile – denominado por los medios de comunicación y también por la literatura especializada como *27F* – se considera el terremoto de mayor cobertura urbana registrado en el país, dada su amplia extensión que afectó gravemente a más de 50 ciudades y 900 pueblos (MINVU, 2010). Sumado a esto, debe considerarse el arribo del tsunami minutos después, que finalmente tuvo severas consecuencias en las localidades de borde costero en más de 600 kilómetros de extensión, por lo cual se declaró como zona afectada por catástrofe al territorio comprendido entre la región de Valparaíso y la región de la Araucanía. En un país donde la población urbana representa aproximadamente el 90% de los habitantes, las ciudades de este extenso territorio se convirtieron en el epicentro de la devastación.

Por su parte, el tsunami de 2010 constituye el evento a nivel sudamericano con mayor número de víctimas en los últimos 30 años, desde el ocurrido en Tumaco en las costas de Colombia en el año 1979⁶⁴ (Contreras & Winckler, 2013; Fritz et al., 2011). Según las cifras oficiales del Ministerio del Interior y la investigación llevada a cabo por la Fiscalía Nacional de Chile (Fiscalía, 2011), el tsunami cobró 181 vidas⁶⁵, de las cuales 156 fueron identificadas⁶⁶, mientras que 25 se declararon desaparecidas.

Las regiones del Maule y Biobío fueron las zonas más afectadas por el terremoto y posterior tsunami (fig. 82) , tanto por las pérdidas de vidas humanas, como por los daños materiales que afectaron diversas ciudades, pueblos y caletas (GSAPP, 2015; Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014; Gobierno de Chile, 2010). En el valle central de la región del Maule – en las ciudades de Talca, Linares, Cauquenes, Parral y Curicó – se vieron devastadores daños estructurales en infraestructura y vivienda, sobre todo en aquellas

⁶⁴ El tsunami de Tumaco, Colombia, cobró la vida de más de 220 habitantes de la localidad de San Juan (Herd et al., 1981).

⁶⁵ Esta cifra es mayor que las 124 víctimas reportadas por Fritz et al. (2011), lo que se atribuye a la diferente naturaleza de ambos estudios: el primero orientado a definir responsabilidades y el segundo con un enfoque en la física del fenómeno.

⁶⁶ El listado incluido en el informe de la Fiscalía indica que el 53% de las víctimas fueron varones, y las edades fluctuaron entre los 7 meses hasta los 95 años. El 50% de los fallecidos y desaparecidos eran mayores de 50 años, mientras que el 21% eran niños y jóvenes menores de 18 años.

construcciones de adobe sobrevivientes a los terremotos precedentes acontecidos en los años 1960 y 1985. El evento del terremoto y tsunami en conjunto dejó un saldo total de 280 Fallecidos en la región (ONEMI, 2010), constituyendo así más de la mitad del total nacional. La mayor cantidad de fallecidos corresponde a víctimas del tsunami (55,2%), muchas de ellas aún desaparecidas.



Fig. 35. Arriba: Destrucción en el borde fluvial de Constitución, región del Maule, afectado por el ingreso del tsunami a través de la desembocadura del río Maule. Abajo: Impacto y destrucción producido por el tsunami en el borde costero de Dichato, región del Biobío. Como se observa en ambas secuencias de imágenes, las edificaciones de vivienda y otros usos colindaban con la ribera del río y el borde costero, respectivamente, en una condición de alta vulnerabilidad que finalmente derivó en la destrucción total de ambos frentes urbanos. Actualmente, tal como se observa en las Cartas de Inundación, previamente presentadas, el borde fluvial y costero es declarado zona de riesgo y, como se señala más adelante, es justamente el espacio destinado a los Parques de Mitigación, en ambas localidades. Fuente: EMOL (https://www.emol.com/especiales/2010/fotos_AD/terremoto_chile_aereas/)

Gran parte de la destrucción se concentró en el borde costero, debido principalmente al impacto del tsunami, donde las alturas de las olas fluctuaron entre los 3 y 30 metros (Belmonte et al., 2011) generando episodios de inundación que registraron niveles entre los 8 y 11 metros en diversos centros urbanos, características propias de un evento de tsunami grado 3 (USGS, 2010). El ingreso de la ola, correspondiente al momento de flujo, desató en diversas localidades una primera destrucción de infraestructuras y viviendas, escombros que luego incrementaron el poder destructivo de las olas que impactaron posteriormente (Cereceda et al., 2011; Lagos, 2000) y, en la mayoría de los casos, el ingreso del mar se vio favorecido por los cursos de agua, tales como esteros o ríos, en las diferentes localidades litorales. Asimismo, se produjeron cambios geomorfológicos en diversos componentes del territorio costero, tales como alzas o depresiones en los niveles de tierra, aparición de nuevas extensiones de playas o desaparición de otras zonas de playas existentes, así como también cambios en la batimetría de fondos de ríos en los sectores de su desembocadura, con alzas de hasta 2 metros, según Belmonte et al. (2011).

Las localidades de Constitución, Pelluhue, Dichato, Llico y Talcahuano fueron los asentamientos urbanos costeros que el tsunami más afectó (fig. 83). En el caso de Dichato y Llico, ubicadas en la región del Biobío, se vieron destruidas cerca del 50% de las viviendas, afectando a gran número de la población. No obstante, la estimación global de los daños y la destrucción, en términos de vivienda, nunca pudieron ser cuantificados de manera definitiva (GSAPP, 2015; Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014). Sólo existen datos del registro de los damnificados⁶⁷ que postularon a un subsidio de vivienda, tanto para reparación como para construcción.

⁶⁷ De lo anterior, se desprende que más de 222.000 familias perdieron sus casas y requirieron ayuda del Estado para recuperar sus condiciones de habitabilidad (el 50% de ellas postularon a subsidios de reparación, el otro 50% a subsidios de reconstrucción).

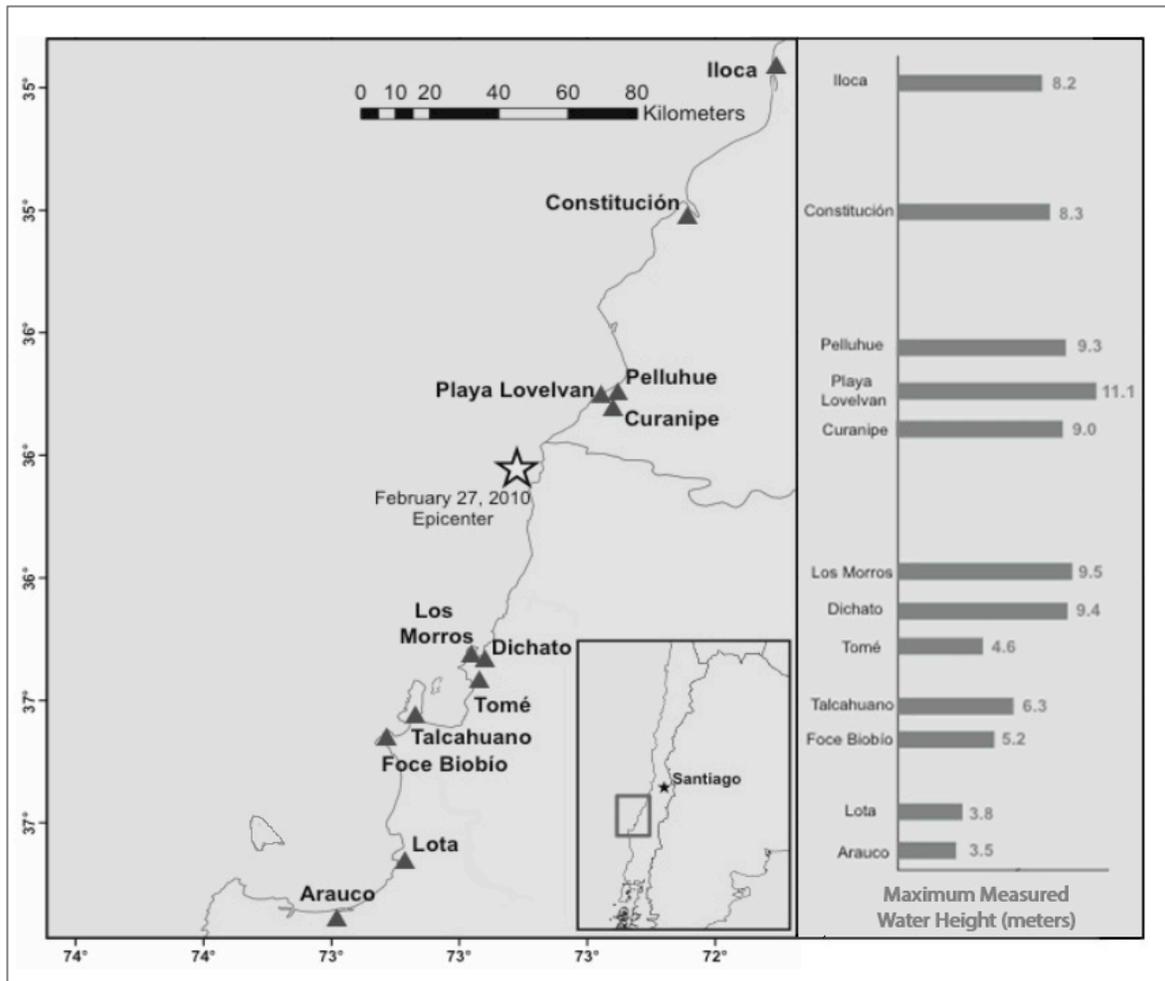


Fig. 36 Mapa del epicentro del terremoto del 27F y de las localidades afectadas por el Tsunami en la franja de borde costero de las regiones de Maule y Biobío. En el gráfico de la derecha, se indica la altura de inundación que alcanzó el ingreso del Tsunami en cada localidad. Fuente: Elaboración propia en base a GSAPP, 2015 y USGS, 2010.

En este contexto generalizado de destrucción, se tuvo información de algunas localidades que sufrieron daños menores, aun cuando sus costas estuvieron expuestas a las olas del Tsunami, condición propiciada por la existencia de sistemas naturales que actuaron como mitigadores y disipadores de impacto. Uno de los casos registrados fue la ciudad de Arauco, en la región del Biobío, la cual vio un efecto mitigador en los humedales del estuario del río Carampangue, como así también en el cordón de dunas ubicado entre la línea de costa y el casco urbano (Belmonte et al., 2011). Cabe destacar que este territorio fue el que presentó una de las mayores áreas de inundación en la región, y sin embargo, daños menores a su infraestructura, demostrando que las condiciones mencionadas – asociadas a la funcionalidad

de los sistemas naturales en su rol de infraestructura verde para mitigación y disipación – disminuyeron el ingreso del flujo de agua en varios sectores urbanos de la localidad (fig. 84).



Fig. 37 Carta de inundación modelada en la localidad de Arauco, región de Biobío. Se observa el rol de los humedales costeros y el cordón dunario como infraestructura de amortiguación de los efectos de inundación en el Tsunami del 27F. Arriba, Imagen satelital de la localidad de Arauco. Abajo, Plano con área de inundación del tsunami del 27F en la localidad de Arauco. Fuente: Belmonte et al. (2011).

Al otro extremo, en términos de afectación, la ciudad de Constitución⁶⁸ en la región del Maule, fue uno de los centros poblados más devastados por el terremoto y, especialmente, por el posterior tsunami. Oficialmente fallecieron 55 personas y otras 10 fueron consignadas como desaparecidas (Fiscalía, 2011). En efecto, Constitución es la localidad con el mayor número de víctimas fatales del 27F. La pérdida de vidas humanas y la devastación física llamó la atención de la opinión pública desde un primer momento sobre esta ciudad. Por otra parte, en materia de infraestructura urbana, se estima que cerca de un 20% de las viviendas tuvieron algún tipo de daño (GSAPP, 2015). Además, gran parte de las áreas productivas ubicadas en el borde costero— asociadas a la industria de Celulosa — y casi la totalidad de su infraestructura turística fue completamente destruida (GSAPP, 2015; Bárcena, Prado, López, & Samaniego, 2010).

Es precisamente en esta ciudad, como se verá más adelante, donde se plantea por primera vez y de manera inédita en Chile, la noción de proyecto asociado a la figura de Parque de Mitigación, como componente estructural del Plan de Reconstrucción y como modelo a replicar luego en otras localidades de las regiones afectadas⁶⁹. Experiencias locales referidas al rol activo de los sistemas naturales en la reducción de riesgo, como lo registrado en Arauco, sumado a la influencia de experiencias internacionales, alimentarán los argumentos conceptuales y técnicos que darán paso a su formulación.

⁶⁸ Constitución es una comuna ubicada en la zona costera de la Provincia de Talca, perteneciente a la región del Maule. abarca una superficie de 1.343,6 km² y una población de 46.068 habitantes (Censo INE Año 2017), correspondientes a un 4,4 % de la población total de la región y una densidad de 34,28 hab/km². Del total de la población, 23.063 son mujeres (50,06 %) y 23.005 son hombres (49,93 %). En febrero de 2010, según estimaciones censales, la comuna registraba similar cantidad de habitantes.

⁶⁹ La reconstrucción de Constitución fue planteada como la punta de lanza de los planes maestros de reconstrucción para toda la zona afectada por el terremoto y tsunami de 2010, posicionando su proceso desde un primer momento como una gestión territorial innovadora y ejemplar a nivel nacional (GSAPP, 2015).

3.2. Planificación territorial y gestión del desastre. Marco normativo y operativo en Chile: definiciones, disposiciones e instrumentos.

El ordenamiento y la planificación territorial en Chile se establece a partir de la definición de *Instrumentos de Planificación Territorial* (IPT) junto a las denominadas *Normas de Ordenamiento Territorial*. Estas normas son atingentes jurídicamente a la organización del territorio, de acuerdo con los diferentes usos posibles del suelo y distinguiendo por una parte, entre ordenamiento, planificación y gestión territorial, y por otra, entre normas directas e indirectas de ordenamiento territorial. En el caso chileno, las normas generales están constituidas principalmente por la *Ley General y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones* (LGUC), mientras que los instrumentos de planificación que se dictan a partir de ellas son los *Planes Reguladores* Intercomunales y Comunales, los *Límites Urbanos* y los *Planes Seccionales* (Arenas et al., 2010). Como se observa, la totalidad de los instrumentos y cuerpos normativos refieren a zonas urbanas, determinando así una focalización excluyente de la planificación territorial hacia áreas urbanizadas en desmedro de territorios fuera de los límites urbanos.

En los IPT, la zonificación es el componente encargado de definir qué tipo de uso se le dará a una determinada sección de suelo. Asimismo, es responsable de condicionar y limitar cuáles son las zonas seguras para construir y cuáles no lo son por la existencia de riesgos de diverso tipo. En este sentido, como señala Arenas et al. (2010), la normativa en relación al riesgo ha tenido una progresiva evolución a través de los años, principalmente en respuesta a la gran cantidad de desastres que han afectado nuestro territorio a lo largo del tiempo. En el artículo 60° de la LGUC del año 1976, nace parcialmente una reseña que menciona el concepto de *zonas de riesgo* y su condición de peligro para los asentamientos humanos. En este apartado se especifica lo que actualmente es considerada “zona de riesgo”, comprendida como *zona no edificable*.⁷⁰

⁷⁰ Artículo 60° de la Ley General y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), año 1976.

La evolución del concepto de riesgo en los IPT ha sido paulatina; en los años 1992 y 1993 los DS 47° y 89°, respectivamente, de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) modifican lo expuesto en 1976 por un nuevo panorama. Se amplía el campo de acción de la zona no edificable a *zonas restringidas*, las cuales son establecidas en los Planes Reguladores Comunales previo estudio de riesgos que determine el grado de peligro potencial para un asentamiento humano. Siendo integrados aquí como riesgo potencial, los sectores afectados por inundabilidad producto de aguas lluvias y terrenos situados en las zonas costeras (MINVU, 2012). En definitiva, el rol que cumple esta zonificación de riesgo es restringir algunos usos y no prohibirlos completamente. Sin embargo, estas modificaciones no eran suficientes para resolver cabalmente la problemática presentada por la edificación en zonas vulnerables. Producto de esto, en los años 2001 y 2009, el artículo 2.1.17 de la OGUC propone cambios sustanciales, postulando el concepto de *área de riesgo* como aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se establezcan restricciones y/o prohibiciones para determinado tipo de construcciones, por razones de seguridad contra desastres, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos (MINVU, 2015).

A partir de las consecuencias del terremoto y tsunami de 2010, como señala Martínez et. al (2011), el Estado visualizó la importancia de avanzar en la incorporación de la gestión del riesgo de desastres al marco institucional y normativo aplicado a los IPT, con el propósito de reducir el impacto de futuros desastres. De esta manera, considerando la necesidad de dotar al Estado con herramientas que le permitieran reaccionar con mayor celeridad en situaciones de emergencia y reconstrucción, se promulgó en mayo de 2012 la Ley N° 20.582 que modifica las normas legales de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, para favorecer los procesos de reconstrucción y las disposiciones sobre planes reguladores existentes en la Ley N° 16.282 sobre sismos y catástrofes. Esta nueva normativa da cuenta de un procedimiento excepcional para la formulación y modificación de IPT en zonas declaradas de catástrofe, donde los municipios podrán solicitar su aprobación mediante decreto supremo del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en un periodo de tiempo no superior a dos años a partir de la declaración. Asimismo, como parte de los cambios normativos derivados del desastre de 2010, cabe destacar que en 2011 se incorporó

explícitamente el riesgo de inundación por tsunami en la normativa aplicada al artículo 2.1.17 de la OGUC, el cual ya había sido modificado con anterioridad al evento, en 2009.

Si se considera, tal como se ha expuesto, que los desastres no son eventos excepcionales, sino más bien una constante del territorio chileno y sus efectos son crecientemente devastadores para las ciudades y sus habitantes, es importante analizar la institucionalidad pública y la gobernanza del desastre, en términos de su preparación para la gestión de la emergencia y de los procesos de reconstrucción. Como se ha descrito, el impacto del desastre del 2010 en Chile fue significativo en daños a edificaciones, equipamientos sociales e infraestructuras. Según Bresciani (2012), estas condiciones de magnitud, dispersión administrativa y territorial, diversidad de daños y degradación social, pusieron a prueba la institucionalidad del Estado chileno para responder al desastre con eficiencia y efectividad, dejando en evidencia diversas debilidades del sistema institucional y los instrumentos públicos existentes previos al 27 de febrero del 2010 (Bresciani, 2012:40).

La atención a estos procesos institucionales e instrumentos de gestión, resulta fundamental para comprender los espacios de oportunidad que surgen en materia de planificación y diseño de resiliencia urbana, toda vez que conforman el marco político, normativo y operativo bajo el cual se establecen las decisiones claves en el territorio. Considerando la experiencia revisada, las diversas formas de organización del Estado frente a emergencias y catástrofes han establecido responsabilidades de acción y de coordinación en cuatro etapas: prevención, respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción. A continuación se revisarán los principales alcances de cada una de ellas en relación al desastre del 27F.

3.2.1. Prevención de desastre.

La etapa de prevención es la más importante en términos de política pública permanente, dado que agrupa las acciones orientadas a reducir los costos e impactos de los desastres sobre las personas y propiedades, ya sea con acciones de educación e información, como de planificación territorial y regulación de la construcción. En términos de institucionalidad preventiva a nivel país frente a eventos de desastre, la Oficina Nacional de Emergencia del

Ministerio del Interior y Seguridad Pública, ONEMI, es el organismo oficial encargado de la coordinación y activación del Plan Nacional de Protección Civil, instancia responsable de la evaluación, diseño y orden de prioridad de los proyectos de prevención, mitigación y preparación que corresponden a cada nivel administrativo del Estado de Chile (Belmonte, 2016; ONEMI, 2014; Bordas, 2006). En el marco de sus funciones, la ONEMI incluye la difusión a la sociedad a través de los medios de comunicación masivos, mediante el *Sistema de Emergencia y Alerta Temprana* en situaciones de riesgo ante un evento de desastre (ONEMI, 2014).

En el evento del 27F de 2010, uno de los aspectos más críticos de esta etapa fue la falta de mapas de riesgos y su aplicación a la actualización de los planes reguladores comunales e intercomunales. De acuerdo con Bresciani (2012), todas las zonas inundadas por efectos del tsunami o con problemas en la calidad de los suelos que tendieron a amplificar los efectos del terremoto, no estaban debidamente incluidas en la planificación urbana, en gran parte por la falta de este tipo de estudios (Bresciani, 2012:42). Asimismo, la falta de protocolos de coordinación entre los distintos actores del Estado, derivó en contradicciones de información que afectaron gravemente los procesos de evacuación⁷¹ en las zonas de borde costero afectadas por el tsunami que sucedió al terremoto.

A partir del año 2015, respondiendo a las recomendaciones de Naciones Unidas referidas a superar las falencias en la institucionalidad para la Reducción de Riesgos de Desastres, ONEMI, constituye formalmente la *Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres*, la que tiene como función principal ser el agente promotor a nivel Nacional de las estrategias para la reducción de riesgos. Esta Plataforma tiene un carácter multisectorial y transversal, estando conformada por organismos públicos, del sector privado, academia y organismos científicos-técnicos, fuerzas armadas, agencias del Sistema de Naciones Unidas en Chile, organizaciones de la sociedad civil y de voluntariado, entre otras.

⁷¹ La descoordinación en la toma de decisiones respecto a decretar la evacuación por riesgo de tsunami, la cual se canceló pese al inminente arribo de las olas al continente y al territorio insular, significó la muerte de más de un centenar de personas que no tuvieron la alarma para trasladarse a zonas seguras. Según consta en el proceso penal que varios familiares interpusieron para exigir responsabilidades a los funcionarios del Estado, los errores se cometieron en el comité de emergencia conformado por ONEMI, SHOA, el Ministerio del Interior y la Presidencia (CIPER Chile, 2012).

En el contexto de alerta por eventos de Tsunami, la Plataforma Nacional para la Reducción del Riesgo de Desastres ONEMI trabaja directamente con la información suministrada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, SHOA, institución encargada legalmente de proporcionar la información oficial de la geografía marítima del país, así como también de la organización, control y dirección del Sistema e Alarma de Maremotos, SNAM. Dentro de sus tareas primordiales, posee todo el servicio técnico del levantamiento hidrográfico marítimo, fluvial y lacustre; la elaboración y publicación de cartas de navegación, así como también la planificación y coordinación de investigaciones en temas de tsunami, y la elaboración de cartografía referente a los mismos⁷².

En la siguiente figura se señala el organigrama institucional de carácter intergubernamental que actualmente opera en Chile para la alerta temprana de tsunami, orientada a proporcionar información para la toma de decisiones asociadas a la prevención y manejo de impactos de este tipo de eventos en las costas chilenas.

⁷² El SHOA recibe información directamente emitida por el Sistema de Alerta de Tsunami del Pacífico, PTWC, y por el Centro Internacional de Información de Tsunami, ITIC, apoyado en parte por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, IOC. El SHOA además se apoya técnicamente en la información proporcionada por la Administración Nacional de Asuntos Oceanográficos y Atmosféricos, NOAA, de Estados Unidos; quienes se han constituido en una fuente de datos oficiales de gran importancia en temática de alerta, investigación y prevención de tsunami. (Belmonte, 2016)

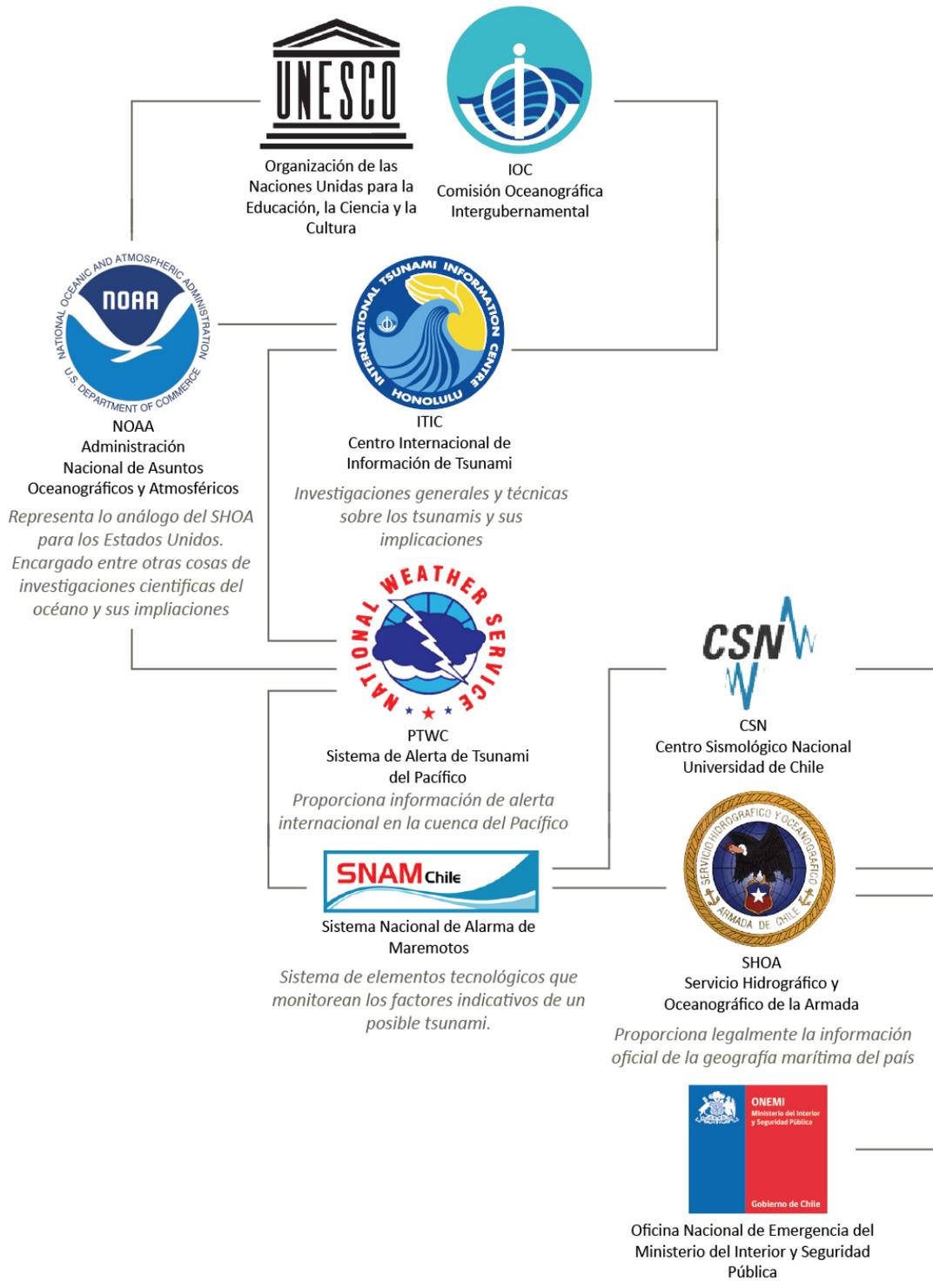


Fig. 38. Organigrama institucional para la transferencia de información de alerta de Tsunamis. Fuente: Elaboración propia en base a Belmonte, 2016.

A nivel institucional también, en coordinación con la ONEMI, los principales organismos sectoriales involucrados en la planificación para enfrentar los desastres en Chile son:

- El Ministerio de Desarrollo Social (MDS, ex MIDEPLAN), a través del diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia de desarrollo social, especialmente aquellas destinadas a las personas o grupos vulnerables. Asimismo, su rol es clave en la coordinación, consistencia y coherencia de las políticas, planes y programas en materia de desarrollo social, a nivel nacional y regional y evaluar los estudios de preinversión de los proyectos de inversión que solicitan financiamiento del Estado para determinar su rentabilidad social.
- El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), a través de las Políticas, Normas e Instrumentos de Planificación Territorial (IPT), que gestionan y regulan las materias propias de los procesos de urbanización, regulación de usos de suelo y zonificación de áreas de riesgo.
- El Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de la planificación y construcción de obras de infraestructura pública, incorporando medidas de mitigación en territorios afectados por desastres y generando planes de contingencia y/o prevención frente a las amenazas que puedan afectar a todas las infraestructuras de uso público.
- La Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE), mediante el fortalecimiento las capacidades técnicas, institucionales y el capital humano en los gobiernos regionales y los municipios para el diseño e implementación de políticas, planes y programas asociados a la emergencia y la reconstrucción.

3.2.2. Respuesta a la emergencia.

Inmediatamente después de ocurrida la emergencia, la etapa de respuesta suele concentrarse en las primeras labores de evacuación, rescate y atención a los afectados, en dar seguridad general a la población y restablecer el orden. En esta etapa se realizan las primeras evaluaciones y catastros del daño, determinando la magnitud del desastre, las zonas mayormente afectadas y el número de damnificados, información vital sobre la cual se basa el diseño de los planes y programas de reconstrucción.

Al momento de la catástrofe del 2010, la única entidad con una misión específicamente orientada a procesos de reconstrucción post desastres dentro de la institucionalidad chilena era la ONEMI, órgano que desde su creación en 1974 había estado a cargo de la coordinación del Sistema Nacional de Protección Civil con la misión de “*planificar, impulsar, articular y ejecutar acciones de prevención, respuesta y rehabilitación frente a situaciones de riesgo colectivo, emergencias, desastres y catástrofes de origen natural o provocados por la acción humana*”⁷³. No obstante esta amplia definición, la ONEMI carecía no sólo de capacidades para las labores de prevención, orientando su gestión principalmente al Sistema de Emergencia y Alerta Temprana y el Sistema de Protección Civil, sino que tampoco tenía facultades para la coordinación de las etapas de reconstrucción, las cuales históricamente han dependido de la acción de ministerios sectoriales centralizados como el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Ministerio de Obras Públicas (Bresciani, 2012: 49).

Con ocasión del desastre del 27F, y luego de una semana caótica en términos de manejo operativo y logístico derivado de la gran magnitud de la devastación, de la amplia destrucción de las vías de comunicación terrestre y de la falta de coordinación entre los actores públicos del nivel central y del nivel local, el Gobierno estableció de manera excepcional un *Comité de Emergencia*⁷⁴ y al mismo tiempo un *Comité Interministerial de Reconstrucción*⁷⁵, cuyo organigrama se presenta en la siguiente figura (fig. 86). El Comité de Emergencia contempló tres objetivos principales: abordar la emergencia ciudadana inmediata, concentrándose en la búsqueda y rescate de heridos, desaparecidos y fallecidos; restablecer el orden público y garantizar el abastecimiento de servicios básicos como el agua potable, electricidad y alimentos, y; enfrentar la emergencia del invierno en materia de viviendas, educación, salud, infraestructura y en los sectores productivos afectados por la catástrofe. (Gobierno de Chile, 2010).

⁷³ Según Decreto D.L. N° 369 de 1974.

⁷⁴ Creado mediante Decreto Supremo N° 350 del 22 de marzo de 2010.

⁷⁵ Creado mediante Decreto Supremo N° 317 del 11 de marzo de 2010

Por su parte, el Comité Interministerial para la Reconstrucción existía previo a la catástrofe bajo el nombre de *Comité de Ciudad y Territorio* y fue reorientado a coordinar las acciones de reconstrucción de los ministerios con mayores competencias en la materia. Tuvo entre sus primeras tareas el levantamiento de las necesidades en cada ministerio por región, centralizar los catastros de daños, definir prioridades y proponer las modificaciones legales o reglamentarias necesarias para avanzar hacia la reconstrucción. Lo anterior, con el objeto de permitir reconstrucción de viviendas, equipamiento y la infraestructura pública destruida.

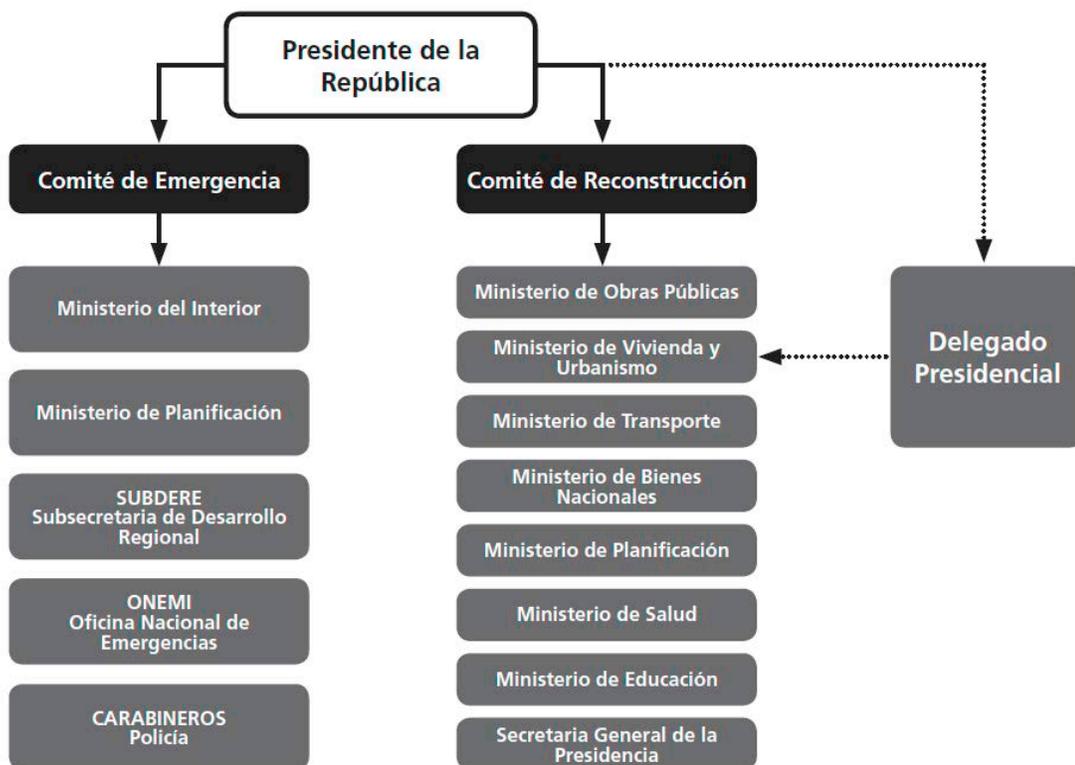


Fig. 39. Organigrama de la institucionalidad creada para la reconstrucción post 27F. Fuente: Bresciani, 2012.

Debido a la inédita amplitud territorial del daño y de su profundidad, el Gobierno dispuso que los ministerios y la organización territorial del Estado, como las intendencias, gobernaciones y alcaldías, fuesen los brazos ejecutores de planes y programas de emergencia y reconstrucción, elaborados a partir de catastros y diagnósticos. En paralelo, inició la

tramitación de la Ley de Financiamiento de la Reconstrucción, con el fin de contar con los recursos financieros necesarios para su ejecución (GSAPP, 2015; Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014; Gobierno de Chile, 2010).

3.2.3. Rehabilitación y Plan de Reconstrucción Post 27F.

Como se ha señalado en el marco de esta investigación, la gestión del riesgo identifica diferentes temporalidades para hacer frente a una catástrofe, tales como las etapas de prevención, emergencia, rehabilitación y reconstrucción (Bresciani, 2012; Vargas, 2002). Pese a que estas etapas tienen una vinculación estrecha, en Chile el debate post 27F se centró en la “reconstrucción”, evidenciando la inexistencia de un modelo sistémico de gestión para la reducción del riesgo de desastres (GSAPP, 2015).

En la formulación e implementación del *Plan de Reconstrucción Chile Unido Reconstruye Mejor* (MINVU, 2010), se utilizaron programas e instrumentos de la política urbano habitacional regular, intentando evitar de esta manera la experimentación en un momento de excepcionalidad marcado tanto por la catástrofe, como por la propia instalación de la nueva administración de Gobierno⁷⁶. Originalmente, los objetivos iniciales declarados contemplaban: reconstruir en coherencia con el desarrollo local; generar mecanismos de coordinación intersectorial; trabajar con transparencia en base a expectativas realistas; apoyar la recuperación de las pequeñas y medianas empresas y; *volver a la normalidad* lo antes posible (Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014). Con el transcurrir del tiempo, como señala Bresciani (2012), las urgencias y retrasos harían de este último objetivo el principal.

El Plan de Reconstrucción contempló tres ámbitos generales de desarrollo, denominados: I) *Programa de Reconstrucción de Vivienda*; II) *Programa de Programa de Atención a Aldeas y Condominios Sociales* y; III) *Programa de Reconstrucción Territorial, Urbana, y*

⁷⁶ El terremoto y tsunami del 27 de Febrero de 2010 se produjo al término del Gobierno encabezado por la Presidenta Michelle Bachelet, quien el 11 de Marzo de 2010 entrega el mando al nuevo Presidente electo, Sebastián Piñera.

*Patrimonial*⁷⁷ (MINVU, 2011). Se estructuró sobre la base de un aumento importante de fondos públicos mediante el alza de la recaudación tributaria producto del aumento de algunos impuestos específicos, las reasignaciones del presupuesto nacional y una ley⁷⁸ de incentivos tributarios a donaciones privadas, que aspiraba a recaudar cerca de US\$ 308 millones entre los años 2010 y 2013. (Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014; Bresciani, 2012, MINVU, 2011). Adicionalmente, el Presidente de la República destinó el 2% del Presupuesto de la Nación para esta emergencia, según sus facultades establecidas en la Constitución⁷⁹. Con todos estos mecanismos el Plan esperaba alcanzar los US\$ 8.431 millones requeridos para la reconstrucción (Op. cit.).

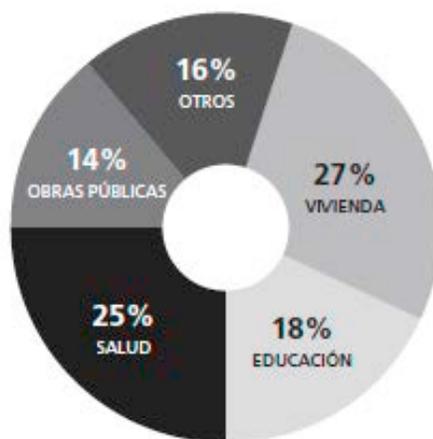


Fig. 40. Distribución del gasto en reconstrucción. Fuente: Bresciani, 2012. En base a cifras del Ministerio de Hacienda e informes de Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Estos fondos permitieron dar forma a cinco ejes de acción del Plan:

1. Infraestructura vial a escala regional y edificaciones públicas: a cargo del Ministerio de Obras Públicas comprometió cerca de US\$1.200 millones para la reconstrucción de carreteras, caminos, puentes y otras obras de infraestructura.

⁷⁷ Este tercer programa del Plan de Reconstrucción es el que promovió el desarrollo de las iniciativas de los Planes Maestros de Reconstrucción en las localidades de borde costero afectadas por el tsunami, a partir de lo cual se formulan los Parques de Mitigación como obra emblemática de infraestructura urbana.

⁷⁸ La Ley 20.444 crea el Fondo Nacional de la Reconstrucción y establece mecanismos de incentivo tributario a las donaciones efectuadas en caso de catástrofe.

⁷⁹ Según Artículo 32, Número 20, de la Constitución Política de la República de Chile.

2. Sistemas de salud: a cargo del Ministerio de Salud, contempló cerca de US\$ 6 millones concursables para reconstruir establecimientos de salud de la red primaria administrada por los municipios. A estos fondos se le sumaron otros US\$ 2.140 millones destinados a la reconstrucción de 13 hospitales y otros establecimientos menores..
3. Establecimientos de educación: se destinaron cerca de US\$1.200 millones para la reparación de instalaciones en universidades y más de 6.000 establecimientos educacionales, bajo la supervisión del Ministerio de Educación.
4. Emprendimiento y fomento productivo: ello se abordó mediante créditos del Estado denominados Créditos con Garantía CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) de Reconstrucción para PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas). CORFO actuó como garante de los créditos de instituciones financieras para empresas afectadas por la catástrofe, facilitando acceso al financiamiento para inversión, capital de trabajo y reprogramación.
5. Viviendas y reconstrucción urbana: a cargo del MINVU, contemplando más de US\$2.300 millones principalmente en 220.000 subsidios de construcción y de reparación de viviendas y, en menor medida, en obras urbanas.

Este último eje, asociado en principio al proceso de reconstrucción de viviendas, es el que abarcó en definitiva la dimensión de la planificación urbano-territorial, en el marco del *Programa de Reconstrucción Territorial, Urbana, y Patrimonial*. A través de este eje se dirigieron las acciones destinadas a actualizar los Planes Reguladores, reponer la vialidad e infraestructura urbana en general y orientar la reconstrucción de las localidades gravemente afectadas por el terremoto y tsunami, con especial énfasis en las ciudades del borde costero arrasadas por el tsunami, las ciudades del valle central que vieron destruidos más del 30% de sus centros históricos y los poblados con edificaciones con carácter patrimonial histórico. Como señala Bresciani (2012), desde un inicio era evidente que, *sin la recuperación integral y participativa de los poblados y centros urbanos dañados, los efectos del desastre se verían agravados en el futuro en términos de deterioro económico y social, abandono de centros urbanos y ocupación irregular de zonas de riesgo*. (Bresciani, 2012: 57).

A su vez, para lograr reactivar estas zonas, devolverles rápidamente su vitalidad y planificar su desarrollo previniendo futuros riesgos, el MINVU se orientó a seis líneas de acción: 1) Reposición de la infraestructura destruida; 2) Recuperación del patrimonio afectado; 3) Recuperación de centros urbanos; 4) Revisión y zonificación de áreas de riesgo; 5) Elaboración de Planes Maestros de Reconstrucción indicativos, y 6) Diseño y ejecución de obras de mitigación en bordes costeros.

En relación a las primeras acciones asociadas a la *reposición de la infraestructura destruida*, focalizado principalmente en la vialidad urbana, se propuso un plan de obras de pavimentación para restablecer en dos años el funcionamiento de todas las avenidas y calles destruidas, junto a las redes de servicio y drenajes de aguas lluvias dañadas. La responsabilidad de esta tarea recayó en el MINVU, a través de sus Servicios de Vivienda y Urbanización (SERVIU).

Por otra parte, uno de los aspectos más críticos referido a daños materiales generados por el terremoto fue la destrucción de gran parte del patrimonio de viviendas tradicionales del valle central de Chile construidas en tierra con técnicas de adobe. Para la *recuperación del patrimonio afectado*, especialmente concentrado en las viviendas de valor patrimonial, se creó un subsidio adicional de US\$ 8.500 sumado a los subsidios regulares para viviendas nuevas que pueden llegar hasta US\$ 24.500 por cada unidad habitacional (Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014; Bresciani, 2012). Si bien el uso de estos recursos permitió recuperar parte del patrimonio dañado, la demora en la distribución de ayuda y la falta de coordinación a nivel local en las diversas localidades afectadas, derivó en el abandono y posterior demolición de inmuebles e incluso manzanas completas en algunas ciudades, como el caso de Talca en la región del Maule (GSAPP, 2015).

Luego, para la *recuperación de los centros urbanos* se contempló la creación de un nuevo subsidio de recuperación urbana, entre US\$ 21.000 y US\$ 13.000, destinado a sectores de ingresos medios de la población, para fomentar la construcción inmobiliaria en las áreas centrales que fueron afectadas no sólo por el terremoto, sino también por el posterior estado de abandono en que cayeron. De acuerdo a estimaciones de los planes maestros desarrollados

en ciudades como Talca y Curicó, cerca de un tercio de la superficie de sus centros históricos fue destruida por el terremoto y posteriormente deshabitada. Una de las dificultades que ha tenido este proceso de recuperación, hasta hoy, es el alto precio de los terrenos centrales, producto de la especulación inmobiliaria, que ha impedido la adquisición de inmuebles vía subsidio (Bresciani, 2012).

Respecto a la *zonificación de áreas de riesgo*, el plan propone el desarrollo de nuevos estudios de riesgos en los territorios afectados, ante las debilidades detectadas en la falta de actualización y cobertura de los mapas nacionales de zonas de riesgos, la evidente falta de equipos profesionales a nivel municipal para desarrollar procesos de planificación territorial y las limitaciones para la gestión de suelos, creación de incentivos y obligaciones de mitigación al sector privado productivo e inmobiliario⁸⁰. La nueva definición de zonas de riesgo (fig. 88) se orienta así a actualizar y sensibilizar los instrumentos de planificación comunal e intercomunal vigentes, especialmente en lo que refiere a usos de suelo para la localización de vivienda y equipamiento crítico. Estas zonas se determinan a partir de estudios de riesgo⁸¹ y simulaciones de desastres⁸², las cuales posibilitan una modificación a

⁸⁰ En Chile, tal como exponen Arenas, Lagos e Hidalgo (2010), desde 1931 y producto del terremoto de Talca de 1929, existen leyes que obligan a las ciudades de más de 20.000 habitantes a tener un plan regulador del suelo y a la aplicación de normas de construcción a todas las edificaciones para obtener permiso. No obstante la cobertura territorial de los planes reguladores (98% de las ciudades de más de 5.000 habitantes) y las exitosas políticas de acceso a la vivienda, persisten aún debilidades en estos instrumentos para responder efectivamente a los procesos de mitigación y reconstrucción.

⁸¹ Entre los estudios más importantes desarrollados se pueden mencionar los siguientes:

- “Estudio de Riesgo de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de las Regiones de O’Higgins y del Maule”, desarrollado por el Observatorio de Ciudades y el Instituto de Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile por encargo de la SUBDERE y con el MINVU como contraparte.
- “Estudio de Riesgo de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de las Regiones del Biobío y Araucanía”, desarrollado por la Universidad del Biobío por encargo de la SUBDERE y con el MINVU como contraparte.
- “Estudios de Modelación de Tsunami para las localidades de Constitución, Dichato, Talcahuano, Tubul y Llico”, desarrollados por la Facultad de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile para el MINVU.

⁸² Uno de los insumos más importantes para la elaboración de los mapas de riesgo han sido las Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU), elaboradas por el Servicio Oceanográfico e Hidrográfico de la Armada (SHOA), para las diversas localidades afectadas por el desastre de 2010 y, en años recientes, para gran parte de las localidades de borde costero en Chile.

los planes reguladores en las 33 comunas del borde costero que lo requieren, principalmente en las regiones del Maule y Biobío.

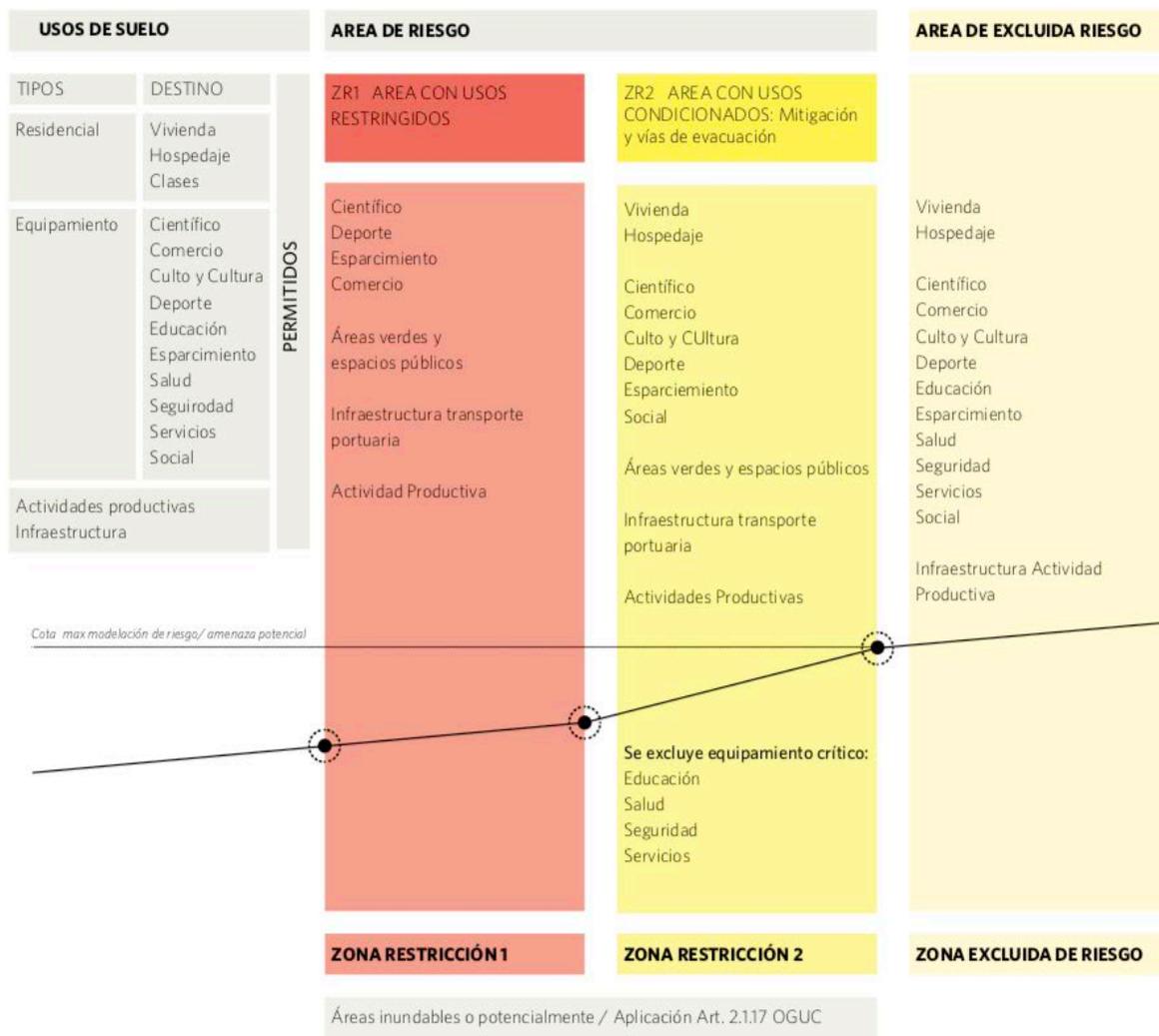


Fig. 41. Esquema referencial de ocupación del Borde Costero de acuerdo a la zonificación general propuesta por los estudios de riesgos, en el marco del Plan de Reconstrucción. Fuente: MINVU, 2011.

En relación a la elaboración de *Planes Maestros de Reconstrucción indicativos*, éstos se comprenden como instrumentos de planificación no vinculantes en términos normativos o legales, cuya finalidad fue orientar las prioridades de inversiones en infraestructuras, subsidios especiales de renovación urbana y proyectos de viviendas, reconstrucción patrimonial y revitalización urbana a corto, mediano y largo plazo, en las localidades afectadas por el desastre. La concreción y financiamiento de estos Planes Maestros se realizó en base a convenios⁸³ de asociación público - privada entre municipios, gobiernos regionales, empresas y organizaciones sociales, actuando el MINVU como garante, velando para que el resultado generara insumos válidos para la actualización de los Planes Reguladores y la programación de planes de inversión previa validación técnica, económica y social de éstos por los organismos correspondientes (MINVU, 2010). Esta articulación público-privada, se enfocó en favorecer el financiamiento de diseño y ejecución de la cartera de proyectos definida y priorizada en cada localidad.

Si bien estos planes han sido una importante innovación respecto a los instrumentos tradicionales y han ayudado priorizar las decisiones públicas, la falta de mecanismos para incorporar los aportes de fundaciones, organizaciones no gubernamentales o del sector privado, sumado a la carencia de efectos legales vinculantes de estos planes respecto a la inversión pública o planificación territorial convencional, han llevado en ciertos casos a que sus propuestas deban ser divididas en múltiples proyectos y acciones individuales, sujetas a mecanismos tradicionales de evaluación social de inversiones públicas que han dificultado su ejecución. Aun así, destacan casos emblemáticos, como el Plan Maestro de Constitución y el de Pelluhue, en la región del Maule, así como también el de Dichato, en la región del Biobío. (GSAPP, 2015; Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014, MINVU, 2010). En la siguiente figura se presenta una infografía referida a los Planes Maestros de Reconstrucción desarrollados.

⁸³ Dado el sentido de urgencia, en estos convenios se definió un plazo de 12 semanas para el desarrollo de los Planes Maestros en su fase diagnóstico y diseño conceptual integral, para así contar a la brevedad con los proyectos y su Rentabilidad Social (RS), instancia clave para obtener financiamiento para desarrollar los estudios de ingeniería de detalle, perfil y diseño definitivo, lo cual se llevó a cabo entre los años 2010 y 2012.



Fig. 42. Infografía de los Planes Maestros de Reconstrucción elaborados en localidades costeras de la región de Valparaíso, Maule y Biobío. Se observan 20 de un total de 25 planes desarrollados en el marco de la reconstrucción post 27F. Fuente: Elaboración propia en base a MINVU, 2011.

El *diseño e implementación de obras de mitigación* y reducción de riesgos de desastre, se focaliza especialmente en la intervención de bordes costeros y fluviales. Una vez definidas las zonas de riesgo en diversas localidades, se establecieron las condiciones para su uso, así como las eventuales obras de mitigación necesarias para permitir retomar las actividades y el regreso de la población. Las obras de protección y mitigación se proponen de manera preliminar en los Planes Maestros a nivel de ingeniería conceptual, y sólo son desarrolladas a nivel de proyectos ejecutivos de ingeniería de detalle si se justifica su rentabilidad social, debido a la alta inversión que suponen.

Un aspecto relevante que surge de su formulación, es la consideración de un enfoque innovador de infraestructura de mitigación, que incorpora – especialmente en el marco de los proyectos de *Parques de Mitigación* – el aporte del diseño del paisaje y el rol de los sistemas naturales comprendidos como infraestructuras verdes para la reducción de riesgo en las ciudades de borde costero, ante eventos de tsunamis y marejadas (fig. 90).



Fig. 43. Imagen objetivo del Parque de Mitigación en la ciudad de Constitución, ubicado en el borde fluvial del estuario del río Maule. Fuente: SERVIU Región del Maule, 2013.

3.3. Planes Maestros de Reconstrucción: PRBC y PRES.

El concepto de Plan Maestro o Masterplan refiere a un instrumento que busca poner en relación distintas acciones de intervención sobre un determinado territorio, orientadas al cumplimiento de objetivos estratégicos que se abordan mediante el diseño de un conjunto de proyectos articulados entre sí bajo una idea de actuación consensuada entre diversos actores, que se espacializa y representa a través de planos, diagramas y otros insumos técnicos. Generalmente, y como se observa en la experiencia de los instrumentos generados en el contexto post 27F, el Plan Maestro va acompañado de una imagen objetivo, que constituye la visión a futuro que se espera lograr a nivel territorial mediante el desarrollo del plan, la cual se expresa en diversos soportes de visualización para ser comunicada a los actores que tienen incumbencia en ese territorio (MINVU, 2011).

Esta modalidad de planificación, según Bell (2005), fue concebida durante el movimiento moderno como un instrumento centrado en el diseño físico que, elaborado por un número pequeño de profesionales del área del urbanismo y la arquitectura, buscaba guiar tanto la dimensión política del desarrollo urbano, como el diseño e implementación de proyectos, en una escala territorial que abarcaba grandes extensiones urbanas (Pérez, 2014; Bell, 2005). En estas primeras décadas del siglo XXI, en el panorama nacional e internacional se ha vuelto a posicionar el Plan Maestro dentro de la planificación urbana, pero no existe consenso sobre las características de la versión contemporánea de este tipo de instrumentos (Vergara, 2008; Bell, 2005). Aun así, Bell (2005) señala que un Plan Maestro actualmente corresponde a un documento, o una serie de documentos, que explica la propuesta de desarrollo para un área, incorporando una estrategia, los diseños y detalles de la implementación, distanciándose de la idea original de los Planes Maestros más enfocadas al diseño físico. En Chile los planes maestros se están utilizando dentro del ámbito de la planificación estratégica, como un plan de detalle que delimita y planifica un área específica y que *“se compone, básicamente, de una imagen objetivo con la idea del proyecto de ciudad que se quiere lograr, una memoria con una cartera de proyectos, etapas de gestión, estrategias de implementación y posterior seguimiento del plan”* (Pérez, 2014, p.17).

Como se ha señalado, la elaboración de Planes Maestros para las diversas localidades afectadas por el terremoto y tsunami del 2010, ha tenido como propósito entender a escala local la magnitud de los daños ocasionados por el desastre y, por otra parte, responder ante ese escenario con una guía que oriente de manera pertinente e integrada el desarrollo de proyectos y que permita revitalizar el territorio afectado, a partir de la sinergia entre inversión pública y privada (MINVU, 2010).

Según se indica en la descripción del Plan de Reconstrucción, (...) *los Planes Maestros consideran estudios técnicos y propuestas preliminares de obras de mitigación, diseño urbano, infraestructura, vivienda e instancias de participación ciudadana, para aquellas localidades costeras que requieren integración y coordinación de proyectos interministeriales (obras de mitigación, caletas, bordes fluviales y costeros, aguas lluvias, sanitaria, vialidad, parques, equipamiento, etc.) generando un banco de proyectos que permite evaluar y calendarizar las obras de reconstrucción* (MINVU, 2010, p. 78).

En atención a lo anterior, se definen 4 tipologías de Planes, según su propósito, estructura organizativa y emplazamiento donde se establecen:

- PRES (Plan de Reconstrucción Estratégico Sustentable): que emergen desde la iniciativa piloto llevada a cabo en la ciudad Constitución, caracterizada por un fuerte vínculo y participación de actores privados, articulados con el Estado Central y el gobierno local. Se desarrollan en el archipiélago de Juan Fernández, región de Valparaíso, y en diversas localidades de la región del Maule.
- PRBC (Plan de Reconstrucción del Borde Costero): desarrollados en la región del Biobío, tienen un modelo de gestión centralizado, derivado de la planificación a nivel del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, el Gobierno Regional de Biobío y diversos servicios regionales y municipales.
- PRE (Plan de Reconstrucción Estratégico): orientan la reconstrucción en ciudades interiores del valle, en las regiones de O'Higgins y del Maule, que sufrieron daños por el terremoto, especialmente focalizados en zonas relacionadas con centros históricos de valor patrimonial y que presentan una mayor densidad poblacional.

- PRU (Plan de Regeneración Urbana): se desarrollan en localidades pequeñas en las regiones de Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins, Maule y Biobío, fijando planes de acción y proyectos que permitan abordar diversas problemáticas urbanas relacionadas principalmente con déficit en infraestructura urbana, equipamiento y espacio público.

Para efectos de esta investigación, los PRES y PRBC tienen mayor relevancia ya que han tenido una estrecha relación e impacto en las localidades de borde costero afectadas por el tsunami de 2010, proponiendo en su mayoría modificaciones urbanas de gran envergadura y estableciendo obras de mitigación importantes, donde destacan los Parques de Mitigación de Constitución, Pelluhue y Dichato, los dos primeros derivados del desarrollo de PRES, en la región del Maule, y el último vinculado al PRBC en esa localidad de la región del Biobío.

Si bien ambos instrumentos plantean objetivos similares, el PRBC es en realidad un plan de alcance mayor que actúa a nivel intercomunal, articulando diversos centros urbanos. Fue impulsado por la Intendencia de la Región del Biobío⁸⁴ en 18 de las 36 localidades costeras de la región. Por lo anterior, el instrumento es conocido comúnmente como PRBC18, en alusión al número de localidades contempladas (Tabla 6). El Plan de Recuperación del Borde Costero del Biobío (PRBC18) fue una forma de enfrentar tanto las expectativas urbanas y sociales en materia de reconstrucción, como la falta de descentralización y de planificación, formulado para recuperar desde pequeñas localidades hasta ciudades de más de 160.000 mil habitantes como el puerto de Talcahuano, cubriendo una extensión de 250 kilómetros de costa.

Por su parte, el PRES se desarrolla principalmente en la región del Maule, emergiendo como modelo a partir del caso emblemático de la ciudad de Constitución y sumando además posteriormente a las localidades de Duao, Iloca, La Pesca, Pelluhue y Curanipe. Así también,

⁸⁴ La formulación y desarrollo de los PRBC fue coordinada por la oficina del Plan de Reconstrucción Reconstrucción del Borde Costero de la Región del Bío Bío, articulando la participación de diversos estamentos a nivel público y municipal, contemplando también la participación de Universidades regionales y equipos técnicos profesionales. Destaca aquí el rol del arquitecto y urbanista Sergio Baeriswyl, quien tuvo la responsabilidad de coordinar la elaboración de 18 planes maestros para la reconstrucción urbana en la región del Biobío. Su labor lo hizo merecedor, en el año 2014, del Premio Nacional de Urbanismo.

en forma paralela, se diseña el PRES de Juan Fernández, en el archipiélago ubicado frente a las costas de la región de Valparaíso.

Plan	Región	Provincia	Comuna	Localidad	
PRES	Valparaíso	Valparaíso	Juan Fernández	Juan Fernández	
	Maule	Talca	Constitución	Constitución	
		Curicó	Licantén	Duao, Iloca y La Pesca	
		Cauquenes	Pelluhue	Pelluhue-Curanipe	
PRBC 18	Biobío	Ñuble	Cobquecura	Cobquecura	
			Coelemu	Perales	
		Concepción	Tomé	Purema-Cocholgüe	
				Dichato	
				Coliumo	
				Coliumo – Caleta del medio	
				Coliumo – Los Morros	
				Penco	Penco-Lirquén
				Talcahuano	Talcahuano
					Tumbes
				Coronel	Caleta Lo Rojas
					Isla Santa María (Puerto Sur)
		Arauco	Arauco	Tubul	
				Llico	
Lebu	Lebu				
Tirúa	Quidico				
	Tirúa				
Lebu	Isla Mocha				

Tabla 6. PRBC18 y PRES según las localidades donde se desarrollan. Fuente: Elaboración propia en base a Observatorio de la Reconstrucción (2013) y MINVU (2011).

Desde la difusión oficial, los planes maestros fueron presentados como los nuevos instrumentos que permitirían reconstruir integralmente las ciudades y pueblos más afectados por el terremoto y el tsunami del 27F, mediante un enfoque de ciudad y carteras de proyectos multisectoriales. En términos de una reflexión asociada a un enfoque de gobernanza y articulación público-privada, en su desarrollo se pueden identificar al menos 3 modelos de reconstrucción. Según plantea Moris & Walker (2015), para el caso de los PRES se puede utilizar la denominación de “*Modelo de Reconstrucción desde la Iniciativa Privada*”, caracterizado por la cesión de liderazgo por parte del Estado a las organizaciones privadas que ofrecieron su apoyo, principalmente grandes empresas con presencia local, oficinas profesionales y universidades. En Constitución, con el escenario de una ciudad devastada, por primera vez en Chile, el Estado entregaba las atribuciones de planificación urbana a instituciones privadas, bajo la modalidad de un convenio de ejecución. (Moris & Walker, 2015: 105).

El caso de los planes desarrollado en la Región del Biobío puede ser denominado como “*Modelo de Reconstrucción Pública desde el Liderazgo Regional*” (Op. cit), caracterizado por la determinación de la región – a través del liderazgo político y técnico de la Intendencia Regional – de establecer su propia estructura de formulación e implementación de planes sin esperar la definición de lineamientos desde el nivel central.

El tercer modelo, vinculado a los Planes de Regeneración Urbana (PRU) desarrollados por el Gobierno Central en el resto de las comunas y localidades alejadas de la costa, se puede denominar como “*Modelo de Reconstrucción Pública con Obras Detonantes*”. Este modelo, emplazado en centros urbanos que presentaban principalmente daños derivados del terremoto del 27F, se basaba en pequeños planes de inversión que consideraban el compromiso de una obra sectorial, la cual se calificaba como detonante (Moris & Walker, 2015). Posteriormente, y debido a los buenos resultados obtenidos, el modelo PRU se extenderá en años sucesivos a localidades que no se vieron afectadas por el desastre, dando lugar a los Planes Urbanos Estratégicos o PUE, los cuales se expandieron a diversas regiones del país.

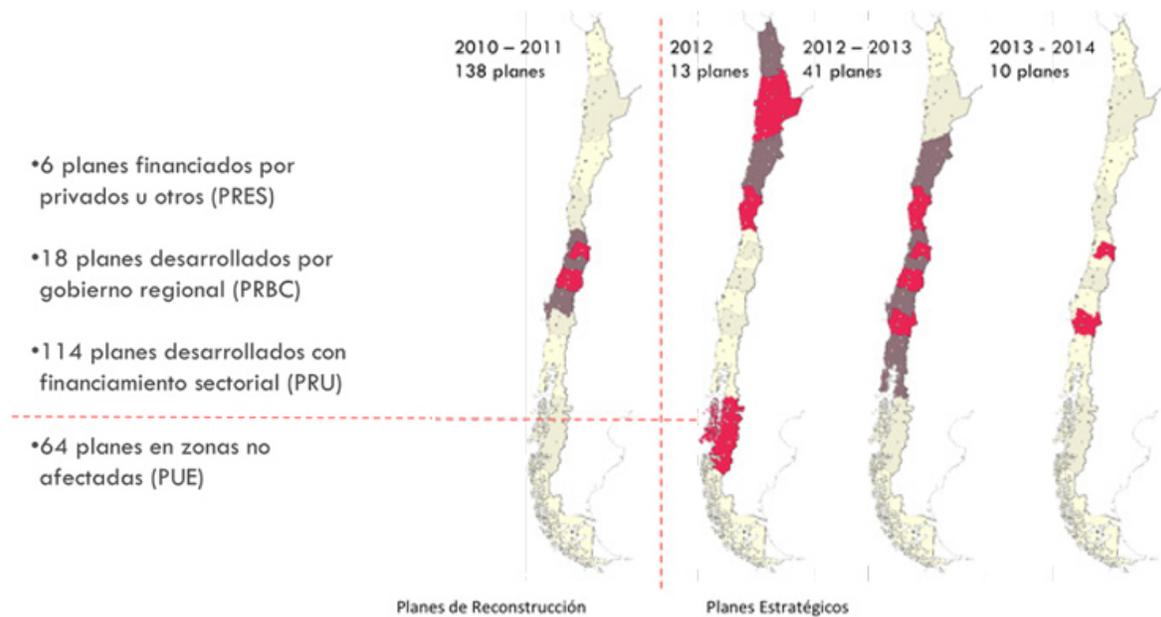


Fig. 44. Tipos de planes de reconstrucción y planes posteriores en zonas no afectadas. Fuente: Moris & Walker (2015) en base a información MINVU (2011)

Sin perjuicio de lo anterior, existe consenso en investigadores y diversos actores del ámbito público y la sociedad civil (GSAPP, 2015, Moris & Walker, 2015; Bresciani 2012, Martínez et al., 2011), que los planes maestros de reconstrucción fomentaron, a través de una gestión integrada, los recursos direccionados a la recuperación de la calidad de vida en las comunidades afectadas por el desastre del 27F. Estos planes estimularon no sólo la reconstrucción de viviendas e infraestructura básica afectada en cada localidad, sino que especialmente promovieron el desarrollo de proyectos que han contribuido a la reducción de riesgo mediante infraestructuras de mitigación, las cuales al constituirse bajo la figura de parques y costaneras, han dotado a estas áreas urbanas de importantes espacios públicos. En efecto, las obras materializadas en el borde costero de localidades como Constitución y Dichato han favorecido en los últimos años el auge del turismo y la inversión privada a nivel local, incrementando el desarrollo económico y social en nuevas áreas productivas⁸⁵.

⁸⁵ Según información consultada en Municipalidad de Tomé y Cámara de Comercio y Turismo de Dichato (<https://www.tome.cl/turismo>)

Si bien se reconocen falencias en la ejecución de estos planes – desde una lógica secuencial, coordinada, socializada y legitimada con diferentes sectores y actores locales (GSAPP, 2015; Delegación Presidencial para la Reconstrucción, 2014) – se puede afirmar que en perspectiva se presentan como un instrumento práctico que han permitido ordenar la inversión destinada a reconstrucción a partir estrategias urbanas innovadoras, y por lo tanto, que han jugado un papel fundamental en el mejoramiento de la infraestructura y el equipamiento destinado a la reducción de riesgos en los territorios afectados por el desastre del 27F. Además, en lo que respecta a sinergias y asociatividades, desde el sector privado y académico se manifestó un importante compromiso de trabajo y apoyo financiero a los proyectos de reconstrucción, que permitieron especialmente el desarrollo acelerado de los mencionados PRES.

Según lo ya señalado, dentro de las limitantes que tienen estos planes en términos de su aplicabilidad como instrumento de planificación, se reconoce el carácter no vinculante que poseen, lo cual deriva en que parte de sus planteamientos quedan entrampados en una fase conceptual difícilmente asimilable a fases posteriores de ejecución⁸⁶. No obstante, entendiendo que se trata de instrumentos indicativos, prospectivos y participativos, sí son capaces de servir como carta de navegación para guiar la actualización de Planes Reguladores y Planes de Inversión en cuanto al desarrollo de proyectos estratégicos. Asimismo, en términos de una reflexión más profunda su desarrollo ha contribuido por un lado a cuestionar las tradicionales prácticas de planificación urbana post desastre, desarrollando enfoques, herramientas y métodos que han permeado durante años posteriores hacia iniciativas en otros territorios.

En tal sentido, la generación de los Planes Maestros y particularmente los PRES, se puede enmarcar dentro de la noción de *planificación estratégica*, dado que en ambos casos se evidencia en primer lugar una intención de pensar la ciudad en un horizonte de largo plazo,

⁸⁶ A la lentitud y requisitos exigidos para postular proyectos a financiamiento público, se suma que los recursos que entregan las empresas a los proyectos es marginal, lo que ha implicado complejidades en la etapa de implementación, la cual ha sido casi exclusivamente financiada por el sector público a través recursos sectoriales y del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR).

formulando estrategias para alcanzar la visión de ciudad consensuada, bajo procesos participativos que agrupan a diversos actores locales (Fernandez, 2006). Ello adquiere sentido al revisar la manera en la cual se desarrollaron las diversas experiencias, considerando que a través de estos planes se buscaba generar una imagen objetivo de ciudad que guiase su transformación y fundamentara la creación de los proyectos que los estructuran. Pensados como una nueva versión de la planificación estratégica, los Planes Maestros pueden ser vistos según Pascual (2007) como *planes estratégicos de segunda generación*, porque no se enfocan principalmente en generar mayor competitividad – como ocurre con los *planes estratégicos de primera generación* – sino en lograr la coordinación entre los actores y sus posturas diversas, cobrando sentido el hecho de que la gobernanza y la planificación estratégica conforman dos caras de una misma moneda (De Mattos, 2004)

Por último, es importante señalar que aun cuando existe coherencia entre los planteamientos de la planificación estratégica y el desarrollo de los Planes Maestros, principalmente en el ámbito de la gobernanza, es posible identificar limitaciones dadas por el quiebre entre las etapas de elaboración e implementación (Vergara, 2018): *si bien la primera se ha caracterizado por generar instancias participativas en búsqueda de una visión a largo plazo, la segunda parece estar marcada por la existencia sólo de proyectos que ejecutar, perdiéndose la vinculación entre los diferentes actores e incluso la visión de ciudad propuesta* (Vergara, 2018: 139). La pérdida del carácter estratégico en la etapa de implementación de los planes, ha hecho que se lleven a ejecución proyectos que, si bien generan cambios dentro de las ciudades, no cumplen cabalmente con las expectativas generadas (Vergara, 2018; GSAPP, 2015; Bresciani, 2012).

Capítulo 4: Estudio de Caso.

El desastre como espacio de oportunidad para repensar las dinámicas de habitabilidad desde el paisaje: los Parques de Mitigación en el contexto de la reconstrucción post tsunami de 2010.

4.1. Parques de Mitigación, pieza emblemática de los Planes Maestros de Reconstrucción post 27F.

El espacio público en la reconstrucción del 27F tiene un rol estratégico, dado que se comprende como el ámbito clave a intervenir para revertir las condiciones de vulnerabilidad, promover la reducción de riesgos de desastre y fomentar la resiliencia urbana, concepto que, si bien se menciona escasamente en el Plan de Reconstrucción, constituye a la vez el propósito que guiará la implementación de los Parques de Mitigación en las localidades de borde costero y afectadas por el tsunami. Debido a la condición de cercanía de los asentamientos urbanos a cuerpos de agua como el mar, esteros, ríos, lagunas y humedales, la planificación y diseño del ámbito de borde – comprendido a la vez como espacio público y ecotono – resulta fundamental en términos de amortiguación ante la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos de tsunami, o también ante eventos más recurrentes, como marejadas, inundaciones y crecidas de cauces.

La noción de Parque de Mitigación, en el marco del proceso de reconstrucción post 27F, surge por primera vez como parte del Plan de Reconstrucción Estratégica Sustentable de Constitución, instrumento conocido como PRES Constitución. El Plan fue formulado y coordinado técnicamente por la oficina Elemental, liderada por el arquitecto chileno Alejandro Aravena, y en su desarrollo participó un consorcio de entidades públicas y privadas, instaurando un modelo de gestión inédito en Chile. En gran medida, como se explica a continuación, los lineamientos de diseño del PRES Constitución determinarán los planteamientos que darán forma luego a los distintos planes maestros de reconstrucción de las localidades del centro-sur del país, graficados en la siguiente figura. La replicabilidad de

esta estrategia, además, se transforma en un proyecto símbolo de la reconstrucción para las comunidades, por dos motivos principales: la gran inversión económica que supone dentro del plan y la relevancia a nivel de espacio público en localidades que históricamente han evidenciado falencias en ese tipo de equipamientos.

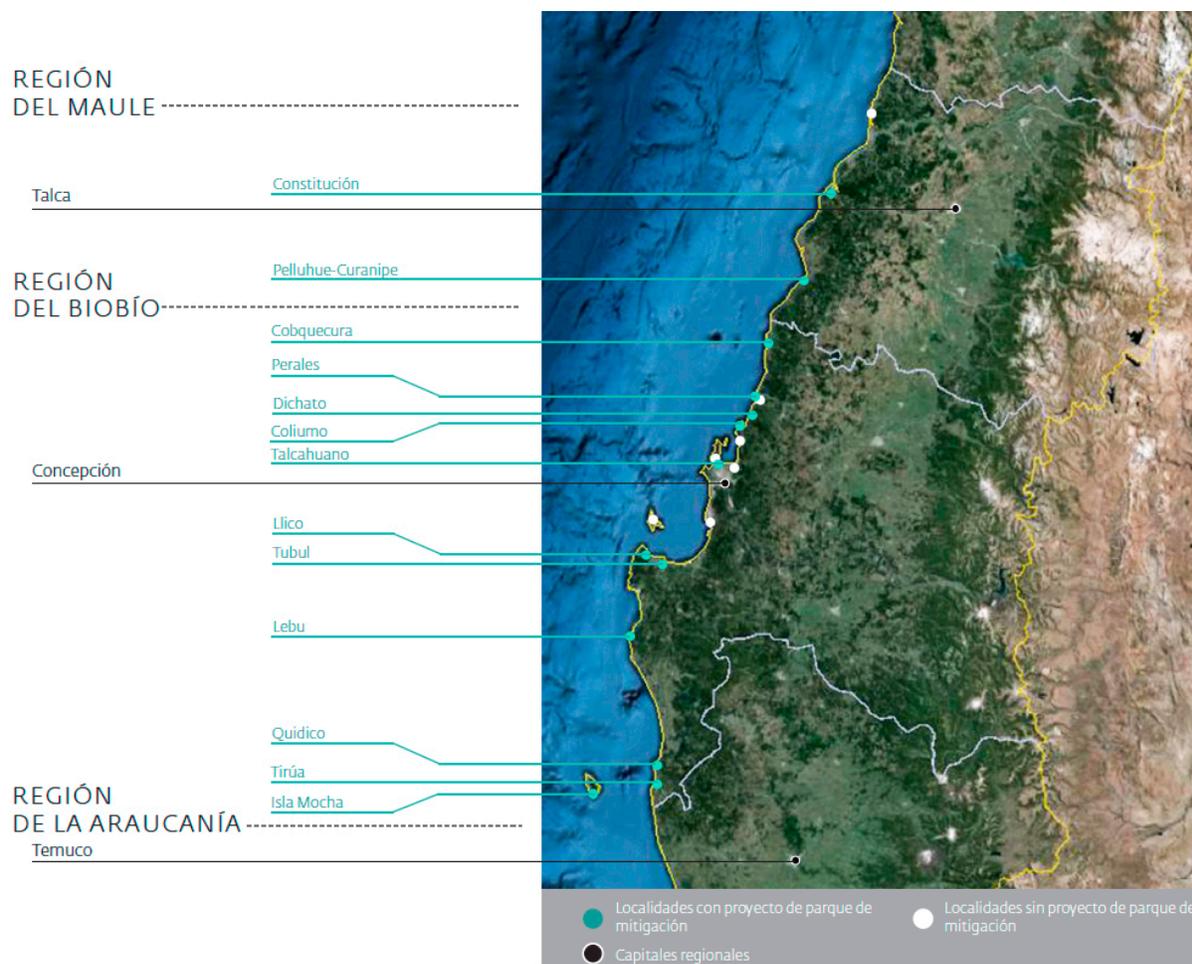


Fig. 45. Mapa de localidades con proyectos de Parque de Mitigación en sus Planes Maestros de Reconstrucción, en las regiones del Maule y Biobío. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes satelitales de Google Earth e información obtenida de MINVU (2011), PRBC18, PRES Constitución y PRES Pelluhue-Curanipe.

4.1.1. Constitución, paisaje de bordes en riesgo.

La ciudad de Constitución se ubica en la zona costera de la comuna del mismo nombre, en la Provincia de Talca, perteneciente a la región del Maule. Fue fundada el 18 de junio de 1794 bajo el nombre de Villa de Nueva Bilbao de Gardoqui (Barra, 1992), en las planicies occidentales de la desembocadura del río Maule, en medio de un sistema de cerros y colinas que la separaban del océano pacífico, como se grafica en la siguiente imagen.

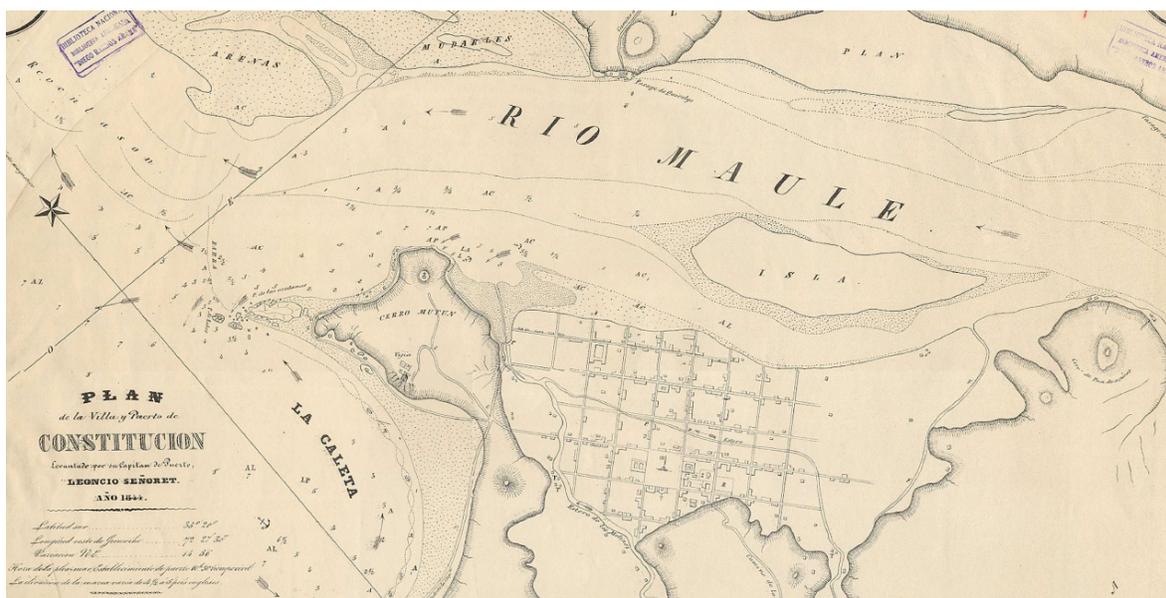


Fig. 46. Plano de Constitución, año 1844. El trazado ortogonal de la ciudad se emplaza en la ribera sur de la desembocadura del río Maule, protegida del océano pacífico (hacia el norte) por el relieve costero. Fuente: Memoria Chilena, Colección Biblioteca Nacional de Chile. www.memoriachilena.cl

En una primera etapa histórica fue identificada principalmente con sus astilleros y la construcción de los famosos *faluchos maulinos*⁸⁷, que aprovechaban la condición navegable del río, para luego ser reconocida también como uno de los balnearios turísticos más

⁸⁷ Embarcaciones elaboradas con la madera de los robles que rodeaban la ciudad, se utilizaban como navíos de carga a lo largo de todo el litoral chileno, y eran de las principales embarcaciones que recorría el interior de la cuenca del río Maule, haciendo posible navegar hasta río arriba por lo ancho de su cauce y su profundidad (Cardenas, 2005).

concurridos de esta región. Se configura así en sus inicios como ciudad portuaria, que se beneficia de su emplazamiento en el estuario del río Maule que desemboca a su costado, generando un paisaje de intercambio natural entre el mar y río, el comercio y su geografía (fig. 94). En una primera instancia caracterizado por la presencia de las embarcaciones a lo largo del interior de la cuenca del río, y posteriormente, por el desarrollo industrial desde mediados del siglo XX con la instalación de la Celulosa Arauco, hasta la actualidad principal fuente de desarrollo económico productivo de la comuna.

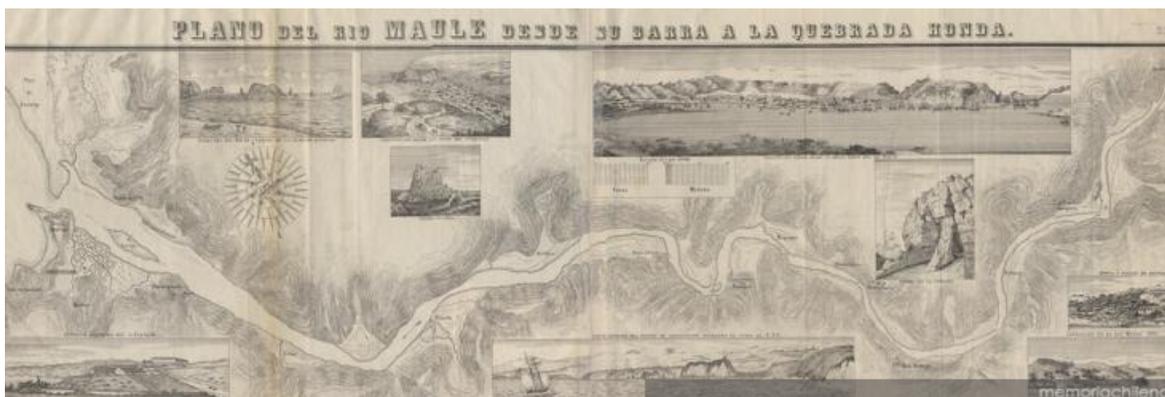


Fig. 47. Plano del Río Maule y la ciudad de Constitución, año 1855. A la izquierda de la imagen, se observa la ciudad de Constitución, previo a la desembocadura del río Maule. Fuente: Memoria Chilena, Colección Biblioteca Nacional de Chile. www.memoriachilena.cl

En el año 1828, a la ciudad se le rebautiza con su nombre actual, Constitución, y en ese mismo año que se le declara como “Puerto Mayor”, dando inicio a la época dorada de la navegación maulina y a una consolidación de la planta urbana (Cortez & Mardones, 2009; Barra, 1992). Sin embargo, este paisaje portuario vio su territorio afectado y sumergido bajo las aguas del tsunami generado por el terremoto del 20 de febrero de 1835, donde se estima que las olas produjeron una inundación por sobre los tres metros en el área urbana. Este evento, conjuntamente con el de 1906, constituyen los dos más extremos y mejores documentados por el SHOA, hasta el del 27 de febrero del 2010 (Belmonte, 2016).



Fig. 48. Imágenes históricas de la ciudad de Constitución. Arriba: fotografía del año 1890, desde el Cerro Mutrún hacia el Este, donde se observa la llegada del asentamiento a la ribera del río Maule (izquierda de la Imagen), con una ocupación caracterizada por usos agrícolas e infraestructuras menores de muelles para las embarcaciones. Abajo: fotografía panorámica del año 1900, en la misma posición desde el cerro. Fuente: Cortez & Valero (2011).

Para finales del siglo XIX, el paisaje de un río Maule navegable se iba desvaneciendo, hecho que se ve manifestado cuando en el año 1883 el gobierno le quita la calidad de “Puerto Mayor” a la ciudad (Cortez & Mardones, 2009; Barra, 1992), argumentado por razones técnicas relacionadas con la acumulación de sedimentos de arena que el mismo río acarrea hacia la desembocadura, fenómeno conocido como *embancamiento*⁸⁸. No obstante, Constitución ya presentaba una importante expansión en su trama urbana, con la instalación de bodegas, astilleros y viviendas populares en la zona ribereña del río. Ya para comienzos de siglo XX, las mismas condiciones geográficas dadas por el continuo embancamiento de la desembocadura imposibilitaban el ingreso y salida de las embarcaciones, dando como resultado que grandes compañías de navegación fluvial suspendieran sus servicios (Barra, 1992).

Paralelamente al ocaso de la actividad portuaria en la ciudad, surge el apogeo de balneario como atractivo turístico, potenciado fuertemente por la llegada del Ramal de ferrocarril desde la ciudad de Talca en 1915. El lugar conocido como La Caleta, que anteriormente albergó parte de la infraestructura portuaria, constituyó uno de los principales destinos para los visitantes que provenían del interior de la región y de ciudades cercanas.

En la década de 1960, la instalación de la Planta de Celulosa en la zona de La Caleta, genera consigo un posterior desplazamiento de las élites y ocupación de grupos de menores ingresos, quienes vieron en el borde río-mar un sitio no sólo para la residencia, sino también para el trabajo. Ya para la década de los ochenta comienzan a evidenciarse los primeros procesos de movilidad residencial hacia el sur poniente de la ciudad, originando suburbios de clase media, finalizando con la consagración de la expansión urbana y residencial en torno a los cerros en los años noventa, específicamente con vivienda social.

⁸⁸ El embancamiento refiere a un fenómeno habitual de acumulación de depósitos sedimentarios que arrastran las corrientes de agua en determinados tramos de los ríos y esteros, generalmente en su desembocadura.

El área urbana de Constitución se caracteriza por su emplazamiento de borde tanto hacia el océano Pacífico, como hacia el estuario de la desembocadura del río Maule, que conforma el sistema hidrológico más importante de la región. Hacia el borde costero, se desarrolla una planicie litoral enmarcada por formaciones de relieve singulares que la separan del casco urbano de la ciudad, las que definen un paisaje característico de esta localidad. En este borde se localizan las principales instalaciones industriales de la empresa Celulosa Arauco, además de diversos equipamientos e infraestructura turística. No obstante, la condición de borde urbano se genera principalmente hacia la ribera del río Maule, hacia el nor-este, compartiendo una extensión de 3 kilómetros aproximadamente entre el cerro Mutrún y el puente del río Maule.

La ciudad justamente se desarrolla sobre la terraza fluvial del río, mediante una estructura de retícula ortogonal de damero, desde el margen ribereño hasta la base del sistema de cerros y colinas que se ubican hacia el oeste. Si bien, como se observa en las imágenes históricas, en una primera etapa de crecimiento la ciudad mantuvo una franja de separación respecto al río y se concentró en torno a la Plaza Central ubicada a más de 500 metros del borde fluvial, poco a poco los espacios de ribera fueron utilizados como suelo urbano, localizándose en ellos diversas infraestructuras de astilleros, muelles y bodegas de embarcaciones, para luego dar paso a la ocupación regular e irregular de viviendas.

Esta condición de exposición hacia dos importantes frentes – el marítimo y el fluvial – significó para el 2010 un escenario base propicio para el desastre, agudizado por una inexistente planificación de riesgo en las zonas más expuestas y por la ocupación sistemática de viviendas, equipamiento turístico e infraestructura urbana en las planicies litorales y terrazas fluviales inundadas con el ingreso del tsunami. A ello se sumó también la falta de mecanismos de alerta y el aumento de la población en periodo estival producto del turismo en esta ciudad balneario, que justamente se concentraba en los sectores cercanos al borde costero y al río. Si bien el sistema de cerros que separa a la ciudad del mar, entre los cuales destaca el cerro Mutrún, contribuyó a protegerla del embate directo de las olas, el estuario del río sirvió como puerta de entrada para el tsunami, que al ingresar por el espacio del cauce

aumentó su altura y velocidad. La isla Orrego, que albergaba una de las principales zonas de camping de la ciudad, fue junto al borde costero el primer sector en recibir el tsunami.



Fig. 49. Vista aérea de Constitución post 27F, 2010. En la imagen tomada hacia el nor-oeste se observa el plano de ciudad parcialmente destruido por el ingreso del tsunami a través de la desembocadura del río Maule, el cual previamente arrasó con la infraestructura turística de Isla Orrego, que aparece a la derecha de la imagen. Parte de los habitantes ubicados en la zona afectada lograron resguardarse en el cerro Mutrún, que se observa en la parte superior, al centro de la fotografía. Fuente: PRES (2011).

Como se ha señalado, Constitución fue una de las localidades más devastadas por el tsunami de febrero de 2010: con más del 50% de su superficie urbana destruida, sobre 8.000 damnificados – en una población aproximada de 46.000 habitantes en el año 2010 – y con el mayor número de víctimas fatales del 27F, contabilizando 55 personas fallecidas y una decena desaparecidos (GSAPP, 2015; Fiscalía, 2011). Asimismo, las instalaciones industriales de Celulosa – principal motor económico de la comuna – y casi la totalidad de la infraestructura y equipamiento turístico fueron destruidas.

Tabla 1.
Datos generales de
Constitución.

Región	Del Maule
Comuna	Constitución
Superficie	1.343,6 km ² (según informe MINVU Reconstruye Unido 2011, 7.120 km ²)
Nº de habitantes	46.081 habitantes, de los cuales 37.202 eran urbanos y 8.879 rurales (Censo 2002), según MINVU 2011 son 51.409
Nº de viviendas	10.103 (MINVU 2011)



Figura 1.
Cuantificación del impacto
27F en la zona urbana de
Constitución.

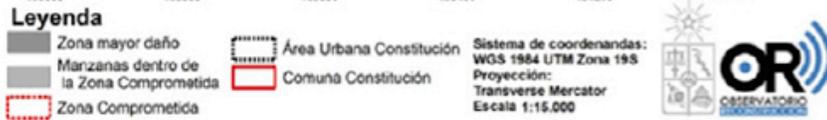


Tabla 2.
Impacto 27F en
Constitución

Nº habitantes damnificados	8.236 (MINVU 2011)
Nº viviendas dañadas	2.989 (MINVU 2011)
Superficie afectada	2.431 km ² (MINVU 2011)
Nº de habitantes	46.081 habitantes, de los cuales 37.202 eran urbanos y 8.879 rurales (Censo 2002), según MINVU 2011 son 51.409
Principales daños	En términos materiales se reportan daños principalmente en las manzanas inundadas del caso histórico de la ciudad; cerca del 50% de las viviendas de esta zona se vieron afectadas.

Fig. 50. Infografía correspondiente a la síntesis de datos relacionados con el impacto del terremoto y tsunami del 27F en la Ciudad de Constitución. Fuente: GSAPP, 2015.

Según se observa en la siguiente figura, la condición geográfica del estuario contribuyó a mitigar parcialmente el ingreso de las olas a la ciudad, disminuyendo en parte su altura, que en territorios más expuestos de la costa norte superaron los 11 metros. La acción de amortiguación fue ejercida principalmente por el cerro Mutrún y por la isla Orrego. No obstante, la batimetría de la desembocadura – caracterizada por el embancamiento que se

expresa en las curvas de nivel de la imagen – produjo un alzamiento del nivel de las olas al interior del estuario, que finalmente derivó en la inundación del sector sur de la ciudad.

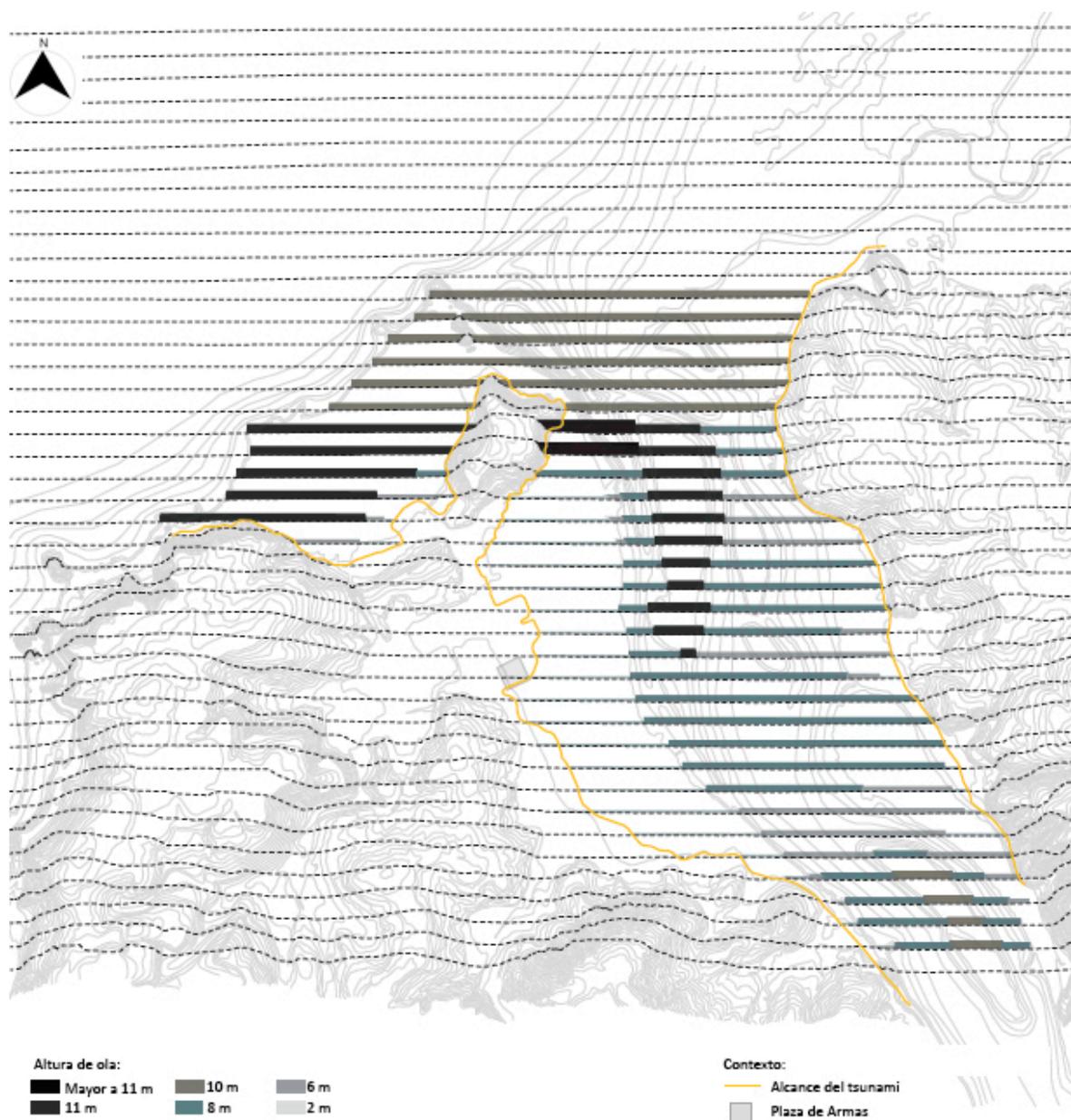


Fig. 51. Diagrama de alturas de olas en tsunami de 2010, en zona costera y estuario del río Maule. En la imagen se observa una serie de perfiles cada 100 metros de distancia, utilizados para representar el comportamiento del tsunami a partir de las condiciones de la topografía y batimetría del estuario. En escala de grises se indican las diferentes alturas del tren de olas. Fuente: Belmonte (2016), en base a información generada por medio de informes de informes del SHOA (2011), PRES (2011) y Lagos (2010).

4.1.2. Plan de Reconstrucción de Constitución. Hacia un modelo de planificación de infraestructura verde multipropósito.

El PRES de Constitución surge con la finalidad de orientar la toma de decisiones respecto a los diversos desafíos de reconstrucción que debía enfrentar uno de los centros urbanos más afectados por el tsunami de Febrero de 2010. Tal como señala MINVU (2011), los principales objetivos del plan se vinculaban con asignar los subsidios de reconstrucción y reparación de viviendas; priorizar obras y proyectos de reconstrucción de infraestructura; establecer criterios de inversión a largo plazo y de planificación urbana; incentivar el desarrollo económico, social y ambiental e incorporar instancias de participación ciudadana para consensuar y legitimar la toma de decisiones⁸⁹.

Esta iniciativa nace a partir de un convenio de cooperación firmado por diferentes entidades participantes del ámbito público y privado, dirigido originalmente a desarrollar una cartera de proyectos para guiar la reconstrucción de la ciudad en un horizonte temporal de ocho años. No obstante, dado que el PRES se inserta en un contexto comunal donde el principal instrumento de planificación territorial, como es el Plan Regulador Comunal, databa del año 1987, debió contemplar adicionalmente una serie de estudios técnicos asociados principalmente a determinar zonas de riesgo y a modelar escenarios de inundabilidad para estimar los efectos del tsunami en los nuevos proyectos propuestos.

⁸⁹ La metodología de participación ciudadana utilizada se enmarca en la metodología de *gestión de controversias*, que utiliza ciertos instrumentos creados para abordar las controversias detectadas entre diversos actores sociales que comparten un determinado territorio (Tironi, 2011). En este marco, se identificaron tres instrumentos claves del proceso participativo: la Casa Abierta, los Foros Híbridos y la Consulta Ciudadana. Como señala Tironi (2015), *la Casa Abierta no fue un laboratorio clausurado ni un centro comunitario más: fue un híbrido, un espacio cruzado, un lugar donde interactuaba, colaboraban y conversaban –o sea donde se hacía política- expertos y legos, diseñadores y usuarios, representantes y representados* (Tironi, 2015 en Vergara, 2018). En las Casas Abiertas tuvieron lugar los Foros Híbridos, instrumento central de la metodología, que se definen como (...) *espacios de deliberación formal, y de preferencia institucionalizados, creados a partir de un desborde y/o una controversia sociotécnica, donde participan en pie de igualdad y con reglas del juego acordadas y conocidas por todos, especialistas y no especialistas, representantes y comunidades, autoridades y grupos de interés, con un especial protagonismo de los grupos directamente concernidos por el desborde y/o por la salida que se dé a la controversia en cuestión* (Tironi, E., 2011 p.141).

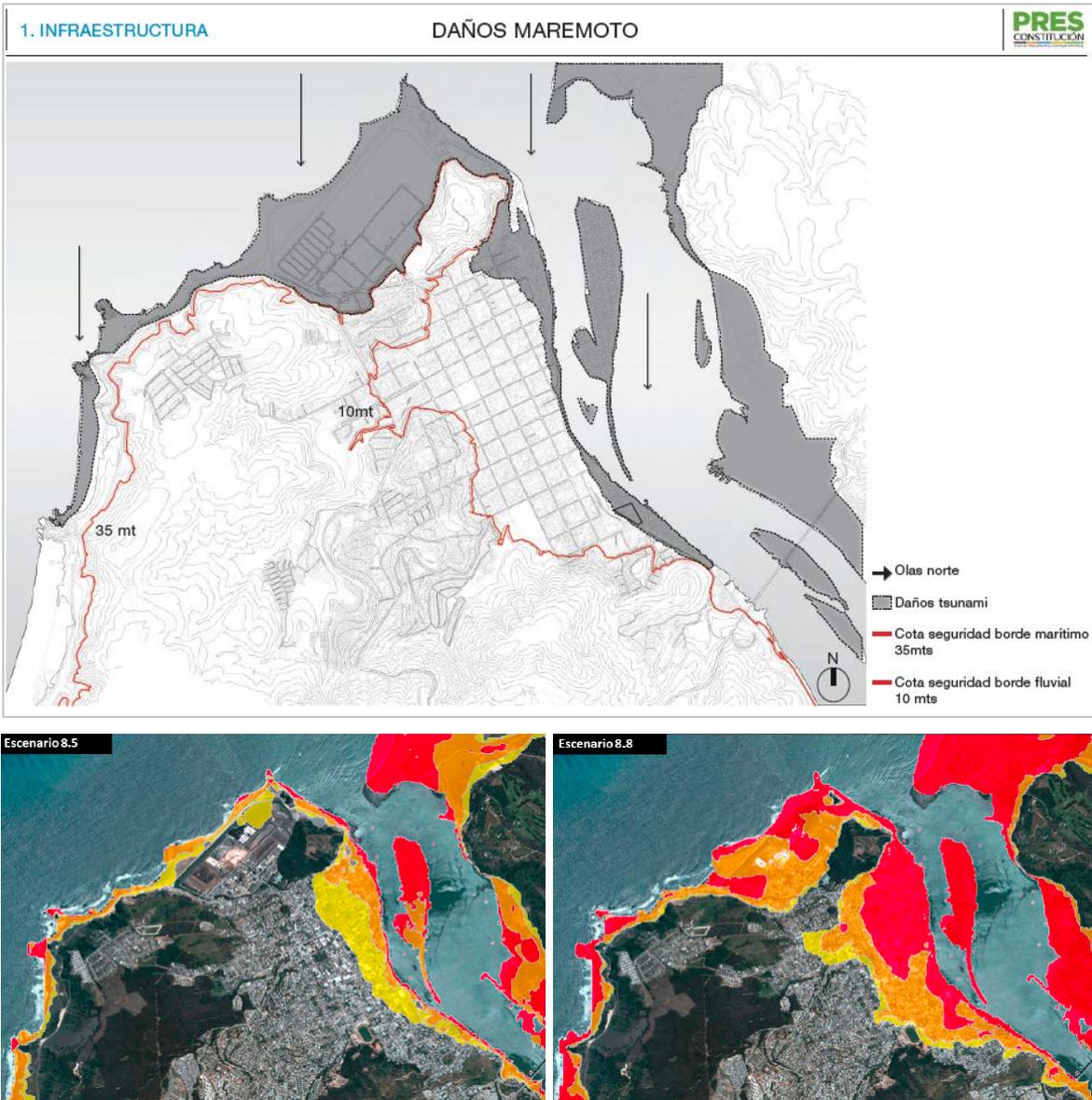


Fig. 52. Esquema síntesis de las zonas de riesgo de Constitución, determinadas por el estudio de riesgos y modelación de tsunami desarrollado de manera paralela al PRES, por el geógrafo Marcelo Lagos. En la imagen superior, se observa en gris las áreas severamente dañadas por el ingreso del tsunami y, en línea roja, se indica las cotas de seguridad ante eventos similares en el borde fluvial (10 metros) y hacia el frente marítimo (35 metros). Llama la atención, en tal sentido, que prácticamente toda la ciudad se encuentra bajo esa cota. En las imágenes de abajo, se observa la modelación de los efectos de tsunami, con escenario de un evento de terremoto tsunamigénico grado 8.5 (izquierda) y grado 8.8. (derecha). Fuente: PRES (2011) y Lagos (2010).

En el convenio se establece la participación de los privados Celulosa Arauco⁹⁰, las consultoras Tironi & Asociados⁹¹, Elemental⁹², ARUP, Fundación Chile⁹³ y Universidad de Talca. Mientras tanto, desde el ámbito público y actuando como contraparte gubernamental se contempló la participación de la Municipalidad de Constitución, la Intendencia Regional y la Secretaría Regional del MINVU de la Región del Maule (GSAPP, 2015). De acuerdo al Observatorio de la Reconstrucción (2013), la lógica de estas intervenciones urbanas fue fomentar la inversión de actores privados en la zona, con objeto de dinamizar el proceso de reconstrucción; es por ello, que particularmente en el caso de la región del Maule asume una activa participación el grupo Celulosa Arauco, la que desde la década del 60 y 90 contaba con instalaciones en las comunas maulinas de Constitución y Licantén respectivamente.

Como se ha señalado, esta iniciativa inédita en la historia de la planificación urbana en Chile marca el inicio de una nueva forma de gobernanza que luego se replicará en la zona urbana del archipiélago de Juan Fernández y en diversas localidades de la región del Maule. El paso de la planificación urbana tradicional al modelo de *governance* (De Mattos, 2004), se caracteriza por la incorporación de nuevos actores en la toma de decisiones dentro de ámbitos que antes se restringían al sector público, en pos de objetivos propios que se discuten dentro

⁹⁰ Arauco es una empresa forestal dedicada a la producción Forestal y de Celulosa. Su presencia en la ciudad data desde la década de 1960, con la instalación de la Planta industrial en la zona costera de La Caleta. Durante la reconstrucción el rol de Arauco se concentran en promover y financiar el diseño del Plan de Reconstrucción Sustentable PRES, subcontratando a urbano Elemental, ARUP y Tironi & Asociados.

⁹¹ Tironi & Asociados S.A. es una consultora estratégica en comunicación corporativa, que desarrolla su trabajo en torno a las relaciones de las empresas con las comunidades y la gestión de controversias. Fue la entidad encargada del proceso de participación ciudadana del PRES.

⁹² Elemental S.A. reúne a un grupo de profesionales liderados por el arquitecto Alejandro Aravena, que se ha focalizado en la última década en el diseño de soluciones de arquitectura para políticas públicas en materia de vivienda social, equipamiento público y reconstrucción de territorios afectados por desastres. En el proceso de reconstrucción de la localidad de Constitución, Elemental tuvo a su cargo la formulación, diseño y coordinación técnica del Plan Maestro y la cartera de proyectos. Por su parte ARUP, firma multinacional de ingeniería y diseño urbano con base en Londres, de la cual participa el arquitecto chileno Alejandro Gutierrez, se constituyó como ente asesor del PRES, apoyando la labor de Elemental.

⁹³ Organización privada, sin fines de lucro, cuyos socios son el Gobierno de Chile y BHP-Billiton-Minera Escondida.

de espacios compartidos (De Mattos, 2004, en Vergara, 2018). En el caso de Constitución, la inclusión de Arauco – principal empresa de la comuna – y de la sociedad civil en los procesos de planificación post-desastre fue promovida por el propio Estado a través del Plan de Reconstrucción, institucionalizando de esta manera la gobernanza público-privada.

El conjunto de decisiones tomadas en el PRES, asociadas al proceso de planificación territorial post desastre en Constitución, se organiza a través de una matriz de 5 ejes estratégicos que busca abordar de forma integral todos los aspectos relevantes para la reconstrucción de la ciudad (PRES, 2011), las cuales son conformadas por una serie de planes específicos y proyectos que buscan darle una estructura tangible. Estas categorías, como se grafica en la siguiente figura, son: Infraestructura, Espacio Público y Equipamiento, Vivienda, Diversificación Económica y Energía.

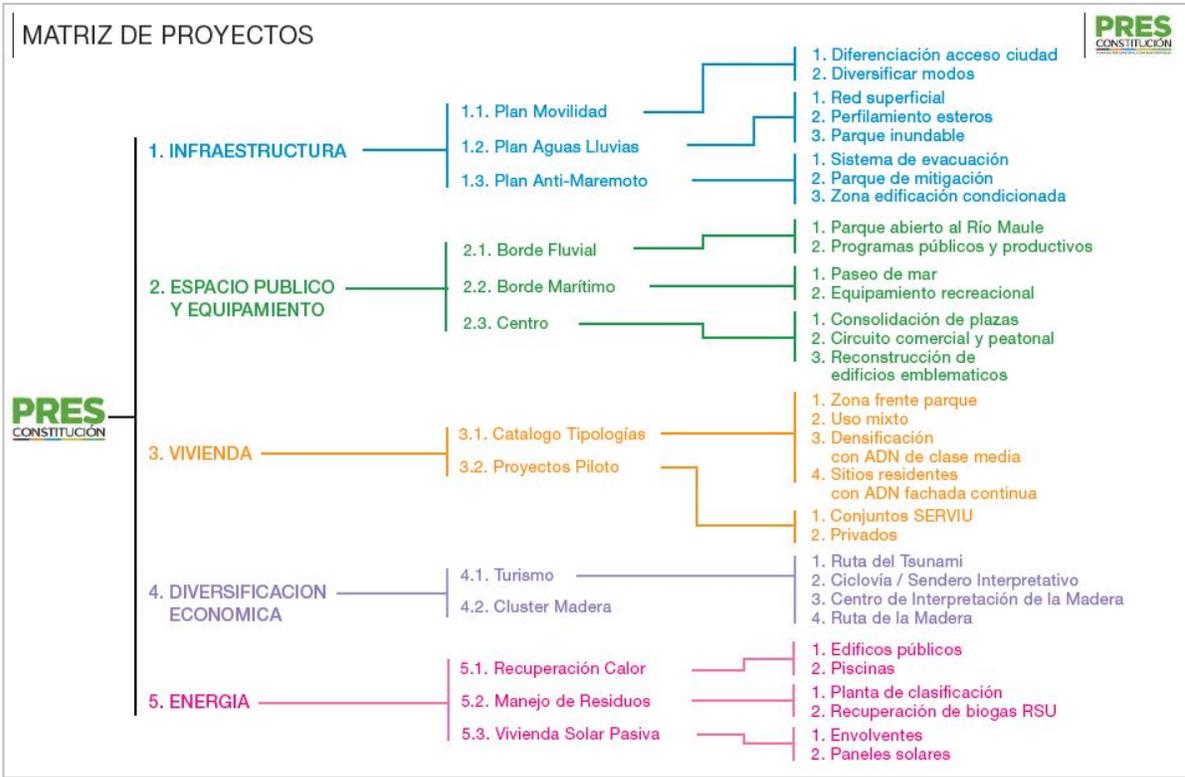


Fig. 53. Matriz de 5 ejes estratégicos definidos por el PRES Constitución y su respectiva cartera de proyectos. Fuente: PRES (2011)

Adicionalmente, según se observa en la siguiente figura, el plan requirió también una redefinición de las articulaciones intersectoriales – relacionadas con las competencias técnicas de cada ministerio y servicio público involucrado – para organizarlas de acuerdo a los 5 ejes de planificación señalados, que a su vez ordenarán el diseño y ejecución de la cartera de proyectos.

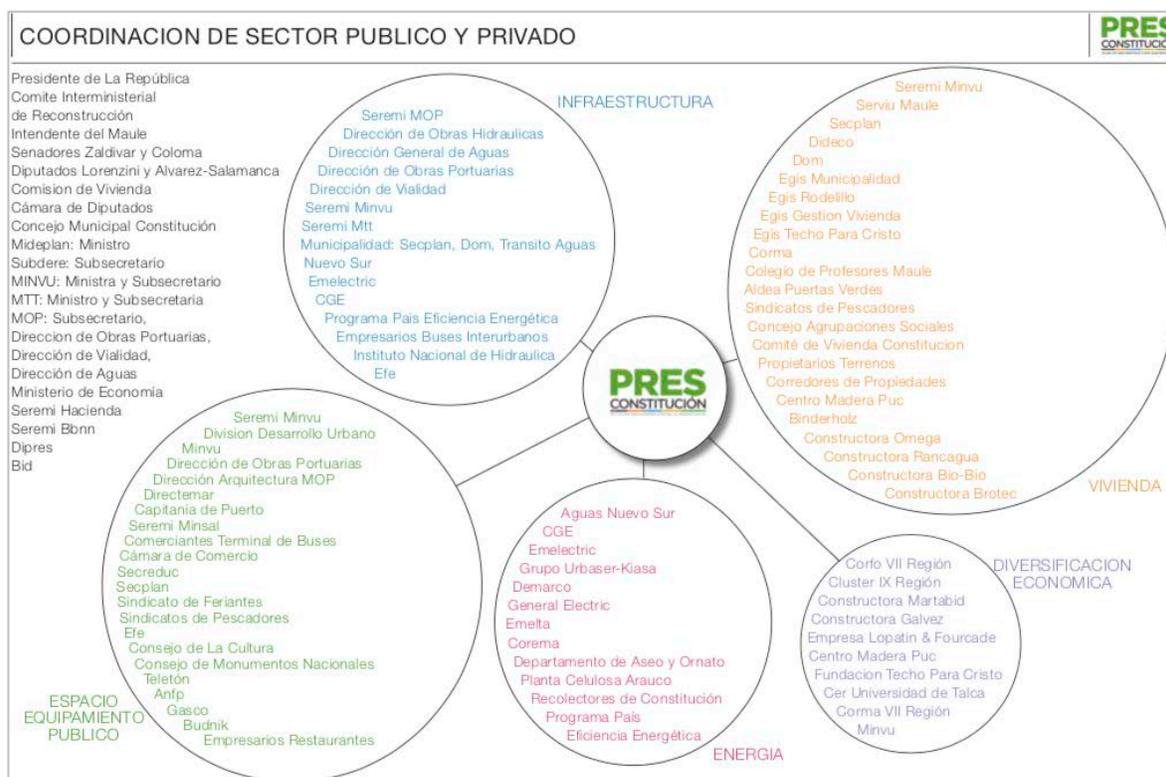


Fig. 54. Esquema de organización de actores públicos y privados comprometidos en cada uno de los 5 ejes del PRES Constitución. Fuente: PRES (2011)

Si bien la matriz de proyectos expone secuencialmente las diversas iniciativas contempladas en el plan, un aspecto relevante que se observa a continuación es la articulación sinérgica de diversas categorías de proyectos de infraestructura y espacio público, que finalmente logran evidenciar un primer componente de innovación determinado por el enfoque multipropósito⁹⁴

⁹⁴ En los antecedentes del PRES no existen referencias explícitas a estudios de casos o experiencias relacionadas con el concepto de infraestructura multipropósito, así como tampoco a la noción de infraestructura verde urbana. Ello puede atribuirse a que ambos conceptos, como se señala en el

en la planificación y diseño de infraestructura urbana plasmado en Constitución. En lugar de avanzar sectorialmente en el desarrollo de proyectos – como era usualmente la práctica esperable a nivel de las distintas ingenierías del territorio – la matriz de proyectos del PRES establece una reflexión transformadora, al plantear la simultaneidad y convergencia de las iniciativas.

Por su parte, los proyectos que componen la matriz apuntan a recuperar el reconocimiento del río Maule como elemento estructurador de la ciudad, hacerse cargo del riesgo de tsunamis e inundaciones periódicas, mejorar los espacios públicos, lograr una diversificación económica potenciando el turismo y la producción maderera⁹⁵ y, avanzar en la línea de la sustentabilidad a través de la incorporación de energías renovables y la gestión de residuos.

Como se observa en la figura 102, el ensamblaje espacial que asocia los planes de movilidad, gestión hídrica (aguas lluvias) y mitigación de tsunamis (plan antimaremoto) configuran una superestructura a escala urbana, la cual a su vez integra – en un segundo componente de innovación – la noción de infraestructura verde para atender los requerimientos de drenaje urbano, reducción de riesgo y conectividad. El resultado de esta combinación define una pieza conformada por un gran corredor verde que se plantea en la franja de borde, empezando en la costa y continuando hacia la ribera del Maule, desde el cual se proyectan corredores transversales que conectan espacial y funcionalmente las zonas altas y las áreas del plano urbano.

segundo capítulo de esta investigación, estaban empezando a integrarse en la discusión académica del campo de la planificación territorial a nivel internacional. No obstante, ya para el año 2016, el PRES se incluye como ejemplo destacado de *Landscape as Urbanism in the Americas* (<http://landscapeasurbanismamericas.net>), iniciativa promovida por la Universidad de Harvard GSD, en el marco de la publicación *Landscape as Urbanism: A General Theory* del autor Charles Waldheim.

⁹⁵ En la definición de la matriz de proyectos se evidencia la influencia ejercida por la empresa Arauco para considerar iniciativas orientadas a potenciar a Constitución como *ciudad maderera*. Destaca en este sentido, dentro del eje de diversificación económica, la propuesta de generar un *cluster de la madera* y también la incorporación de la madera en la construcción de equipamiento público.

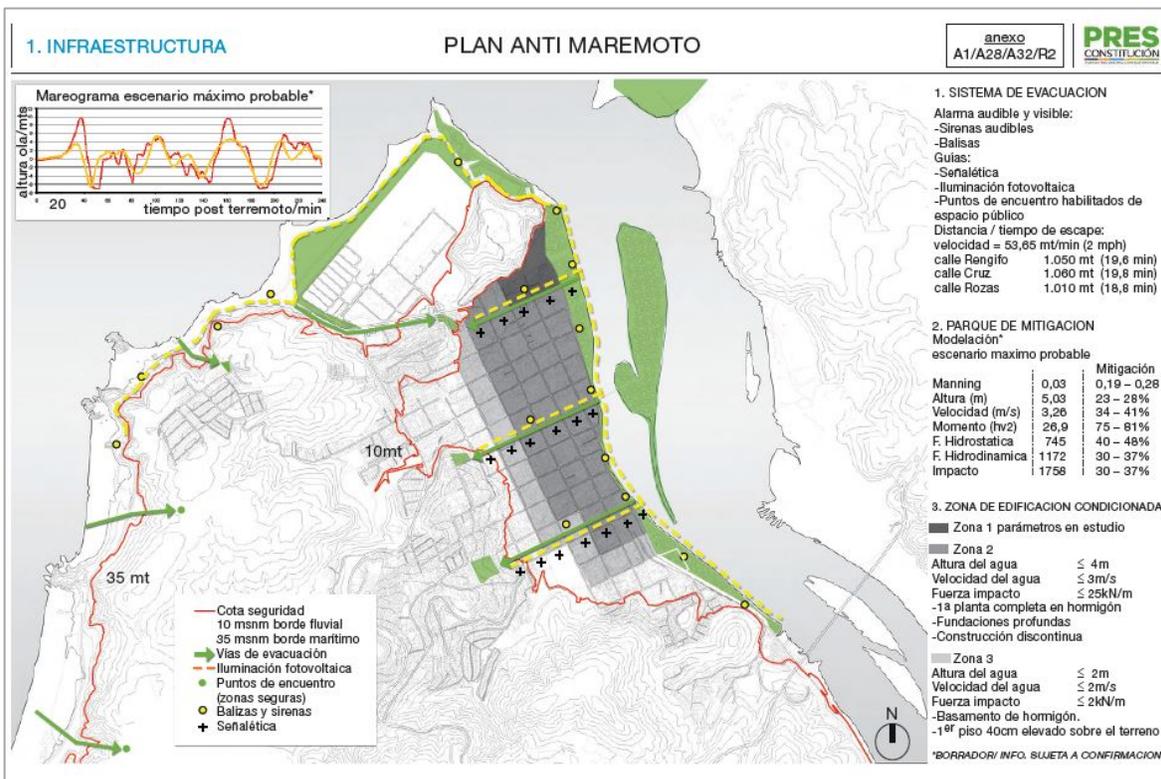
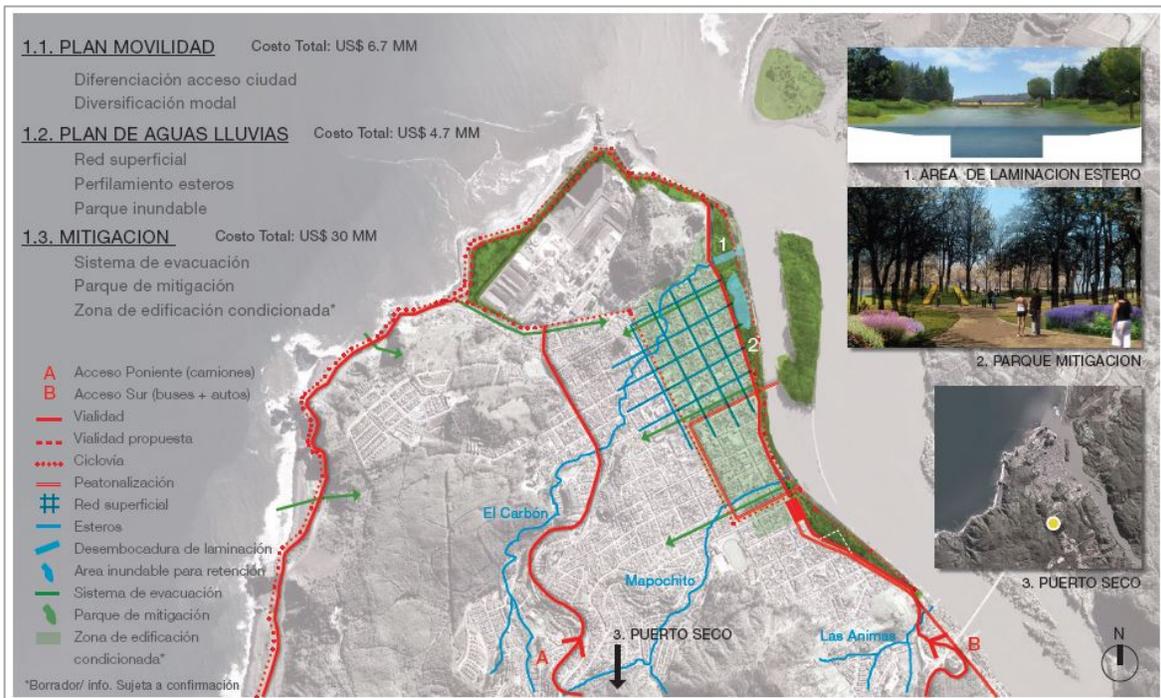


Fig. 55. PRES Constitución, Plan de Infraestructura Urbana. En los planos se observa la integración de los planes sectoriales de movilidad, gestión hídrica y mitigación de tsunamis, en un sistema articulado de infraestructura verde a escala urbana que posiciona al río Maule y sus espacios de ribera como elemento estructurador de la ciudad. Fuente: PRES (2011)

De esta manera, aun cuando no es explícitamente mencionado, el enfoque de infraestructura verde multipropósito en el PRES de Constitución se evidencia en la gestión integrada de estas carteras de proyectos, destacando al menos tres aspectos:

- En primer lugar, reconoce espacios de oportunidad en la existencia de estructuras espaciales y funcionales que articulan una matriz de paisaje a escala territorial, activando unidades de paisaje remanentes en el borde costero y en torno a la ribera sur del río, algunas de ellas derivadas de la destrucción producida por el desastre y otras históricamente subutilizadas (fig. 103).
- En segundo lugar, mediante la planificación y diseño integrado de las infraestructuras de drenaje urbano, movilidad y mitigación de tsunamis, se busca a amplificar y diversificar la prestación de servicios ecosistémicos que cada uno de estos componentes genera, concibiéndolos como parte de un sistema de espacios abiertos de uso público, que optimiza la rentabilidad de esa infraestructura.
- En tercer lugar, como se verá en detalle más adelante, otorga prioridad a soluciones basadas en la integración de componentes paisajísticos asociados a sistemas de vegetación pre-existentes y emergentes, combinados con operaciones de manejo topográfico y con soluciones de ingeniería convencional, promoviendo de esta forma la integración de patrones y procesos híbridos orientados a conformar una infraestructura compleja para la mitigación de impactos de desastres.

En términos de diseño, el plan establece por un lado la integración espacial de las redes de drenaje urbano, movilidad y espacio público, mediante el reconocimiento de corredores proyectados desde las zonas altas (al oeste) y las zonas bajas hacia el río (este), jerarquizando determinados ejes del trazado urbano que al mismo tiempo sirven para conducir las escorrentías y demarcar las vías de evacuación en caso de tsunami. En la llegada al borde fluvial, estas escorrentías son laminadas mediante lagunas inundables, concebidas como parte del espacio público.



Fig. 56. PRES Constitución, Imagen objetivo del sistema de mitigación de inundación por tsunami, en el borde costero y fluvial. Arriba: se observa la vista aérea de la ciudad después del impacto del tsunami, evidenciando un alto grado de exposición de la zona industrial – en el borde costero hacia el costado derecho de la imagen – y de la zona urbana adyacente a la ribera del río Maule. Al Centro y Abajo: se grafica el alcance del sistema de mitigación, conformado de manera continua por un parque costero que enfrenta al océano Pacífico y protege la zona industrial, seguido de un parque fluvial en la ribera sur, que protege la zona urbana central de Constitución. Fuente: PRES (2011).

Por otro lado, en relación a las estrategias de reducción de riesgo hacia el borde fluvial, el plan establece una franja de amortiguación que denomina *Parque de Mitigación*, articulando desde un punto de vista conceptual y operativo la dimensión de infraestructura de protección con la dimensión de espacio público. Este parque – que desde un punto de vista espacial y funcional puede comprenderse como un corredor verde que conecta longitudinalmente las áreas del borde costero del norte del territorio, con las zonas ribereñas del río Maule hacia el sur – reivindica también la condición de reclamación de este espacio abierto, históricamente significativo para una cultura ligada al paisaje del agua de este estuario.



Fig. 57. PRES Constitución, Plan de espacios públicos y equipamiento en el borde fluvial. En la imagen se observa el área destinada al parque de mitigación, cubriendo una longitud aproximada de 3 kilómetros a lo largo de la ribera sur del río Maule, incluyendo además la isla Orrego como parte del sistema de mitigación y espacio público. y los diversos programas que integra. Fuente: PRES (2011)

A nivel de ejecución, cabe señalar que la cartera del PRES ha sido parcialmente implementada hasta la fecha, con una estimación de avance del 70% respecto del total⁹⁶, destinándose recursos para aquellas iniciativas emblemáticas que fueron priorizadas en la mesa técnica conformada por MINVU, el Gobierno Regional, la Municipalidad, Arauco y Elemental.⁹⁷ Entre las obras construidas que formaron parte de la cartera de proyectos original de los ejes integrados de Infraestructura, Espacio Público y Equipamiento, desde su formulación hasta el año 2019, cabe destacar: el Plan Maestro de Aguas Lluvias, con una implementación parcial⁹⁸ del total contemplado en sus inicios; los zócalos turísticos y la costanera Paseo del Mar (en el borde costero); el complejo deportivo Estadio Mutrún; las obras de mitigación en costanera Echeverría (a lo largo del borde fluvial); el mejoramiento de espacios públicos en torno a la plaza Señoret y; la primera etapa del Parque de Mitigación, denominado en la actualidad *Parque Fluvial de Constitución*. Junto a la materialización de estos proyectos, sobresale también la ejecución de diversos conjuntos de vivienda, establecimientos educacionales, infraestructura y equipamientos para pescadores, entre otros.

NOMBRE PROYECTO	MONTO PROYECTO (CLP)	MONTO PROYECTO (USD) APROX.
Construcción Parque Borde Fluvial - Diseño	243.913.000	360.000
Construcción Parque Borde Fluvial - Ejecución	8.151.180.000	11.987.000
Mejoramiento Avenida Costanera del Mar, Constitución	121.000.000	177.940
Mejoramiento Plaza Señoret de Constitución	S/I	S/I
Reposición Calle Echeverría, Constitución	578.014.000	850.000
Conservación de Vías Urbanas, Avenida Mac-Iver, Constitución	48.567.000	71.422
Conservación Vías Urbanas Post Sismo Etapa II, Comuna Constitución	71.624	71.624
TOTAL	9.142.745.624	13.517.986

Tabla 7. Costos de los proyectos del PRES. ya ejecutados. Fuente: GSAPP (2015).

⁹⁶ Según información consultada en entrevista a funcionario de la Secretaría Regional de MINVU y en sitio web de Celulosa Arauco (<https://www.arauco.cl/chile/sostenibilidad/press-constitucion-2/>)

⁹⁷ Según datos aportados por entrevistas realizadas a funcionario de la Secretaría Regional de MINVU y a profesional de Elemental que participó en el desarrollo del PRES.

⁹⁸ Las obras ya ejecutadas corresponden al perfilamiento y mejoramiento del cauce del Estero El Carbón y el sistema de laminación en la zona de su desembocadura.

Las fuentes de financiamiento para el desarrollo de los proyectos ejecutivos y la construcción de las obras contemplaron, entre otros, recursos del Fondo Nacional de Reconstrucción, del Gobierno Regional del Maule a través del Fondo Nacional de Desarrollo Regional, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, del Servicio de Vivienda y Urbanismo de la región del Maule, de la Municipalidad de Constitución y, en menor medida, de empresas privadas a través de donaciones.



Fig. 58. Estimación de costos de implementación de la cartera de proyectos del PRES. Fuente: PRES (2011).

4.2. Parque de Mitigación. Estrategia para la reducción de riesgos y la reclamación del paisaje fluvial en Constitución.

El espacio de borde constituye uno de los ámbitos más sensibles y complejos a abordar en materia de planificación territorial, dada su condición dinámica y cambiante que ha desafiado históricamente la necesidad de certeza jurídica⁹⁹ que buscan establecer los instrumentos de planificación territorial. El borde, como se ha señalado, determina justamente un escenario de naturalezas en movimiento y constantes procesos socioecológicos de intercambio de materia, energía e información, expresando gradientes espaciales y temporales que difícilmente son recogidas por los soportes informativos tradicionales de la planificación territorial – normas, ordenanzas, mapas y planos – y complejizan la toma de decisiones respecto a la formulación y diseño de proyectos que, indiscutiblemente, deben asumir capacidades de resiliencia y adaptabilidad ante estas dinámicas.

En el contexto previo al desastre del 27F, la débil planificación territorial de los bordes costeros y fluviales había favorecido la ocupación sistemática de estas zonas, condición alimentada además por la especulación inmobiliaria y por la falta de sensibilidad de las comunidades respecto a los riesgos asociados a la ocurrencia de grandes terremotos y tsunamis (Arenas et. al, 2010). Según lo revisado, gran parte de los daños críticos en infraestructura, vivienda y pérdida de vidas humanas se pueden asociar a estas formas de ocupación¹⁰⁰, acentuada por la inexistencia, en varios de las localidades afectadas, de protocolos de evacuación y de espacios adecuados que permitieran acceder a zonas seguras (GSAPP, 2015).

⁹⁹ Refiere a la condición propia que guía la determinación de normas de planificación territorial, basadas en disposiciones que intentan establecer un estado invariable del territorio a planificar, para poder ofrecer certezas que a su vez permitan decisiones de mediano y largo plazo. La variabilidad de escenarios de planificación basada en la naturaleza dinámica de territorios cambiantes – como en general ocurre en los bordes costeros – dificulta la idoneidad de normas que son escritas y dibujadas para permanecer como invariantes en el tiempo.

¹⁰⁰ Como señala Picket (1997), La transformación del paisaje por la acción humana puede limitar, modificar o amplificar los efectos de eventos naturales, o bien alterar regímenes históricos de perturbación en un ecosistema particular, aumentar su vulnerabilidad e incluso, introducir nuevos tipos de perturbación.

En el marco de los planes de reconstrucción post tsunami de 2010, la propuesta de los Parques de Mitigación emerge como reflexión vinculada directamente a proveer de espacios de amortiguación para disipar parte de los efectos generados por el impacto de las olas, con el objetivo de favorecer, por un lado, los tiempos de evacuación de la población hacia zonas altas de seguridad y, por otro, de reducir los daños a la propiedad pública y privada. Asimismo, este nuevo enfoque de infraestructura integra la noción de parque como estrategia que reflexiona sobre las condiciones de habitabilidad en los bordes expuestos a riesgos de desastres, definiendo nuevas posibilidades de encuentro social entre las ciudades litorales y los paisajes costeros que, en rigor, remiten a la idea de reclamación de un paisaje que fue progresivamente ocupado, privatizado y subvalorado en su dimensión cultural y ecológica.

De acuerdo a Corner (1999), la reclamación de sitios puede ser medida de tres formas: primero, en términos de la recuperación de la memoria y el enriquecimiento cultural del lugar y el tiempo; segundo, en términos de programas y funciones sociales, en la medida que nuevos usos y actividades se desarrollan; y, tercero, en términos de diversificación y sucesión ecológica. Y es en esta triple aproximación, que *la tradición inventiva de la arquitectura del paisaje activamente renueva el significado de esos procesos culturales y naturales que sostienen la riqueza de toda vida en la tierra* (Corner, 1999: 13). De esta manera, el parque de mitigación puede comprenderse como una operación espacial, ecológica y a la vez cultural, dado que establece una reclamación de un paisaje de borde, con un importante contenido social e histórico.

Desde una visión de infraestructura multipropósito, según lo ya señalado, la estrategia de hibridar el concepto de *infraestructura de mitigación* con la idea de *parque* otorga la posibilidad de optimizar la inversión pública mediante proyectos que apuntan a compatibilizar los objetivos de seguridad y reducción de riesgos, con la necesidad de mejorar la dotación de espacios públicos de calidad, en localidades que presentaban importantes déficit en esta materia, de manera previa al desastre.

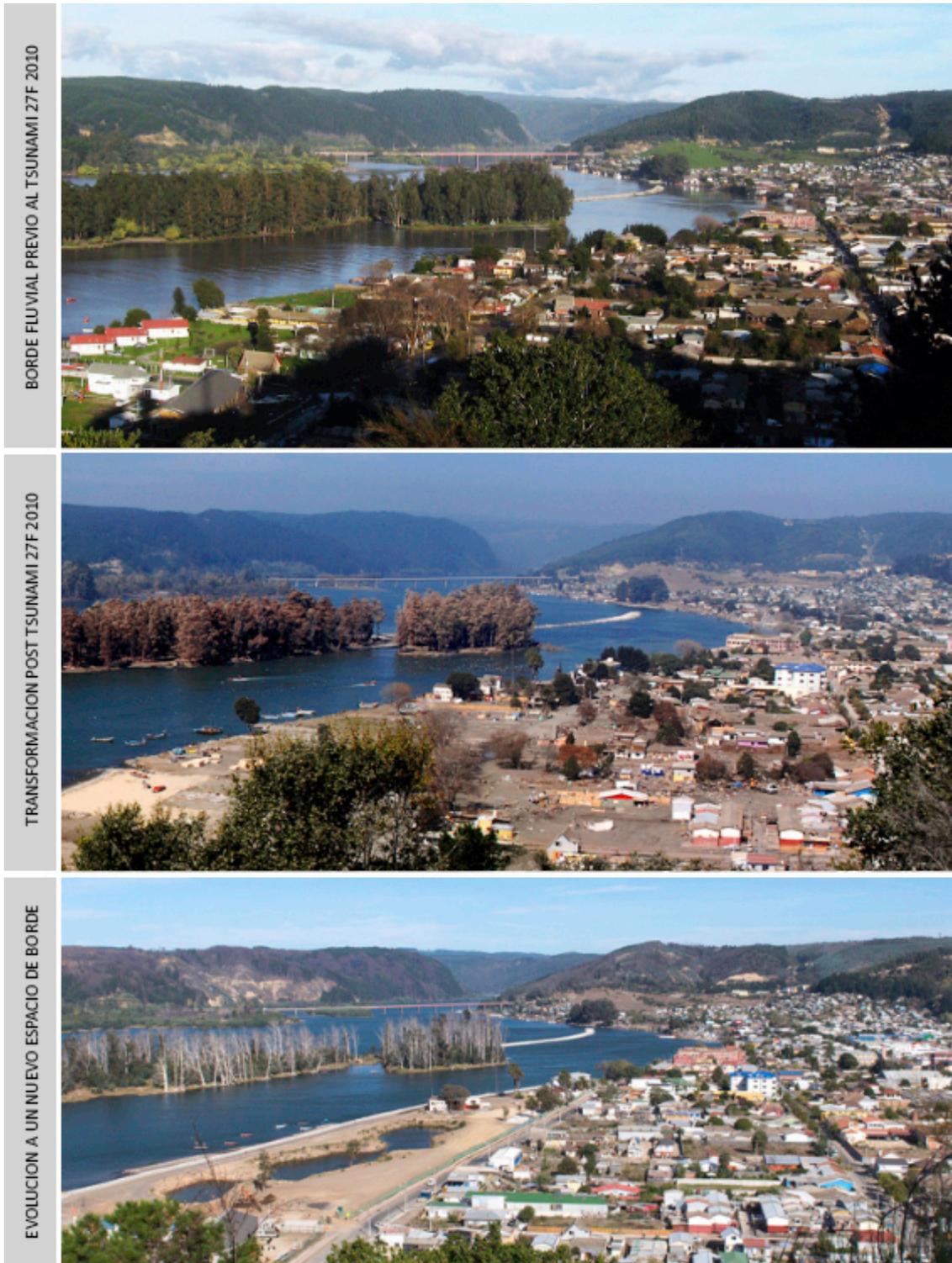


Fig. 59. Secuencia de transformación del espacio de borde fluvial en Constitución. Arriba, situación previa al tsunami del 27F; al centro, espacio perturbado por la acción de la inundación; abajo, en proceso de consolidación de un nuevo estado de borde fluvial. Fuente: Elaboración propia en base a PRES (2011) y registro de Autor (2018).

4.2.1. Diseño conceptual del parque como infraestructura de mitigación. Fundamentos y estrategias.

A nivel internacional, como se ha revisado en esta investigación, el enfoque de planificación y diseño de infraestructuras de mitigación basadas en la acción de sistemas naturales o sistemas mixtos – que incorpora colaborativamente componentes de infraestructura verde combinados con elementos estructurales construidos – es relativamente reciente y para 2010 no existía en el panorama nacional referentes de conocimiento técnico en estos temas.

Aun cuando en las descripciones del PRES y del propio Parque de Mitigación de Constitución no se alude directamente a la revisión de casos de estudio de referencias o buenas prácticas, la propuesta planteada se puede conectar con experiencias de infraestructuras de mitigación basadas en sistemas de bosques costeros, los cuales constituyen una tradición centenaria en Japón (Tanaka, 2010) y se han utilizado también en diversos contextos litorales a nivel internacional. Como señala Forbes & Broadhead (2008), las investigaciones sobre el rol de los bosques costeros se incrementaron a partir del tsunami de diciembre de 2004, el cual afectó gravemente las costas de diversos países en el océano Índico¹⁰¹. En esos contextos, mediciones realizadas en zonas pobladas que aún conservaban ecosistemas de manglares y bosques litorales demostraron la efectividad¹⁰² para reducir las fuerzas de impacto y velocidades de flujo, lo que a su vez limitó la extensión de las inundaciones (Op.cit), situación similar a lo observado con la acción de los humedales en el caso de la localidad de Arauco para el tsunami de 2010, como se señaló anteriormente.

En el caso de Japón, los bosques costeros se desarrollan como infraestructura de protección ante eventos climáticos y de mitigación de desastres en zonas costeras desde el siglo XVII (Tanaka, 2010). Si bien en general no contemplan programas de uso público que los asocien

¹⁰¹ El tsunami de 2004, que afectó las costas de Indonesia y Sri Lanka,, se generó a partir de un terremoto grado 9.1, cobrando más de 200.000 víctimas fatales (Forbes & Broadhead, 2008).

¹⁰² La acción disipadora de los bosques, según Forbes & Broadhead (2008), dependerá de la idoneidad del sitio para el crecimiento de los árboles, la elevación del suelo y la pendiente de la costa que determina la forma y la fuerza de las olas de altura similar. También serían necesarias distancias de retroceso adecuadas, lo suficientemente grandes como para incorporar el bosque costero

a la idea de parque, la larga historia que los precede les otorga una importancia a nivel cultural e identitario para las comunidades (fig. 107), las cuales se han ocupado de gestionar su conservación en el tiempo. A su vez, la ley forestal japonesa establece que los bosques de mitigación deben plantarse en toda la línea litoral para prevenir daños ante desastres. En esa línea, el gobierno estableció que la replantación post-tsunami del 2011 fuese una estrategia prioritaria en las medidas ambientales para la reducción de riesgos (fig. 108), complementándose con otras soluciones estructurales de ingeniería convencional (Renaud & Murti 2013). De acuerdo a lo que plantean diversos autores (Renaud & Murti 2013; Tanaka, 2010; Forbes & Broadhead, 2008), la acción de estas infraestructuras verdes ante los impactos de tsunami se basa en la disipación de energía y pérdida de la energía hidrodinámica, en contraposición a la contención limitada que otorgan ciertas medidas estructurales, las cuales por sí solas colapsan debido a la magnitud de los fenómenos a los que enfrentan.



Fig. 60. Bosque costero en Oki Bay, Prefectura de Kochi, Japón. De aproximadamente 300 a 400 años de antigüedad, fue generado para la protección de la comunidad y sus cultivos agrícolas ante la ocurrencia de marejadas y tsunamis. Fuente: Forbes & Broadhead (2008)

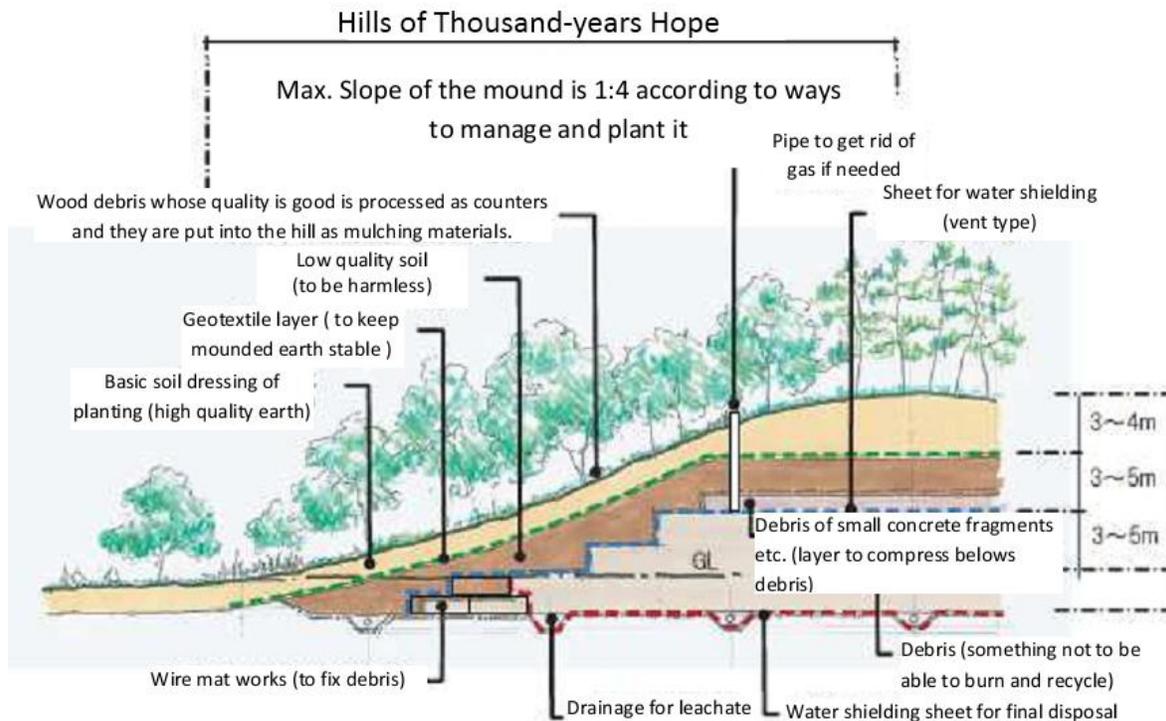


Fig. 61. Bosque de mitigación en la ciudad costera de Iwanuma, Japón. El proyecto forma parte del plan de reconstrucción urbana, post tsunami de 2011. Como se observa en la sección de abajo, el Bosque se desarrolla sobre un sistemas de colinas artificiales levantadas a partir de la acumulación de escombros generados por el tsunami, los cuales son estabilizados y luego cubierto por tierra vegetal apta para recibir las plantaciones de árboles. Fuente: Reconstruction Plan for Iwanuma, en Renaud & Murti, 2013.

En Chile, el punto de partida de esta nueva tipología de infraestructura se genera a partir de la formulación del PRES de Constitución, concibiendo la noción de Parque de Mitigación como proyecto emblemático de la reconstrucción de la ciudad, en respuesta a las condiciones de vulnerabilidad que debían ser atendidas tanto para recomponer la estructura y funcionalidad del territorio afectado, como también para resguardarlo de futuros eventos. La magnitud del desastre del 27F planteó así la oportunidad de repensar las formas de habitabilidad de los espacios de borde costero y fluvial en las localidades afectadas, asumiendo el desafío de discutir soluciones innovadoras a la escala del problema que se enfrentaba. Como señala Alejandro Aravena, director de Elemental, en entrevista¹⁰³ a revista VD de diario El Mercurio: *“Frente a amenazas geográficas había que contestar con respuestas geográficas: un bosque entre la ciudad y el río para disipar la fuerza de la naturaleza. Este parque de mitigación además de garantizar un acceso democrático al río, paga la deuda de espacio público y permite el drenaje natural de las aguas”* .

La superficie propuesta para el parque es la resultante de la aplicación de los criterios de zonificación de riesgo, a partir del estudio modelación de los efectos de tsunami (Lagos, 2010) y de las Cartas de Inundación del SHOA, según se observa en la siguiente figura. El proyecto, por lo tanto, se transforma también en una estrategia para asegurar la condición de espacio libre de esa franja de borde en calidad de *Bien Nacional de Uso Público*¹⁰⁴, que se logra mediante un proceso de expropiación destinado a protegerlo de ocupaciones irregulares, que comunmente acontecen en situaciones similares. El área dispuesta, que abarca 15 hectáreas, se ubica en paralelo al río Maule en una extensión total de casi 3 kilómetros, entre la desembocadura del río por el norte – a los pies del cerro Mutrún – y el estero Las Ánimas por el sur, con un ancho que varía entre los 90 metros, en su parte norte y los 15 metros, en su tramo central.

¹⁰³ *Constitución, Renacer desde el Paisaje*. Entrevista publicada el 14 de Octubre de 2011, en reportaje de revista VD, de diario El Mercurio.

¹⁰⁴ Los Bienes Nacionales de Uso Público (BNUP) constituyen en Chile una categoría de dominio establecida en el artículo 589 del Código Civil y en la Ley General de Urbanismo y Construcciones, que los define como aquellos pertenecientes a toda la nación, sin perjuicio que su administración y mantención recaiga sobre determinadas entidades específicas. Para que un proyecto adquiriera la condición de parque y sea financiado por el estado, debe estar localizado en un BNUP.

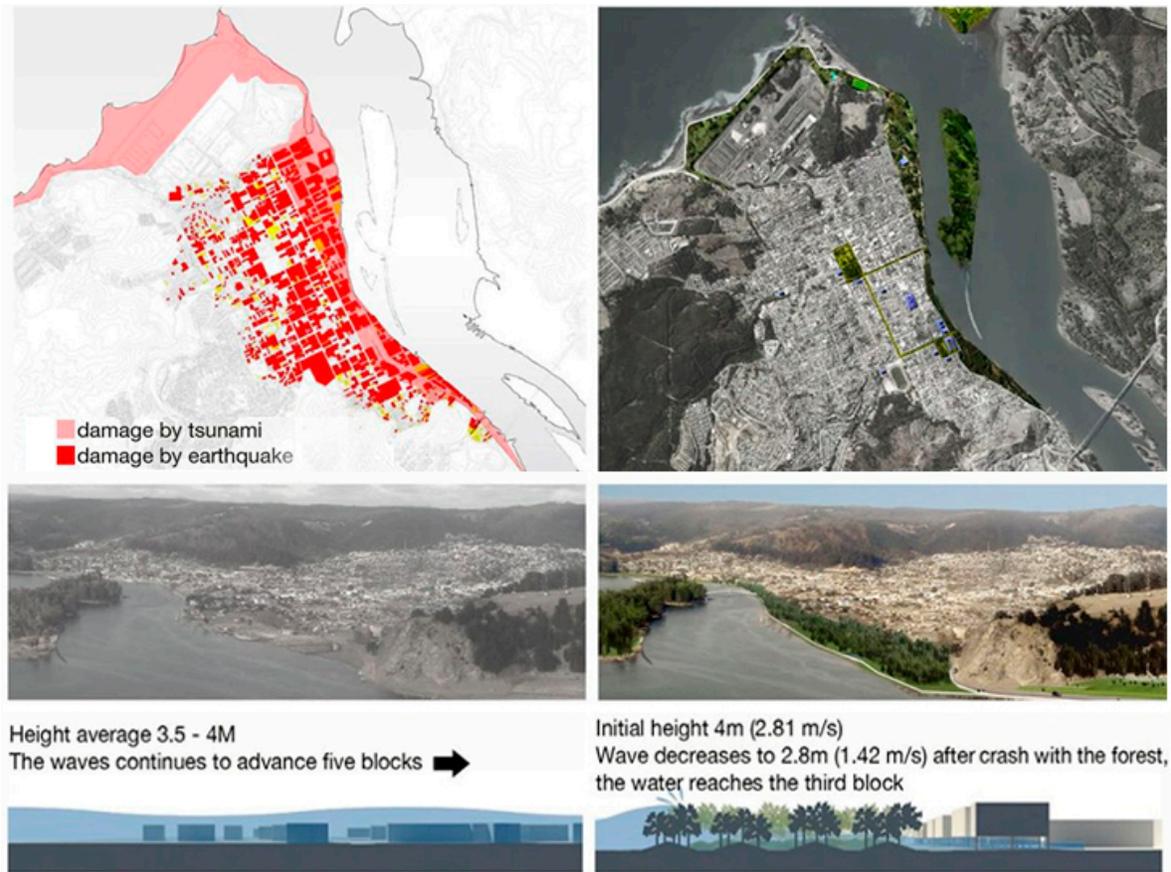


Fig. 62. Infografía con los criterios de amortiguación de la propuesta del Parque de Mitigación de Constitución. Arriba: se indica al localización del proyecto en la zona de mayor impacto del tsunami del 27F. Al medio: vista aérea de la situación sin proyecto (izquierda) y con proyecto (derecha). Abajo: diagrama con los escenarios y datos de impacto en la ciudad, sin proyecto (izquierda) y con proyecto (derecha). Fuente: PRES (2011).

Esta franja, que sufrió los mayores daños producto del tsunami, constituye el frente fluvial urbano donde la ciudad se ha relacionado históricamente con el río, la cual si bien en las últimas décadas había albergado una serie de usos privados, recupera nuevamente la condición de ribera pública para el desarrollo de la pesca artesanal, la actividad náutica y el turismo. Como se observa en la siguiente imagen, el proyecto suma además la Isla Orrego, lugar con una fuerte carga simbólica debido a las víctimas que allí fallecieron producto el tsunami. Con una superficie adicional de casi 20 hectáreas, se integra al parque mediante la habilitación de una conexión peatonal que favorece su accesibilidad y la evacuación en caso de emergencia.

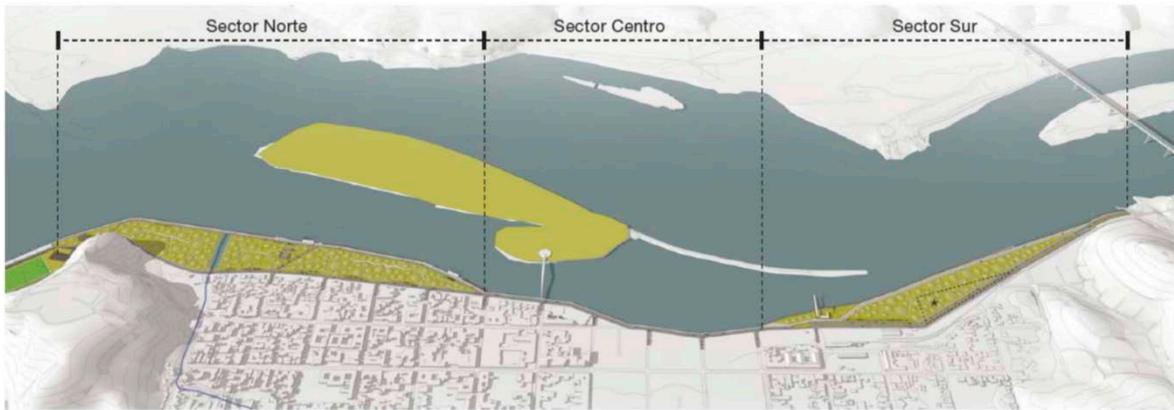


Fig. 63 Parque de Mitigación de Constitución. Sectores de intervención propuestos para el desarrollo del proyecto, totalizando 15,23 hectáreas en el borde fluvial y 19,8 hectáreas en isla Orrego. Fuente: MINVU (2011a)

En relación al componente de mitigación, la propuesta discute la tradicional aproximación de la infraestructura basada en la creación de barreras que intentan *contener* impactos de desastres, planteando el concepto de *disipación* del impacto mediante la descomposición de los vectores de fuerza mediante el uso de un sistema combinado de componentes naturales y construidos conformado principalmente por:

- 1) movimientos topográficos que aumentan la rugosidad del suelo y generan zonas de inundabilidad controlada ante el ingreso del tsunami;
- 2) agrupaciones de vegetación, principalmente asociaciones de arbolado que combinan especies de raíces pivotantes¹⁰⁵ y extendidas, que afianzan el terreno y absorben parte del empuje de la masa de agua;
- 3) defensas construídas, que pueden contemplar muros, gaviones o enrocados, dispuestas en alineaciones que refuerzan zonas críticas.

¹⁰⁵ La raíz pivotante, también llamada raíz primaria o raíz axonomorfa, es aquella que crece verticalmente, de manera profunda hacia abajo. La mayoría de los árboles comienzan su vida con una raíz primaria, pero a partir del primer año pasan a un sistema de raíces fibrosas formado principalmente por raíces superficiales que se extienden horizontalmente y solo algunas raíces profundas que anclan verticalmente. Un árbol adulto típico de 30 a 50 metros de alto tiene un sistema de raíces que se extienden horizontalmente en todas las direcciones, como mínimo tan profundas como la propia altura del árbol, pero más del 95% de las raíces se encuentra en los primeros 50 cm por debajo del suelo (Elkin & Tsing, 2018).

En suma, el diseño de los componentes de topografía, vegetación y defensas construidas son planteadas como un sistema interdependiente y sinérgico, que opera de manera conjunta para disminuir el impacto del tsunami en su entrada al continente. Desde un punto de vista hidráulico, estas soluciones apuntan a generar una mayor rugosidad en la superficie de desplazamiento del fluido en su recorrido desde el mar hacia la ciudad, aumentando así el roce. Se intenta con ello disminuir por un lado su volumen – asociado a la altura de los niveles de inundabilidad, también denominada run-up – y por otra parte su velocidad, vinculada con la necesidad de otorgar mayor margen temporal para la evacuación de las zonas que se verán afectadas. El manejo de ambos factores contribuye además a disipar el momento de flujo, relacionado con la fuerza destructiva del tsunami al impactar una determinada zona poblada.

Al propagarse un tsunami en aguas someras cada vez menos profundas, y por sobre todo, durante la etapa de inundación, la resistencia de la superficie a través de la cual se desplaza se vuelve cada vez más relevante como elemento de disipación (JICA, 2018; Lagos, 2012; Kotani et al., 1998). Este factor de roce se incluye en los esquemas de modelado numérico a través de un término específico, el cual habitualmente se basa en el *coeficiente de Manning*¹⁰⁶ para el cálculo de la pérdida de energía por fricción con la superficie de suelo o fondo. Se puede señalar entonces, que a mayor rugosidad de la superficie base, mayor será la disipación del tsunami en términos de su velocidad, volumen y fuerza de impacto.

¹⁰⁶ El modelo de Manning, o coeficiente de Manning, fue propuesto por el ingeniero irlandés Robert Manning en 1889, para calcular la velocidad del agua y el roce en su desplazamiento, aplicado inicialmente a los flujos hidricos en canales abiertos y tuberías. La expresión matemática del coeficiente de Manning es:

$$V = \frac{1.486}{n} R^{2/3} S_e^{1/2}$$

Donde,

V (velocity) es la velocidad del flujo (medida en metros por segundo o pies por segundo)

R (Radius) es el radio hidráulico, en metros o pies

S_e (Slope) es pendiente de la línea de grado de energía, en metros o pies

n es el coeficiente de rugosidad de Manning.

Actualmente, esta fórmula es utilizada para estimar la pérdida de energía de un tsunami a medida que avanza sobre el fondo de la costa (JICA, 2018; Kotani et al., 1998).

Según Kotani et al. (1998), el coeficiente de rugosidad estimado para tipos de usos de suelo de áreas verdes urbanas convencionales – con presencia de una baja densidad de vegetación y escasa variación topográfica – es de alrededor de 0.15. En cambio, para los bosques de mitigación – con alta densidad de vegetación – puede llegar a 0.25 o más. Si a ello se suman barreras construidas, como muros de contención y enrocados, el coeficiente aumentará.

En relación a estos parámetros, la *Guía para la selección de coeficientes de rugosidad de Manning, para cursos naturales y planicies inundables*¹⁰⁷ preparada por U.S. Geological Survey Water-Supply, establece una serie de criterios técnicos, recomendaciones de cálculo matemático y referencias de casos para incorporar soluciones de mitigación de inundaciones a través de la acción de la vegetación. De forma pionera, esta guía determina de manera gráfica y didáctica la apariencia deseable de bosques de mitigación, mediante la ejemplificación de situaciones reales de densidades vegetacionales existentes en estado natural, que fueron sometidas a fenómenos de inundaciones extremas, en ambientes de clima templado y mediterráneo propios de ambas costas de norteamérica.

A continuación, se presenta una secuencia de dos imágenes (fig. 111), relacionadas cada una con un determinado coeficiente de rugosidad de Manning.

¹⁰⁷ Traducido de *Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains*, editada en 1989 por George Arcement y Verne Schneider para U.S. Geological Survey Water-Supply.

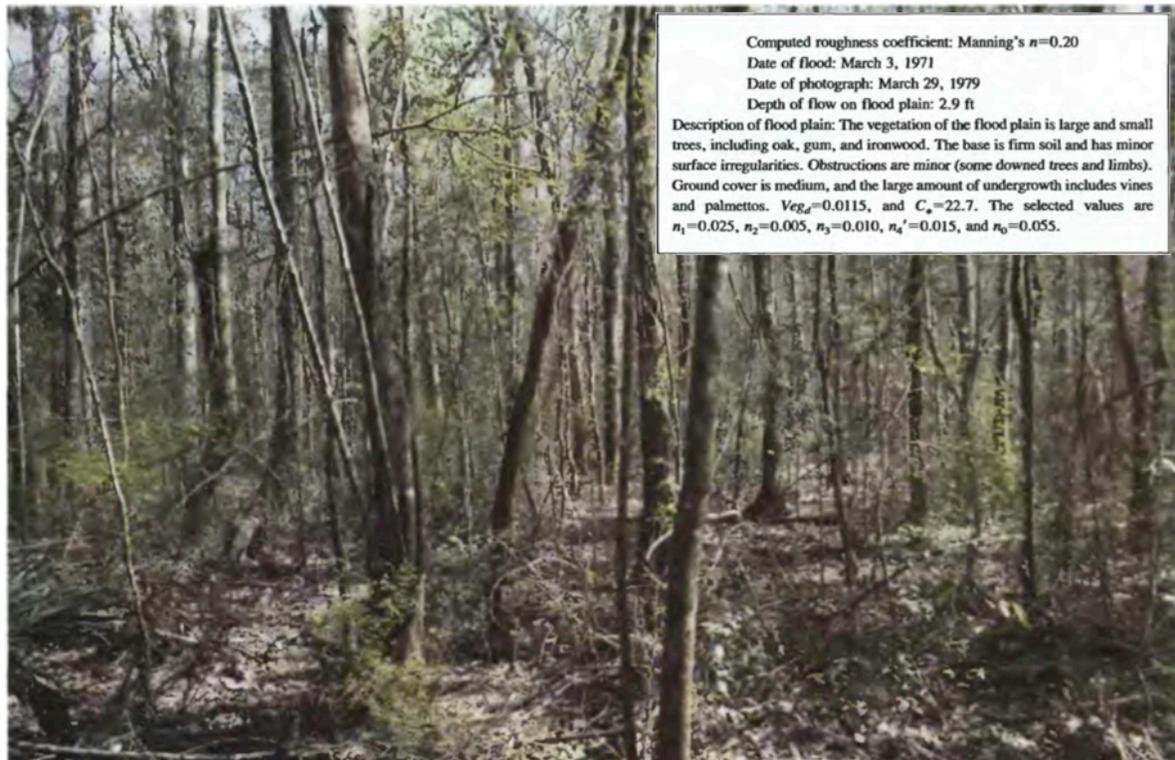
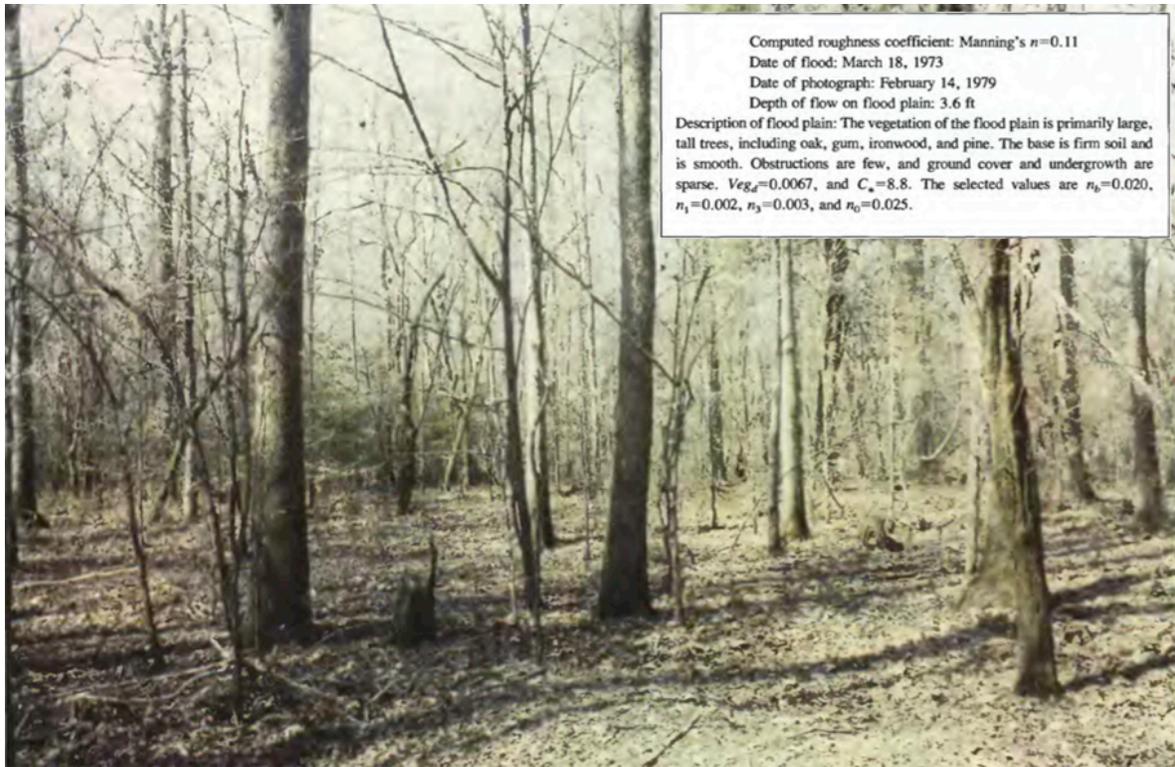


Fig. 64. Estudio de casos para determinar coeficiente de rugosidad de Manning, a partir de dos situaciones de densidades vegetacionales expuestas a inundabilidad. Fuente: Arcement & Schneider (1989).

Bajo estos lineamientos se desarrolla una primera versión de proyecto a cargo de Elemental, según la imagen que se presenta a continuación:



Fig. 65. Anteproyecto del Parque de Mitigación en Constitución, en el marco del PRES. En la parte superior se observa una planta y sección tipo, caracterizada por el modelamiento topográfico, mediante colinas de mitigación que a su vez contienen las plantaciones de bosques, en densidades de 2000 ejemplares por hectárea. En la sección y en la perspectiva se observa también la construcción de defensas fluviales en la costanera, que al mismo tiempo funciona como estructura de paseo y equipamiento náutico. Fuente: PRES (2011).

4.2.2. Diseño del proyecto ejecutivo. Técnicas y operaciones.

Con el objetivo de dar curso a la fase de desarrollo de proyecto ejecutivo, una vez culminada la etapa de anteproyecto a cargo de Elemental y según lo dispuesto en el PRES, se procede a llamar a concurso de licitación pública para el diseño definitivo y construcción del Parque de Mitigación. Las bases¹⁰⁸ de este concurso, convocado por el Servicio de Vivienda y Urbanismo de la región del Maule, señalan que el proyecto debe dar respuesta a la mitigación de inundaciones producidas por posibles tsunamis – de características similares al registrado el 27 de febrero de 2010 – y por reiteradas crecidas del río Maule – contemplando periodos de retorno de 25 años – conformando una defensa que a la vez se transforme en una importante área verde para Constitución y que reoriente el desarrollo de la ciudad hacia el borde fluvial (MINVU, 2011a). Sumado a lo anterior, las bases de licitación determinan también el requerimiento de integrar infraestructuras de evacuación y manejo de las aguas lluvias provenientes de la ciudad, particularmente en las zonas de desembocadura de los esteros El Carbón y Las Ánimas, en la parte norte y sur del área de intervención, respectivamente.

Siguiendo los lineamientos establecidos por el diseño preliminar, el proyecto definitivo¹⁰⁹ se concibe entonces a partir de un sistema infraestructural conformado por la combinación de 3 tipos de componentes: soluciones estructurales asociadas a elementos construidos; soluciones topográficas determinadas por operaciones alternadas de rellenos y excavaciones y, por último; soluciones ecológicas relacionadas con la configuración del bosque de mitigación y la cobertura vegetal del nuevo suelo resultante.

¹⁰⁸ Las bases de licitación establecen, desde un punto de vista técnico, los términos de referencia para el desarrollo del diseño mediante una serie de recomendaciones relacionadas principalmente con el dimensionamiento de los componentes de la infraestructura de mitigación. Para ello, se proporcionaron diversos estudios técnicos en materia de ingeniería hidráulica y de modelamiento de tsunamis, elaborados por diversos expertos contratados por el Ministerio de Obras Públicas y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, respectivamente (MINVU, 2011a).

¹⁰⁹ El concurso de licitación para la elaboración del proyecto definitivo se adjudica a grupo Moebis, oficina de arquitectura e ingeniería que trabaja durante los años 2012 y 2013 en el diseño de arquitectura, paisajismo y especialidades del Parque de Mitigación (SERVIU, 2013).

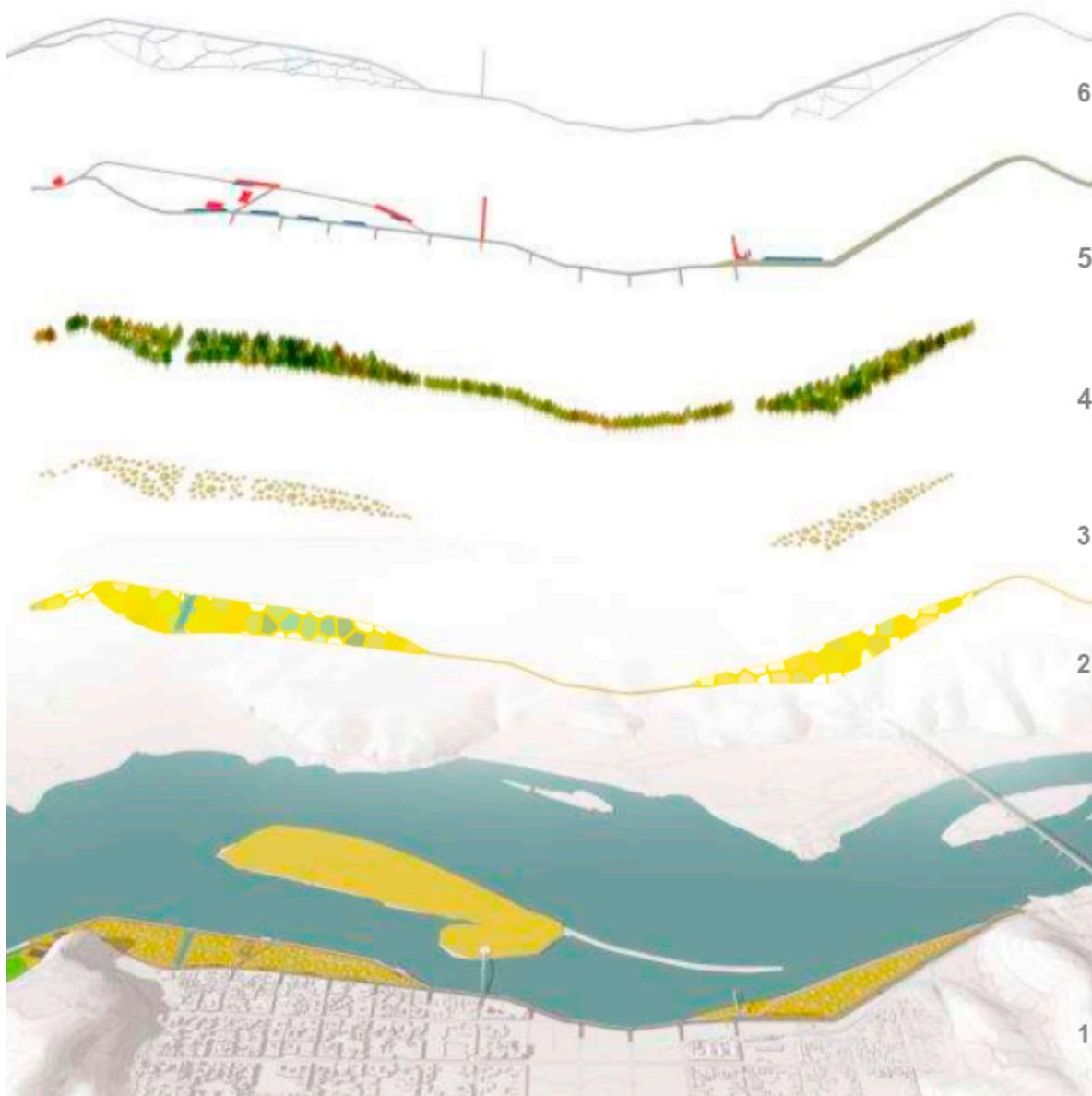


Fig. 66. Diagrama axonométrico del Parque de Mitigación de Constitución. Desde abajo hacia arriba se indican: 1) Situación base del parque en el borde fluvial de la ciudad, incluyendo la isla Orrego; 2) Áreas de manejo topográfico para la elevación de colinas; 3) Cobertura de vegetación para fitoestabilización de suelos; 4) Formaciones de vegetación arborea; 5) Programas jerárquicos: capitanía de puerto, mercado fluvial y muelles; 6) Infraestructura de defensa fluvial y sistema de circulaciones del parque. Fuente: Elaboración propia en base a MINVU (2011a).

Respecto a las *soluciones estructurales* implementadas en el proyecto, cabe señalar que éstas conforman la primera capa del sistema de defensa hacia el río, amortiguando por tanto los aumentos de volumen y velocidad del caudal en el frente fluvial, ya sea en escenarios de crecidas estacionales del río Maule, o en eventos extremos de tsunamis. Sus componentes más importantes, que pueden identificarse en los planos y las imágenes siguientes, son:

- Escollera de protección, también denominada enrocado por su construcción a partir de la disposición de grandes rocas en forma de talud, destinada a evitar que las avenidas del río puedan erosionar las bases de apoyo de la estructura perimetral del parque – determinada por el muro de contención –comprometiendo su estabilidad.
- Muro de contención, ubicado a continuación de la escollera, que delimita el perímetro del parque y su área de uso hacia el río, confinando a su vez el relleno que se requiere para implementar luego las variaciones topográficas que define el proyecto.

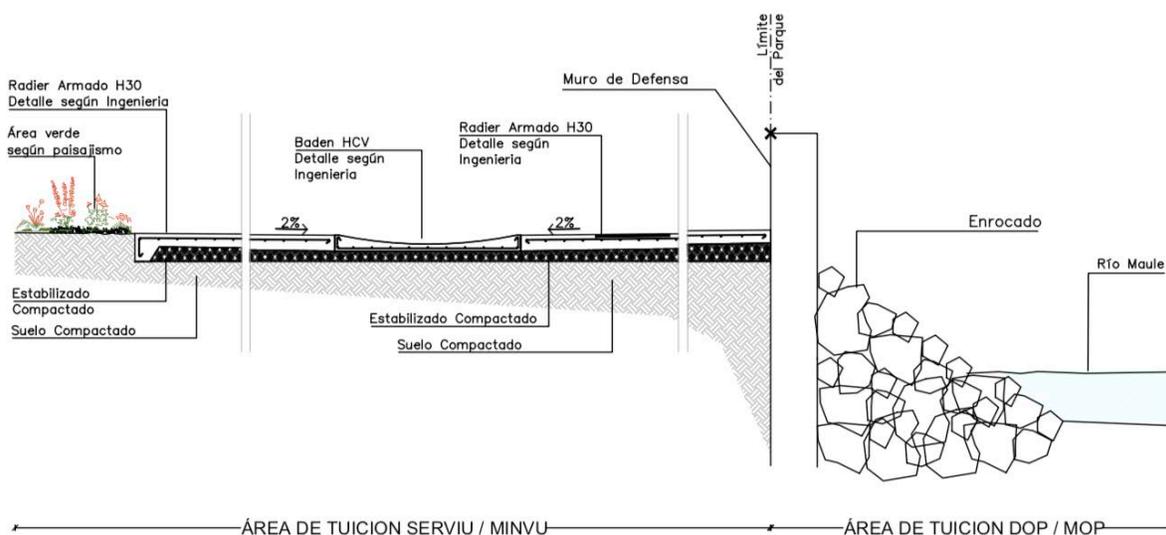


Fig. 67. Sección tipo de las soluciones estructurales para la defensa fluvial. De izquierda a derecha se observa la escollera, el muro de contención y luego el área pavimentada del paseo de la costarena. Se indica también el área tuición – que indica el ámbito de responsabilidad en el diseño y ejecución – que le compete al Servicio de Vivienda y Urbanismo de MINVU, en la zona terrestre, y a la Dirección de Obras Portuarias de MOP, en la zona fluvial, respectivamente. Fuente: Elaboración propia en base a SERVIU Región del Maule (2013).

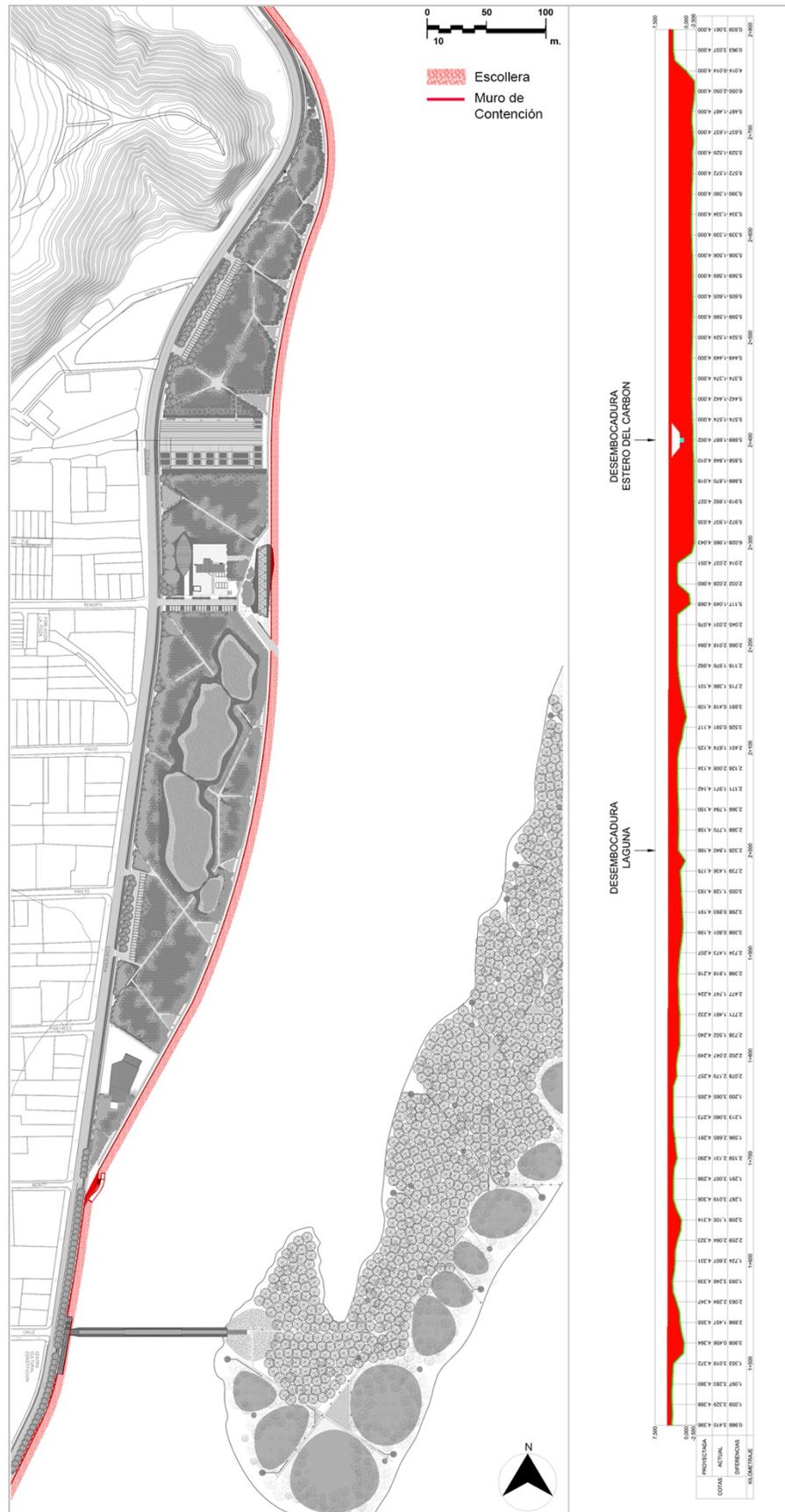


Fig. 68. Imagen aérea de la escollera y muro de contención del Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Autor, 2017.



Fig. 69. Imagen aérea de la escollera y muro de contención, en el extremo norte del Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Autor, 2019.

Fig. 70. Planta del sistema de soluciones estructurales, en sector norte del Parque. En rojo se señala la ubicación de la escollera y muro. Al costado, elevación del muro de contención. Fuente: Elaboración Propia en base a SERVIU Región del Maule 2013.



Las *soluciones topográficas* corresponden a aquellas operaciones destinadas a generar un relieve rugoso en la superficie del parque, con el objetivo de aumentar el roce del flujo de la masa de agua que ingresa, para así disminuir su velocidad y fuerza. De esta forma, el suelo del parque se transforma en un sistema de suelos ondulados, que se inspira en la acción de los sistemas dunarios y su rol disipador ante la acción de avance de las mareas. Sus principales componentes, que se expresan gráficamente en las siguientes figuras, son:

- Colinas de mitigación, conformadas por elevaciones del terreno que se diseñan con alturas que fluctúan entre los 2 y 4 metros de altura, generando una pendiente de laderas en torno al 25%¹¹⁰. El relleno necesario para la conformación de las colinas se establece mediante una base de tierra compactada, la cual se cubre con una capa vegetal de fitoestabilización constituida con cubresuelos y especies arbustivas bajas.
- Depresiones topográficas, que acentúan la sinuosidad del relieve del parque e incrementan el efecto de roce mediante sustracciones de terreno en diversos sectores. A su vez, estas operaciones favorecen el drenaje y retención de aguas lluvias provenientes de la ciudad, así como también la retención de inundaciones generadas por el aumento del caudal del río.

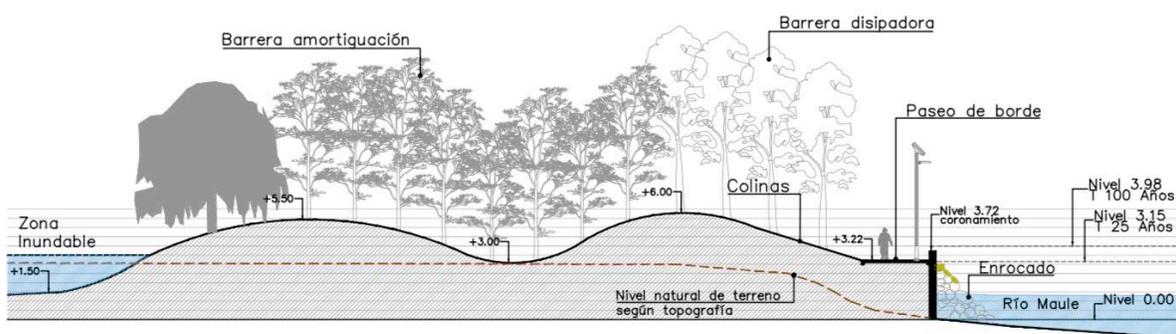


Fig. 71. Sección tipo de las soluciones topográficas para la mitigación del tsunami mediante roce. Se observa la disposición de las colinas y áreas de depresión para inundabilidad controlada. Fuente: Elaboración propia en base a SERVIU Región del Maule (2013).

¹¹⁰ También denominada pendiente de talud 1 a 4: por cada 1 metro de elevación vertical, se requieren 4 metros de longitud horizontal (SERVIU Región del Maule, 2013).



Fig. 72. Imagen de movimientos topográficos con cobertura vegetal para la conformación de colinas en el Parque de Mitigación de Constitución. Proyecto en fase avanzada de ejecución. Fuente: Autor (2019).



Fig. 73. Imagen de movimientos topográficos con cobertura vegetal para la conformación de colinas y depresiones en el Parque de Mitigación de Constitución. Proyecto en fase avanzada de ejecución. Fuente: Autor (2019).



Fig. 74. Laguna inundable de acumulación en el sector norte del Parque de Mitigación de Constitución, con capacidad estimada de 30.000 metros cúbicos. Proyecto en fase avanzada de ejecución. Fuente: Autor (2019).



Fig. 75. Vista panorámica del sector norte del Parque de Mitigación de Constitución, con la laguna inundable. Proyecto en fase avanzada de ejecución. Fuente: Autor (2019).

Fig. 76. Planta del sistema de soluciones topográficas, en sector norte del Parque. Al costado, sección tipo por la zona de colinas y laguna de retención
 Fuente:
 Elaboración Propia en base a SERVIU Región del Maule 2013.



Las *soluciones ecológicas* se definen a partir del diseño de sistemas de vegetación destinados a reducir la energía del tsunami. Para ello, la configuración de bosques en agrupaciones de arbolado con alta densidad de plantación permite disipar el momento de flujo o fuerza de impacto, ya disminuido por la acción de la defensa fluvial y la rugosidad de las colinas. Asumiendo que no se evidencian registros de la existencia de ecosistemas de bosque nativo en la zona de intervención, dado el alto grado de antropización que la ribera ha experimentado desde inicios el siglo XIX, se plantea una asociatividad de especies nativas y exóticas seleccionadas tanto para contribuir con el rol de mitigación, como también con la resiliencia y sustentabilidad de la ecología del parque en su conjunto.

Además de considerar las recomendaciones generales asociadas a las características de la estructura de raíces, fuste y ramaje del arbolado, establecidas en los términos técnicos de referencia (SERVIU Región del Maule, 2013), el equipo profesional a cargo del diseño del bosque de mitigación – conformado por ingenieros forestales, biólogos, agrónomos y paisajistas – realizó un levantamiento de potenciales asociaciones vegetacionales basado en tres criterios: 1) especies nativas propias de ecosistemas ribereños de la zona centro sur de Chile; 2) especies exóticas compatibles con el contexto de intervención y que hayan resistido el evento de tsunami 2010¹¹¹ y; 3) especies halófitas, es decir, resistentes a las condiciones de salinidad. En términos generales, también, se definieron criterios de bajo requerimiento de riego y mantención para todas las especies recomendadas (Op. cit).

De esta manera, puede reconocerse que el bosque de mitigación se estructura en 3 capas secuenciales conformadas por los siguientes componentes:

¹¹¹ La observación en sectores colindantes al área de intervención, indicó que varios ejemplares de *Acacia melanoxylon* quedaron en pie y permanecen en buen estado. En la isla Orrego, buena parte de los *Eucalyptus globulus* resistieron al tsunami y aquellos que se vieron afectados, están rebrotando de la base -a partir del *lignotúber*- o a lo largo de los troncos. Se señala también que ambas especies presentan buenos índices de flexión estática en sus estructuras, lo que les permite resistir impactos por viento o por inundaciones (SERVIU Región del Maule, 2013).

- Franja verde de disipación, configurada en la primera línea del bosque hacia el frente fluvial. Contempla una densidad de plantación de 1200 árboles por hectárea, utilizando especies resistentes a la brisa salina proveniente del estuario. Para ello se definen alineaciones de *Tamarix pentandra*, especie halófila propia de zonas ribereñas que forma una cortina para proteger de la salinidad a las filas que se encuentren detrás de ellas. Por otra parte, con el propósito de afianzar los suelos y contribuir a una cobertura vegetal más densa, se considera el uso de diversas especies arbustivas de mediana y baja altura, priorizando asociaciones de arbustos nativos y exóticos de bajo requerimiento de mantención. Especies como *Baccharis concava*, *Margyricarpus pinnatus*, *Ribes punctatum* y *Ribes integrifolium*, junto con ejemplares de *Rosmarinus officinalis* y *Myoporum parvifolium*, colaboran junto al arbolado como primera barrera de retención y dispersión de la fuerza hidrodinámica, aportando además atributos ecológicos de biodiversidad.

- Franja verde de amortiguación, dispuesta a continuación en la segunda línea del bosque. Tiene una densidad de plantación de 1000 ejemplares por hectárea y está formada por *Acacia melanoxylon*, *Eucalyptus globulus* y *Casuarina cunninghamiana*. Las dos primeras son especies que se mostraron resistentes al impacto del tsunami y la tercera que se suma, para incrementar la densidad del ramaje, presenta una alta resistencia al viento y la sequía.

- Franja verde de retención, que constituye la tercera capa del sistema y determina además el borde del bosque hacia la ciudad. Contempla también una densidad de plantación de 1000 árboles por hectárea y está formada por alineaciones densas de *Cryptocarya alba*, *Podocarpus salignus*, *Maytenus boaria*, todas especies nativas, a las que se suman asociaciones de *Quercus ilex* y *Quercus suber*, propias de zonas costeras de regiones mediterráneas de clima templado. Esta franja tiene un importante rol, por la estructura y forma de las especies, en la retención de elementos arrastrados por el flujo, como última barrera. Y, además, define la imagen paisajística del parque percibido desde el área urbana.

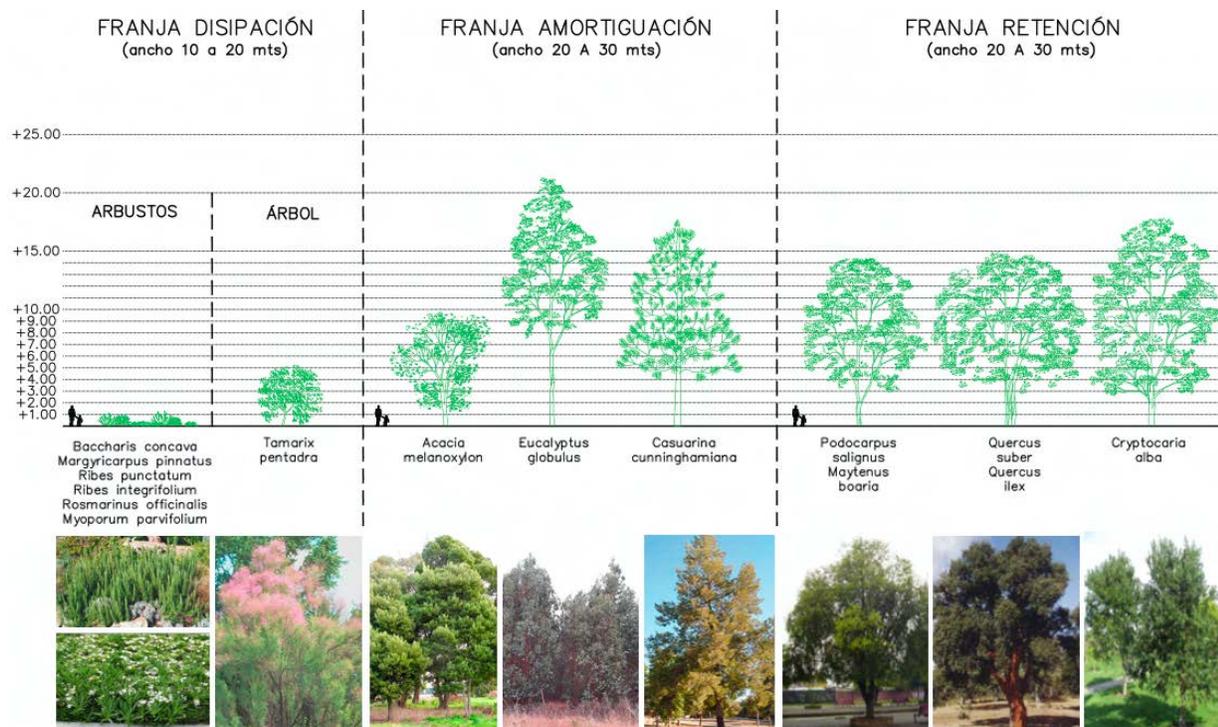


Fig. 77. Esquema de capas secuenciales que conforman el bosque de mitigación. Se observa la magnitud en elevación de las diversas especies propuestas y la complementariedad de densidades de fuste y ramaje. Dado que el parque presenta distintas dimensiones de ancho en su desarrollo longitudinal, el espesor de las franjas va variando según cada tramo. Fuente: Elaboración propia en base a SERVIU Región del Maule (2013).

Adicionalmente, se propone una cuarta asociación de vegetación se incorpora al bosque, mediante la disposición de bosquetes nativos acompañando el sistema de senderos que atraviesan diagonalmente el parque, conformados por *Nothofagus glauca*, *Luma apiculata*, *Pitavia punctata* y *Gomortega keule* (fig. 125). Estas agrupaciones, junto con demarcar los ejes de circulación y otorgar biodiversidad al bosque, contribuyen a densificar el ramaje en las distintas franjas que lo estructuran. Con el mismo propósito, en torno a las depresiones topográficas que dan forma a las lagunas inundables, se proponen bordes vegetacionales constituidos por *Salix humboldtiana*.



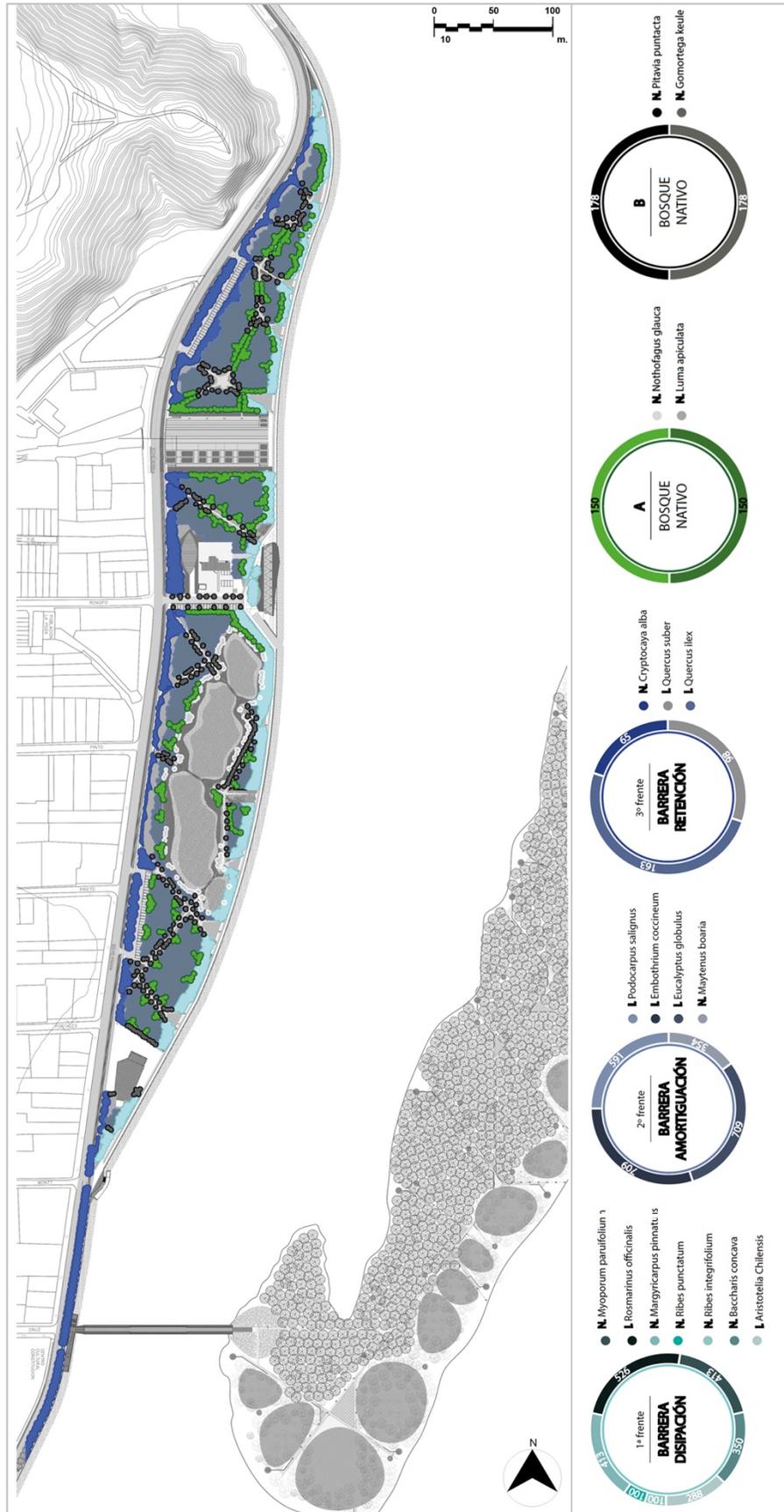
Fig. 78. Bosquetes interiores conformados por agrupaciones de vegetación nativa. De izquierda a derecha se observa: *Nothofagus glauca*, *Luma apiculata*, *Pitavia punctata* y *Gomortega keule*. Fuente: SERVIU Región del Maule (2013).

Otra estrategia que se incorpora para la conformación del bosque de mitigación, es la recuperación de las plantaciones de eucaliptus que subsistieron al embate del tsunami de 2010 en Isla Orrego. En esa área del proyecto, se propone ordenar las agrupaciones de *Eucalyptus globulus* que ya existen y enriquecerlo con nuevos ejemplares para lograr una densidad de plantación de 1000 unidades por hectárea, particularmente en el sector norte, el más cercano al mar. La mayoría de los ejemplares allí plantados están en un proceso de rebrote desde su *lignotuber*¹¹²

¹¹² Se denomina lignotúber o ligno tubérculo al engrosamiento leñoso del cuello de la raíz que se asoma sobre el suelo, el cual constituye una protección que desarrollan algunas especies para protegerse de perturbaciones y asegurar su subsistencia aun cuando su estructura superior sea destruida. Según se señala en las especificaciones técnicas de paisajismo del proyecto, este proceso debe ser manejado con poda de raleo, para reforzar la presencia de troncos fuertes, de mejor diámetro (SERVIU Región del Maule, 2013).

Fig. 79. Planta del sistema de soluciones ecológicas, en sector norte del Parque. Al costado, cuadro de paleta vegetal, para cada franja o barrera.

Fuente: Elaboración Propia en base a SERVIU Región del Maule 2013.



Para corroborar la efectividad del diseño en el desarrollo del proyecto ejecutivo, el parque se evalúa mediante la modelación de dos escenarios de desastre, considerando la ocurrencia de un evento magnitud 8.5 Mw y 8.8 Mw con epicentro simulado en las costas cercanas a Constitución, utilizando la técnica de *modelación numérica de tsunamis*¹¹³. Dentro de los parámetros más importantes, dada su implicancia a nivel de impacto en el sistema urbano-territorial, la modelación permite establecer las alturas de run-up o cota máxima de inundación, así como también las velocidades de ingreso del agua, en una comparación de escenarios *sin proyecto y con proyecto* (Lagos, 2012).

El estudio de evaluación se basa en un valor de coeficiente Manning de 0.23, estimado a partir de la modelación numérica de la rugosidad obtenida por las características del diseño del Parque de Mitigación señaladas anteriormente. Este valor es el resultante de la combinación de densidad de plantación de los árboles, la variación de la rugosidad de la topografía y las condiciones constructivas de la primera defensa fluvial.

La representación gráfica de los escenarios modelados, con los eventos de 8.5 y 8.8 Mw, exhibe el siguiente resultado (fig. 127 y 128):

¹¹³ La técnica de modelación numérica, basada en el código TUNAMI (Siglas de Tsunami Code of Tohoku University), contempla la integración de ecuaciones de movimiento no-lineales para aguas someras o poco profundas (Lagos, 2012). Para la evaluación del Parque se generaron los siguientes nueve productos:

- a) Altura máxima del tsunami
- b) Profundidad máxima de inundación
- c) Profundidad máxima de inundación en rangos
- d) Velocidad máxima de la corriente
- e) Velocidad máxima de la corriente en rangos
- f) Momento máximo del flujo
- g) Logaritmo del momento máximo del flujo
- h) Fuerza hidrodinámica máxima de la corriente
- i) Zonificación de riesgo para edificaciones en rangos

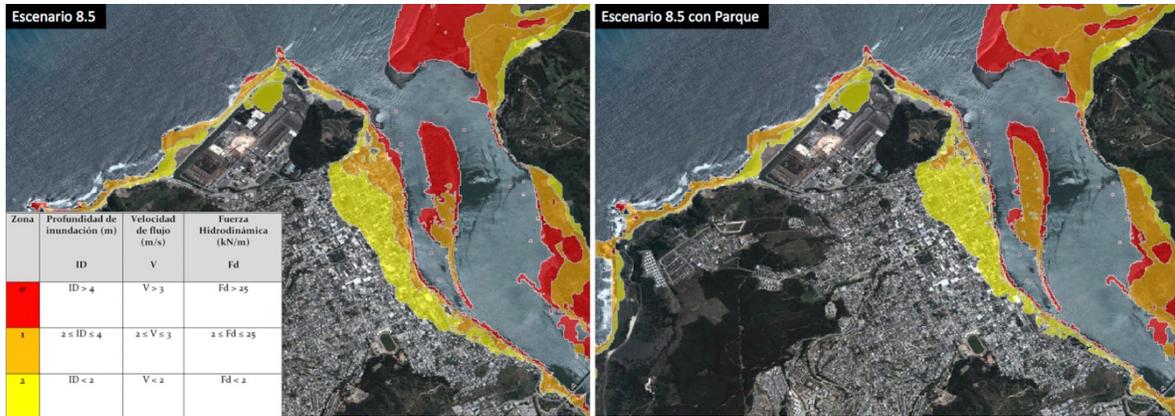


Fig. 80. Modelación escenario de evento 8.5 Mw, que muestra la salida del modelo final de elevaciones de altura de agua para el evento de menor magnitud. En el escenario con Parque de Mitigación, puede observarse una disminución del área inundada en la ciudad, así como también una reducción importante de los valores más críticos (zona 0) en términos de profundidad de inundación y velocidad de flujo. Fuente: elaboración propia a partir de Lagos, 2012.



Fig. 81. Modelación escenario de evento 8.8 Mw, que muestra las máximas profundidades de inundación para el evento de mayor potencia. Como puede verse, los valores máximos están generalmente en la línea de costa, siendo más bajos en el límite de la inundación. Si bien en general se observa una reducción de la zona crítica (zona 0), debido a la acción del Parque de Mitigación, éste no evidencia un adecuado comportamiento en su tramo central, que coincide con la sección más angosta en su diseño. Fuente: elaboración propia a partir de Lagos, 2012.

Las simulaciones numéricas en las cuales se basa la evaluación del Parque, han determinado los 3 niveles de riesgo que se observan en el análisis, a partir de las profundidades de inundación estimadas, las velocidades y el momento flujo resultante del tsunami. En la

siguiente tabla se presenta el resumen de la modelación de ambos escenarios, en términos del aporte del Parque de Mitigación en la reducción de la superficie de zona urbana en riesgo:

Escenarios	Zona 0 (ha)	Zona 1 (ha)	Zona 2 (ha)	Superficie total en riesgo (ha)	Disminución superficie total en riesgo (%)
SIN Parque Borde Fluvial Costero Constitución					
8.5 (Menor)	1,2368	19,5287	39,9656	60,7311	
8.8 (Mayor)	59,1223	53,5353	15,8271	128,485	
CON Parque Borde Fluvial Costero Constitución					
8.5 (Menor)	0,6487	5,0162	40,8823	46,5472	23,36%
8.8 (Mayor)	27,5373	73,4446	16,4065	117,3884	8,64%

Fig. 82. Cuadro resumen de modelación de valores en zonas afectadas por los eventos de magnitud 8.5 y 8.8, en escenarios con y sin proyecto de Parque de Mitigación. Fuente: Lagos, 2012.

En relación a las variables modeladas, los resultados muestran que el efecto de un terremoto de magnitud 8.8Mw con epicentro frente a la costa serían significativos, con un área de inundación urbana cercana a las 130 hectáreas. Esta estimación es comparable a los registros recogidos en Constitución en febrero de 2010, posterior al arribo del tsunami. Por otra parte, se observa también que el efecto de un terremoto de magnitud 8.5 Mw abarcaría aproximadamente un área de inundación urbana de 60 hectáreas.

En el escenario de mayor magnitud, con un tsunami generado por un evento 8.8 Mw, la propuesta de Parque de Mitigación reduce el área de inundación crítica (zona 0) en alrededor de un 50%, dependiendo de las características del diseño establecido en cada tramo respecto a la densidad de plantación de los árboles, la variación de la rugosidad de la topografía y las condiciones constructivas de la primera defensa fluvial. La disminución del área afectada en todo el rango de zonas (0, 1 y 2) disminuye en poco más de un 8%. El efecto de la fuerza hidrostática es también menor gracias a la acción del Parque, reduciéndose entre un 5% y un 25% dependiendo de las suposiciones hechas para la modelación (Lagos, 2012).

4.3. Otros casos de Parques de Mitigación en localidades costeras. Los casos de Pelluhue y Dichato.

Siguiendo la conceptualización e imagen objetivo del Parque de Mitigación planteada por Elemental, a fines de 2010 el Observatorio de Ciudades de la Pontificia Universidad Católica de Chile – OCUC – incluye en el *Estudio de Riesgo de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de las Regiones de O'Higgins y del Maule* (OCUC, 2010) una serie de recomendaciones de infraestructuras de mitigación para Constitución, que incluye un repertorio de proyectos relacionados con soluciones de infraestructura de paisaje combinadas con diversas obras de ingeniería, como se grafica en la siguiente imagen (fig. 130).



Fig. 83. Infografía con recomendaciones de infraestructuras de mitigación de impacto de tsunamis para Constitución. Su ámbito de aplicación se extiende más allá del área central y su borde fluvial asociado al Parque de Mitigación, hacia diversas situaciones geográficas que incluyen bordes costeros, sistemas dunarios, sectores de desembocadura y sus zonas ribereñas. De esta forma, se amplían las referencias de diseño para otros planes maestros en el marco de la reconstrucción post tsunami de Febrero 2010. Fuente: OCUC (2010).

Estas recomendaciones – que surgen fundamentalmente de la observación sobre el funcionamiento de sistemas naturales tales como humedales, dunas, bosques litorales y playas (OCUC, 2010) – son sistematizadas y divulgadas a través de memorias, términos de referencias e informes técnicos, constituyéndose como base para el desarrollo de otros planes de reconstrucción y proyectos de parques de mitigación en distintas localidades¹¹⁴, dando lugar a diversas aproximaciones para el diseño de sistemas de amortiguación de las dinámicas de tsunamis, fluctuación de mareas y otros fenómenos hidrometeorológicos.

A partir del análisis de los parques propuestos en las regiones del Maule y Biobío, se pueden identificar 4 tipologías de proyecto, no excluyentes entre sí¹¹⁵, determinadas por su localización en el contexto territorial. En general se conforman mediante la disposición de una franja paralela a la línea de costa o ribera, integrando obras de contención y defensa, masas de vegetación y movimientos topográficos, siguiendo las estrategias contempladas en el caso del Parque de Mitigación de Constitución. Las particularidades de cada diseño responden a énfasis que se establecen en consideración a las condiciones geográficas y paisajísticas propias de cada localidad donde se implementan.

De esta manera, se reconocen:

- Parques de borde costero o borde mar: desarrollados por medio de una franja paralela a la línea de la costa, en sectores determinados como zonas de riesgo.
- Parques de borde fluvial o de estero: ubicados en márgenes de esteros y ríos existentes en las localidades afectadas, los cuales facilitaron el ingreso del tsunami.
- Parques de desembocadura: localizados en las áreas de encuentro entre los cursos de agua interiores y el borde costero, que registraron importantes niveles de inundación en el evento de 2010.
- Parques dunarios: ubicados en zonas costeras con presencia activa de sistemas de dunas, comprendidos como infraestructuras de mitigación a potenciar.

¹¹⁴ PRBC18, PRES Constitución y PRES Pelluhue-Curanipe.

¹¹⁵ Para el caso del PRBC de Dichato, por ejemplo, las iniciativas propuestas contemplaron un parque de mitigación en la zona de riesgo asociada al frente de la costa y otro parque de mitigación en la zona del Estero.

Plan	Localidad	Parque borde mar	Parque borde estero	Parque desembocadura	Parque dunario
PRES	Constitución	x	x	x	
	Pelluhue-Curanipe				x
PRBC18	Cobquecura	x	x	x	
	Perales	x		?	
	Dichato	x	x	x	
	Coliumo	x		?	
	Talcalhuano	x	x	x	
	Tubul		x		
	Ulco	x	x	x	
	Lebu	?	x	x	
	Quidico				x
	Tirúa			x	x
	Isla Mocha	x			

Tabla 8. Tipos de parques de mitigación según localidad. Fuente: Elaboración propia a partir de MINVU (2011), PRBC18, PRES Constitución y PRES Pelluhue-Curanipe.

Como se ha señalado, en la mayoría de los planes maestros estos parques se definen como el proyecto emblemático de la reconstrucción, propuestos como espacios públicos prioritarios para las distintas localidades. Su existencia, en tal sentido, se argumenta no sólo desde un punto de vista técnico funcional asociado a la reducción de riesgo, sino también en la necesidad de cubrir necesidades ya establecidas de manera previa al desastre de 2010, en materia de áreas verdes, equipamiento e infraestructura urbana (GSAPP, 2015; Bresciani, 2012). Por otra parte, dado a que gran parte de las localidades de borde costero constituyen polos de desarrollo turístico (MINVU, 2011), la presencia de estos proyectos tenderá a consolidar su vocación turística a escala regional, tanto en Maule – considerando casos como Constitución y Pelluhue – como en Biobío, con el caso de Dichato.

Entre los servicios ecosistémicos que aportan los parques de mitigación, se pueden identificar:

- Servicios de provisión: considerando el aporte en la conservación y manejo de biomasa, respecto a vegetación existente o bien proyectada; la retención y laminación de agua dulce con fines de reutilización, ya sea provenientes de escorrentías urbanas o bien de crecidas estacionales.
- Servicios de regulación: a partir de su contribución en la amortiguación de fenómenos hidrometeorológicos y tsunamigénicos que afectan con diversa recurrencia las costas y bordes fluviales; su aporte en el secuestro de dióxido de carbono y en la oxigenación de la atmósfera; la reducción de efectos de isla de calor y la regulación de drenaje e infiltración de aguas lluvias. Por otra parte, contempla la función de regulación y resguardo ante ocupaciones irregulares en áreas decretadas como zonas de riesgo.
- Servicios culturales: en términos de su aporte al desarrollo de espacios de encuentro social para la recreación, el deporte, las manifestaciones culturales, el turismo, la educación ambiental y la conservación del patrimonio ambiental del territorio.
- Servicios de soporte: dado su rol como reductos de biodiversidad para la vegetación, la fauna y – especialmente - la avifauna; como áreas de producción primaria, materia orgánica y nutrientes, considerando su funcionalidad como parche o corredor ecológico en ambientes urbanos.

A continuación, se revisarán los casos de los Parques de Mitigación diseñados y ejecutados en las localidades de Pelluhue, desarrollado en el marco del Plan de Reconstrucción Estratégico-Sustentable, y Dichato, generado a partir del Plan de Reconstrucción del Borde Costero. Habiendo transcurrido ya casi una década desde la formulación de los Planes, estos proyectos – en conjunto con el Parque de Mitigación de Constitución – se erigen como las obras de infraestructura urbana más relevantes del proceso de reconstrucción, tanto en términos de su envergadura física, su costo de inversión¹¹⁶ y su presencia en los medios de comunicación.

¹¹⁶ El monto destinado a la ejecución del Parque de Mitigación de Pelluhue ascendió a \$2.019.571.705 pesos chilenos, equivalentes a USD 2.821.000 y fracción (según Resolución_Exenta_N°2578, emitida por SERVIU Región del Maule, 2016). Por su parte, la ejecución del Parque de Mitigación de Dichato, tuvo un monto asociado a inversión \$5.343.363.000, equivalentes a aproximadamente a 7,5 millones de dólares (Seremi MINVU Región de Biobío, 2011).

4.3.1. Parque Dunar en Pelluhue

La comuna de Pelluhue se ubica en la costa de la Provincia de Cauquenes en la región del Maule, a 74 kilómetros al sur de Constitución y a 150 kilómetros de la capital regional Talca, abarcando una superficie de 371,4 kilómetros cuadrados, con una población de 7.202 habitantes (Censo INE Año 2017). En su margen occidental, abarca una extensión de 9,8 km de costa donde se emplazan las localidades de Pelluhue, Curanipe y Mariscadero, centros urbanos en los que en cada período estival se alcanza una población flotante que supera los 7.000 visitantes, duplicando el número de habitantes de la comuna (Igualt et al., 2017; GSAPP, 2015). Estos asentamientos están directamente relacionados a actividades de uso del borde costero, siendo la pesca y turismo las actividades económicas más importantes. Su estructura urbana lineal, en paralelo a la costa, está articulada por la ruta M-80-N que cruza playas, barras arenosas, desembocaduras de esteros y ríos, dunas y roqueríos. En torno a ella se desarrollan una amplia gama de actividades turísticas vinculadas principalmente al mar, junto a otras actividades relacionadas al campo y al agro, generando una convergencia de dinámicas culturales asociadas a la costa y al valle central.



Fig. 84. Centros urbanos en la comuna de Pelluhue, región del Maule. Las localidades de Mariscadero, Pelluhue y Curanipe conforman la estructura urbana de la comuna, articuladas de norte a sur por la ruta costera M-80-N. Fuente: Igualt et al. (2017)

El territorio del área urbana de Pelluhue se caracteriza por la presencia de una planicie litoral que incluye formaciones de playas y dunas, enmarcada por el cordón de relieve de la Cordillera de la Costa. Ambas unidades, cordillera y planicie, son atravesadas por el sistema hidrológico de la cuenca del río Curanilahue – a la cual se suman otros cursos hídricos menores – y cuya desembocadura al mar se desarrolla hacia el norte de la localidad.

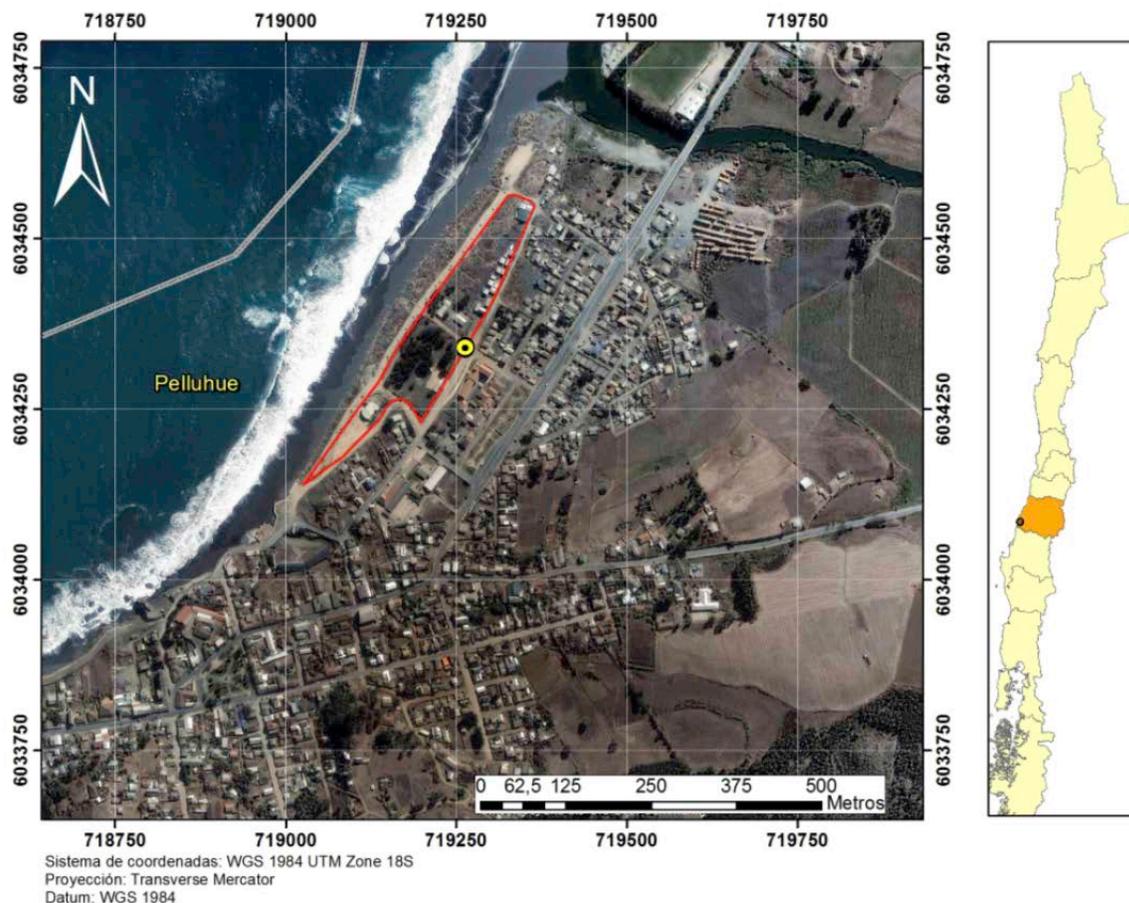


Fig. 85. Fotografía aérea del área urbana de Pelluhue, en la región del Maule. El polígono rojo indica la superficie destinada al Parque de Mitigación de la localidad, en predios que fueron afectados por el tsunami de 2010 y declarados como zona de riesgo, los cuales – mediante expropiación – son definidos como Bien Nacional de Uso Público para la ejecución del proyecto. Hacia el norte, el polígono limita con la desembocadura del río Curanilahue. Fuente: SERVIU Región del Maule (2012).

El impacto del tsunami de Febrero de 2010 en las costas de Pelluhue, según se establece en diversos informes (GSAPP, 2015; SERVIU Región del Maule, 2012; MINVU 2011), se produjo aproximadamente 25 minutos después de la ruptura provocada por el terremoto 8.8 Mw, con alturas por sobre los 14 metros y con una frecuencia de tres olas u ondas de inundación, siendo cada vez más destructivas, y con varios minutos entre cada oleaje (SERVIU Región del Maule, 2012).



Fig. 86. Vista aérea del área urbana de Pelluhue, antes y después del terremoto y tsunami de 2010. Fuente: Igualt (2015).

La cota de inundación o run-up que producen estas olas se establece en 11 metros sobre el nivel del mar, registro que determinará el modelamiento de la zona de riesgo¹¹⁷ para la localidad (SERVIU Región del Maule, 2012; PRES Pelluhue, 2010). El desastre se tradujo en una elevada proporción de víctimas fatales y afectados, respecto de la población existente, comparado con otras localidades de la región, y en un importante número de damnificados en sus viviendas. La afectación de las infraestructuras de servicios críticos en zonas de riesgo fue uno de los aspectos más relevantes del impacto del desastre en estas localidades, incluyendo las plantas de tratamiento de agua potable y algunos servicios públicos como las dependencias del municipio, con sus sistemas de comunicación, bases de datos y redes de información (GSAPP, 2015).

En este marco de afectación, el objetivo general del Plan de Reconstrucción de Pelluhue fue promover la generación, perfeccionamiento e implementación de acciones replicables que fortalezcan una visión de desarrollo sustentable para la comuna, focalizada en las zonas afectadas por el terremoto y tsunami de 2010, para un horizonte de diez años (PRES Pelluhue, 2010), para lo cual se propusieron tres objetivos específicos: primero, ajustar la conectividad estructural de la comuna de Pelluhue a su situación regional e interregional para establecer condiciones para aumentar su competitividad más allá del turismo como única base económica; segundo, rehabilitar el tejido social y urbano, a través del restablecimiento de confianzas en las instituciones y la reposición de condiciones mínimas de la estabilidad; y tercero, mitigar los daños producidos post 27F y prevenir los futuros riesgos que se pudieran producir.

¹¹⁷ Modelo digital de elevación (MDE) de topografía y batimetría de alta resolución espacial y simulación numérica, determinó las alturas máximas de tsunami en las costas de la Región del Maule. Los resultados de la modelación fueron validados con datos observados de las consecuencias del terremoto y tsunami de 1835, recopilados por Charles Darwin y Robert Fitz-Roy (Fitz-Roy, 1839). Ver metodología completa en Andrade, B.; Lagos, M. & Arenas, F. (2010) Incorporación de criterios de fragilidad ambiental y riesgo en la planificación territorial de la costa de Chile central. *Revista de Geografía Norte Grande*, 45: 5-20.



Fig. 87. Plano de inundación producida por el tsunami de Febrero de 2010 en Pelluhue. En línea roja se marca la cota máxima de inundación (run-up) en la cota 11 metros sobre el nivel del mar. Como se observa, gran parte del área afectada corresponde al borde costero y a las zonas adyacentes a la desembocadura del río Curanilahue. Fuente: PRES Pelluhue (2010).

Atendiendo a este último desafío establecido por el PRES, en términos de proveer de infraestructuras urbanas para la reducción de riesgos ante futuros eventos (PRES Pelluhue, 2010), la propuesta del Parque de Mitigación se fundamenta en las recomendaciones establecidas por OCUC (2010). Basadas en la integración de sistemas naturales pre-existentes, como las dunas y los humedales ribereños, en conjunto con obras civiles de defensa, estas recomendaciones determinarán la imagen objetivo del Parque, según se observa en las siguientes figuras.

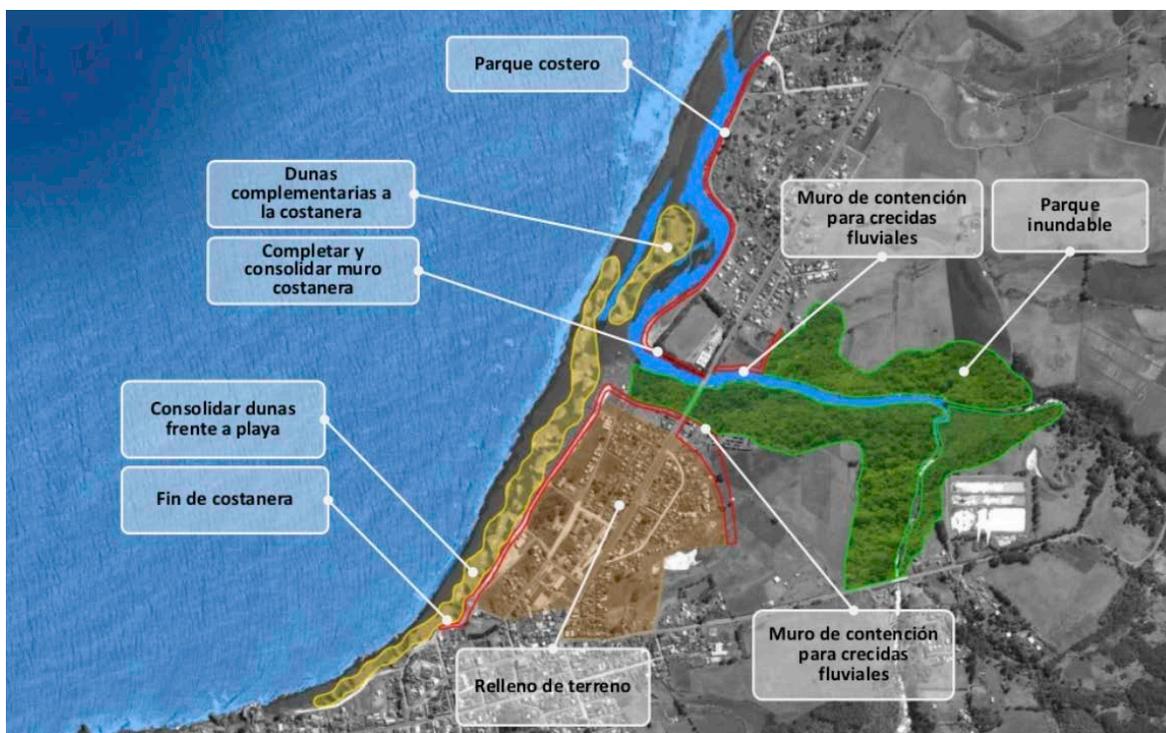


Fig. 88. Infografía con recomendaciones de infraestructuras de mitigación de impacto de tsunamis para Pelluhue. Entre ellas, destaca el énfasis en la utilización del campo dunario existente en la zona de playa, reforzado con la proyección de nuevas dunas artificiales en torno a la desembocadura del río Curanilahue. En sus riberas, se propone establecer áreas de inundación controlada, reguladas mediante la conservaciones de humedales ribereños existentes. Fuente: OCUC (2010).

Mediante el decreto de zona de riesgo de inundación crítica¹¹⁸ para la franja urbana de primera línea de costa – que deriva en la expropiación de los terrenos privados ubicados en ese espacio y la relocalización de las viviendas y equipamientos afectados – el borde costero gana mayor espesor y se convierte en una potencial franja mitigadora constituida secuencialmente por el área de playa, el cordón de dunas, la proyección del parque y la consolidación de la vialidad de la costanera. En relación al desarrollo técnico del proyecto, una vez concluida la fase del PRES, se convoca a una licitación pública para la adjudicación del diseño ejecutivo del proyecto del Parque, en este caso adjudicado a la oficina de Arquitectura AURA.

¹¹⁸ Equivalente a la zonificación de riesgo establecida para Constitución, basada en el modelamiento de Andrade, B.; Lagos, M. & Arenas, F. (2010)



Fig. 89. Propuesta conceptual del Parque de Mitigación de Pelluhue. Se observa la imagen objetivo del parque como sistema de mitigación conformado por la acción de franjas dunarias naturales y artificiales. Éstas son reforzadas con coberturas vegetacionales e infraestructuras de contención construidas para complementar la defensa ante inundaciones provocadas por marejadas y tsunamis y, a mismo tiempo, contribuir a la movilidad y a la habilitación de programas recreativos en el borde costero. Fuente PRES Pelluhue (2012).

Las estrategias de diseño del Parque de Mitigación consideran, por un lado, el *modelamiento topográfico* del terreno, acentuando el relieve del sistema dunario existente y prolongándolo longitudinalmente en todo el frente costero del área urbana central. La nueva topografía resultante es estabilizada mediante diversos estratos de vegetación y reforzada con infraestructuras de pilotaje – fundaciones de contención de rollizos de madera – en conjunto con contenciones de gradas de hormigón que a la vez son utilizadas para el desarrollo de programas recreativos.



Fig. 90. Modelamiento topográfico y fitoestabilización de dunas en Parque de Mitigación de Pelluhue. Contención mediante pilotaje. Fuente: Autor, 2017.



Fig. 91. Modelamiento topográfico de dunas en Parque de Mitigación de Pelluhue. Contención mediante gradas de hormigón. Fuente: Autor, 2017.

Como se observa en los planos de secciones del proyecto (fig. 139), las alturas de la topografía alcanzan variaciones de hasta 4 metros, contribuyendo a aumentar significativamente la rugosidad del suelo y, con ello, a la disipación de la fuerza y velocidad de entrada de la inundación hacia el área urbana. La contención de estas dunas contempla también la habilitación de circulaciones peatonales en los diversos niveles, las cuales actúan como elementos de refuerzo para la estabilización del sistema.

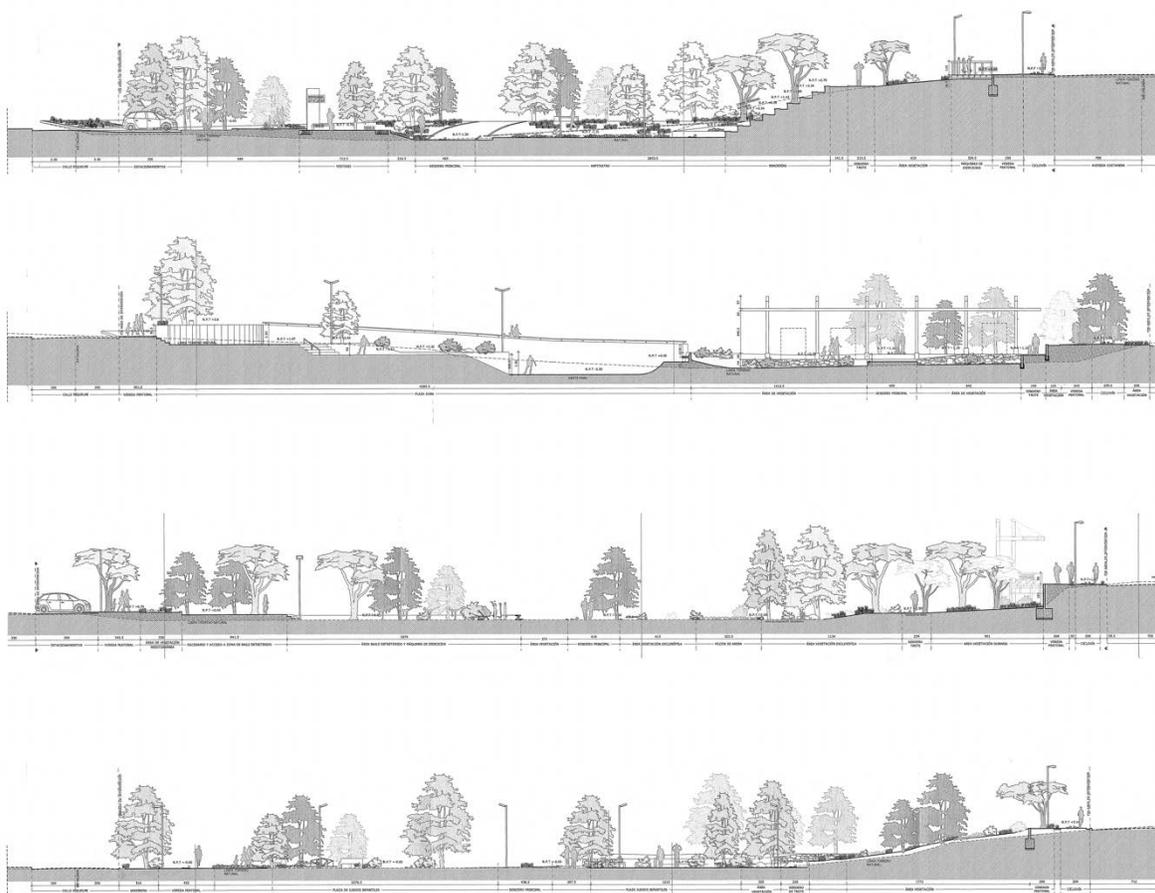


Fig. 92. Secciones transversales establecidas en el proyecto de Arquitectura, Paisajismo y Especialidades de Construcción del Parque de Mitigación de Pelluhue. Se observan los movimientos topográficos asociados al diseño de las dunas para la disipación de la inundación en el área urbana de la localidad. Fuente: SERVIU Región del Maule (2012).

Por otra parte, el proyecto define estrategias *ecológico-paisajísticas* asociadas al uso de sistemas de vegetación como parte de la infraestructura de mitigación. Sus componentes se destinan tanto a la conservación y fitoestabilización de las dunas, mediante la disposición de cubresuelos, herbáceas y arbustos rastreros, como al aumento de la rugosidad de la superficie del Parque, con la finalidad de establecer un buffer de amortiguación ante eventos de inundación, a través de alineaciones de árboles. Este arbolado también se destina a proveer de condiciones de protección – a nivel de proyección de sombra, retención de humedad y barrera ante la salinidad del aire – para el crecimiento de otras especies de arbustos y arboles, principalmente nativos (SERVIU Región del Maule, 2012). Según se observa en la documentación técnica del proyecto, estas estrategias proponen la configuración de tres zonas o franjas, cada una caracterizada por asociaciones de especies dispuestas para cumplir un determinado rol, que en suma conforman el sistema de infraestructura verde del proyecto.

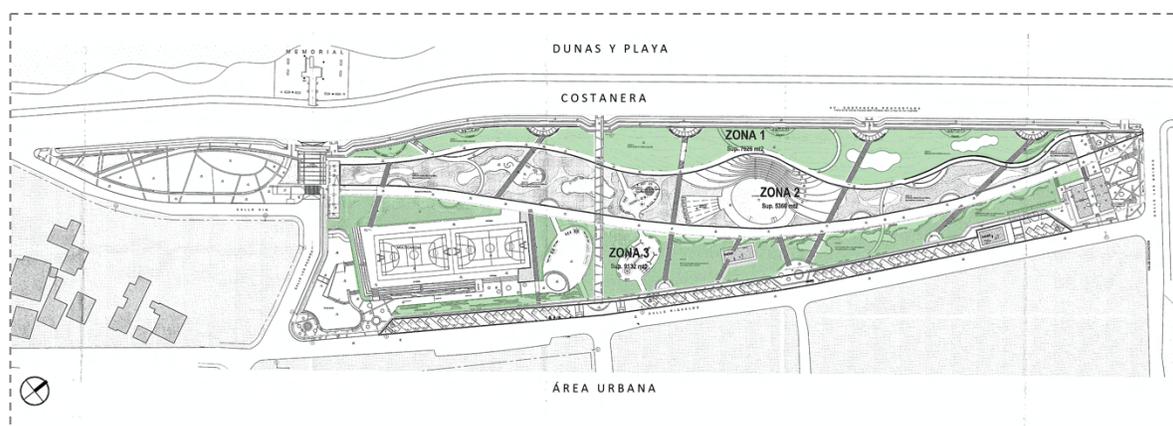


Fig. 93. Planta General del Parque de Mitigación de Pelluhue. Se observan las tres zonas de vegetación establecidas en el proyecto. Fuente: SERVIU Región del Maule, (2012).

La primera franja define un borde de arbolado conformado por alineaciones densas de *Cupressus macrocarpa* (Cipreses), acompañados por estratos bajos a lo largo de los costados de la costanera, donde se incluyen especies de gramíneas, cubresuelos, bromeliáceas y arbustos nativos de hábitats costeros. Las alineaciones de Cipreses cumplen una doble función: por una parte se presentan como barrera o filtro ante la influencia marina, especialmente en atención a la salinidad de aire y suelos, y además como un tamiz frente al

fuerte viento imperante durante gran parte del año. Las otras especies consideradas para esta franja son *Ammophila arenaria*, comunmente conocida como Coiron, en asociación con una mezcla de arbustos bajos tales como *Bahia ambrossioides* (Chamiza blanca), *Eryngium paniculatum* (Chupalla), *Puya chilensis* (Chagual) y, por último, *Carpobrotus aequilaterus* (Doca), utilizado como cubresuelo dunar.

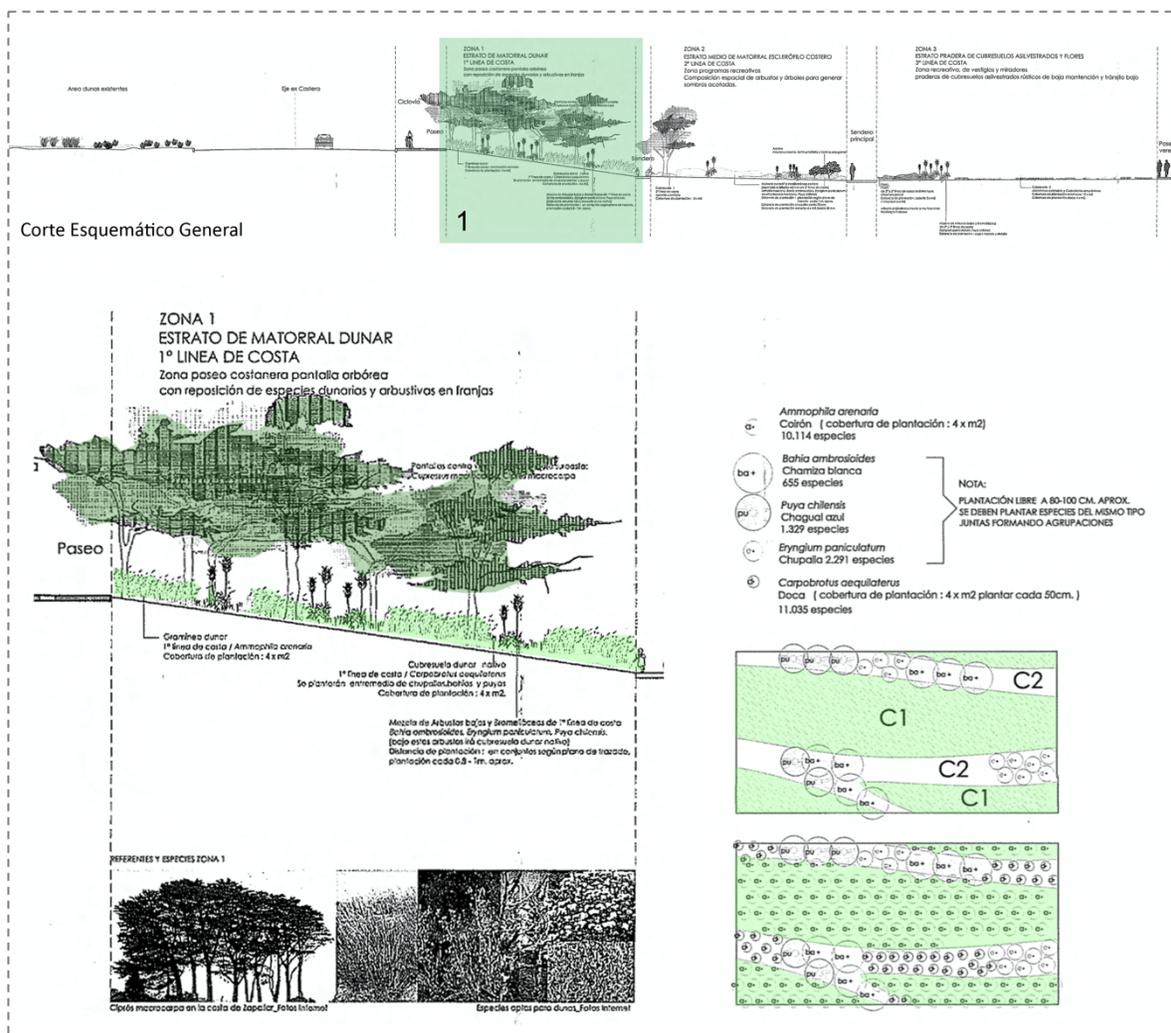


Fig. 94. Planos del Parque de Mitigación de Pelluhue, primera franja de vegetación (zona 1). Arriba, sección transversal esquemática con las tres zonas establecidas en el proyecto. Abajo, izquierda, detalle de Zona 1. A la derecha, esquemas de plantación de arbustos, herbáceas y cubresuelos. Fuente: SERVIU Región del Maule, (2012).

La segunda franja abarca el cambio de pendiente hacia el interior del Parque, ocupando la ladera más protegida del frente marítimo respecto al viento, la salinidad y la erosión eólica de la arena. Esta zona considera la presencia de *Cupressus macrocarpa* en una menor densidad de plantación, acompañados por un desarrollo mixto de matorral esclerófilo mediterráneo costero, con especies arbóreas de mediana altura tales como *Maytenus boaria* (Maitén), *Schinus latifolia* (Molle) y *Schinus polygamus* (Huingán), junto a un estrato arbustivo conformado por *Armeria maritima* (Armería), *Bahia ambrossioides*, *Eryngium paniculatum* y *Puya chilensis*. Y como cubresuelos, se propone *Aptenia cordifolia* (Aptenia).

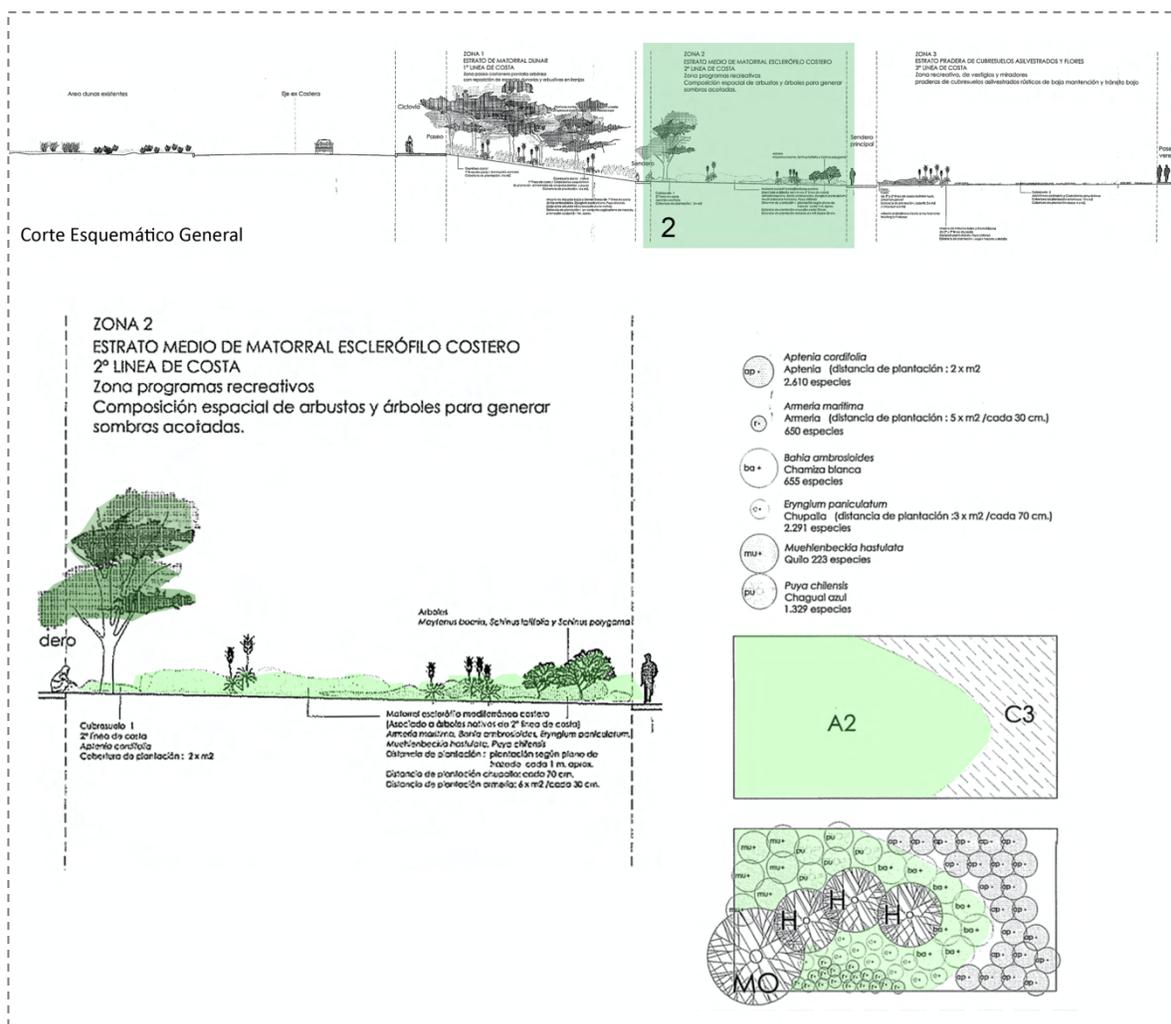


Fig. 95. Planos del Parque de Mitigación de Peluhue, segunda franja de vegetación (zona 2). Arriba, sección transversal esquemática con las tres zonas establecidas en el proyecto. Abajo, izquierda, detalle de Zona 2. A la derecha, esquemas de plantación de arbustos, herbáceas y cubresuelos. Fuente: SERVIU Región del Maule, (2012).

La tercera zona corresponde a una ladera de pendiente suave, adyacente al área urbana, que posee una alta exposición al sol. En ella se disponen praderas y arbustos bajos, bordeando los programas recreativos y deportivos del Parque, con especies tales como *Limonium perezlyi* (Lavanda marina), *Lobelia tupa* (Tabaco del diablo), *Carpobrotus aequilaterus* y *Arctotheca calendula* (Filigrana).

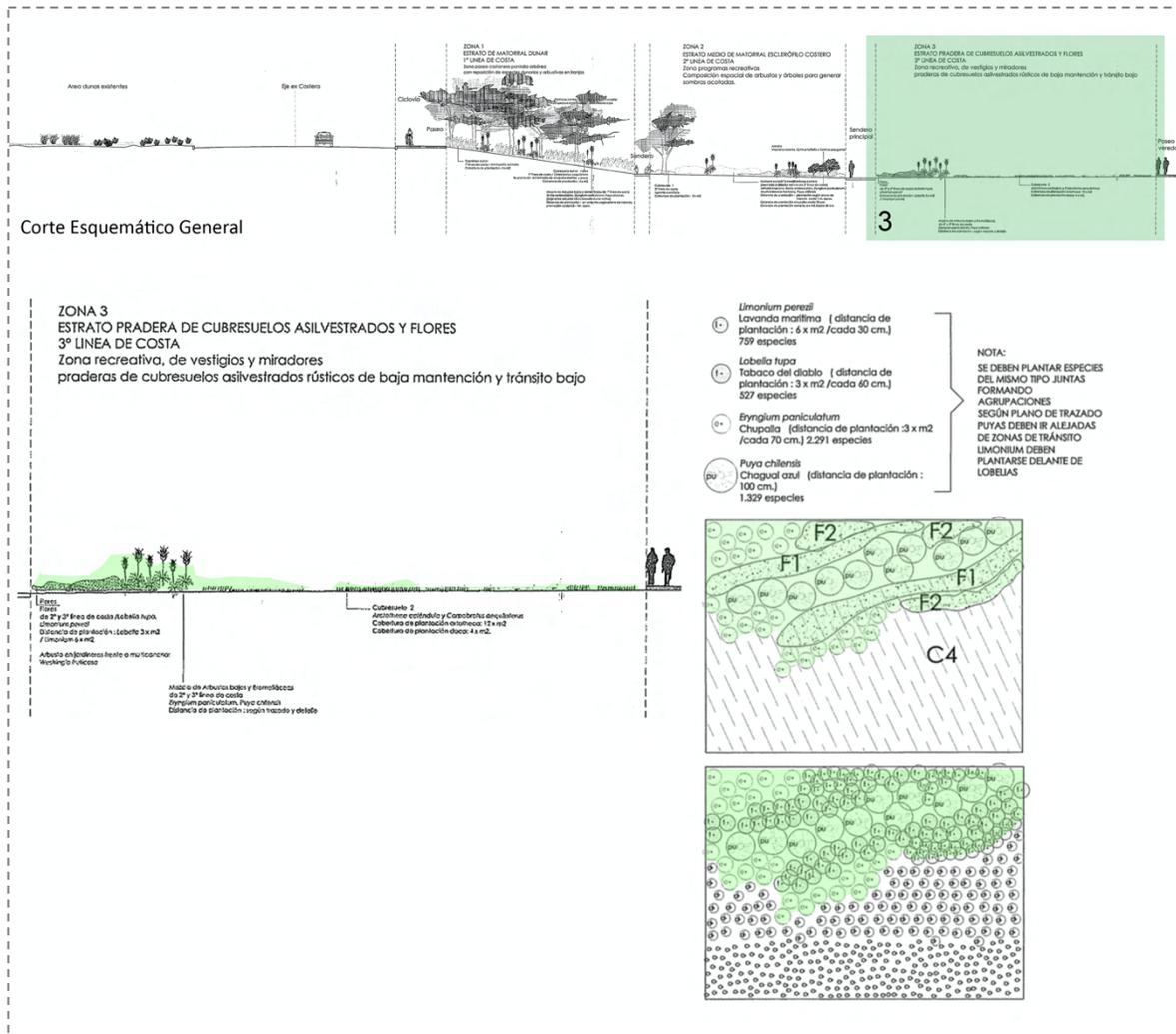


Fig. 96. Planos del Parque de Mitigación de Pelluhue, tercera franja de vegetación (zona 3). Arriba, sección transversal esquemática con las tres zonas establecidas en el proyecto. Abajo, izquierda, detalle de Zona 3. A la derecha, esquemas de plantación de arbustos, herbáceas y cubresuelos. Fuente: SERVIU Región del Maule, (2012).

4.3.2. Parque de Borde Costero en Dichato.

La localidad de Dichato se ubica en el sector litoral de la comuna de Tomé, 32 kilómetros al norte de la ciudad de Concepción, capital de la región del Biobío cuya área metropolitana es la segunda más poblada¹¹⁹ de Chile, después de Santiago. Al igual que lo mencionado para el caso de Pelluhue, la localidad posee un paisaje dual entre su lado oriente, de carácter rural, y el sector poniente, de carácter litoral, en el cual se concentran los principales centros poblados de la comuna: Tomé, capital comunal, Dichato, Rafael y Menque.

Dichato, con una población estable de 3.488 habitantes para el año 2010 (INE, 2017), es el balneario comunal de mayor importancia, con un carácter principalmente turístico que presenta un fuerte aumento de población en época estival, proveniente principalmente desde Concepción y otras ciudades del interior. En este sentido, sus actividades socioeconómicas están principalmente relacionadas con el turismo, seguidas por la pesca artesanal (PRBC Dichato, 2010).

La localidad se emplaza en el sector sur de la Bahía de Coliumo, y posee una extensión de 2400 metros de playa, la cual se cierra por grandes roqueríos y con una leve pendiente marina (Carstens & Huepe, 2010). Se caracteriza por ser una bahía cerrada y con conformación de herradura, de aguas tranquilas y frías, la que por su configuración territorial es propensa a efectos de tsunami ya que *induce a la resonancia y/o refracción favoreciendo su ingreso por esteros y ríos* (PRBC Dichato, 2010: 12). Asimismo, la presencia de diversos esteros que recorren desde la coren la bahía generan zonas susceptibles de inundación por marejadas y tsunamis, al favorecer el ingreso del mar en sus áreas de desembocadura.

En particular, el estero Dichato, ubicado al nor-este del área urbana, facilitó el paso del tsunami a través de su desembocadura del estero como un embudo, acelerando la fuerza

¹¹⁹ La población del Área Metropolitana de Concepción, que abarca un total de 10 comunas, asciende a 1.322.581 habitantes (INE, 2017).

hidrodinámica y avanzando más de 700 metros¹²⁰ hacia el interior desde la línea de la costa, según informa el PRBC de Dichato (2010). La columna de agua alcanzó los 6,5 metros de altura y en áreas centrales alcanzó una velocidad de 3,5 metros/segundo (PRBC Dichato, 2010).



Fig. 97. Cambios en la morfología y dinámica de la desembocadura del estero Dichato, a partir de su registro en 2006, 2010 – cuando fue afectado por el tsunami – y 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth ©.

Según Cartes (2012), entre el frente urbano costero y la orilla de la playa existía un sistema de dunas con vegetación rastrera, que se vio afectado en las últimas décadas por ocupaciones irregulares de terrenos con edificaciones de diversa envergadura y uso, principalmente asociados a segunda vivienda y equipamiento turístico de carácter informal, generando un crecimiento urbano hacia la línea alta de marea y una nivelación de las dunas para acceder visualmente al mar. Algo similar ocurrió con la desembocadura del estero, constituida como una marisma con vegetación, siendo urbanizada y aumentando el riesgo de inundación (Op.cit). Estos componentes del paisaje, como se ha señalado en esta investigación, suponen un dispositivo natural de amortiguación de impactos en eventos de marejadas y tsunamis, los cuales al ser modificados, aumentan la vulnerabilidad de las localidades.

¹²⁰ Por otra parte, Belmonte et al. (2011) y Cartes (2013) estiman el ingreso del tsunami en 1,3 kilómetros hacia el interior.

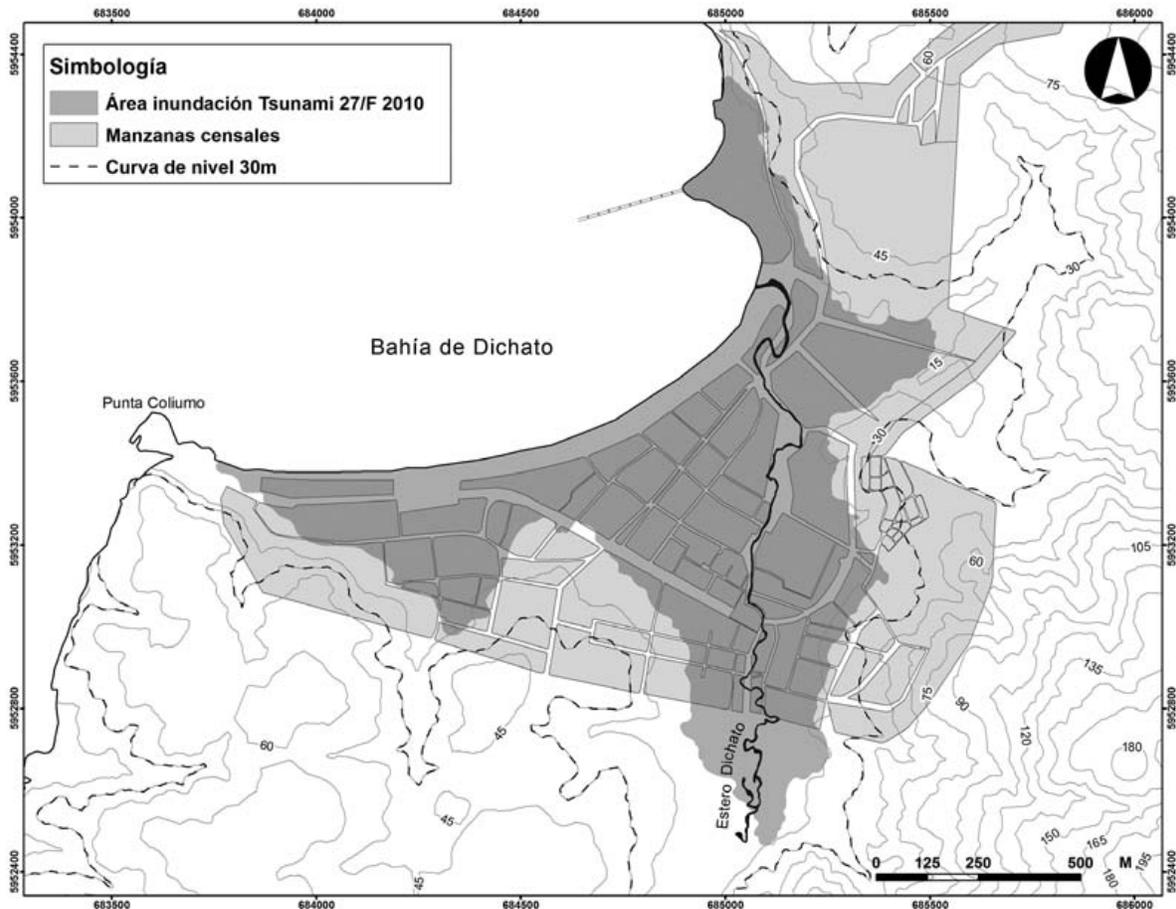


Fig. 98. Mapa de inundación producida por el tsunami de Febrero de 2010 en Dichato. En gris oscuro se muestra la zona más afectada, correspondiente al 80% del total del área urbana. Fuente: Plan de Reconstrucción de Borde Costero, Plan Maestro de Dichato (2010).

Los principales daños ocasionados por el tsunami en Dichato se concentraron justamente en la primera línea de borde costero y en la llanura aluvial del estero Dichato, cuyas altimetrías mínimas contribuyeron a propagar la inundación hacia tierra adentro, extendiéndose hasta el piedemonte de la bahía de Coliumo (PRBC Dichato, 2010). La destrucción alcanzó un 80% en el plano y centro histórico, inundándose más de 80 hectáreas del área urbana, de una superficie total de 112,9 hectáreas.



Fig. 99. Borde costero de Dichato, en febrero de 2010, a pocas horas del impacto del tsunami. Fuente: Baeriswyl, Sergio (2010).

En el marco del Plan de Reconstrucción de Dichato, desarrollado por un consorcio de Universidades y entidades privadas lideradas por el Gobierno Regional del Biobío, se establecieron lineamientos conceptuales y técnicos para proponer estrategias de reducción de riesgo ante eventos futuros de similares características al ocurrido (PRBC, 2010). Basadas en la integración de soluciones de ingeniería para la implementación de defensas construidas y de soluciones de infraestructura verde, estas estrategias se reúnen bajo el concepto de Parque de Mitigación, en continuidad a la experiencia que ya se desarrollaba en la ciudad de Constitución. Atendiendo a los desafíos planteados por el escenario geográfico determinado por el borde costero de la bahía, la desembocadura y la llanura fluvial del estero Dichato, el plan define de manera simultánea un sistema de mitigación conformado por 3 parques: el *Parque Costanera*, el *Bosque de Mitigación* y el *Parque del Estero* (PRBC Dichato, 2010).

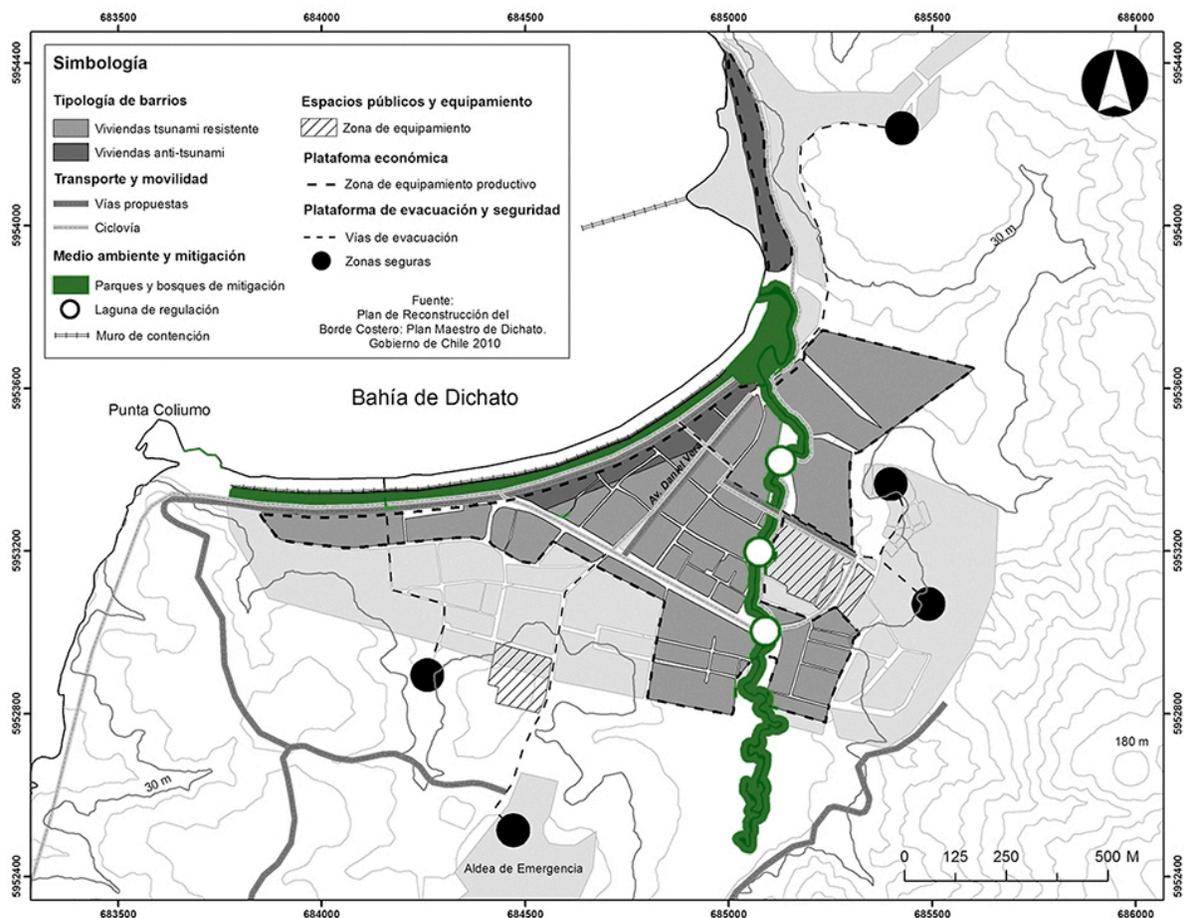


Fig. 100. Mapa síntesis de estrategias de reducción de riesgos para Dichato, desarrolladas en el marco del Plan de Reconstrucción. En color verde se grafica el sistema de parques de mitigación propuestos para el borde costero, la desembocadura y el estero Dichato, que fueron las zonas más afectadas por el tsunami de 2010. Fuente: Plan de Reconstrucción de Borde Costero, Plan Maestro de Dichato (2010).

A modo general, a partir del desarrollo de anteproyectos que incluyeron la simulación de escenarios de desastre mediante modelación numérica¹²¹, el Plan Maestro define las características principales de estos proyectos:

¹²¹ Basadas, al igual que para el caso de Constitución, en el código TUNAMI (Siglas de Tsunami Code of Tohoku University). Según señala Cartes (2013), se modelaron cuatro soluciones probables resultando más efectiva una estrategia combinada de un muro defensivo de costanera, con una altura de coronamiento sobre el nivel del mar de 5,5 metros, una franja de parque de costero cuya misión principal es desgastar la energía hidrodinámica del tsunami, el relleno del delta del estero con un bosque denso de contención, y finalmente un parque ribereño y muros defensivos en ambos costado del curso hídrico. Todo ello en su conjunto logra aminorar un 57% la velocidad del agua y disminuir la altura de inundación en un 25%. (Cartes, 2013:37).

- Parque Costanera de Dichato: conformado principalmente por un muro rompeolas de una altura promedio de 5,5 metros sobre el nivel del mar, que se desarrolla a lo largo de todo el frente costero urbano de la localidad, al cual se le anexa un paseo peatonal costanera que se acompaña de una franja arbolada de 20 metros de ancho, en promedio. Abarca una longitud de 1,2 kilómetros y una superficie de 2 hectáreas.
- Bosque de Mitigación de la Desembocadura: generado a partir del relleno de la cota natural con un terraplén de 3 metros sobre el nivel del mar, sobre el cual se propone una masa de arbolado plantada con alta densidad. Comprende 1,7 hectáreas.
- Parque del Estero Dichato: desarrollado a lo largo del cauce en una superficie de 2 hectáreas, con un ancho de sección de 10 metros por cada ribera, incluye la recuperación de la cobertura vegetal y la implementación, de una secuencia de lagunas de retención, como medida de protección de las inundaciones por desbordes en eventos de precipitaciones extremas.

Concluida la fase del Plan Maestro, el posterior desarrollo técnico de los proyectos ejecutivos va a quedar, por una parte, en manos del Estado – a través de la Dirección de Obras Portuarias (DOP), del Ministerio de Obras Públicas (MOP) – y por otra parte, a cargo de la oficina de Arquitectura Grupo Moebis.

	Parque costero	Bosque desembocadura	Parque del estero
Área de intervención	2 hectárea	1,7 hectárea	2 hectárea
Porcentaje urbano	1,77	1,5	1,77
Proyectista	MOP	Grupo Moebis	Grupo Moebis

Tabla 9. Información de entidades responsables del diseño ejecutivo de los tres proyectos de Parques de Mitigación de Dichato. Fuentes oficiales del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en diversos medios de prensa, han comunicado que el monto total de inversiones por estos tres proyectos asciende a 16 mil millones de pesos chilenos, equivalentes a poco más de 22 millones de dólares. Fuente: elaboración propia en base a consultas de fichas de licitaciones públicas en la plataforma Mercado Público (<https://www.mercadopublico.cl>)

A diferencia de las estrategias propuestas para la Desembocadura y el corredor fluvial del Estero, que contemplan el rol activo de los sistemas de vegetación como infraestructura de amortiguación y disipación de impactos de tsunamis, el *Parque Costanera* basa su funcionalidad principalmente en el rol de contención del muro rompeolas, que a su vez define un nuevo nivel topográfico de todo el frente costero del área urbana, en una extensión de casi 2 kilómetros. Esta nueva topografía consolida además un paseo peatonal en altura respecto a la zona de playa, favoreciendo la accesibilidad de visitantes y el desarrollo de equipamiento turístico a lo largo de su recorrido. Si bien esta solución es complementada con una franja de vegetación, como se observa en la siguiente figura, la magnitud de su sección y la densidad de plantación que se observa en ella dan a entender que no es relevante como dispositivo de amortiguación de impactos, como sí ocurre en el caso del Parque de Mitigación de Constitución. Lo que comparten ambas iniciativas, en materia de regulación de usos, es asegurar esta primera zona de riesgo crítico como Bien Nacional de Uso Público ante eventuales ocupaciones irregulares.



Fig. 101. Sección tipo del Parque de Mitigación del Borde Costero. En la imagen se observan los principales elementos que lo conforman: el muro rompeolas, cuya altura respecto al nivel del mar alcanza los 5,5 metros, aunque su altura efectiva desde el nivel medio de la playa no supera los 3 metros. A lo largo del Parque se dispone un buffer de arbolado de 20 metros de ancho. Fuente: Plan de Reconstrucción de Borde Costero, Plan Maestro de Dichato (2010).



Fig. 102. Ejecución del muro rompeolas del Parque de Mitigación del Borde Costero. En la imagen se observa la magnitud de las obras civiles de las estructuras de fundación del muro rompeolas, que posteriormente darán lugar sostener el parque y su nuevo nivel topográfico según se señala en la imagen anterior. Fuente: Baeriswyl, Sergio (2011).

El Parque *Bosque de Mitigación*, plantea perfilar el cauce y riberas del estero Dichato en su zona de desembocadura, siguiendo la forma serpenteante de sus meandros – desdibujados por la acumulación de sedimentos y escombros arrastrados por el ingreso y salida del tsunami – y reconstruyendo la barra de la desembocadura que se vio afectada por el desastre. Para ello, se establece un modelamiento topográfico que aumenta la cota de los terrenos colindantes al cauce, hasta alcanzar una nueva cota de 4,5 metros sobre el nivel del mar. Para colaborar en la contención de esta primera estrategia topográfica, se contempla una estructura de gaviones escalonados en los márgenes del cauce.

Por otra parte, el parque establece estrategias de diseño de los sistemas de vegetación mediante una secuencia de capas que van conformando el buffer de amortiguación y disipación, de la siguiente manera:

- Primera barrera: consiste en una franja de 10 metros de ancho en promedio, con alineaciones de arbolado que sirven de protección para el desarrollo de las siguientes capas, a modo de filtro. En tal sentido, se privilegian especies resistentes a las condiciones salinas del ambiente marino, tales como *Acacia melanoxylon* y *Cupressus macrocarpa*. Para la fitoestabilización del terreno modelado, se contempla *Ammophila arenaria*.
- Segunda barrera: considera una franja de alta densidad de plantación, de 1.600 ejemplares por hectárea, siendo el núcleo clave para la mitigación de la fuerza y velocidad del flujo ante la irrupción del tsunami.
- Tercera barrera: con un ancho de 10 metros, cumple una función asociada a complementar la disipación generada por la segunda barrera y, a la vez, constituye el frente urbano del parte.

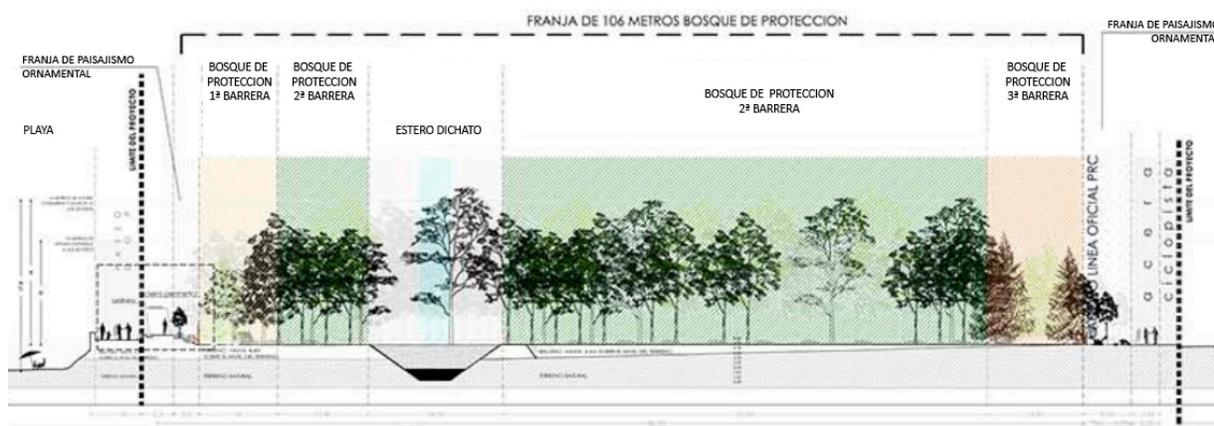


Fig. 103. Sección tipo del Bosque de Mitigación en la desembocadura del Estero Dichato. De izquierda a derecha se grafica: zona de playa; alzamiento topográfico de terraplén a 4,5 metros sobre nivel del mar; franja de paisajismo ornamental; primera barrera de bosque de mitigación; segunda barrera; cauce del Estero Dichato; segunda barrera (continuación); tercera barrera; franja de paisajismo ornamental (hacia la ciudad). Fuente: SERVIU Región del Biobío (2012).

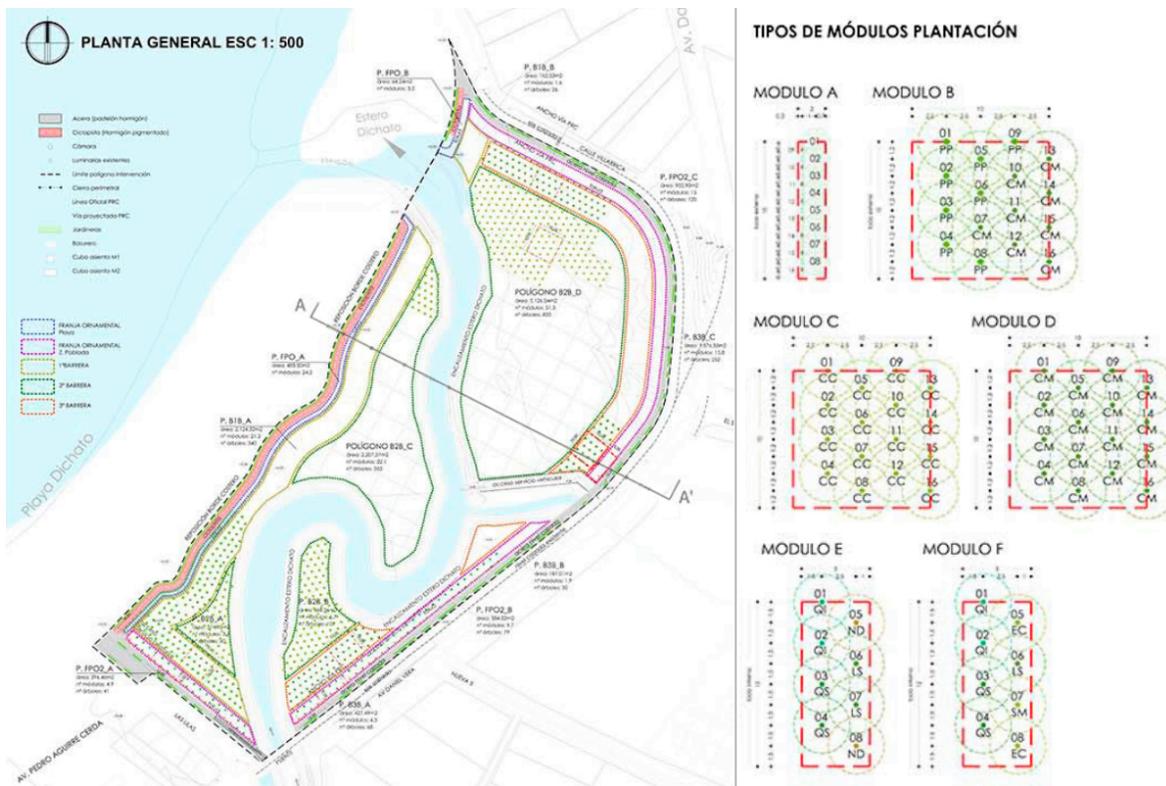


Fig. 104. Plano general del Parque Bosque de Mitigación de Dichato. A la izquierda se observa la conformación de las franjas o barreras de vegetación, graficados también en la sección tipo (A-A') indicada en la figura anterior. A la derecha, se muestran módulos con diversos esquemas de densidades de plantación para las franjas. Fuente: SERVIU Región del Biobío (2012).

El *Parque del Estero* cumple un rol fundamental en el sistema integrado de reducción de riesgos para Dichato, ya que se trata de una medida de protección de gran extensión para toda la zona baja de la localidad, cercana al curso fluvial. La propuesta contempla consolidarlo como un corredor verde capaz de otorgar servicios ecosistémicos de regulación ante crecidas estacionales y además aportar servicios de recreación y esparcimiento para la localidad. Ello, mediante la posibilidad de incorporar diseño urbano al interior del parque, lo que no suele realizarse en los bosques de mitigación, que más bien utilizan sus bordes debido a la alta densidad de plantación.

El proyecto considera, al igual que el diseño de la desembocadura, un modelamiento topográfico que aumenta la cota de las riberas, hasta alcanzar los 4,5 metros sobre el nivel del mar, para encajonar el cauce y asegurar una mayor capacidad hidráulica. Asimismo, se contempla una estructura de gaviones escalonados en los márgenes del cauce, para colaborar en la contención del terreno. En ambas riberas, se establecen sistemas de vegetación mediante una secuencia de dos capas de árboles y arbustos que conforman el buffer de amortiguación, consolidando su rol como infraestructura verde de mitigación. Si bien el anteproyecto desarrollado en el plan maestro incluía lagunas de retención, el diseño definitivo del parque finalmente no las aborda, sustituyendo ese componente mediante la ampliación de la capacidad del cauce con un mayor ancho y profundidad.

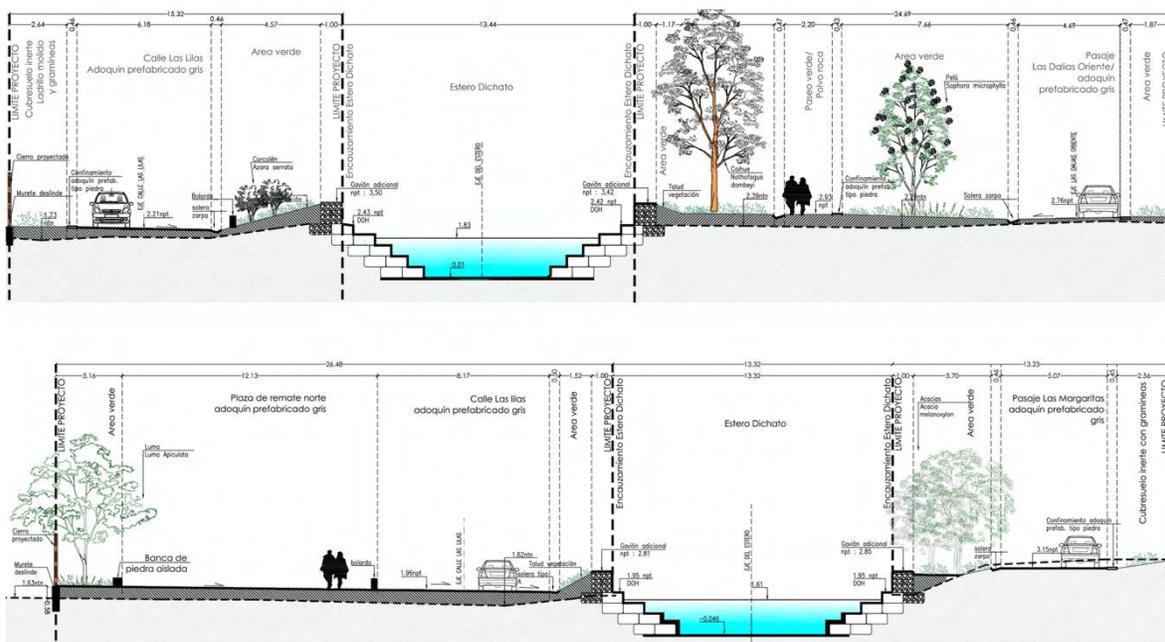


Fig. 105. Secciones tipo del Parque del Estero Dichato. Se observa el tratamiento de los bordes del cauce con un reforzamiento de gaviones escalonados y en los márgenes de las riberas una franja de amortiguación establecida con tratamiento de vegetación y espacios públicos. Fuente: SERVIU Región del Biobío (2012).

Junto a estas iniciativas, el Plan de Reconstrucción contempla además una serie de proyectos de equipamiento, infraestructura y vivienda, los cuales se grafican en la siguiente figura.

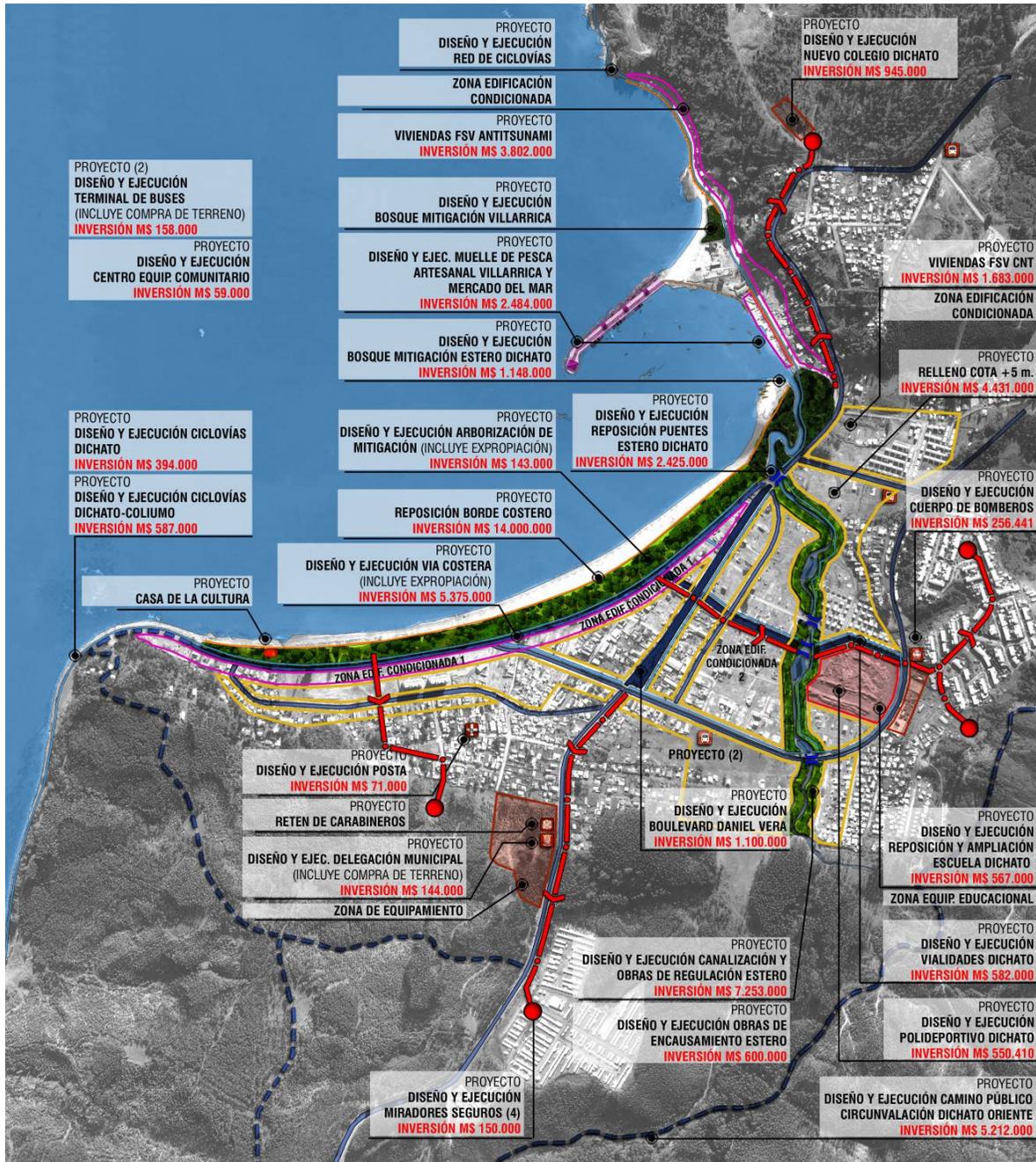


Fig. 106. Cartera de Proyectos del Plan Maestro de Dichato. A los Parques de Mitigación proyectados en la zona costera, la desembocadura y el corredor del estero, se suman un conjunto de iniciativas de inversión propuestas en diversos sectores de la localidad. Fuente: Plan de Reconstrucción de Borde Costero, Plan Maestro de Dichato (2010).

Capítulo 5: Resultados y conclusiones

Hacia un modelo de resiliencia urbana desde el paisaje: Formulación de lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios técnicos para el diseño de Parques de Mitigación.

El análisis de los casos de Parques de Mitigación desarrollados en las regiones del Maule y Biobío, expuesto en el capítulo anterior, aporta una serie de estrategias y criterios de diseño asociadas a una concepción de infraestructura híbrida, que combina el despliegue de soluciones construidas junto al manejo de componentes naturales, asociados principalmente al modelamiento de suelos y la configuración de buffers de vegetación en diversos estratos. El sistema en su conjunto, puede comprenderse al mismo tiempo como una operación multipropósito de carácter infraestructural y paisajística, destinada por un lado a otorgar resguardo ante fenómenos extremos de inundaciones generadas por tsunamis, marejadas y otros eventos hidrometeorológicos, así como también de proveer de espacios sociales de ocio y esparcimiento en contextos de borde costero, conformando ámbitos públicos de reclamación y accesibilidad hacia un paisaje que – en muchos casos – ha permanecido durante largo tiempo ocupado para fines privados.

No obstante, el análisis de los Parques de Mitigación post 27F devela también una brecha respecto a los actuales lineamientos conceptuales y criterios técnicos de diseño que se evidencian en la experiencia internacional, no sólo en materia específica de estrategias de mitigación ante tsunamis, sino en el amplio panorama de casos asociados a otros fenómenos de desastres, como se ha expuesto en el segundo capítulo de esta investigación. Asimismo, de acuerdo a lo que se explica a continuación, la revisión inédita, detallada y conjunta de los expedientes de proyecto de los Parques de Constitución, Pelluhue y Dichato, exhibe problemas de coherencia entre las estrategias de mitigación y las operaciones de diseño declaradas, respecto a la implementación llevada a cabo, en atención a los rangos de amortiguación de impactos de tsunami esperados para este tipo de infraestructura.

Por un lado, como ya se ha señalado, en los procesos de formulación de los Parques de Mitigación desarrollados en el marco de los planes de reconstrucción de localidades costeras post tsunami de 2010, se ha argumentado el rol del diseño del paisaje concebido como infraestructura verde para la reducción de riesgo ante futuros eventos de desastre. En esta consideración, el énfasis ha estado puesto en la construcción de nuevos paisajes, incluyendo la disposición coordinada de componentes construidos, operaciones topográficas y sistemas de vegetación, configurados en su conjunto como dispositivos complementarios, colaborativos e interdependientes de amortiguación. Sin embargo, la discusión respecto a la conservación, manejo y restauración de sistemas naturales remanentes – tales como humedales costeros, sistemas dunarios y bosques de ribera, entre otros ecosistemas – ha estado ausente de estos procesos de planificación y diseño.

Comprendidas como importantes infraestructuras verdes en contextos de vulnerabilidad y riesgo de desastres a partir de los servicios ecosistémicos de regulación que aportan, este tipo de sistemas ha sido la base de planes y proyectos planteados para la adaptabilidad y reducción de riesgo en territorios costeros, como se ha evidenciado en los diversos casos expuestos en el segundo capítulo de esta investigación¹²². En las localidades costeras del centro sur de Chile, las unidades de paisaje donde se proporcionan estos servicios – que generalmente se encuentran reducidas, fragmentadas y degradadas – se pueden gestionar y conservar mediante iniciativas de planificación y diseño basadas ya no sólo en objetivos de preservación ecológica, sino en un afán de comprenderlos como componentes estratégicos para la resiliencia urbana (Reed, 2015), internalizando su funcionalidad en las propuestas de planes y proyectos de Parques de Mitigación.

De acuerdo a lo señalado por diversos autores (Bélanger 2016; Vásquez, 2016; Reed, 2015; Battle 2011; Carpenter y Folke 2006), abordar esta dimensión ecosistémica implica ampliar el alcance de la escala del proyecto hacia la planificación del mosaico de paisaje en su

¹²² Tales como: el proyecto Blue Dunes, desarrollado por WXY Architecture + Urban Design y WEST 8 Landscape Architecture para Rebuild by Design Hurricane Sandy Design Competition; el proyecto Public Sediment, de SCAPE, realizado en el marco de la iniciativa Resilient by Design: Bay Area Challenge; The Sand Engine, implementado en la provincia de Zuid Holland y; Resilient Boston Harbor, desarrollado por la Ciudad de Boston en 2018, ampliando a una escala mayor de infraestructura verde el sistema de parques originalmente proyectado por Frederick Law Olmsted a fines del siglo XIX.

dimensión espacial y ambiental mayor, expandiendo su influencia hacia un nivel comunal y regional, promoviendo sinergias con las estrategias de diseño y construcción de infraestructuras de mitigación, en conjunto con otras zonas y componentes del territorio, en materia de adaptabilidad y resiliencia ante desastres.

Por otra parte, en relación a aspectos técnicos referidos a las estrategias de mitigación ante tsunamis y las operaciones de arquitectura del paisaje implementadas, su diseño y posterior ejecución exhibe incongruencias que han podido detectarse mediante la revisión sistemática e integrada de los expedientes de anteproyecto, proyecto ejecutivo y registro de obras ejecutadas, cuya documentación se encuentra hasta la fecha dispersa y fragmentada en distintos archivos generados desde el año 2010. Tomando como ejemplo el caso del Parque de Mitigación de Constitución, en él se establecieron principios conceptuales y criterios técnicos en una primera fase de desarrollo de anteproyecto, basados en los fundamentos aportados por la experiencia de infraestructuras de mitigación asociadas a sistemas de bosques costeros, cuya principal referencia se vincula a su tradición histórica en Japón (Tanaka, 2010), siendo su efectividad estudiada en años recientes a partir del evento de tsunami en Indonesia y Sri Lanka el año 2004 (Forbes & Broadhead, 2008), como también en Japón post tsunami de 2011 (Renaud & Murti 2013). Asimismo, para la modelación matemática de las estrategias de diseño de los componentes de topografía, vegetación y defensas construidas – planteadas como un sistema interdependiente y sinérgico que opera de manera conjunta para disminuir el impacto del tsunami en su entrada al continente – se utilizó el coeficiente de Manning, factor que establece el grado de rugosidad necesaria para la disipación del tsunami en términos de su velocidad, volumen y fuerza de impacto (JICA, 2018; Kotani et al., 1998; Arcement & Schneider, 1989).

Si bien estos parámetros de diseño se establecieron desde la experiencia de la efectividad de los sistemas de bosques costeros ante similares eventos y fueron modelados numéricamente en base al coeficiente de Manning, estableciendo un valor esperable de 0.23 (Lagos, 2012), su puesta en práctica en la fase de ejecución del proyecto evidencia falencias en 2 aspectos claves: la densidad de plantación de los sistemas de vegetación y la rugosidad asociada al diseño de las variaciones topográficas.

Respecto a la densidad vegetal, el proyecto ejecutivo establece una plantación de 1.200 a 1.000 ejemplares por hectárea (SERVIU Región del Maule, 2013), cifra menor a la densidad de 2.000 ejemplares por hectárea recomendada por la propuesta de anteproyecto (PRES, 2011) y lejana a las densidades sobre los 4.000 ejemplares por hectárea observados en bosques de mitigación en Japón¹²³. En relación a la topografía diseñada, tanto en los documentos de anteproyecto, como en el expediente de proyecto, se establecen alturas que fluctúan entre los 2 y 4 metros de altura (SERVIU Región del Maule, 2013). No obstante en la realidad del Parque construido se observan alturas que escasamente llegan a los 3 metros, predominando un relieve de colinas de alturas en torno a los 2 metros de elevación¹²⁴. De acuerdo a lo que se puede deducir de la *Guía para la selección de coeficientes de rugosidad de Manning, para cursos naturales y planicies inundables* (Arcement & Schneider, 1989) y según lo establecido en las modelaciones de escenarios desarrolladas por Lagos (2012), la reducción de ambos factores – densidad de plantación y alturas del relieve de colinas – genera un coeficiente de Manning inferior a 0.20, comprometiendo la efectividad de las soluciones propuestas ante futuros eventos de tsunamis. Estas observaciones, referidas de manera específica al Parque de Mitigación de Constitución, aplican también a los casos de Pelluhue y Dichato.

En tal sentido, la necesidad de mejorar el rendimiento de ambos componentes del proyecto, mediante la densificación de los ecosistemas de vegetación y la intensificación de una topografía de mayor rugosidad, respectivamente, se plantea como requerimiento fundamental para la operatividad de los Parques comprendidos como infraestructuras verdes para la mitigación de desastres, dado que constituyen iniciativas estratégicas de alto interés público y de alcance nacional.

¹²³ Tomando como referencia el proyecto de Bosque de Mitigación implementado post tsunami 2011 en la ciudad costera de Iwanuma, Japón (Renaud & Murti, 2013).

¹²⁴ Altura medida desde el nivel de base del Parque, considerado en el nivel de piso terminado de la costanera paseo peatonal (Nivel +3.22 m. según proyecto, ver figura 118, p. 175)

5.1. Síntesis e integración de referencias asociadas a la experiencia internacional.

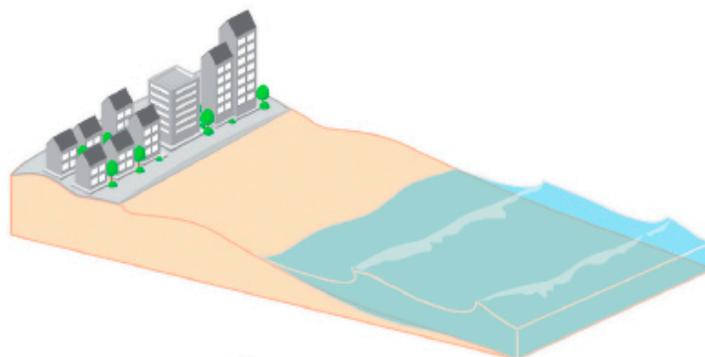
En sintonía con la experiencia internacional, documentada a partir de los casos de estudio analizados en Estados Unidos, Europa y Japón, el enfoque de infraestructura híbrida asociada a los proyectos de Parques de Mitigación se fundamenta en el rol activo de los sistemas naturales complementados con sistemas construidos, comprendidos como infraestructuras verdes capaces de absorber y amortiguar los fenómenos de cambios hidrológicos extremos a través de la adaptabilidad y sinergia de sus componentes (fig. 107), la cual aporta servicios ecosistémicos claves para la protección de zonas urbanas costeras ante desastres¹²⁵.

Si bien la infraestructura gris - aquella construida con sistemas convencionales de ingeniería civil - contribuye a la protección de las comunidades, su efectividad disminuye con el tiempo y carece de la capacidad de adaptarse a las dinámicas cambiantes de las zonas costeras. Como señala Sutton-Grier et al. (2015), la infraestructura construida es funcional inmediatamente después de su ejecución, pero tiene una vida útil establecida, se debilita con el paso del tiempo y se construye según parámetros específicos que no pueden adaptarse a los cambios en el nivel del mar u otras condiciones de variabilidad. Además, aunque las estructuras de defensa costeras construidas – basadas en muros de contención, rompe olas y otros dispositivos similares – pueden ayudar a proteger a las comunidades de los efectos de tsunamis, marejadas y tormentas importantes, éstas pueden tener también impactos negativos en el desarrollo del medioambiente costero, cambiando el transporte de sedimentos y la capacidad de la costa de responder naturalmente a las condiciones dinámicas de diversos factores de fuerza, lo que puede resultar en pérdida de hábitats y pérdida de diversidad de especies (Sutton-Grier et al., 2015; Bilkovic & Mitchell, 2013; Govarets & Lauwerts, 2009).

¹²⁵ El estudio y la valoración cuantitativa de servicios ecosistémicos proporcionados por sistemas naturales e infraestructura híbrida es un campo poco abordado en la literatura técnica y científica, donde parte importante de la evidencia al respecto se concentra en casos de estudios asociados al rol de los ecosistemas costeros como infraestructura de protección ante tormentas y huracanes. En ese ámbito, se estima que los humedales costeros en Estados Unidos, por ejemplo, proporcionaron \$ 23,2 mil millones por año sólo en servicios de protección contra tormentas según un modelo de regresión de 34 huracanes principales que azotaron los EE. UU. (Sutton-Grier et al., 2015). Este tipo de ecosistemas estuarinos y costeros son uno de los sistemas naturales más antropizados y amenazados a nivel mundial (Halpern et al. 2008; Lotze et al. 2006). Su deterioro debido a las actividades humanas es intenso y creciente: el 50% de las marismas, el 35% de los manglares, el 30% de los arrecifes de coral y el 29% de los pastos marinos se pierden o degradan en todo el mundo.

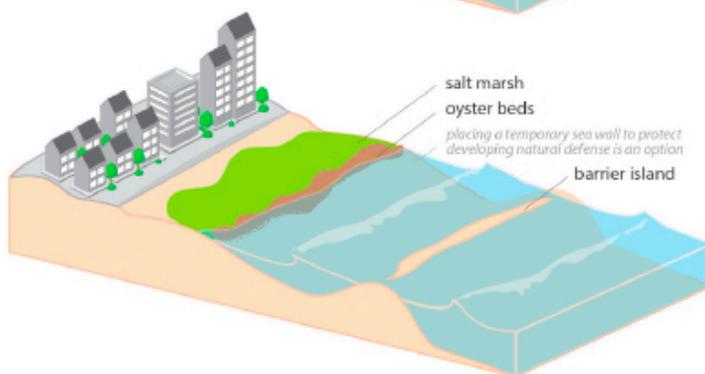
Mínimas defensas.

La pérdida y/o degradación de componentes naturales asociados a ecosistemas costeros, producto de la ocupación antrópica, aumenta la vulnerabilidad de los asentamientos urbanos a lo largo del borde costero, con sólo mínimas defensas naturales dependientes generalmente de un margen de playa que los protege de la acción de las mareas.



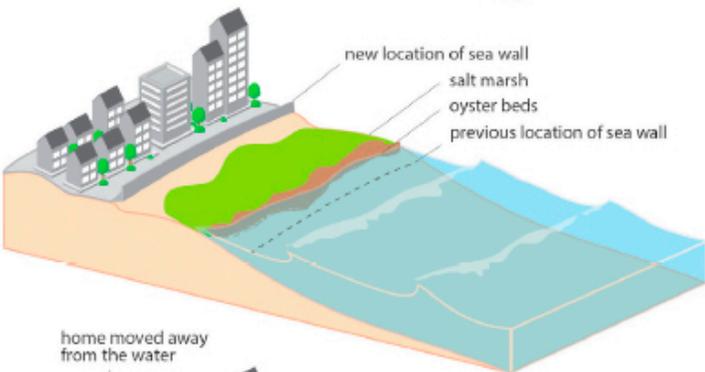
Infraestructura ecológica.

Los ecosistemas costeros que pueden proporcionar protección contra desastres incluyen marismas (salt marsh), arrecifes (oyster beds), manglares, praderas marinas, bordes riparios, dunas e islas de barreras sedimentarias (barrier island) frente a la costa. Como se observa en la figura, la combinación de estos ecosistemas proporciona mayor protección, lo cual puede gestionarse mediante la restauración y/o creación de estos hábitats naturales. La infraestructura temporal (como el muro rompeolas removible) puede proteger la infraestructura natural, mientras ésta se establece.



Articulaciones entre infraestructura construida y ecológica.

La infraestructura natural se puede utilizar para proteger la infraestructura construida, con el fin de ayudarla a tener una mayor vida útil y proporcionar más beneficios de protección, actuando como sistemas preventivos de amortiguación. Al relocalizar los muros de defensa (sea wall) más lejos de la costa, hacia el asentamiento, se integran como elementos urbanos y permiten que la infraestructura natural se desarrolle en el frente del borde costero.



Infraestructura verde (híbrida).

En el enfoque de infraestructura híbrida, los componentes construidos, tales como muros de defensa (sea wall) y compuertas (flood gate), se despliegan de manera simultánea con ecosistemas naturales restaurados y/o creados, como marismas (salt marsh) arrecifes (oyster beds) o barreras sedimentarias (barrier island), favoreciendo sinergias que permiten enfrentar eventos de alta magnitud.

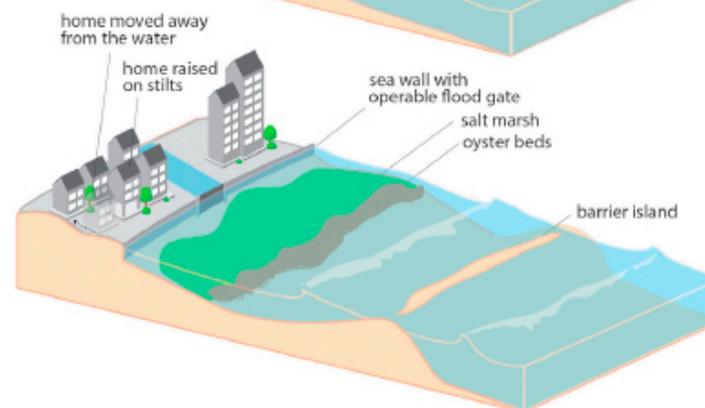


Fig. 107. Ejemplo de infraestructuras asociadas a la protección de asentamientos costeros ante desastres, incluyendo el enfoque de infraestructura ecológica e infraestructura verde o híbrida. Fuente: Adaptado de Sutton-Grier et al. (2015).

Como se ha señalado, la tendencia mundial apunta a un diseño integral y a una gestión multidisciplinaria de las infraestructuras (Shannon & Smets, 2010; Mossop, 2006), las cuales necesitan encontrarse e hibridarse con sus componentes ecológicos y culturales para así ser capaces de servir a diferentes propósitos, considerar tanto su contexto físico ambiental, como su espacio de valor cultural y adaptarse a los cambios que supone su operatividad en escenarios inestables y dinámicos, especialmente en materia de infraestructuras de mitigación de impactos de desastres en bordes costeros. Desde su condición multipropósito, la infraestructura ecológica, favorece el desarrollo de procesos simultáneos que amplían y diversifican la prestación de servicios, comprendiéndose como un sistema abierto apto para incorporar en el tiempo nuevas funciones y externalidades, optimizando de esta manera la rentabilidad social de la inversión en este tipo de proyectos de alto impacto público.

Los planes y proyectos mencionados en el segundo capítulo, entre los que se cuentan aquellos relacionados con las iniciativas *Rebuild by Design* y *Resilient by Design*, de los años 2013 y 2016 respectivamente, establecen sus estrategias de actuación mediante un enfoque de diseño multipropósito asociado al paradigma de la resiliencia y el manejo adaptativo, aplicado desde la arquitectura del paisaje. Para ello, determinan operatorias de ingeniería híbrida basadas en la articulación de infraestructuras construidas, la creación y manejo de topografías, junto a la integración de sistemas ecológicos remanentes y emergentes, que se adaptan a las condiciones dinámicas del paisaje cambiante de bordes costeros y fluviales. Así también, estas iniciativas amplían la escala del diseño hacia la planificación del mosaico de paisaje, concebido como un soporte complejo capaz de articular relaciones entre ecosistemas, redes, infraestructuras, programas públicos y privados, en contextos altamente expuestos a cambios.

Los conceptos de *capa* o *layer*, *gradiente* y *ecotono*, definen el *modus operandi* de esta hibridación, que por un lado requiere organizar y conciliar naturalezas secuenciales de tipos diversos y, por otro, estructurar rangos de traspaso, roce e intercambio en diversas escalas espacio-temporales. Precediendo a los ejemplos más contemporáneos señalados, la iniciativa *Houston Coastal Planning, Planning Resilient Communities for Galveston Bay* (fig. 155), desarrollada en el contexto post desastre del huracán Ike que el 2008 azotó la costa superior

de Texas Estados Unidos, sintetiza el potencial de la puesta en práctica de estas nociones y logra estructurar una infraestructura de paisaje que abarca un amplia escala urbano-territorial.



Fig. 108. Houston Coastal Planning for Galveston Bay. Arriba se grafica el alcance territorial del plan, que integra un amplio conjunto de áreas silvestres de ecosistemas ribereños para conformar una primera capa de protección, que se complementa con una segunda franja asociada a zonas productivas agrícolas, estableciendo un buffer de protección mediante infraestructura verde. Un tercer componente, de carácter estructural, lo constituye la franja de la autopista, la cual junto a su rol de infraestructura vial se transforma en una barrera de disipación ante inundaciones provocadas por huracanes. Estas medidas se complementan con instrumentos de planificación de usos de suelo que condicionan la ocupación de zonas de riesgo, a la vez que estimulan la conservación de ecosistemas costeros. Fuente: SWA Group y ASLA, 2012.

En la siguiente tabla resumen, se sintetiza el análisis de la experiencia internacional asociada a los casos de planes y proyectos de paisaje¹²⁶ desarrollados para la reducción de riesgo de desastres de tsunamis, marejadas, eventos hidrometeorológicos y alza del nivel del mar en contextos de borde costero. Se han considerado aquellos que han abordado estrategias de mitigación relacionadas con infraestructura verde, mediante la articulación sinérgica de sistemas ecológicos remanentes y emergentes, en colaboración con sistemas estructurales construidos. En tal sentido, las estrategias y los componentes de diseño aplicados en los distintos casos exhiben una amplia diversidad de tipologías, que transitan desde aquellas vinculadas a soluciones netamente basadas en sistemas naturales – y por tanto relacionadas a la funcionalidad de la infraestructura ecológica de los ecosistemas remanentes – hasta aquellas que contemplan la hibridación entre soluciones de ingeniería ecológica, también denominada *soft engineering*, con ingeniería tradicional o *hard engineering*.

PROYECTO / TIPO DE AMENAZA	AÑO	UBICACIÓN	LINEAMIENTOS Y ESTRATEGIAS DE ACTUACIÓN	PRINCIPALES SISTEMAS Y COMPONENTES DE DISEÑO
Houston Coastal Roulette Planning Resilient Communities for Galveston Bay. Tipo de amenaza: Hidro - meteorológico (Huracanes).	2009-2013	Bahía de Galveston, Houston Texas. EEUU.	Estrategia de planificación y diseño a escala regional, la cual contempla métodos no estructurales basados en infraestructura verde, que considera soluciones asociadas al manejo de componentes naturales como el relieve y la vegetación, así como también herramientas de gestión para reglamentar los usos de suelo y restringir el desarrollo urbano en áreas de alto riesgo. Ello permite disponer de una mayor superficie de espacios libres, para configurar buffers de mitigación basados en la funcionalidad de	Infraestructura construida: - Dique / Muro de contención - Paseo costanera - Enrocado / Rompeolas - Molo de abrigo - Vialidad elevada Infraestructura ecológica: - Humedales costeros - Franja de playa - Praderas inundables - Vegetación riparia Infraestructura verde (híbrida): - Zonas agrícolas inundables

¹²⁶ En el Anexo 1 de este documento se adjuntan las fichas de los proyectos resumidos en la tabla que se presenta.

			ecosistemas existentes y rehabilitados. Estos sistemas naturales se recuperan rápidamente después de eventos de inundación y han demostrado ser considerados importantes recursos económicos y turísticos para la sostenibilidad del plan a largo plazo.	
<p>The Sand Engine.</p> <p>Tipo de amenaza: Hidro - metereológico (Tormentas), marejadas y alza del nivel del mar.</p>	2010-2011	Provincia de Zuid Holland, Holanda.	Infraestructura para la mitigación de los efectos de marejadas y alza del nivel del mar, basada en la creación progresiva de una península de arena, a modo de duna expandida que adopta morfologías cambiantes influenciadas por la sedimentación que aporta el océano y el viento. Este sistema se complementa con una propuesta de vegetación dunaria orientada a estabilizar los suelos y a proveer de hábitat a especies de fauna propias de estos ambientes costeros. Asimismo, acoge una serie de usos productivos y recreativos vinculados a turismo, deportes náuticos, pesca y otras actividades en la costa.	<p>Infraestructura ecológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedales costeros - Franja de playa - Vegetación riparia <p>Infraestructura verde (híbrida):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Península de arena / duna expandida.
<p>Reconstruction Plan for Iwanuma.</p> <p>Tipo de amenaza: Tsunamis.</p>	2011-2012	Borde costero de Iwanuma, Japón.	El plan propone un sistema de reducción de riesgo ante eventos de tsunami, basado en el concepto de "multi-defense system", que combina soluciones no estructurales basadas en el modelamiento topográfico de sistemas de colinas artificiales levantadas a partir de la	<p>Infraestructura construida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dique / Talud de contención - Vialidad elevada <p>Infraestructura ecológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bosques costeros - Franja de playa <p>Infraestructura verde</p>

			<p>acumulación de escombros generados por el tsunami, los cuales son estabilizados y luego cubierto por tierra vegetal apta para recibir las plantaciones de bosques de mitigación. Estas soluciones son reforzadas con medidas de carácter estructural en la primera línea de costa, asociadas a componentes construidos tales como diques y taludes de contención, cuya inclinación favorece la actuación conjunta de los sistemas combinados para evitar efectos de erosión en las zonas de playa.</p>	<p>(híbrida):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de colinas / dunas artificiales. - Esteros rectificadados - Lagunas de laminación
<p>Blue Dunes Coastal Protection. Rebuild by design.</p> <p>Tipo de amenaza: Hidro - metereológico (Huracanes) y alza del nivel del mar.</p>	2013-2014	<p>Borde costero y Bahía de New York. EEUU.</p>	<p>A través de una estrategia de planificación y diseño a escala regional, se propone el desarrollo de una infraestructura de amortiguación de tormentas y alza del nivel del mar mediante el modelamiento y la proyección de un sistema de dunas ubicadas en paralelo al litoral de la bahía, costa afuera (offshore). Este sistema natural-artificial, conforma un conjunto de áreas destinadas a la conservación ecológica, el desarrollo de actividades productivas y turísticas.</p>	<p>Infraestructura construida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dique / Talud de contención <p>Infraestructura ecológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedales costeros - Franja de playa - Praderas inundables - Vegetación riparia <p>Infraestructura verde (híbrida):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Islas de Ecosistemas dunarios <i>offshore</i>
<p>Living Breakwaters Oyster-tecture. Rebuild by design.</p> <p>Tipo de amenaza: Hidro - metereológico</p>	2013-2014	<p>Staten Island, New York. EEUU.</p>	<p>El proyecto plantea un sistema de arrecifes artificiales conformados por comunidades de ostras y por componentes construidos que favorecen su establecimiento, el cual define un rompeolas natural localizado en</p>	<p>Infraestructura construida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dique / Talud de contención <p>Infraestructura ecológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Franja de playa - Ecosistemas dunarios

<p>(Huracanes) y alza del nivel del mar.</p>			<p>paralelo a la línea de costa. Este sistema estimula la aparición de diversas ecologías de hábitats costeros, generando capas de protección basadas en la acción de los arrecifes combinados con ecosistemas dunarios, praderas marinas y vegetación riparia. El diseño de este ecotono permite procesos de inundabilidad lentos, que amortiguan la fuerza de impacto de las tormentas en la costa. En paralelo, promueve el desarrollo de actividades productivas y programas recreativos, contribuyendo a la reclamación de un paisaje costero que aporta servicios claves para la reducción de riesgo y la resiliencia urbana.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vegetación riparia - Praderas marinas <p>Infraestructura verde (híbrida):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema de arrecifes artificiales <i>offshore</i>
<p>Unlock Alameda Creek, Public Sediment. Resilient by design.</p> <p>Tipo de amenaza: Tsunamis, marejadas y alza del nivel del mar.</p>	<p>2017-2018</p>	<p>Bahía de San Francisco, California. EEUU.</p>	<p>Mediante el manejo ecológico de los sedimentos aportados por los diversos cursos fluviales que desembocan en la Bahía de San Francisco, el proyecto propone amplificar el ecotono del borde costero, generando gradientes ecológicas para la conservación de hábitats y biodiversidad, el desarrollo de actividades productivas y programas recreativos. Esta ampliación de borde se configura como infraestructura buffer para la resiliencia de las áreas urbanas ante el alza del nivel del mar, marejadas y tsunamis.</p>	<p>Infraestructura construida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muros de contención <p>Infraestructura ecológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedales costeros - Praderas inundables - Vegetación riparia <p>Infraestructura verde (híbrida):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Islas / bancos de sedimentación - Zonas agrícolas inundables - Lagunas de laminación

<p>South Bay Sponge. Resilient by design.</p> <p>Tipo de amenaza: Tsunamis, marejadas y alza del nivel del mar.</p>	<p>2017-2018</p>	<p>Bahía de San Francisco, California. EEUU.</p>	<p>La propuesta contempla la recuperación ecológica del borde del estuario conformando grandes sistemas de humedales para la absorción – a modo de esponja – de las variaciones de mareas, tsunamis y otros eventos hidrometeorológicos. Por otra parte, estimula la conservación y creación de áreas productivas basadas en cultivos capaces de convivir con la fluctuación de mareas. Además, contempla la reconversión de las edificaciones de la primera línea de costa, desde un punto de vista formal y funcional, transformando edificaciones convencionales en dispositivos para la mitigación de inundaciones mediante el aumento de las capacidades de absorción de sus espacios exteriores y ciertos componentes de su estructura, como las fachadas y cubierta.</p>	<p>Infraestructura construida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muros de contención - Vialidad elevada - Pavimentos absorbentes - Paseo costanera <p>Infraestructura ecológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedales costeros - Praderas inundables - Vegetación riparia <p>Infraestructura verde (híbrida):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zonas agrícolas inundables - Lagunas de laminación
<p>Resilient Boston Harbor.</p> <p>Tipo de amenaza: Hidro - meteorológico (Huracanes) y alza del nivel del mar.</p>	<p>2017-2019</p>	<p>Borde costero y Bahía de Boston. EEUU.</p>	<p>Iniciativa orientada a generar sistemas integrados de infraestructura verde en las franjas de borde costero y fluvial, mediante la conservación y recuperación gradientes ecotónicas para la adaptabilidad y resiliencia ante fenómenos de inundabilidad, marejadas y tormentas. El proyecto, diseñado para enfrentar eventos hidrometeorológicos con</p>	<p>Infraestructura construida:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dique / Muro de contención - Paseo costanera - Vialidad elevada <p>Infraestructura ecológica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedales costeros - Praderas inundables - Bosques costeros - Vegetación riparia <p>Infraestructura verde (híbrida):</p>

			periodos de retorno de 100 años (100-year storm event) amplifica el sistema de parques originalmente proyectado por Frederick L. Olmsted, otorgando una nueva escala de infraestructura verde a nivel urbano-territorial.	- Zonas agrícolas inundables
--	--	--	---	------------------------------

Tabla 10. Resumen del análisis de la experiencia internacional asociada a los casos de planes y proyectos de infraestructura verde orientados a la reducción de riesgo de desastres de tsunamis, marejadas, eventos hidrometeorológicos y alza del nivel del mar, en contextos de borde costero. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de estos casos referenciales, que abarca en términos temporales una década caracterizada por el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos de desastres, constituye una importante fuente documental que expone un espacio de desarrollo teórico y práctico emergente e innovador, cuya base conceptual en materia de diseño es informada tanto por el conocimiento ecológico, como por las ciencias aplicadas de la ingeniería, la arquitectura y el urbanismo. El resultado de estas experiencias de investigación y práctica profesional, que se enmarcan en los lineamientos establecidos por Naciones Unidas para la gestión del riesgo de desastres a través de diversas instancias intergubernamentales¹²⁷, abre un renovado ámbito de reflexión en torno al lenguaje de la resiliencia, el manejo adaptativo y la versatilidad, demostrando la operatividad de estos enfoques aplicados a contextos de vulnerabilidad ante desastres, en escalas variables de representación y proyecto.

Esta base articulada de análisis permitirá, a continuación, sistematizar lineamientos, estrategias y criterios de diseño orientados a fortalecer las bases sobre las cuales los parques de mitigación actualmente se desarrollan en Chile.

¹²⁷ Entre los que destacan la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres realizada en Hyogo en 2005, el Marco Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, en 2015, y la Conferencia Hábitat III, realizada en Quito el año 2016.

5.2. Propuesta de lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios de diseño del Paisaje para el fortalecimiento de los Parques de Mitigación en contextos de borde costero.

La figura de los Parques de Mitigación, desarrollados en el marco de los planes de reconstrucción de localidades costeras del centro sur de Chile afectadas por el tsunami de febrero de 2010, constituye una iniciativa innovadora en materia de puesta en práctica del enfoque asociado a la arquitectura del paisaje como infraestructura verde para la reducción de riesgos, la cual en la última década se ha traducido en un ámbito relevante de inversión pública de alcance nacional, con diversos proyectos diseñados y ejecutados. La propuesta para el fortalecimiento de los Parques de Mitigación en materia de planificación y diseño de paisaje como infraestructura para la adaptabilidad y resiliencia de territorios afectados por desastres en contextos de borde costero, se organiza en base a la formulación metodológica e instrumental de *lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios técnicos de diseño*.

- En primer lugar, los lineamientos conceptuales establecen las definiciones de carácter indicativo y normativo que determinan el desarrollo de los Parques de Mitigación, en tanto iniciativa que se enmarca en políticas públicas e instrumentos de planificación de resiliencia urbana y gestión de reducción de riesgos. Estos lineamientos favorecen la comprensión de estos proyectos en relación a su propósito y alcance, a los beneficios y sinergias que considera, a la integración multisectorial que promueve en su planificación, diseño e implementación, a la multiescalaridad de su alcance territorial y a la temporalidad de su gestión en el mediano y largo plazo.
- Luego, en segundo lugar, las estrategias se conciben como aquellas acciones secuenciales y coordinadas que contribuyen al logro de los lineamientos establecidos para la planificación y diseño de los Parques de Mitigación, precisando su operatividad desde el reconocimiento e integración de instrumentos y programas multisectoriales, que le otorguen viabilidad en un determinado contexto de intervención. Estas estrategias se estructuran y espacializan en el territorio mediante un plan, que a la vez organiza el conjunto de operaciones que acontecen en un nivel de diseño y/o manejo específico.

- Por su parte, los criterios de diseño constituyen los parámetros de referencia técnica para la implementación de las estrategias de planificación del Parque de Mitigación, en coherencia con los lineamientos que determinan su formulación, estableciendo una escala y estructura espacial definida para asegurar su operatividad en tanto infraestructura verde para la resiliencia urbana y la reducción de riesgos, mediante la configuración de soluciones basadas en la integración de componentes de infraestructura ecológica e infraestructura construida.

En la siguiente tabla se resume la estructura de lineamientos, estrategias y criterios de diseño, como base metodológica e instrumental para el fortalecimiento de las iniciativas de planificación e implementación de Parques de Mitigación.

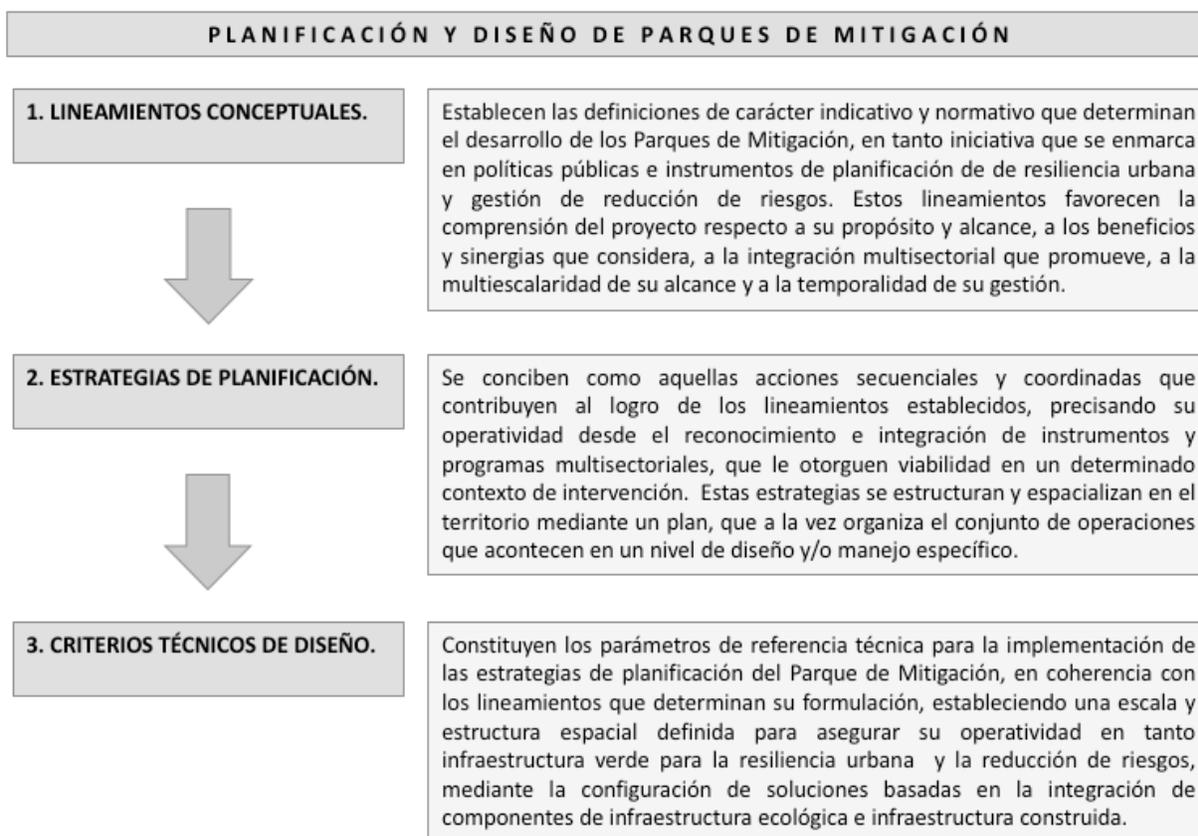


Tabla 11. Estructura de lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios de diseño, para el fortalecimiento de las iniciativas de implementación de Parques de Mitigación. Fuente: Elaboración propia.

5.2.1. Lineamientos conceptuales: definiciones indicativas y normativas de planificación y diseño.

Los Parques de Mitigación constituyen iniciativas de planificación y diseño de infraestructura verde, cuyo propósito es contribuir a la resiliencia urbana y a la reducción de riesgos en territorios vulnerables ante la ocurrencia de desastres, mediante el rol activo e integrado de sistemas naturales complementados con sistemas construidos. De manera sinérgica, esta infraestructura provee, por un lado, espacios de amortiguación para disipar efectos generados por el impacto de eventos telúricos, tsunamigénicos e hidrometeorológicos, con el objetivo de favorecer los tiempos de evacuación de la población hacia zonas de seguridad y de reducir los potenciales daños a la propiedad pública y privada. Asimismo, aporta de manera estratégica a la conservación de ecosistemas remanentes asociados a bordes costeros, riberas fluviales, quebradas y laderas, promoviendo también el desarrollo de espacios públicos que albergan programas y funciones sociales compatibles con escenarios de alto valor ambiental y cultural.

Su formulación, diseño y ejecución, por tanto, requiere la gestión integrada de diferentes carteras de inversión pública en los territorios, coordinando iniciativas complementarias en materia de gestión de riesgo, resiliencia, sustentabilidad, infraestructura y espacio público, desde la etapa inicial del proyecto. Ello, con el objetivo de maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales, a través de los costos compartidos y la eficiencia generada por las sinergias basadas en la planificación y gestión multisectorial.

Por otra parte, su alcance territorial se establece en relación al desarrollo de instrumentos de planificación de escala urbana y regional, contemplando criterios de multiescalaridad que responden al ámbito de alcance directo de las áreas de intervención del Parque, como así también al ámbito de alcance indirecto relacionado con la amplitud de los sistemas naturales que forman parte de la infraestructura verde vinculada al proyecto.

Desde el punto de vista de la temporalidad de la planificación y su relación con la ocurrencia de eventos de desastre, la articulación a nivel normativo puede generarse con normas e instrumentos de planificación de carácter *preventivo*¹²⁸, determinados por iniciativas que comprenden una visión territorial de resiliencia y gestión de reducción de riesgos a mediano y largo plazo, definida de manera independiente a la contingencia de un evento de desastre específico; o bien con instrumentos de carácter *responsivo*¹²⁹, los cuales emergen desde la necesidad de implementar iniciativas de planificación complementarias y correctivas derivadas de la ocurrencia de un desastre.

En la siguiente tabla, se sintetizan los lineamientos conceptuales establecidos como base para la planificación y diseño de los Parques de Mitigación.

¹²⁸ Entre los instrumentos preventivos cabe señalar, entre otros, a: la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC); los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial (PROT); la Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU); los Planes Reguladores Comunales (PRC) y los Planes de Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático, tanto aquellos de alcance nacional asociados a diversos Ministerios, como aquellos de escala comunal.

¹²⁹ Respecto a instrumentos responsivos o correctivos, se puede mencionar al conjunto de iniciativas que se desarrollaron en el contexto post desastre de 2010, los cuales siguen vigentes y han sido aplicados en otros territorios afectados por desastres de diverso tipo: los Planes de Reconstrucción Estratégicos (PRES), los Planes de Reconstrucción de Borde Costero (PRBC), los Planes de Regeneración Urbana (PRU) y los Planes Urbanos Estratégicos (PUE).

PARQUES DE MITIGACIÓN	1. LINEAMIENTOS CONCEPTUALES.
1.1. Propósito.	Los Parques de Mitigación constituyen iniciativas de planificación y diseño de infraestructura verde, cuyo propósito es contribuir a la resiliencia urbana y a la reducción de riesgos en zonas vulnerables ante la ocurrencia de desastres, mediante el rol activo e integrado de sistemas ecológicos remanentes y emergentes, en colaboración con sistemas estructurales construidos en el territorio.
1.2. Beneficios y sinergias.	De manera sinérgica, esta infraestructura provee, por un lado, espacios de amortiguación para disipar efectos generados por el impacto de eventos telúricos, tsunamigénicos e hidrometeorológicos, con el objetivo de favorecer los tiempos de evacuación de la población hacia zonas de seguridad y de reducir los potenciales daños a la propiedad pública y privada. Por otra parte, aporta de manera estratégica a la conservación de ecosistemas remanentes asociados a bordes costeros, riberas fluviales, quebradas y laderas, promoviendo también el desarrollo de espacios públicos que albergan programas y funciones sociales compatibles con escenarios de alto valor ambiental y cultural.
1.3. Integración multisectorial.	Su formulación, diseño y ejecución, por tanto, requiere la gestión integrada de diferentes carteras de inversión pública en los territorios, coordinando iniciativas complementarias en materia de gestión de riesgo, resiliencia, sustentabilidad, infraestructura y espacio público, desde la etapa inicial del proyecto. Ello, con el objetivo de maximizar los beneficios económicos, sociales y ambientales, a través de los costos compartidos y la eficiencia generada por las sinergias basadas en la planificación y gestión multisectorial.
1.4. Multiescalaridad.	Su alcance territorial se establece en relación al desarrollo de instrumentos de planificación de escala urbana y regional, contemplando criterios de multiescalaridad que responden al ámbito de alcance directo de las áreas de intervención del Parque, como así también al ámbito de alcance indirecto relacionado con la amplitud de los sistemas naturales que forman parte de la infraestructura verde vinculada al proyecto.
1.5. Temporalidad.	Desde el punto de vista de la temporalidad de la planificación y su relación con la ocurrencia de eventos de desastre, la articulación a nivel normativo puede generarse con normas e instrumentos de planificación de carácter <i>preventivo</i> , determinados por iniciativas que comprenden una visión territorial de resiliencia y gestión de reducción de riesgos a mediano y largo plazo, definida de manera independiente a la contingencia de un evento de desastre específico; o bien con instrumentos de carácter <i>responsivo</i> , los cuales emergen desde la necesidad de implementar iniciativas de planificación complementarias y correctivas derivadas de la ocurrencia de un desastre.

Tabla 12. Lineamientos conceptuales para la implementación de Parques de Mitigación.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Estrategias de planificación: articulaciones y sinergias con el mosaico de paisaje.

Un aspecto fundamental para la funcionalidad de los proyectos de Parques de Mitigación es incorporar el rol activo de patrones y procesos híbridos, no sólo vinculado a ecosistemas naturales, sino sumando también ecosistemas resultantes de dinámicas antrópicas en contextos urbanos y/o productivos. De esta manera, su planificación y diseño necesita articular aquellos ecosistemas remanentes, que subyacen en el territorio como pre-existencias, con aquellos ecosistemas emergentes, que surgen y se establecen a partir de dinámicas de cambios y transformaciones generadas por la acción humana. Integrar esta dimensión ecosistémica requiere ampliar el alcance de la escala del proyecto hacia la planificación del mosaico de paisaje, expandiendo su influencia hacia un nivel comunal y regional.

Con el objeto de otorgar una viabilidad a este enfoque de planificación, la gestión normativa e indicativa de instrumentos de carácter multisectorial – provenientes de diversos ámbitos ministeriales que responden a la gestión de territorios urbanos, rurales y silvestres – se plantea como eslabón fundamental para la promoción y manejo de los Parques de Mitigación comprendidos en el marco de una sistema mayor de infraestructura verde destinada a la resiliencia urbana y a la reducción de riesgos en territorios vulnerables ante la ocurrencia de desastres.

Para ello, se vuelve necesario considerar el aporte de políticas públicas, normas e instrumentos de planificación y gestión territorial que faciliten procesos de conservación de ecosistemas claves para la amortiguación de impactos de tsunamis, marejadas y otros eventos hidrometeorológicos. Si bien en la actualidad a nivel nacional no existen definiciones normativas específicas relacionadas con la noción de Infraestructura Verde, se reconocen espacios de oportunidad en la institucionalidad y normativa vigente que pueden contribuir a estructurar este enfoque. En este sentido, cabe destacar el cuerpo legal que establece la regulación de *Áreas Silvestres Protegidas*¹³⁰, sobre las cuales se puede ampliar el espectro

¹³⁰ La ley 18362, del año 1984, establece el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile (SNASPE), el que tiene los siguientes objetivos de conservación: a) Mantener áreas de carácter único o representativas de la diversidad ecológica natural del país o lugar con comunidades animales o

de argumentación que las define, considerando ya no sólo aquellos valores ecológicos intrínsecos – tales como naturalidad, endemismo o biodiversidad – sino también valores asociados a los servicios ecosistémicos que aportan en materia de regulación, resiliencia y reducción de riesgos ante desastres. Sumado a lo anterior, se puede mencionar también el aporte en materia de protección y conservación de ecosistemas que promueve la suscripción – por parte del Estado de Chile – de convenciones y acuerdos internacionales, tales como el *Convenio RAMSAR*¹³¹, especialmente enfocado en la conservación de humedales, incluyendo aquellos que se localizan en zonas costeras y que constituyen piezas relevantes de infraestructura ecológica para la amortiguación de impactos de tsunamis, marejadas y otros eventos hidrometeorológicos.

Otro aspecto fundamental en la planificación estratégica de los Parques de Mitigación tiene relación con la necesidad de coordinación de las carteras de infraestructura urbana y territorial asociada a ámbitos de gestión sectorial en materia de vialidad, obras portuarias, obras hidráulicas y espacio público, cuya gestión se concentra principalmente en los Ministerios de Obras Públicas (MOP) y el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). Desde el año 2018, la Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE) en conjunto con diversos Gobiernos Regionales han impulsado la conformación de *Mesas Regionales de*

vegetales, paisajes o formaciones geológicas naturales, a fin de posibilitar la educación e investigación y de asegurar la continuidad de los procesos evolutivos, las migraciones animales, los patrones de flujo genético y la regulación del medio ambiente; b) Mantener y mejorar recursos de la flora y la fauna silvestres y racionalizar su utilización; c) Mantener la capacidad productiva de los suelos y restaurar aquellos que se encuentren en peligro o en estado de erosión; d) Mantener y mejorar los sistemas hidrológicos naturales, y e) Preservar y mejorar los recursos escénicos naturales y los elementos culturales ligados a un ambiente natural. Actualmente, existe un proyecto de ley para modernizar la regulación de las áreas silvestres, el cual crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas, en tramitación desde 2011, definiendo modificaciones orientadas a mejorar la gestión intersectorial e interescalar, asumiendo que el problema de conservación también depende principalmente de actores y componentes que se encuentran fuera de las áreas protegidas como tal.

¹³¹ La Convención Ramsar sobre los Humedales es la principal autoridad intergubernamental sobre los humedales y procura velar para que las contribuciones, hechas por los humedales al bienestar humano, en todos sus aspectos, se reconozcan y fortalezcan en todos los sectores y niveles de la sociedad. La Convención impulsa su ámbito de acción en humedales, en el contexto de manejo de cuencas hidrográficas, zonas designadas como Sitios Ramsar. Chile a la fecha cuenta con 13 Sitios Ramsar, de los cuales 9 están dentro de áreas del SNASPE y el resto cuenta con diversas figuras de protección y administración. Este tratado se aprobó como Ley de la República en septiembre de 1980 y promulgada por DS N° 771 de 1981 por el Ministerio de RREE. El Ministerio de RREE, a través de la Dirección de Medio Ambiente (DIMA) es la autoridad administrativa ante la Convención.

*Infraestructura*¹³², las cuales constituyen instancias técnicas de coordinación para el desarrollo de infraestructura regional que operan mediante la participación del MOP, MINVU y la Cámara Chilena de la Construcción, agrupación que reúne a las principales empresas constructoras en Chile. Estas mesas, de carácter público-privada, constituyen un importante e innovador espacio de articulación multisectorial, que puede favorecer la visión de la infraestructura multipropósito requerida para la planificación e implementación de los Parques de Mitigación, en tanto infraestructura clave para el desarrollo socioeconómico y productivo de territorios vulnerables ante la ocurrencia de desastres.

Por otra parte, en relación al ámbito urbano, se reconocen disposiciones normativas e instrumentos que pueden contribuir a consolidar la figura de los Parques de Mitigación. Destaca en tal sentido la promulgación de la *Ley de Aportes al Espacio Público*¹³³, que conduce las mitigaciones y compensaciones ambientales derivadas del desarrollo de proyectos inmobiliarios públicos y privados hacia aquellas zonas que – previo a un plan definido a nivel comunal – puedan recibir cesiones de terrenos y aportes monetarios para conformar sistemas de espacios públicos. Sumando a lo anterior, estas zonas y los planes vinculados a infraestructuras verdes de mitigación ante desastres que en ellas se formulen, pueden capturar aportes de recursos provenientes de compensaciones ambientales determinadas por el *Sistema de Evaluación Ambiental*¹³⁴, desde aquellos desarrollos

¹³² Las Mesas Regionales de Infraestructura constituyen iniciativas de carácter público-privada, en las cuales participan representantes del Gobierno Regional, de la Subsecretaría de Desarrollo Regional, de los Ministerios de Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo y de la Cámara Chilena de la Construcción. Tiene como objetivo fomentar la cooperación e incorporar una visión integral y consensuada entre los actores relevantes del territorio, buscando elaborar, implementar y hacer un seguimiento de las medidas que promuevan una mayor eficiencia en la inversión de infraestructura considerando el desarrollo sostenible de la región. Desde el 2018, estas Mesas se han establecido en diversas regiones, mediante convenios de colaboración que suscriben las instituciones participantes.

¹³³ La Ley 20.958, promulgada en 2016, establece un sistema de aportes al espacio público que modifica la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC), reemplazando a los Estudios de Impacto sobre el Sistema de Transporte Urbano (EISTU) por un nuevo sistema basado en mitigaciones sobre la base que todos los proyectos inmobiliarios sean públicos o privados generan externalidades en su entorno, las cuales deberán ser mitigadas de manera directa en las áreas de influencia del proyecto, o bien transferidas como aportes a otras zonas urbanas.

¹³⁴ El Sistema de Evaluación Ambiental (SEIA) está regulado por la ley 20.417 y por Reglamento del Sistema de Evaluación Ambiental, que determinan los procedimientos y objetivos de compensación aplicables a proyectos de inversión que generan impactos ambientales.

industriales y productivos que generen impactos ambientales en esas comunas o regiones. De esta forma, las áreas definidas en los instrumentos de planificación como zonas de riesgo – asociadas a bordes y ecotonos determinados por el encuentro de los asentamientos urbanos con los sistemas naturales costeros y ribereños, entre otros – pueden constituirse en receptoras de aportes provenientes de estas normas e instrumentos de gestión y planificación, conformando un capital base para la implementación de proyectos de Parques de Mitigación.

En la siguiente tabla se resumen las estrategias de planificación propuestas.

PARQUES DE MITIGACIÓN	2. ESTRATEGIAS DE PLANIFICACIÓN.
<p>2.1. Integración normativa e indicativa de instrumentos y programas de carácter multisectorial.</p>	<p>La gestión normativa e indicativa de instrumentos de carácter multisectorial – provenientes de diversos ámbitos ministeriales que responden a la gestión de territorios urbanos, rurales y silvestres – se plantea como eslabón fundamental para la promoción y manejo de los Parques de Mitigación comprendidos en el marco de una sistema mayor de infraestructura verde destinada a la resiliencia urbana y a la reducción de riesgos en territorios vulnerables ante la ocurrencia de desastres</p>
<p>2.2. Conservación estratégica de ecosistemas y unidades de paisaje claves para la conformación de una red infraestructura verde a partir de instrumentos de protección de áreas silvestres.</p>	<p>Si bien en la actualidad a nivel nacional no existen normativas específicas relacionadas con la noción de Infraestructura Verde, se reconocen espacios de oportunidad en la institucionalidad y normativa vigente que pueden contribuir a estructurar este enfoque. Destaca la figura legal de las <i>Áreas Silvestres Protegidas</i>, sobre las cuales se puede ampliar el espectro de argumentación que las define, considerando valores asociados a los servicios ecosistémicos que aportan a la resiliencia y reducción de riesgos ante desastres. También es relevante la existencia del <i>Convenio RAMSAR</i>, enfocado en la conservación de humedales, incluyendo aquellos que se localizan en zonas costeras y que son piezas relevantes de infraestructura ecológica para la amortiguación de impactos de tsunamis, marejadas y otros eventos hidrometeorológicos.</p>
<p>2.3. Coordinación multisectorial de la infraestructura urbana y territorial asociada a la noción de infraestructura verde para la resiliencia y reducción de riesgos de desastres.</p>	<p>La conformación de las <i>Mesas Regionales de Infraestructura</i> - instancias técnicas de coordinación para el desarrollo de infraestructura regional que operan mediante la participación del MOP, MINVU y la Cámara Chilena de la Construcción - constituyen un importante e innovador espacio de articulación multisectorial que puede favorecer la visión de la infraestructura multipropósito requerida para la planificación e implementación de los Parques de Mitigación, en tanto infraestructura clave para el desarrollo socioeconómico y productivo de territorios vulnerables ante la ocurrencia de desastres.</p>
<p>2.4. Gestión de recursos para planes y proyectos de infraestructura verde de mitigación mediante instrumentos de articulación público - privada.</p>	<p>Destaca la <i>Ley de Aportes al Espacio Público</i> (Ley 20.958), que conduce las mitigaciones y compensaciones ambientales derivadas del desarrollo de proyectos inmobiliarios públicos y privados hacia aquellas zonas que – previo a un plan definido a nivel comunal – puedan recibir cesiones de terrenos y aportes monetarios para conformar sistemas de infraestructura verde. Sumando a lo anterior, estas zonas y los planes vinculados a infraestructuras verdes de mitigación ante desastres que en ellas se formulen, pueden capturar aportes de recursos provenientes de compensaciones ambientales determinadas por el Sistema de Evaluación Ambiental (Ley 20.417), desde aquellos desarrollos industriales y productivos que generen impactos ambientales en esas comunas o regiones.</p>

Tabla 13. Estrategias de planificación para la implementación de Parques de Mitigación.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Criterios técnicos de diseño del Parque como sistema integrado de amortiguación.

La funcionalidad de los Parques de Mitigación, asociada a su rol de infraestructura verde proyectada para promover la resiliencia urbana y la reducción de riesgos ante desastres, depende fundamentalmente de la articulación de dinámicas colaborativas y sinérgicas entre los componentes naturales y construidos que conforman el sistema en su conjunto. En tal sentido, la propuesta de fortalecimiento para su implementación comprende cinco ámbitos de diseño que se presentan a continuación, los cuales configuran subsistemas secuenciales y coordinados para estructurar, por un lado, capas de protección ante fenómenos extremos de inundaciones generadas por tsunamis, marejadas y otros eventos hidrometeorológicos y, por otro, proveer de espacios sociales en contextos de borde costero, conformando ámbitos públicos de reclamación y accesibilidad hacia el paisaje.

La efectividad de su diseño debe ser verificado en las fases tempranas de su formulación, mediante el modelamiento numérico de tsunamis y/o marejadas, siguiendo los procedimientos técnicos de TUNAMI¹³⁵ u otro de similares características.

5.2.3.1. Diseño de componentes *off-shore*

La mayoría de los asentamientos urbanos en Chile ubicados en bordes costeros¹³⁶ se desarrollan en contextos de bahías o estuarios determinados por la desembocadura de ríos, constituyendo paisajes que en su estado natural se caracterizan por la presencia de humedales,

¹³⁵ Siglas de Tsunami Code of Tohoku University, cuyas técnicas de modelación numérica fueron utilizadas para evaluar el diseño de anteproyecto y proyecto ejecutivo de los Parques de Mitigación de Constitución, Pelluhue y Dichato, revisados en esta investigación.

¹³⁶ Observación válida también para aquellos contextos de ciudades que se han estudiado en el marco de esta investigación, tanto a nivel internacional en casos como New York, Boston, Zuid Holland y San Francisco, como a nivel nacional: Constitución, Pelluhue y Dichato. En efecto, al observar las principales aglomeraciones urbanas a nivel mundial, prácticamente todas ellas se relacionan con sistemas de bahías, estuarios, en la desembocadura de sistemas hidrológicos.

praderas marinas, campos dunarios y zonas de depósito sedimentarios, provenientes desde la corriente fluvial y las corrientes marinas (Da Cunha, 2018). Como se ha señalado, los procesos de antropización de estos territorios, sumado a dinámicas de cambio climático, han derivado en la reducción, fragmentación y deterioro de estos sistemas naturales, comprometiendo de esta forma su potencial rol como infraestructuras ecológicas para la reducción de riesgos ante inundaciones y otros desastres.

Este primer criterio de diseño reflexiona acerca de la necesidad de estructurar sistemas de mitigación mediante componentes que contribuyan al establecimiento de infraestructuras ecológicas en paralelo al litoral, costa afuera u *offshore*, en aquellos casos de localidades ubicadas en zonas de estuario y /o bahías cerradas, contemplando la restauración y propagación de ecosistemas remanentes y emergentes. De esta manera, se plantea que los Parques de Mitigación consideren la proyección y manejo de zonas de depósito sedimentarios acompañados de estructuras de defensa construidas para su estabilización en los espacios marinos y/o fluviales que preceden la línea de borde costero. Esta propuesta busca ampliar el rango de actuación de los Parques de Mitigación hacia un campo operativo mayor, contemplando intervenciones que permitan robustecer el sistema de amortiguación hacia el espacio marítimo o fluvial – según corresponda, en contextos de bahías o estuarios, respectivamente – aprovechando las potenciales sinergias que pueden activarse a través de la conservación, planificación y eventual diseño de ecosistemas remanentes y emergentes.

En continuidad con las definiciones conceptuales identificadas en el diseño de los proyectos analizados en la experiencia internacional, la propuesta de estrategias off-shore se estructura en base a tres operaciones:

- Operaciones de infraestructura construida, mediante la proyección de diques espigones estructurados de manera perpendicular a la línea de costa o ribera, los cuales contribuyen a capturar los flujos sedimentarios provenientes desde la corriente del estuario, conformando una primera capa de defensa basada en la combinación de métodos estructurales – los diques espigones – con métodos no estructurales referidos a la progresiva acumulación y modelamiento de los bancos sedimentarios. En

términos de diseño, los diques pueden contemplar una base de enrocado natural o bloques de hormigón prefabricados, conformando taludes con pendientes en relación 1:4, considerando alturas de coronación similares a los niveles de terreno de las costaneras y muros de contención proyectados en el borde costero.

- Operaciones topográficas, a través de la configuración y modelamiento de bancos sedimentarios contenidos por la acción de los diques espolones, desarrollando superficies de rugosidad de alturas y anchos variable, las cuales son modeladas y compactadas para evitar fenómenos de erosión o sobre-enbancamiento. La rugosidad y porosidad de estos bancos, que se refuerzan también con coberturas vegetacionales, aporta en el aumento del coeficiente de Manning y, por tanto, en las capacidades de amortiguación del Parque en su conjunto.
- Operaciones ecológicas, por medio de la restauración de ecosistemas riparios sobre los bancos sedimentarios, transformándose en ámbitos susceptibles para la implantación y/o recuperación de vegetación de ribera, cuya propagación aporta a la fitoestabilización de los nuevos suelos.

Junto con favorecer la conformación de una primera línea de defensa del sistema de mitigación que establece el Parque, estas estrategias pueden articularse con iniciativas de programas sociales recreativos, turísticos y productivos, así como también con la restauración de ecosistemas riparios y marinos. En la siguiente imagen (fig. 156) se grafica una propuesta de imagen objetivo de las estrategias off-shore aplicadas al caso del Parque de Mitigación de Constitución.



Fig. 109. Imagen Objetivo de las estrategias off-shore aplicadas al caso del Parque de Mitigación de Constitución, a través de espigones perpendiculares a la ribera para promover captura de sedimentación proveniente del río, generando bancos de amortiguación a través de la acumulación progresiva de suelo para establecimiento de vegetación riparia. Las estructuras de captura, sostenidas mediante taludes de enrocado, conforman también dispositivos de rehabilitación de ecosistemas de ribera y de soporte para el desarrollo de actividades recreativas y productivas. Fuente: Elaboración propia en base a imágenes Google Earth ©.

5.2.3.2. Defensas construidas

Los componentes asociados a las defensas construidas constituyen un importante dispositivo de los Parque de Mitigación, cuando su funcionalidad es complementada y apoyada por soluciones basadas en la acción de componentes naturales. De esta forma, la proyección de muros de contención, enrocados, escolleras y diques debe ser coordinada para actuar de manera conjunta con sistemas de vegetación y suelos. Las defensas construidas cumplen con el rol de descomponer parte de la fuerza de impacto en los procesos de inundación generados tsunamis, marejadas y otros eventos hidrometeorológicos, amortiguando por tanto los aumentos de volumen y velocidad del flujo de ingreso.

En términos de innovación respecto a los componentes ya utilizados en los Parques de Mitigación, se propone articular el diseño de este tipo de defensas construidas con otras iniciativas de proyecto de infraestructuras urbanas, relacionadas principalmente con vialidad, obras portuarias y drenaje urbano, concibiéndolas desde la perspectiva de planificación y diseño de infraestructuras multipropósito que, por un lado, atiendan los requerimientos específicos propios de su función y, por otro, adquieran operatividad como mecanismos de protección ante desastres.

Según lo analizado en la experiencia internacional, entre los componentes de infraestructura que adquieren un sentido multifuncional, se pueden mencionar:

- En el caso de las infraestructuras de obras portuarias: muros costeros, enrocados rompeolas, molos de abrigo, espigones, muelles y rampas de acceso tierra-mar.
- Respecto a las infraestructuras viales y ferroviarias: terraplenes, muros de contención y muros de seguridad.
- En relación a las infraestructuras de drenaje: canales de esorrentía, lagunas de retención y pozos absorbentes.

En la siguiente figura se identifican ejemplos de defensas construidas para la mitigación de impactos de desastres en bordes costeros, basadas en la operatividad de infraestructuras multipropósito asociadas a vialidad, obras portuarias y drenaje urbano.



Fig. 110. Ejemplo de planificación y diseño de infraestructuras verdes para la mitigación de impactos de desastre, basadas en la operatividad de sistemas ecológicos – de humedales y bosques costeros – combinados con infraestructuras construidas. Fuente: Elaboración propia en base al proyecto Houston Coastal Roulette Planning Resilient Communities for Galveston Bay (SWA Group y ASLA, 2012).

5.2.3.3. Sistemas de circulación / evacuación

Los sistemas de circulación en los Parques de Mitigación deben contemplar su conectividad con las vías de evacuación definidas a partir de los planes de emergencia desarrollados en ciudades litorales y en otras localidades afectas a riesgos de desastres¹³⁷. Para ello, resulta necesario que la configuración de las circulaciones peatonales favorezca un desplazamiento expedito y claro hacia las vías de evacuación, las cuales a su vez conducen a la población hacia zonas seguras.

¹³⁷ Los planes de emergencia se desarrollan a nivel comunal, en aquellos territorios susceptibles de ser afectados por la ocurrencia de desastres. Su objetivo es proveer las herramientas y los procedimientos para atender la emergencia post-desastre y, de manera particular, generar las condiciones para implementar la evacuación de las zonas de riesgo, hacia zonas seguras. Su formulación e implementación dependen de ONEMI y MINVU respectivamente.

En términos de diseño, se propone estructurar una red principal de infraestructura pavimentada, la cual conecte los diversos sectores del Parque en sentido longitudinal y transversal, constituyéndose como matriz ordenadora de los recorridos. Esta red debe asegurar la accesibilidad universal, el desplazamiento y la conexión desde la franja de costero o fluvial, según sea el caso, hacia la vialidad que alberga las vías de evacuación. Como refuerzo referido a la legibilidad de esta estructura, se plantea el uso de pavimentos podotáctiles o texturados, la disposición de señalética informativa y la dotación de luminarias que posean autonomía energética, idealmente a través de energía solar.

5.2.3.4. Modelamiento topográfico

En los Parques de Mitigación, el diseño del suelo implica un factor relevante y crítico para la disipación del impacto mediante la descomposición de los vectores de fuerza del desastre, especialmente cuando éste supera la barrera vinculada a las defensas off-shore. Operando de manera conjunta con los sistemas de vegetación que complementan las operaciones de suelo, los movimientos topográficos aumentan la elevación natural del terreno en las zonas de planicies litorales y ribereñas donde se desarrolla el Parque, generando también depresiones que favorecen la inundabilidad controlada ante el ingreso del tsunami.

Estas soluciones definen un manto variable – que basa su funcionalidad en los sistemas de dunas y colinas costeras – el cual produce una mayor rugosidad en la superficie de desplazamiento del fluido en su recorrido desde el mar hacia tierra adentro, aumentando el coeficiente de roce. Se intenta con ello disminuir por un lado su volumen – asociado a la altura de los niveles de inundabilidad o run-up – y por otra parte su velocidad, vinculada con la necesidad de otorgar mayor margen temporal para la evacuación de las zonas que se verán afectadas.

De acuerdo a lo constatado en la experiencia japonesa post tsunami 2011, así como también en los casos nacionales de los parques de mitigación desarrollados en los planes de

reconstrucción post tsunami de 2010, los criterios de diseño topográfico requieren contemplar:

- Coeficientes de rugosidad del modelamiento topográfico con valores de Manning no inferiores a 0.20, en aquellos proyectos que cuenten además con Bosques de Mitigación. Para los casos que no contemplen estos sistemas de vegetación, el coeficiente de Manning no debería ser inferior a 0.23.
- Extensiones de amplitud idealmente superiores a 100 metros de ancho, considerando para aquellos casos de amplitud reducida complementar estas estrategias topográficas con defensas construidas y sistemas de bosques de mitigación.
- Dimensionamiento de alturas de elevación – modelamiento “hacia arriba” – y profundidades de depresión – “hacia abajo” – generando diferencias de nivel de 5 o más metros, entre la cota inferior de las depresiones y la cota superior de las elevaciones.
- Pendientes de elevación de laderas no superiores a la relación 1:4, para prevenir procesos erosivos y, por otra parte, facilitar el establecimiento de vegetación sobre las dunas o colinas.
- Reutilización y reciclaje de escombros para generar elevaciones en el terreno, promoviendo iniciativas de economía circular, sobre los cuales se implementan coberturas de suelos estabilizados con mecanismos físicos (membranas) y fitoestabilización para prevenir erosión de origen eólico o hídrico.
- Coberturas y composición de sustrato del suelo compatibles con las condiciones ambientales del contexto de intervención, en términos de su procedencia, granulometría, erodabilidad, capacidad de infiltración y perfil bioquímico.

5.2.3.5. Bosques de mitigación

Los sistemas de vegetación en los parques de Mitigación constituyen el eslabón más importante de su estructura, no sólo respecto al aporte en materia de disipación y amortiguación de los impactos ante desastres, sino también a su presencia como componente ecológico y paisajístico clave para la provisión de servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte.

Desde el punto de vista de su origen, las estrategias de vegetación consideran:

- Conservación y propagación de sistemas de vegetación de ecosistemas remanentes como parte de la infraestructura verde del Parque, especialmente de aquellos estratos arbustivos y herbáceos propios de praderas marinas o hidrófilas, zonas riparias, humedales costeros y cordones dunarios.
- Introducción de sistemas de vegetación compatibles con las condiciones ambientales del contexto de intervención, determinadas por una selección de especies nativas y/o exóticas aptas para establecer comunidades resilientes ante las características de clima y suelos, con especial atención en la salinidad de ambientes costeros y estuarinos.
- Hibridación de sistemas de vegetación remanentes e introducidos o emergentes, mediante criterios de diseño y manejo que favorezcan sinergias y complementariedades interespecies. Un ejemplo de ello refiere al rol que pueden asumir las especies nativas o introducidas halófitas de primera línea de costa, para proteger las alineaciones posteriores ante la influencia de la salinidad en aire y suelos.

Por otra parte, las estrategias contemplan el uso combinado de vegetación en diversos estratos, los cuales colaboran con las funciones de mitigación mediante la densidad del sistema en su conjunto. De esta manera se proponen:

- Especies de estrato de cubresuelos, resistente a sustratos rústicos y – según el contexto de intervención – a bajo requerimiento hídrico, cuya función es, por un lado, proveer de estabilización a la cobertura de suelos modelados en las pendientes de colinas o dunas, según sea el caso. Por otro, al desarrollarse como primera capa de cobertura vegetal, contribuye a mejorar las condiciones de humedad y fijación de nutrientes en los suelos.
- Especies de estrato herbáceo, principalmente asociada a zonas riparias de primera línea de costa, o bien a zonas inundables vinculadas a depresiones en el sistema de modelamiento topográfico del Parque, cuyo rol es contribuir a la fitoestabilización de los movimientos topográficos, retener volúmenes de agua ante eventos de inundación y colaborar en su infiltración. En particular, cuando se dispone en zonas inundables de retención y laminación, colabora también en procesos de oxigenación y fitorremediación de aguas.
- Especies de estrato arbustivo, con raíces pivotantes y extendidas, de ramaje denso y horizontal, de hoja idealmente perenne, su función es colaborar junto al arbolado como barrera de retención y disipación de la fuerza hidrodinámica, aportando además atributos ecológicos de biodiversidad. Por otra parte, el uso de alineaciones de especies halófitas propias de zonas ribereñas, forman cortinas que protegen de la salinidad a las filas que se encuentren detrás de ellas.
- Especies de estrato arbóreo, de raíz profunda y pivotante que conforman junto al estrato arbustivo la barrera de disipación del flujo entrante, la cual tiene un importante rol, por la mayor envergadura de las especies, en la retención de elementos arrastrados por las aguas.

En términos de densidades de plantación, siguiendo el ejemplo de las iniciativas estudiadas en Japón (Renaud & Murti, 2013), las recomendaciones de la Guía para la selección de coeficientes de rugosidad de Manning (Arcement & Schneider, 1989) y los supuestos establecidos en las modelaciones de escenarios desarrolladas por Lagos (2012), se propone

definir rangos mínimos de 4000 especies de arbustos por hectárea y 3000 especies de árboles por hectárea, con el objetivo de alcanzar coeficientes de rugosidad de Manning superiores a 0.20, para asegurar la efectividad de las soluciones propuestas.



Fig. 111. Estudio de caso para determinar coeficiente de rugosidad de Manning de 0.20, a partir de densidad vegetal expuesta a inundabilidad. Fuente: Arcement & Schneider (1989).

El logro de estas densidades de plantación no sólo plantea un desafío ambiental y técnico vinculado a las capacidades bioquímicas y mecánicas de los suelos que las soportan, o a las propias condiciones de asociatividad ecológica de las especies, sino que demanda una nueva concepción de parque referida a la espacialidad y a la estética resultante, más cercana a la imagen de ecosistemas silvestres auto-organizados y evolutivos, que a sistemas de plantación determinados por grillas geométricas predefinidas. Asimismo, desde el punto de vista de su uso y valoración social, estos componentes se definen ya no sólo como ámbitos programáticos o socialmente funcionales, sino más bien como reductos ecológicos que contienen y aportan importantes servicios ecosistémicos asociados a la conservación de la biodiversidad y, especialmente, a la adaptabilidad y resiliencia de las localidades costeras ante la ocurrencia de desastres.

En la siguiente tabla, se sintetizan los criterios técnicos de diseño expuestos:

PARQUES DE MITIGACIÓN	3. CRITERIOS TÉCNICOS DE DISEÑO.
3.1. Establecimiento de sistemas de mitigación mediante infraestructuras ecológicas off-shore	<p>Configuración de sistemas de mitigación mediante componentes que contribuyan al establecimiento de infraestructuras ecológicas en paralelo al litoral, costa afuera (off-shore), contemplando la restauración y propagación de ecosistemas remanentes y emergentes. Para ello se considera la proyección y manejo de zonas de depósito sedimentarios acompañados de estructuras de defensa construidas para su estabilización en los espacios marinos y/o fluviales que preceden la línea de borde costero, robusteciendo el sistema de amortiguación.</p>
	3.1.1. Operaciones de infraestructura construida.
	3.1.2. Operaciones topográficas.
	3.1.3. Operaciones ecológicas.
3.2. Diseño de defensas construidas mediante infraestructura de carácter multipropósito.	<p>Los componentes asociados a defensas construidas conforman un importante dispositivo de los Parque de Mitigación, cuando su funcionalidad es complementada por soluciones basadas en la acción de ecosistemas. Se propone articular el diseño de este tipo de defensas con otras iniciativas de infraestructuras urbanas, relacionadas principalmente con vialidad, obras portuarias y drenaje urbano, concibiéndolas desde la perspectiva de planificación y diseño de infraestructuras multipropósito que, por un lado, atiendan los requerimientos específicos propios de su función y, por otro, adquieran operatividad como mecanismos de protección ante desastres.</p>
	3.2.1. Operaciones de infraestructura portuaria.
	3.2.2. Operaciones de infraestructura vial y ferroviaria.
	3.2.3. Operaciones de infraestructura hidráulica.

<p>3.3. Conectividad de los sistemas de circulación con las vías de evacuación definidas en los planes de emergencia a nivel comunal.</p>	<p>Los sistemas de circulación en los Parques de Mitigación deben contemplar su conectividad con las vías de evacuación definidas en los planes de emergencia desarrollados en localidades afectas a riesgos de desastres, favoreciendo un desplazamiento expedito hacia las vías de evacuación que conducen hacia zonas seguras. Por un lado, se propone estructurar una red principal de infraestructura pavimentada, la cual conecte los diversos sectores del Parque, constituyéndose como matriz ordenadora de los recorridos. Como refuerzo referido a la legibilidad, se plantea el uso de pavimentos podotáctiles o, la disposición de señalética informativa y la dotación de luminarias con autonomía energética, idealmente a través de energía solar.</p>
	<p>3.2.1. Red principal de accesibilidad universal, ordenadora de recorridos.</p>
	<p>3.2.2. Señalética horizontal y vertical.</p>
	<p>3.2.3. Luminaria con autonomía energética.</p>
<p>3.4. Modelamiento topográfico de los suelos del Parque para aumentar el coeficiente de roce.</p>	<p>Operando de manera conjunta con los sistemas de vegetación que complementan las operaciones de suelo, los movimientos topográficos aumentan la elevación natural del terreno en las zonas de planicies litorales y ribereñas donde se desarrolla el Parque, generando también depresiones que favorecen la inundabilidad controlada ante el ingreso del tsunami. Estas soluciones definen un manto variable que produce una mayor rugosidad en la superficie de desplazamiento del fluido en su recorrido desde el mar hacia tierra adentro, aumentando el coeficiente de roce.</p>
	<p>3.4.1. Amplitud de extensión transversal y complementariedad con otros sistemas.</p>
	<p>3.4.2. Dimensionamiento de alturas de elevación y pendientes de laderas.</p>
	<p>3.4.3. Reciclaje de escombros y estabilización de sustratos para conformación de suelos.</p>
<p>3.5. Configuración de sistemas de vegetación multiestrato como dispositivo ecológico de disipación.</p>	<p>Los bosques de mitigación, conformados por sistemas de vegetación de diversos estratos, constituyen el eslabón más importante de la estructura del Parque, no sólo respecto al aporte en materia de disipación y amortiguación de los impactos ante desastres, sino también a su presencia como componente ecológico y paisajístico clave para la provisión de servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte.</p>
	<p>3.5.1. Conservación y propagación de sistemas de vegetación remanentes .</p>
	<p>3.5.2. Introducción de sistemas de vegetación compatibles con el contexto.</p>
	<p>3.5.3. Hibridación de sistemas de vegetación remanentes e introducidos o emergentes.</p>
	<p>3.5.4. Uso combinado de vegetación en diversos estratos y en alta densidad.</p>

Tabla 14. Criterios de diseño para la implementación de Parques de Mitigación. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Conclusiones y proyecciones de la investigación.

En los últimos años, la arquitectura del paisaje ha desarrollado un importante ámbito de reflexión teórica y práctica asociado a la problemática de la planificación y diseño de territorios vulnerables ante desastres, gran parte de los cuales acontecen en contextos determinados por la presencia de asentamientos urbanos en espacios colindantes a sistemas naturales, definidos como bordes o ecotonos. En tal sentido, los territorios costeros representan un foco de atención relevante en materia de estudios y proyectos orientados a la reducción de riesgo y la gestión de resiliencia, dada su alta exposición a fenómenos tales como marejadas, tsunamis y alza del nivel del mar, acentuados en las pasadas décadas debido a los efectos del cambio climático global.

Bajo la perspectiva socioecológica que se ha planteado en esta investigación, la ocurrencia de desastres se explica no tan sólo por la propensión de una determinada zona o asentamiento humano al riesgo catastrófico de un fenómeno natural, sino también por el desacoplamiento de las capacidades adaptativas entre los sistemas antrópicos y los sistemas naturales. Los primeros, planificados generalmente para *permanecer* bajo determinados parámetros de estabilidad con escasa flexibilidad a cambios; los segundos, capaces de acoger dinámicas de adaptabilidad en un espectro más amplio. Parte importante de la problemática del desastre subyace, de esta forma, en la necesidad de conciliar capacidades adaptativas de los sistemas antrópicos y naturales, en el marco de los procesos de planificación de territorios susceptibles a dinámicas de cambios producidas por fenómenos naturales extremos.

Desde el lenguaje de la resiliencia, el manejo adaptativo y la versatilidad, el proyecto de paisaje ha estado estrechamente vinculado al diseño de infraestructuras verdes conformadas por ingenierías híbridas de elementos construidos, manejo de topografías y sistemas ecológicos, los cuales se adaptan a las condiciones dinámicas del territorio, contemplando sus múltiples naturalezas y fenómenos. El impacto recurrente de tormentas y huracanes en América del Norte – como Katrina en 2005, Ike 2018 y Sandy en 2011 – han sido factores desencadenantes de iniciativas de investigación y políticas públicas orientadas a promover instrumentos de planificación y proyectos para la reducción de riesgo ante desastres,

principalmente referidos al manejo de inundaciones en ciudades costeras. Asimismo, desastres relacionados con tormentas, marejadas y tsunamis ocurridos en el norte de Europa y Asia, respectivamente, aportan experiencias destacadas en materia de planes y proyectos de paisaje e infraestructuras verdes. En torno a este panorama, que también adopta los lineamientos establecidos por Naciones Unidas a través de diversas instancias intergubernamentales para la gestión del riesgo de desastres, la arquitectura del paisaje ha tenido un emergente espacio de desarrollo teórico y práctico, cuya base conceptual en materia de diseño es informada tanto por el conocimiento ecológico, como las ciencias aplicadas de la ingeniería, la arquitectura y el urbanismo.

El concepto de resiliencia, y la redefinición más amplia de la ecología de sistemas adaptativos complejos en las últimas décadas, abre nuevas oportunidades para incorporar estrategias de diseño multipropósito basadas en las sinergias resultantes de la articulación entre las infraestructuras urbanas y los sistemas naturales, especialmente en contextos territoriales asociados a riesgo de desastres. Esta condición mutipropósito del diseño como cualidad inherente a la arquitectura del paisaje, apunta directamente a articular los objetivos de reducción de riesgo con otros objetivos en paralelo – tales como desarrollo económico y productivo, conservación ecológica y gestión de recursos naturales, recreación y espacio público – los cuales ya no se conciben como meras externalidades de un determinado proyecto, sino que se proyectan como parte estructurante del mismo, desde su propia formulación y diseño.

En relación al caso de estudio, el terremoto y posterior tsunami ocurrido el 27 de febrero del 2010 en Chile – denominado comúnmente como *27F* – se considera el desastre de mayor cobertura urbana registrado en su historia y uno de los más grandes eventos acontecidos a escala global, dada su amplia extensión que afectó gravemente las localidades de borde costero en más de 600 kilómetros de longitud, incluyendo a los principales centros urbanos e infraestructuras críticas del centro sur de Chile. Las regiones del Maule y Biobío fueron las zonas más devastadas, tanto por las pérdidas de vidas humanas, como por los daños materiales generados en diversas ciudades, pueblos y caletas. Más allá de las condiciones físico-naturales, la escasa consideración de la dinámica y recurrencia de procesos naturales

extremos, y su relación con el emplazamiento y expansión de asentamientos humanos, incrementó el riesgo de desastre especialmente en las localidades de borde costero, debido no sólo a la ocupación irregular y desprovista de planificación territorial, sino también a la presión ejercida desde el sector inmobiliario para la construcción en esos espacios.

Pese al complejo escenario de destrucción que este evento produjo, ha sido posible entenderlo también como un importante espacio de oportunidad para repensar las dinámicas de habitabilidad en contextos de borde. Este enfoque prospectivo ha permitido en años posteriores desarrollar conocimiento científico y técnico en diversas áreas del conocimiento, favoreciendo procesos reflexivos relacionados con la formulación de una serie de instrumentos de planificación e iniciativas de proyectos enfocados no sólo en la necesidad de promover la reconstrucción de las localidades afectadas, sino también de fomentar la discusión acerca de nuevos enfoques de actuación ante los desafíos de resiliencia urbana y gestión del riesgo en ciudades costeras, en el marco de la actualización de instrumentos de planificación territorial a escala comunal y regional.

Aun cuando en estos instrumentos no existen referencias explícitas a la idea de resiliencia como marco de desarrollo de capacidades adaptativas en el habitar del borde costero, el caso del Plan de Reconstrucción de la ciudad de Constitución – y en particular el proyecto de Parque de Mitigación que se desarrolla bajo su alero – abren un espacio de reflexión sobre las formas de actuación desde la planificación y diseño del paisaje en contextos de riesgos y vulnerabilidades. Desde su conceptualización como infraestructura urbana para la amortiguación de los fenómenos de inundación derivados de la ocurrencia de tsunamis, la figura de los Parques de Mitigación como proyecto es replicada luego en diversas localidades costeras afectadas por el desastre de Febrero de 2010, siguiendo el ejemplo de Constitución.

Este nuevo enfoque de infraestructura integra la noción de parque como estrategia que especula sobre las condiciones de habitabilidad en los bordes expuestos a riesgos de desastres, proponiendo nuevas posibilidades de encuentro social entre las ciudades litorales y los paisajes costeros, los cuales previos al desastre habían sido progresivamente ocupados, privatizados y subvalorados, en su dimensión cultural y ecológica. De esta manera, el espacio

público en la reconstrucción del 27F adquiere un rol estratégico, dado que se comprende como el ámbito clave a intervenir para revertir las condiciones de vulnerabilidad, promover la reducción de riesgos de desastres y fomentar la resiliencia urbana. Desde esta visión de infraestructura multipropósito, la estrategia de hibridar el concepto de *infraestructura de mitigación* con la idea de *parque* permite optimizar la inversión pública mediante proyectos intersectoriales que apuntan a compatibilizar los objetivos de seguridad civil y reducción de riesgos, con la necesidad de mejorar la dotación de espacios públicos de calidad, en localidades que presentaban importantes déficit en esta materia, de manera previa al desastre.

5.3.1. Validación de las hipótesis.

Como se ha evidenciado a lo largo de la investigación, el panorama de la experiencia internacional referido a la planificación de resiliencia y reducción de riesgo ante desastres representa un importante campo de estudio y práctica para la arquitectura del paisaje, la cual constituye una plataforma de reflexión y actuación de carácter multidisciplinario apta para analizar, representar y proyectar las condiciones dinámicas de territorios expuestos ante amenazas de diversa naturaleza. Por una parte, la representación de las manifestaciones físicas de fenómenos, cambios y eventos extremos acontecidos en un determinado contexto - expresados en capas informativas de patrones y procesos socioecológicos - conforma un soporte clave de comunicación y sociabilización de los riesgos y vulnerabilidades asociados a la ocurrencia de desastres, contribuyendo a que las instituciones y las comunidades puedan gestionar estrategias de planificación coherentes con esa condición territorial.

Por otro lado, transitando desde lo especulativo hacia lo empírico, las iniciativas de infraestructura verde analizadas conforman ejemplos notables del potencial rol que la arquitectura del paisaje tiene en la superación de vulnerabilidades y en la reclamación de los valores ecológicos y culturales de los entornos de vida comprometidos. Particularmente en relación a contextos de borde costero, el desempeño de estos sistemas híbridos - que combinan sinérgicamente la estructura y funcionalidad de componentes ecológicos y antrópicos - favorece la prestación de servicios de regulación relacionados con la reducción

del riesgo y la mitigación de efectos de desastres, así como también facilitan protocolos para la evacuación o refugio de la población afectada. Al mismo tiempo que, ante carencias de espacios públicos y áreas verdes, puede contribuir al desarrollo de lugares memorables para la vida urbana mediante la integración de ecologías, programas sociales y equipamientos.

Para el caso chileno, cuya implicancia se asocia directamente a la problemática territorial de contextos asociados a bordes costeros constantemente afectados por la ocurrencia de tsunamis y marejadas y alza del nivel del mar, esta perspectiva constituye un real aporte para fortalecer las actuaciones en zonas de riesgo, en correspondencia con aquellas políticas, normas e instrumentos de planificación que le otorgan legitimidad. En tal sentido, la experiencia derivada del terremoto y tsunami ocurrido en Febrero de 2010 ha implicado una contribución sustancial, referida tanto en la sensibilización de los soportes representacionales del desastre - cuyo registro en mapas actualizados han guiado la implementación de instrumentos de planificación y protocolos de seguridad más precisos - como también a la integración del enfoque de infraestructura verde plasmada en la figura de los Parques de Mitigación, los cuales abren un importante espacio de oportunidad para repensar las dinámicas de habitabilidad de bordes costeros desde la arquitectura del paisaje.

No obstante, aun cuando su desarrollo ha significado un inédito esfuerzo de política pública, gobernanza e inversión multisectorial, los proyectos de Parques de Mitigación han sido escasamente analizados y la información asociada a su formulación, diseño y ejecución ha permanecido archivada y fragmentada en diversas reparticiones gubernamentales. Ante ello, esta investigación ha aportado justamente en establecer una búsqueda, sistematización y análisis crítico de la documentación de anteproyecto, proyecto ejecutivo y registro de obras ejecutadas, evaluando su planificación y diseño en términos de coherencia y efectividad, en tanto dispositivos claves para la reducción de riesgos ante desastres. Asimismo, la profundización de su análisis comparado respecto a casos relevantes que aporta la experiencia internacional, ha permitido identificar brechas que refieren tanto a la necesidad de ampliar el alcance de la escala del proyecto hacia la planificación del mosaico de paisaje en una dimensión espacial y ambiental mayor, como también a precisar aspectos específicos

de diseño en congruencia con parámetros técnicos requeridos para la disipación del tsunami, en términos de su velocidad, volumen y fuerza de impacto.

En base a este análisis, la propuesta para el fortalecimiento de los Parques de Mitigación en tanto infraestructura verde para la adaptabilidad y resiliencia de territorios afectados por desastres en contextos de borde costero, se organiza a partir de la formulación de lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios técnicos de diseño. Comprendidos en primer lugar como iniciativas que se enmarcan en políticas públicas e instrumentos de planificación de resiliencia urbana y gestión de reducción de riesgos, los lineamientos favorecen la comprensión de los Parques de Mitigación en relación a su propósito y alcance, a los beneficios y sinergias que considera, a la integración multisectorial que promueve su planificación, diseño e implementación, a la multiescalaridad de su alcance territorial y a la temporalidad de su gestión en el mediano y largo plazo. Por su parte, las estrategias que se proponen permiten precisar su operatividad desde el reconocimiento e integración de instrumentos y programas multisectoriales, que favorecen su viabilidad en un determinado contexto de intervención. Estas estrategias se estructuran y espacializan en el territorio mediante un plan, que a la vez organiza el conjunto de operaciones que acontecen en un nivel de diseño y/o manejo concreto. Por último, en términos más específicos, los criterios de diseño establecen los parámetros de referencia técnica que definen la escala y estructura espacial del Parque de Mitigación, asegurando su operatividad mediante la configuración de soluciones basadas en la integración de componentes de infraestructura ecológica e infraestructura construida.

Sin perjuicio de lo anterior, resulta importante concluir que este enfoque de infraestructura verde de mitigación plantea un desafío ambiental y cultural que trasciende su dimensión operativa y técnica, el cual refiere a la sociabilización de una nueva concepción de parque, estética y espacialmente más cercana a la imagen de ecosistemas silvestres auto-organizados y evolutivos, que a sistemas construidos y manejados como áreas verdes urbanas convencionales. Asimismo, desde el punto de vista de su uso y valoración social, estos componentes se definen ya no sólo como ámbitos programáticos o socialmente funcionales,

sino más bien como reductos ecológicos que contienen y aportan importantes servicios ecosistémicos para la adaptabilidad y resiliencia ante potenciales desastres.

5.3.2. Alcance de los objetivos propuestos.

En relación al cumplimiento de los objetivos definidos, se puede señalar en primer lugar que la investigación ha permitido establecer en profundidad el alcance de la planificación y diseño del paisaje en la gestión de resiliencia urbana y la adaptabilidad de territorios afectados por desastres, combinando el análisis de la experiencia internacional en materia de planes y proyectos con el estudio específico de caso asociado al sistema de parques de mitigación de tsunamis proyectado en localidades urbanas costeras del centro-sur de Chile, en las regiones del Maule y Biobío, post tsunami de 2010.

Al respecto, como se ha señalado, la arquitectura del paisaje ha desarrollado un importante ámbito de reflexión teórica y práctica que ha contribuido a aportar enfoques innovadores basados en las sinergias resultantes de la articulación entre las infraestructuras urbanas y los sistemas naturales, los cuales han sido factores desencadenantes de iniciativas de investigación aplicada y de políticas públicas orientadas a promover instrumentos de planificación y proyectos para la reducción de riesgo ante desastres, en un panorama que también considera los lineamientos establecidos por Naciones Unidas a través de diversas instancias intergubernamentales, destacando en tal sentido el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Ello se ha traducido, en los últimos años, en la implementación de planes y proyectos de infraestructura verde conformadas por la hibridación de componentes asociados a ecosistemas remanentes y emergentes con elementos propios de sistemas construidos, los cuales se adaptan a las condiciones dinámicas del territorio, sus múltiples naturalezas y fenómenos. Estas iniciativas amplían la escala del diseño hacia la planificación del mosaico de paisaje, concebido como un soporte complejo capaz de articular relaciones entre ecosistemas, redes, infraestructuras, programas públicos y privados, en contextos altamente expuestos a cambios.

Por otra parte, atendiendo al objetivo de comprender el contexto del desastre del 27F y su alcance en los territorios afectados, se ha planteado que las zonas de borde costero representan un foco de atención relevante en materia de estudios y proyectos orientados a la reducción de riesgo y la gestión de resiliencia, dada su alta exposición a fenómenos tales como marejadas, tsunamis y alza del nivel del mar, acentuados en las pasadas décadas debido a los efectos del cambio climático global. Más allá del complejo escenario de afectación derivado del terremoto y posterior tsunami ocurrido el 27 de febrero del 2010 en Chile, su estudio ha permitido resignificarlo como un importante espacio de oportunidad que ha favorecido procesos reflexivos relacionados con la formulación de instrumentos de planificación e iniciativas de proyectos enfocados ya no sólo en la necesidad de promover la reconstrucción de las zonas afectadas, sino también de estimular nuevos enfoques de actuación ante los desafíos de resiliencia urbana y de reducción de riesgo en localidades costeras.

Respecto al objetivo de analizar las condiciones normativas que han determinado iniciativas de planificación y gestión ante desastres en los territorios afectados por el tsunami del 27F, focalizando la atención en la figura de los Planes de Reconstrucción Estratégica y los Parques de Mitigación, se ha logrado estudiar con precisión el marco histórico, institucional y territorial en el cual ambas iniciativas han confluído. Este análisis ha permitido por una parte, sistematizar el universo de acontecimientos, procesos, actores, normas e instrumentos que explican su gestación y posterior desarrollo. Y, por otro lado, comprender su trascendencia como semillero de un nuevo enfoque de planificación y diseño asociado a la idea de infraestructura verde para la adaptabilidad y resiliencia ante desastres. La replicabilidad de los lineamientos conceptuales y las estrategias de planificación que originalmente se formularon en el Plan de Reconstrucción de Constitución, incluyendo la figura del Parque de Mitigación, permean luego a diversas localidades donde se ponen en práctica, transformándose en un proyecto símbolo de recuperación para las comunidades por dos motivos principales: la gran inversión económica que supone el parque dentro del plan y la relevancia a nivel de espacio público en localidades que históricamente han evidenciado falencias en ese tipo de equipamientos.

En cuanto al objetivo trazado de identificar métodos y estrategias asociadas a proyectos de planificación y diseño del paisaje orientados a la gestión de resiliencia y adaptabilidad ante desastres, su logro se establece tanto a partir del estudio de referentes internacionales, como también en su cruce con el análisis crítico de los Parques de Mitigación desarrollados en el marco de los planes de reconstrucción post 27F. En relación directa con la experiencia internacional, documentada a partir de los planes y proyectos analizados en Estados Unidos, Europa y Japón, el enfoque de infraestructura híbrida se fundamenta en el rol activo de los sistemas naturales complementados con sistemas construidos, comprendidos como infraestructuras verdes capaces de absorber y amortiguar los fenómenos de cambios hidrológicos extremos a través de la adaptabilidad y sinergia de sus componentes, la cual aporta servicios ecosistémicos claves para la protección de zonas urbanas costeras ante desastres.

En el marco de los planes de reconstrucción post tsunami de 2010, la propuesta de los Parques de Mitigación emerge como reflexión vinculada directamente a proveer de espacios de amortiguación para disipar parte de los efectos generados por el impacto de las olas, con el objetivo de favorecer, por un lado, los tiempos de evacuación de la población hacia zonas altas de seguridad y, por otro, de reducir los daños a la propiedad pública y privada. Este nuevo enfoque de infraestructura, como ya se ha señalado, integra la noción de parque como estrategia que reflexiona sobre las condiciones de habitabilidad en los bordes expuestos a riesgos de desastres, definiendo nuevas posibilidades de encuentro social entre la zonas urbanas y los paisajes costeros, lo cual remite a la idea de reclamación de un paisaje que ha sido progresivamente ocupado, privatizado y subvalorado, tanto en su dimensión sociocultural como ecológica.

Por último, cabe consignar también el cumplimiento del objetivo asociado a proponer lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios técnicos de diseño de infraestructuras verdes orientadas a la resiliencia y adaptabilidad de territorios urbanos en bordes costeros, en el marco de los instrumentos de planificación territorial en Chile. El conjunto de estos lineamientos, estrategias y criterios de diseño conforma una importante base conceptual, metodológica y técnica destinada a fortalecer el desarrollo de Parques de

Mitigación, contribuyendo a subsanar las incongruencias detectadas en el análisis de los casos expuestos y aportando en mejorar su coherencia estructural y funcional para su replicabilidad futura.

5.3.3. Resultados y proyecciones de la investigación.

En relación a los resultados alcanzados por la investigación, uno de los aportes relevantes ha sido visibilizar de manera ordenada y jerarquizada la información asociada a la formulación, diseño y ejecución de los proyectos de Parques de Mitigación, cuyos antecedentes se encontraban atomizados y dispersos en diversos soportes relacionados con actas, informes, memorias y planos, lo cual dificultó en una primera instancia su análisis y comprensión. El proceso de búsqueda, estudio y sistematización de esta información ha sido clave para construir una aproximación integral a los proyectos y determinar la idoneidad de las principales estrategias y operaciones que otorgan forma, sentido y legitimidad a la figura de los Parques de Mitigación.

En segundo término, el análisis de la experiencia internacional asociada a los casos de planes y proyectos de paisaje desarrollados para la reducción de riesgo de desastres de tsunamis, marejadas, eventos hidrometeorológicos y alza del nivel del mar en contextos de borde costero, constituye una importante fuente documental que expone un espacio de desarrollo teórico y práctico emergente e innovador. El estudio de estos casos referenciales, que abarca en su espectro temporal una década caracterizada por el aumento de la frecuencia e intensidad de eventos de desastres, exhibe una amplia diversidad de estrategias y componentes de diseño, que transitan desde tipologías vinculadas a soluciones basadas principalmente en la acción de sistemas naturales – y por tanto relacionadas a la funcionalidad de la infraestructura ecológica de ecosistemas remanentes – hasta aquellas que contemplan la hibridación entre soluciones de ingeniería ecológica, con soluciones de ingeniería tradicional.

Por otra parte, volviendo a los Parques de Mitigación, esta base articulada de análisis ha permitido identificar aquellos componentes de diseño necesarios de mejorar y fortalecer,

nutriéndolos de los lineamientos conceptuales y criterios técnicos que puedan incorporarse a partir de la experiencia internacional, no sólo en materia específica de estrategias de mitigación ante tsunamis, sino en el amplio panorama de casos asociados a otros fenómenos de desastres. Se estima que sólo así será posible aprovechar el enorme esfuerzo del Estado y de diversos actores que han participado de su desarrollo, con el propósito de promover de manera responsable su replicabilidad basada en el rol del paisaje como infraestructura para la resiliencia y adaptabilidad de territorios en condiciones de vulnerabilidad ante desastres.

En relación a las proyecciones de la investigación, se plantea promover su transferencia y aplicabilidad mediante el desarrollo de soportes que favorezcan la implementación de una política pública asociada a la promoción de iniciativas de planificación y diseño de infraestructuras verdes para el fortalecimiento de la resiliencia urbana y la reducción de riesgos de desastres, incluyendo:

- La definición de un cuerpo normativo orientado a regular aspectos técnicos de diseño y ejecución de proyectos, contenido tanto a nivel de ley y ordenanzas, como también a nivel de reglamentos que colaboren en su operatividad técnica;
- La adscripción de este tipo de proyectos a los marcos normativos e indicativos de los instrumentos de planificación a escala comunal y regional, transformándolos en piezas fundamentales de la infraestructura urbana;
- La determinación de modelos de gestión intersectoriales destinados por un lado a facilitar su evaluación social y económica que permita acceder a fondos públicos y, por otra parte a reconocer e integrar diversas fuentes de financiamiento para la implementación y mantención de los proyectos.
- La estructuración de instancias de participación ciudadana abiertas y vinculantes, establecidas desde las fases tempranas de su planificación, que permitan integrar los requerimientos, visiones y objetivos de desarrollo de las comunidades locales y los actores relevantes del territorio.

- El desarrollo de guías técnicas de planificación y diseño de proyectos, que contribuyan a apoyar el desarrollo de este tipo de iniciativas y colaboren en la divulgación de buenas prácticas documentadas a nivel nacional e internacional.

En términos del alcance potencial de estas proyecciones, su ámbito de acción puede expandirse hacia otros contextos territoriales relacionados con diversas situaciones y factores de riesgo, tales como remociones en masa, inundaciones por eventos hidrometeorológicos e incluso incendios generados en la interfaz urbano-forestal. Las múltiples interacciones que este abanico de fenómenos establece con los territorios habitados constituye un campo fértil para la formulación y desarrollo de iniciativas de planificación y diseño de Parques de Mitigación.

Bibliografía.

Ahern, Jack (2011) From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning* Vol. 100, Issue 4, pp. 341-343.

Aranguiz, Rafael (2018) Tsunamis en la Región del Biobío: Desde una mirada multidisciplinaria. Editorial Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile.

Arcement, George; Schneider, Verne (1989) Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. U.S. Geological Survey Water-Supply.

Arenas, Federico Lagos, Marcelo. Hidalgo, Rodrigo (2010). Riesgos naturales y planificación territorial. En, *Revista Centro de Políticas Públicas UC*. Año 5 N° 39, pp. 1-11. Pontificia Universidad Católica de Chile

Arteaga, Catalina; Tapia, Ricardo (2015) Vulnerabilidades y Desastres Socionaturales. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.

Austin, John L. (1965) How to Do Things with Words. The William James Lectures Delivered at Harvard University. Oxford University Press. Reino Unido.

Barra; Luis (1992) De Nueva Bilbao a Constitución. Apuntes históricos.

Battle, Enric (2011). El Jardín de la Metrópoli. Del paisaje romántico al espacio libre para una ciudad sostenible. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, España.

Bélanger, Pierre (2016). Landscape as infrastructure: a base primer. Taylor & Francis / Routledge. Londres, Reino Unido.

Bell, Darren (2005). The emergence of contemporary masterplans: property markets and the value of urban design. *Journal of urban design*, 10(1), 81-110.

Belmonte, Jesus (2016) Registro de representaciones y discursos proyectuales en paisajes del desastre Redibujando el borde costero chileno afectado por tsunamis. Constitución y el 27 de febrero de 2010. Tesis para optar al grado de Magister en Arquitectura del Paisaje. Escuela de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Berkes, Fikret; Colding, Joahn; Folke, Carl (2003) *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press. Reino Unido.

Berrizbeitia, Anita (2007) Re- Placing process. En, *Large Parks*, ed. Czerniak, Julia; Hargreaves, George (eds.). Princeton Architectural Press. New York, USA.

Berque, Augustín (ed.) (1994) *Cinq Propositions pour une Théorie du Paysage*. Seyssel: Editions Champ Vallon. Paris.

Bertrand, George (2008) Un paisaje más profundo. De la epistemología al método. *Cuadernos Geográficos*, 43 (2), 17-27.

Beveridge, Charles; Paul Rocheleau (1998). *Frederick Law Olmsted: Designing the American Landscape*. Nueva York, Nueva York: Universe Publishing

Bilkovic, D.; Mitchell, M. (2013). Ecological tradeoffs of stabilized salt marshes as a shoreline protection strategy: effects of artificial structures on macrobenthic assemblages. *Journal of Ecological Engineering*. 61, pp. 469–481.

Birkmann, Jörn (2013) *Measuring Vulnerability to Natural Hazards*. 2ª edición. United National University Press. Tokio, Japón.

Bolund, P.; S. Hunhammar (1999) Ecosystem services in urban areas. En, *Ecological Economics* N°29, p: 293–301.

Bordas, A. (2006). Políticas públicas para enfrentar los desastres naturales en Chile. Tesis para Optar al Grado de Magister en Gestión y Políticas Públicas. Universidad de Chile.

Bresciani, Luis (2012) En, Brain, I. & Mora, P. (eds.) *Emergencia y Reconstrucción: el antes y después del terremoto y tsunami del 27-F en Chile. Aprendizajes en materia habitacional, urbana y de seguros.* Ediciones Pontificia Univeridad Católica de Chile, Centro de Políticas Públicas UC.

Burke, L., et al. (2001): *Pilot Analysis of Global Ecosystems: Coastal Ecosystems.* World Resources Institute. Washington D.C. 77 pp.

Campos, Rodrigo (2016) *Análisis de marejadas históricas y recientes en las costas de Chile.* Memoria de Título Ingeniero Civil Oceánico. Facultad de Ingeniería, Universidad de Valparaíso, Chile.

Cárdenas, Julio (2005) *Memoria del Maule.* Gobierno de Chile, Consejo Nacional del Libro y la Lectura. Ed. Universitaria de Talca.

Carpenter, S. R.; Folke Carl (2006) *Ecology for transformation.* En, *Trends in Ecology and Evolution* N° 21, p: 309–315

Carstens, C. Huepe, G. (2010) *Rememorando Dichato; un paseo por paisajes y re-latos.* Obra financiada por el Fondo Nacional de Desarrollo Cultural y las Artes. Convocatoria 2010, Región del Biobío.

Cartes, Iván (2013) *Dichato, desde la crisis a la reconstrucción. Un modelo de gestión de riesgo y resiliencia.* En, *Ciudad y Gestión*, Vol. 16, N° 27. Universidad del Bío-Bío, p: 33-40.

Cartes, Iván (2012). Territorio y evolución del paisaje urbano post desastre. En, Revista 180. N°30. Universidad Diego Portales. Santiago de Chile, p: 10-15.

CEPAL (2012) La economía del cambio climático en Chile. Documento de Proyecto. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

Cereceda, Pilar; Errázuriz, Ana M. (2015) Geografía. Chile y el mundo. Editorial Vicens Vives, Santiago de Chile.

Cereceda, Pilar; Errázuriz, Ana M.; Lagos, Marcelo (2011) Terremotos y tsunamis en Chile: Para prevenir y conocer. Origo Ediciones, Santiago de Chile.

CIPER Chile (2012) Tsunami paso a paso: los escandalosos errores y omisiones del SHOA y la ONEMI. Consultado en: <https://ciperchile.cl/2012/01/18/tsunami-paso-a-paso-los-escandalosos-errores-y-omisiones-del-shoa-y-la-onemi/>

Clements, Frederick (1905) Research methods in ecology. The University Publishing Company, Lincoln Nebraska. USA.

Consulta online en: <https://archive.org/details/researchmethods00clemuoft>

COI - Comisión Oceanográfica Intergubernamental (2012) Tsunamis: Las grandes olas, 2da edición revisada. UNESCO. París, Francia.

Comisión Europea (2013) Estrategia Europea de Infraestructura Verde / Green Infrastructure-Enhancing Europe's Natural Capital, Bruselas.

Contreras, Manuel, & Winckler, Patricio (2013) Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de Febrero de 2010 en la costa central de Chile. Obras y proyectos, (14), 6-19.

Corner, James; Bick, Alison (2014). *The Landscape Imagination. The Collected Essays of James Corner 1990-2010*. Princeton Architectural Press. New York, USA.

Corner, James (1999) *Recovering Landscape: Essays in Contemporary Landscape Theory*. Princeton Architectural Press. New York, USA.

Cortez, Abel & Luis Valero (2011) *Imágenes históricas de Constitución. Patrimonio fotográfico de una comunidad maulina*. LOM ediciones.

Cortez, Abel & Mardones, Marcelo (2009) *Constitución 1794-1915. Astillero, Puerto Mayor y Ciudad Balneario. Constitución: Pocuro*.

Costanza, Robert; d'Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; O'Neill, R. V.; Paruelo, J.; Raskin, R. G.; Sutton, R.; van den Belt, M. (1997) *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. En, *Nature* N° 387, p: 253–260.

Czerniak, Julia; Hargreaves, George (2007) *Large Parks*. Princeton Architectural Press. New York, USA.

Da Cunha, Dilip (2018) *The Invention of Rivers: Alexander's eye and Ganga's Descent*. University of Pennsylvania Press. USA.

Davidson-Hunt, Ian & Berkes, Fikret (2003) *Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective*. En, Berkes, Fikret; Colding, Joahn; Carl Folke. *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press. Reino Unido.

De Mattos. (2004). *De la planificación a la governance: implicancias para la gestión territorial y urbana*. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, 107, 9-23.

Eckardt, F. (2011) Landscapes of Disaster. Symbolic Spaces of Orientation. En, *Topos International Review of Landscape Architecture and Urban Design*. N° 76, p: 51-54

Elkin, Rosetta; Tsing, Anna (2018) The Politics of the Rhizosphere. En, *Harvard Design Magazine* No. 45 / Into the Woods. Cambridge

Emrich, C., & Tobin, G. (2018). Resilience: An Introduction. En, Fuchs & Thaler (Eds.), *Vulnerability and Resilience to Natural Hazards*, pp. 124-144. Cambridge University Press. Reino Unido.

EPC -Environmental Planning Collaborative & TCG International LLC (2004) *Participatory Planning Guide for Post-Disaster Reconstruction*. Ahmedabad, India.

Estrada, M. 2001. Cambio climático global: causas y consecuencias. *Revista de información y análisis numérico*, Vol. 16.

Etulain, Juan Carlos; González, Alejandra (2014) La evolución del proyecto urbano, intervenciones urbanas y cambios de paradigmas. En, *Cuaderno Urbano. Espacio, Cultura, Sociedad* - Vol. 17 - N° 17, pp: 173-196.

Farber, S.; Costanza, R.; Childers D. L.; Erickson, J.; Gross, K.; Grove, M.; Hopkinson, C. S.; Kahn, J.; Pincelt, S.; Troy, A.; Warren, P.; Wilson, M. (2006) Linking ecology and economics for ecosystem management. En, *BioScience* N° 56, p: 121–133.

Fariello, Francesco (2001) *La arquitectura de los jardines. De la antigüedad al siglo XX*. Editorial Reverte. Madrid, España.

Fernandez Galiano, Luis (2002) Último Chile. En, *Arquitectura Viva*, N° 85, pp 3-3.

Finney, S. C. & Edwards, L. E. (2015) The “Anthropocene” epoch: Scientific decision or political statement?. *GSA Today*, 26(3-4), pp. 4-10.

Fiscalía (2011). Nomina de fallecidos y desaparecidos por el tsunami. Disponible en línea: http://www.fiscaliadechile.cl/Fiscalia/sala_prensa/noticias_det.do?id=125

Flick, Uwe (2004) Introducción a la investigación cualitativa. Ediciones. Morata S. L., Madrid.

Forbes; Keith & Broadhead, Jeremy (2008) The Role of Coastal Forests in the Mitigation of Tsunami Impacts. Main report. FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok.

Folke, Carl (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change* 16(3), pp. 253-267.

Forman, Richard TT. (1995) Landmosaics: the ecology of landscape and regions. Cambridge University Press. Reino Unido.

Forman, Richard TT.; Godron, Michel (1986). Landscape Ecology. Wiley and Sons. Nueva York.

Fritz, H., Petroff, C., Catalán, P., Cienfuegos, R., Winckler, P., Kalligeris, N., Weiss, R., Barrientos, S., Meneses, G., Valderas-Bermejo, C., Ebeling, C., Papadopoulos, A., Contreras, M., Almar, R., Domínguez, J. and Synolakis, C. (2011) Field Survey of the 27 February 2010 Chile Tsunami. *Pure and Applied Geophysics* 168: 1989-2010.

Fuchs, Sven; Thaler, Thomas (2018) Vulnerability and Resilience to Natural Hazards. Cambridge University Press. Reino Unido.

Gobierno de Chile (2010) Programa de Reconstrucción Terremoto y Maremoto del 27 de febrero de 2010. Resumen Ejecutivo. Ministerio Secretaría General de la Presidencia.

Govarets, A.; Lauwerts, B. (2009) Assessment of the impact of coastal defence structures. Biodiversity Series, The Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR Commission), pp. 29.

GSAPP – Graduate School of Architecture Planning and Preservation (2015) Learning from 27F: A Comparative Assessment of Urban Reconstruction Processes After The 2010 Earthquake In Chile. Proyecto de investigación financiado por el Columbia–Chile Fund de Columbia Global Center Santiago y CONICYT. Dirigido por el Latin Lab, GSAPP Columbia University y Santiago Research Cell.

Hallegatte, S.; Green C.; Nicholls, R.J.; Corfee-Morlot, J. (2013) Future flood losses in major coastal cities. *Nature Climate Change*.3:802–806

Herrmann, Marie (2016) Planificación territorial y mitigación de impacto de tsunami en Chile después del 27 Febrero 2010. En, *Revista de Urbanismo* N° 34, pp 20-33.

Holland, Marjorie; Risser, Paul; Naiman, Robert (1991) *Ecotones. The role of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments.* Routledge, Chapman & Hall.

Holling, Crawford S. (2002) Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems. *Ecosystems*. 2002, vol. 4, n°5, pp. 390–405.

Holling, Crawford S. (1992) Cross-scale Morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. En, *Ecological Monographs*. Vol 62 (4) pp. 447-502.

Holling, Crawford S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4, pp. 1-23.

Igualt, Felipe; Breuer, Wolfgang; Contreras, Manuel & Winckler, Patricio. (2017) Rehabilitación de centros urbanos afectados por el Tsunami 2010 en la Comuna de Pelluhue. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 45. 659-674.

Igualt, Felipe (2015) Urban Waterfront Rehabilitation in Pelluhue County, Chile, affected by the Chile 2010 Earthquake and Tsunami. Doctoral Thesis. School of Architecture University of Hawai'i at Manoa.

Imilan, Walter, & Fuster, Xenia (2013). Terremoto y Tsunami post 27F: El caso del borde costero (p. 24). Santiago: Ciudadanía y Territorio: Observatorio de Vivienda y Políticas Públicas. Recuperado a partir de <http://www.observatorioreconstruccion.cl/wp-content/uploads/2014/02/Informes.zip>

INE (2017) Censo Nacional, año 2017. Instituto Nacional de Estadísticas, Gobierno de Chile.

INE (2006) Compendio estadístico 2006: Características de los climas de Chile. Instituto Nacional de Estadísticas. Gobierno de Chile.

INE (2002) Censo Nacional, año 2002. Instituto Nacional de Estadísticas. Gobierno de Chile.

IOC/UNESCO, IMO, FAO, UNDP (2011): "A Blueprint for Ocean and Coastal Sustainability". An inter-agency paper towards the preparation of the UN Conference on Sustainable Development (Rio+20), Paris: IOC/UNESCO. 42 pp.

Jackson, John Brinckerhoff (1984) Discovering the Vernacular Landscape. Yale University Press. New Haven, Connecticut.

JICA (2018) Guía para la estimación del peligro de tsunamis. Proyecto de Investigación para el Mejoramiento de Tecnología para desarrollar una Comunidad Resiliente ante los Tsunamis. Proyecto SATREPS Tsunami, Agencia de Cooperación Internacional del Japón.

Jiménez, Francisco (2016) Antropología ecológica. Editorial Dykinson. Madrid, España.

Johnson, Marcha; Bayley, Amanda (2016) Coastal Change, Ocean Conservation and Resilient Communities. Springer International Publishing. Ginebra, Suiza.

Kreimer, A.; Arnold, M. & Carlin, A. (Ed.) (2003) Building Safer Cities. The Future Of Disaster Risk. The World Bank Disaster Management Facility, Washington, D.C.

Kotani, M., Imamura, F. & Shuto, N. (1998) Tsunami run-up simulation and damage estimation by using geographical information system. Proc. Coastal Engineering, JSCE 45, 356–360

Lavell, Allan (1996) Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: Hacia la definición de una agenda de investigación. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (La Red). Lima, Perú.

Lagos, Marcelo (2012) Modelación de tsunami proyecto: Parque Borde Fluvial ciudad de Constitución. Documento técnico. Laboratorio de Investigación de Tsunami UC.

Lagos, Marcelo (2010) Modelación de tsunami proyecto: Parque Borde Fluvial ciudad de Constitución. Documento técnico. Facultad de Geografía Pontificia Universidad Católica de Chile.

Lagos, Marcelo; Cisternas, Marco; Mardones, María. (2008) Construcción de viviendas sociales en áreas de riesgo de tsunami. Revista de la Construcción, 7 (2), pp. 4-16.

Lagos, Marcelo (2000) Tsunamis de origen cercano a las costas de Chile. En, Revista de Geografía Norte Grande, 27, pp 93-102.

Le Dantec, Jean Pierre (1996) Jardins et paysages. Ed. Larousse. Paris, Francia.

Lister, Nine-Marie (2015) Resilience: Designing the New Sustainability The need for an evidence-based approach to adaptivity. En, *Topos The international Review of Landscape Architecture and Urban Design*, 90, pp.14-21.

Lockridge, P. (1985): "Tsunamis in Peru - Chile". En: Report SE-39, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, p. 97. USA.

Lopez, Gloria (2012) Tsunami - Analysis of a Hazard. From Physical Interpretation to Human Impact. Intech Open Access books. Documento en línea: <https://www.intechopen.com/books/tsunami-analysis-of-a-hazard-from-physical-interpretation-to-human-impact>

Martínez, Carolina; Moris, Roberto; Qüense, Jorge (2016) Valoración de las áreas de riesgo por tsunami y potencial de evacuación: propuestas para la reducción del riesgo de desastres a escala local. En, *Propuestas para Chile. Concurso de Políticas Públicas 2016*, Centro de Políticas Públicas Pontificia Universidad Católica de Chile, pp: 243-278.

Martínez, Carolina (2013). Vulnerabilidades y desastres socio- naturales: aportes desde la geografía al proceso de reconstrucción en la región del Biobío. En, *Revista Geográfica del Sur*, 3, 33-58.

Martínez, C., Rojas, O.; Jaque, E.; Quezada, J.; Vázquez, D.; Belmonte, A. (2011). Efectos territoriales del tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa de la región del Biobío, Chile. *Revista Geográfica de América Central* 47 E(2), 1-16

Martínez Carrazo, P. (2006) El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. En, *Pensamiento & gestión*, n°20, p: 165-193.

Martínez de Pisón, E. (2008). La experiencia del paisaje. En, Mateu Bellés, J. y Nieto Salvatierra, M. (Eds.) *Retorno al Paisaje*, pp. 21-69. Editorial EVREN, Evaluación de Recursos Naturales, S.A., Valencia. España.

Mathur, Anuradha; Da Cunha, Dilip (2001) Mississippi Floods: Designing a Shifting Landscape. Yale University Press. USA.

Maxwell, J. A. (1998) Designing a Qualitative Study. En, L. Bickman D. J. y Rog (Eds.), Handbook of Applied Social Research Method (p. 69-100), Thousand Oaks, CA.

Mazereeuw, Miho (2011) Preemptive Landscape. A Prototype for Coastal Urbanization along the Pacific Ring of Fire. En, Topos International Review of Landscape Architecture and Urban Design 76, 2011, 85.

McBreen, J. (2016) Regional Assessment on Ecosystem-based Disaster Risk Reduction and Biodiversity in South America. A report for the Resilience through Investing in Ecosystems – knowledge, innovation and transformation of risk management (RELIEF Kit) project. International Union for Conservation of Nature.

McHarg, Ian L. (1969) Design with Nature. Natural History Press. New York.

MEA - MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005) Ecosystem and Human Well-being: Current State and Trends. Island Press. Washington D.C.

MINVU (2010). Plan de Reconstrucción MINVU "Chile Unido Reconstruye Mejor". Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Gobierno de Chile, 3era edición.

MINVU (2011). Plan de Reconstrucción MINVU "Chile Unido Reconstruye Mejor". Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Gobierno de Chile, 4ta edición.

MINVU (2011a) Terminos de Referencia para el Diseño de Arquitectura, Paisajismo y Especialidades de Construcción Parque Borde Fluvial Ciudad de Constitución. Plan de Reconstrucción Estratégico Sustentable de Constitución (PRES) IDI.: 30104703-0.

Moreno, Osvaldo (2013). Paisaje, riesgo y resiliencia. La arquitectura del paisaje en la modelación sustentable del territorio. En, Revista Forum de Sustentabilidad, Cátedra UNESCO. N° 6: 17-30. Universidad del País Vasco.

Moreno Osvaldo (2015) Paisajes en emergencia: transformación, adaptación, resiliencia. Revista INVI N° 83. Volumen N° 30, pp. 9-17. Universidad de Chile.

Monge, J. (1993): Estudios de riesgo de tsunami en costas chilenas. Santiago, Chile. Jornadas chilenas de Sismología en ingeniería antisísmica, V.2. 1993, pp. 3-22.

Moris, Roberto; Walker, Rosario (2015) Reconstrucción de territorios vulnerables en un escenario de reconstrucción inequitativa. El caso de Pelluhue, Chile. En, Learning from 27F: A Comparative Assessment of Urban Reconstruction Processes After The 2010 Earthquake In Chile. Proyecto de investigación financiado por el Columbia–Chile Fund de Columbia Global Center Santiago y CONICYT. Dirigido por el Latin Lab, GSAPP Columbia University y Santiago Research Cell.

Mossop Erick (2006) Landscapes of infrastructure. En: Waldheim, C. (ed). Landscape as Urbanism Reader. Nueva York: Princeton Architectural Press, p: 163-177.

Natenzon, Claudia; Ríos, Diego (2015) Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos. Ediciones Imago Mundi. Buenos Aires, Argentina.

Nogué, Joan (2010) El retorno al paisaje. En, Enrahonar: Quaderns de filosofia, N°45. 2010. Barcelona, España.

OCUC (2010) Estudio de Riesgo de Sismos y Maremoto para Comunas Costeras de las Regiones de O'Higgins y del Maule. Documento técnico desarrollado por el Observatorio de Ciudades y el Instituto de Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Odum, Eugene P. (1971) *Fundamentals of ecology*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

ONEMI (2014) *Política Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres*. Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública. Gobierno de Chile.

Ostrom, Elinor (2009) *A General Framework for Analyzing Sustainability of Social–Ecological Systems*. *Science*, Vol. 325, n°5939, pp: 419–422.

Pascual, J.M. (2007). *La estrategia territorial como inicio de la gobernanza democrática: los planes estratégicos de segunda generación*. Diputació de Barcelona, Xarxa de Municipis.

Pérez, Gino (2014). *El Plan Maestro como instrumento de diseño urbano: potencialidades y limitantes. El caso de la ciudad de Antofagasta*. En, *Revista AUS Universidad Austral de Chile*. Valdivia, (15), 16-21

PRBC Dichato (2010) *Plan de Reconstrucción del Borde Costero. Plan Maestro de Dichato. Informe Final*. Gobierno Regional del Biobío.

PRES (2011) *Book PRES – Plan de Reconstrucción Estratégica Sustentable*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/presconstitucion/presbook-presentacion>

PRES Pelluhue (2010) *Plan de Reconstrucción Estratégico-Sustentable de Pelluhue. Memoria explicativa*. Consorcio para la Reconstrucción de Pelluhue.

Reed, Chris (2015) *Absorb, Adapt, Transform*. USA: *Urban landscapes and climate adaptation strategies*. En, *Topos The International Review of Landscape Architecture and Urban Design*, 90, pp 60-69.

Reed, Chris; Lister Nine-Marie (2014). *Projective Ecologies*. Harvard University Graduate School of Design. Actar.

Reed, Chris; Lister Nine-Marie (2014a). Parallel Genealogies. En, Projective Ecologies. Cambridge, Massachusetts: Harvard Graduate School of Design. USA.

Renaud, Fabrice & Murti, Radhika (2013) Ecosystems and disaster risk reduction in the context of the Great East Japan Earthquake and Tsunami – a scoping study. International Union for Conservation of Nature. Publication Series of UNU-EHS N° 10.

Roger, Alain (1997) Court traité du paysage, Éditiones Gallimard. Paris.

Rojas, Jorge (2011) Vulnerabilidad social, neoliberalismo y desastre: sueños y temores de la comunidad desplazada/ damnificada por el terremoto/tsunami. En, Revista Sociedad Hoy, número 19. Departamento de Sociología y Antropología, Universidad de Concepción. Chile.

Romero, H.; Fuentes, C.; Smith, P. (2010) Dimensiones geográficas territoriales, institucionales y sociales del terremoto de Chile del 27 de febrero del 2010. En, Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía N° 19. pp. 137-152.

SERVIU Región del Maule (2013) Proyecto de Arquitectura, Paisajismo y Especialidades de Construcción Parque Borde Fluvial Ciudad de Constitución. Expediente técnico.

SERVIU Región del Maule (2012) Proyecto de Arquitectura, Paisajismo y Especialidades de Construcción Parque Costanera Comuna de Pelluhue. Expediente técnico.

SERVIU Región del Biobío (2012) Licitación Pública Construcción Parque de Mitigación de Dichato. Servicio de Vivienda y Urbanismo. Región del Biobío.

Shannon, K.; Smets, M., 2010. The Landscape of Contemporary Infrastructure. Nai Publishers, Rotterdam.

SHOA (2011) Tsunamis en la Cuenca del Pacífico. Una mirada científica en evolución. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 2ª Edición.

SHOA (2000) El maremoto del 22 de mayo de 1960 en las costas de Chile. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 2ª Edición.

Silvestri Graciela; Aliata, Fernando (2001) El paisaje como cifra de armonía. Editorial Nueva Visión, Buenos Aires. Argentina.

Simonetti, Javier; Figueroa, Eugenio (2003) Globalización y Biodiversidad: oportunidades y desafíos para la sociedad chilena. Editorial Universitaria. Santiago de Chile.

Smith, Bruce; Zeder, Melinda (2013) The onset of the Anthropocene. En, Anthropocene [online] vol. 4, pp.8-13.

Steiner, Frederick (2012) The living landscape: an ecological approach to landscape planning. Island Press. West Palm Beach, Florida.

Steiner, Frederick (2006) The Essential Ian McHarg: Writings on Design and Nature. Island Press. West Palm Beach, Florida.

SUBDERE (2011). Guía de zonificación costera para el Ordenamiento Territorial. Santiago de Chile: Gobierno de Chile.

Sutton-Grier, Ariana; Wowk, Kateryna; Bamford, Holly (2015) Future of our coasts: The potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems. Journal of Environmental Science & Policy 51, pp. 137-148.

Tanaka, Shigenobu (2010) Planning and design of tsunami-mitigative coastal vegetation belts. En, ICHARM n°.18, UNESCO. Public Works Research Institute, Tsukuba, Japan., pp 3-5.

Thompson, W. (2002) Urban Open Space in the 21st Century. Landscape and Urban Planning, 2002, Vol. 60, N° 2, p: 59-72.

Tibballs, Geoffrey (2005) Tsunami: The Most Terrifying Disaster. Carlton Publishing Group, Londres. Reino Unido.

Tironi, E. (2011). Abierta. Gestión de controversias y justificaciones. Santiago de Chile: Uqbar Editores.

Tironi, M. (2015). Redefiniendo la participación, redibujando lo ciudadano: El plan de participación ciudadana del PRES Constitución. Arquitecturas del Sur,29 (38), 52-65.

Ugarte, Ana María; Salgado, Marcela (2014) Sujetos en emergencia: acciones colectivas de resistencia y enfrentamiento del riesgo ante desastres; el caso de Chaitén, Chile. Revista INVI vol.29, n.80, pp.143-168.

UNESCO (2014) Gestión del riesgo de desastres para el patrimonio mundial. Paris, Francia.

UCSUSA – Union of Concerned Scientists (2013). Causes of Sea Level Rise. Documento en línea:https://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/global_warming/Causes-of-Sea-Level-Rise.pdf

UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015) Proposed Updated Terminology on Disaster Risk Reduction: A technical review. Agosto. Ginebra, Suiza.

UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2015a) Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Ginebra, Suiza.

Urquiza, Anahí; Cadenas, Hugo (2015) Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica. En, *L'Ordinaire des Amériques* 218. Documento en línea: <http://journals.openedition.org/orda/1774>

Vargas, Jorge (2002) Políticas Públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales. CEPAL, Naciones Unidas. Santiago de Chile.

Vásquez, Alexis (2016) Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. En, *Revista de Geografía Norte Grande*, N°63, p: 63-86.

Vergara, Florencia (2018) ¿Hacia un nuevo modelo de gobernanza urbana en Chile? Análisis territorial y relacional de los Planes Maestros PRES Constitución y Calama Plus. Memoria para optar al título de Geógrafa. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

Waldheim, Charles (2016) *Landscape as Urbanism*. Princeton Architectural Press. New York, USA.

Waldheim, Charles (2006). *The Landscape Urbanism Reader*. Princeton Architectural Press. New York, USA.

Weihrauch, María I. (2019) Reconfiguración de un paisaje de borde vulnerable: Sutura entre lo urbano y lo natural para la mitigación de tsunamis en Boca Sur. Tesis de Magíster en Arquitectura del Paisaje. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Weller, R. (2006) *An Art of Instrumentality: Thinking Through Landscape Urbanism*. En, Waldheim, C. (Ed.) *The Landscape Urbanism Reader* (pp. 69-85). Princeton Architectural Press.

World Bank (2010) *Climate Risks and Adaptation in Asian Coastal Megacities: A Synthesis Report*. World Bank, Washington DC, 120 pp.

Zelst, I. van.; Brizzi, S.; Dinther Y. van; Funicello F.; Heuret, A. (2018) The influence of subduction zone tectonics on earthquake-generated tsunamis. Poster. EGU, Vienna, Austria.

Índice de tablas y figuras.

Tablas

Tabla 1. Fases metodológicas de la investigación, identificando los métodos, herramientas y productos asociados a cada objetivo específico. Fuente: Elaboración propia.	21
Tabla 2. Escala de grados de tsunami según Inamura e Iida. Fuente: Lagos, M. (2000: 96).	56
Tabla 3. Resumen de las consideraciones teóricas y epistemológicas sobre la cualidad infraestructural del Paisaje. Fuente: Elab. propia en base a autores citados.	79
Tabla 4. Síntesis de definiciones de diferentes enfoques de infraestructura. Fuente: Elaboración propia en base a autores citados.	95
Tabla 5. Servicios ecosistémicos asociados a la mitigación y adaptación ante el cambio climático. Fuente: Vasquez (2016: 71).	102
Tabla 6. PRBC18 y PRES según localidades bajo las cuales se desarrollan. Fuente: Elab. propia en base a Observatorio de la Reconstrucción (2013) y MINVU (2011).	139
Tabla 7. Costos de los proyectos del PRES. ya ejecutados. Fuente: GSAPP (2015).	164
Tabla 8. Tipos de parques de mitigación según localidad. Fuente: Elab. propia a partir de MINVU (2011), PRBC18, PRES Constitución y PRES Pelluhue-Curanipe.	198
Tabla 9. Información de entidades responsables del diseño ejecutivo de los tres proyectos de Parques de Mitigación de Dichato. Fuente: Elab. propia en base a Mercado Público (https://www.mercadopublico.cl)	218
Tabla 10. Resumen del análisis de la experiencia internacional asociada a los casos de planes y proyectos de infraestructura verde orientados a la reducción de riesgo de Desastres. Fuente: Elab. propia.	233
Tabla 11. Estructura de lineamientos conceptuales, estrategias de planificación y criterios de diseño, para el fortalecimiento de las iniciativas de implementación de Parques de Mitigación. Fuente: Elaboración propia.	240
Tabla 12. Lineamientos conceptuales para la implementación de Parques de Mitigación. Fuente: Elaboración propia.	243

Tabla 13. Estrategias de planificación para la implementación de Parques de Mitigación. Fuente: Elaboración propia. 247

Tabla 14. Criterios de diseño para la implementación de Parques de Mitigación. Fuente: Elaboración propia. 259

Figuras

Figura 1. Representación de la escala y complejidad del concepto de vulnerabilidad. Fuente: Birkmann (2013: 39). 29

Fig. 2. Diagrama conceptual de los factores contribuyentes al desastre Fuente: Elaboración propia en base a Menceyra (2015). 31

Fig. 3. Registro de Tsunami generado por el terremoto de Febrero de 2010 en la localidad de Llico, Provincia de Arauco, Región del Bío Bío, Chile. Fuente: Elab. propia en base a fotografías de Egon Wolf (2010). 32

Fig. 4. Diagrama conceptual que expresa la resiliencia de un sistema socio-ecológico. Fuente: Holling y Goldberg (1971). 35

Fig. 5. Representaciones de las huellas de inundabilidad y variaciones de caudal en el paisaje del Río Mississippi, contenidas en el libro Mississippi Floods Fuente: Mathur & Da Cunha (2001). 37

Fig. 6. Representaciones del Paisaje del desastre en el estuario de Constitución, post tsunami de Febrero de 2010. Fuente: Elab. propia en base a Belmonte (2016). 40

Fig. 7. Blue Dunes, propuesta desarrollada por WXY Architecture + Urban Design y WEST 8 Landscape Architecture para Rebuild by Design. Fuente: <http://www.rebuildbydesign.org>. 43

Fig. 8. Public Sediment, de SCAPE, desarrollado bajo el alero de la iniciativa Resilient by Design: Bay Area Challenge. Fuente: <http://www.resilientbayarea.org/> 45

Fig. 9. South Bay Sponge, presentado por Field Operations en Resilient by Design: Bay Area Challenge. Fuente: <http://www.resilientbayarea.org/> 45

Fig. 10. The Sand Engine, provincia de Zuid Holland. Fuente: <https://www.dezandmotor.nl/> 47

Fig. 11. Mapa y Diagrama de Tsunamis históricos de Chile. Fuente: Elaboración propia a partir de Belmonte (2016) y Cartografía del SHOA. http://www.shoa.cl/servicios/tsunami/pdf/tsu_poster_sp_2012_03_26_FINAL_sm.pdf. 50

Fig. 12. Cinturón de fuego del Pacífico. Mapa de terremotos tsunamigenicos relacionados con zonas de subducción desde 1962 a 2016. Fuente: Zelst, I. van et al. (2018).	51
Fig. 13. Proceso de formación de un tsunami ocasionado por un movimiento de subducción asociado a un terremoto. Fuente: Elab.propia en base a diagramas del SHOA, COI y NOAA.	53
Fig. 14. Daños causados por el tsunami del 27 Febrero de 2010 en las costas de las regiones del Biobío (izquierda) y del Maule (derecha), en Chile. Fuente: Emol – El Mercurio On Line.	57
Fig. 15. Propagación del tsunami a través del Océano Pacífico a consecuencia del terremoto de 1960, Magnitud 9.5, Valdivia, Chile. Fuente: NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration.	58
Fig. 16. Propagación del tsunami a través del Océano Pacífico a consecuencia del terremoto de 2010, Magnitud 8.8, Cobquecura, Chile. Fuente: NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration.	58
Fig. 17. Altura significativa de promedio de ola (Hm0) alrededor del mundo, entre 1997 y 2006. Fuente: Campos, R., 2016:66, según datos de OCEANOR.	59
Fig. 18. Aumento de cota de zona de inundación hacia el año 2100 debido al aumento del nivel del mar. Fuente: UCSUSA (2013).	61
Fig. 19. Diagrama de estructura de resiliencia urbana “City Resilience Framework” (CRF), Arup. Fuente: Arup (2014), City Resilience Framework	67
Fig. 20. Resiliencia como función de procesos socioecológicos: el modelo dinámico de desarrollo evolutivo de ecosistemas de Holling. Fuente: Topos, 90, pp 60-69.	69
Fig. 21. A la izquierda: Parque Humedal Yanweizhou Park, en la ciudad china de Jinhua, desarrollado por el estudio Turenscape. A la derecha: diseñado por la misma oficina, el Parque Humedal Minghu, en Liupanshui, China. Fuente Turenscape © https://www.turenscape.com	72
Fig. 22. Parque Humedal Baquedano, proyecto detonante del Plan de Infraestructura Verde Urbana para Llanquihue, Región de Los Lagos, Chile. Fuente: Elaboración propia.	74
Fig. 23. Salinas de Boyeruca – Lo Valdivia, en el límite norte de la región del Maule. Fuente: Fotografía obtenida de vuelo dron. © Romero, Camila (2017).	83
Fig. 24. Ecotono y Corredor ecológico Sanlihe River, diseñado por Turenscape Landscape Architecture. Fuente: Turenscape © https://www.turenscape.com	85

Fig. 25. Jardín de Sennefer. Fuente: © Biblioteca Universale Heidelberg.	87
Fig. 26. Dibujo de una vista aérea del proyecto para Central Park, elaborado por F.L. Olmsted en 1863. Fuente: © National Association for Olmsted Parks.	89
Fig. 27. Sistema de Parques de Boston, Emerald Necklace. Fuente: Boston Parks Department & Olmsted Architects - National Park Service Olmsted Archives.	91
Fig. 28. Resilient Boston Harbor, vista aérea. Fuente: City of Boston (2018) Resilient Boston Harbor.	92
Fig. 29. Esquema de categorización de Servicios Ecosistémicos. Fuente. Elab. Propia en base a Carpenter & Folke (2006) y MEA (2005).	97
Fig. 30. Plan Anillo Verde de Vitoria Gasteiz. Fuente: Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz.	101
Fig. 31. Diagrama de temporalidad de Normativas creadas a partir de Desastres en Chile. Fuente: Herrmann (2016).	105
Fig. 32. Cartas de inundación por Tsunami para la ciudad de Constitución, Región del Maule, y para las localidades de Pingueral, Dichato y Coliumo, Región de Biobío. Fuente: SHOA (2016).	107
Fig. 33. Memorial a las víctimas del 27F en Isla Orrego, Constitución. Fuente: Autor (2016).	109
Fig. 34. Mapa con la localización del epicentro del terremoto del 27 de Febrero de 2010. Fuente: USGS Earthquake Hazards Program.	111
Fig. 35. Destrucción en el borde fluvial de Constitución, región del Maule, y en el borde costero de Dichato, región del Biobío, por el ingreso del tsunami de 2010. Fuente: EMOL	113
Fig. 36. Mapa del epicentro del terremoto del 27F y de las localidades afectadas por el Tsunami en la franja de borde costero de las regiones de Maule y Biobío. Fuente: Elaboración propia en base a GSAPP (2015) y USGS (2010).	115
Fig. 37. Carta de inundación modelada en la localidad de Arauco, región de Biobío. Fuente: Belmonte, A., Jaque, E., Martínez, C., Rojas, O., Vásquez, D. (2011).	116
Fig. 38. Organigrama institucional para la transferencia de información de alerta de Tsunamis. Fuente: Elaboración propia en base a Belmonte (2016).	123
Fig. 39. Organigrama de la institucionalidad creada para la reconstrucción post 27F. Fuente: Bresciani (2012).	126

Fig. 40. Distribución del gasto en reconstrucción. Fuente: Bresciani (2012).	128
Fig. 41. Esquema referencial de ocupación del Borde Costero de acuerdo a la zonificación general propuesta por los estudios de riesgos, en el marco del Plan de Reconstrucción. Fuente: MINVU (2011).	132
Fig. 42. Infografía de los Planes Maestros de Reconstrucción elaborados en localidades costeras de la región de Valparaíso, Maule y Biobío. Fuente: Elab. propia en base a MINVU, 2011.	134
Fig. 43. Imagen objetivo del Parque de Mitigación en la ciudad de Constitución, ubicado en el borde fluvial del estuario del río Maule. Fuente: SERVIU Región del Maule (2013).	135
Fig. 44. Tipos de planes de reconstrucción y planes posteriores en zonas no afectadas. Fuente: Moris & Walker (2015) en base a información MINVU (2011)	141
Fig. 45. Mapa de localidades con proyectos de Parque de Mitigación en sus Planes Maestros de Reconstrucción. Fuente: Elab. propia a partir de imágenes Google Earth, MINVU (2011), PRBC18, PRES Constitución y Pelluhue-Curanipe.	145
Fig. 46. Plano de Constitución, año 1844. Fuente: Memoria Chilena, Colección Biblioteca Nacional de Chile.	146
Fig. 47. Plano del Río Maule y la ciudad de Constitución, año 1855. Fuente: Memoria Chilena, Colección Biblioteca Nacional de Chile.	147
Fig. 48. Imágenes históricas de la ciudad de Constitución. Fuente: Cortez & Valero (2011).	148
Fig. 49. Vista aérea de Constitución post 27F, 2010. Fuente: PRES (2011).	151
Fig. 50. Infografía correspondiente a la síntesis de datos relacionados con el impacto del terremoto y tsunami del 27F en la Ciudad de Constitución. Fuente: GSAPP (2015).	152
Fig. 51. Diagrama de alturas de olas en tsunami de 2010, en zona costera y estuario del río Maule. Fuente: Belmonte (2016).	153
Fig. 52. Esquema síntesis de las zonas de riesgo de Constitución, determinadas por el estudio de riesgos y modelación de tsunami. Fuente: PRES (2011) y Lagos (2010).	155
Fig. 53. Matriz de 5 ejes estratégicos definidos por el PRES Constitución y su respectiva cartera de proyectos. Fuente: PRES (2011)	157
Fig. 54. Esquema de organización de actores públicos y privados comprometidos en cada uno de los 5 ejes del PRES Constitución. Fuente: PRES (2011)	158

Fig. 55. PRES Constitución, Plan de Infraestructura Urbana. Fuente: PRES (2011)	160
Fig. 56. PRES Constitución, Imagen objetivo del sistema de mitigación de inundación por tsunami, en el borde costero y fluvial. Fuente: PRES (2011)	162
Fig. 57. PRES Constitución, Plan de espacios públicos y equipamiento en el borde fluvial. Fuente: PRES (2011)	163
Fig. 58. Estimación de costos de implementación de la cartera de proyectos del PRES. Fuente: PRES (2011).	165
Fig. 59. Secuencia de transformación del espacio de borde fluvial en Constitución. Fuente: Elaboración propia en base a PRES (2011) y registro de Autor (2018).	168
Fig. 60. Bosque costero en Oki Bay, Prefectura de Kochi, Japón. Fuente: Forbes & Broadhead (2008)	170
Fig. 61. Bosque de mitigación en la ciudad costera de Iwanuma, Japón. Fuente: Reconstruction Plan for Iwanuma, en Renaud & Murti (2013).	171
Fig. 62. Infografía con los criterios de amortiguación de la propuesta del Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: PRES (2011).	173
Fig. 63. Parque de Mitigación de Constitución. Sectores de intervención propuestos para el desarrollo del proyecto. Fuente: MINVU (2011a)	174
Fig. 64. Estudio de casos para determinar coeficiente de rugosidad de manning. Fuente: Arcement & Schneider (1989).	177
Fig. 65. Anteproyecto del Parque de Mitigación en Constitución, en el marco del PRES. Fuente: PRES (2011).	178
Fig. 66. Diagrama axonométrico del Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Elaboración propia en base a MINVU (2011a).	180
Fig. 67. Sección tipo de las soluciones estructurales para la defensa fluvial. Fuente: Elaboración propia en base a SERVIU Región del Maule (2013).	181
Fig. 68. Imagen aérea de la escollera y muro de contención del Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Autor, 2017.	182
Fig. 69. Imagen aérea de la escollera y muro de contención, en el extremo norte del Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Autor, 2019.	182
Fig. 70. Planta del sistema de soluciones estructurales, en sector norte del Parque. Fuente: Elab. Propia en base a SERVIU Región del Maule 2013.	183

Fig. 71. Sección tipo de las soluciones topográficas para la mitigación del tsunami mediante roce. Fuente: Elab. propia en base a SERVIU Región del Maule (2013).	184
Fig. 72. Imagen de movimientos topográficos con cobertura vegetal para la conformación de colinas en el Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Autor (2019).	185
Fig. 73. Imagen de movimientos topográficos con cobertura vegetal para la conformación de colinas y depresiones en el Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Autor (2019).	185
Fig. 74. Laguna inundable de acumulación en el sector norte del Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Autor (2019).	186
Fig. 75. Vista panorámica del sector norte del Parque de Mitigación de Constitución, con la laguna inundable. Fuente: Autor (2019).	186
Fig. 76. Planta del sistema de soluciones topográficas, en sector norte del Parque. Fuente: Elab. Propia en base a SERVIU Región del Maule (2013).	187
Fig. 77. Esquema de capas secuenciales que conforman el bosque de mitigación. Fuente: Elab. propia en base a SERVIU Región del Maule (2013).	190
Fig. 78. Bosquetes interiores conformados por agrupaciones de vegetación nativa. Fuente: SERVIU Región del Maule (2013).	191
Fig. 79. Planta del sistema de soluciones ecológicas, en sector norte del Parque. Fuente: Elaboración Propia en base a SERVIU Región del Maule (2013).	192
Fig. 80. Modelación escenario de evento 8.5 Mw, que muestra la salida del modelo final de elevaciones de altura de agua para el evento de menor magnitud. Fuente: Elab. propia a partir de Lagos (2012).	194
Fig. 81. Modelación escenario de evento 8.8 Mw, que muestra las máximas profundidades de inundación para el evento de mayor potencia. Fuente: Elab. propia a partir de Lagos (2012).	194
Fig. 82. Cuadro resumen de modelación de valores en zonas afectadas por los eventos de magnitud 8.5 y 8.8, en escenarios con y sin proyecto de Parque de Mitigación. Fuente: Lagos (2012).	195
Fig. 83. Infografía con recomendaciones de infraestructuras de mitigación de impacto de tsunamis para Constitución. Fuente: OCUC (2010).	196
Fig. 84. Centros urbanos en la comuna de Pelluhue, región del Maule. Fuente: Igualt et al. (2017).	200

Fig. 85. Fotografía aérea del área urbana de Pelluhue, en la región del Maule. Fuente: SERVIU Región del Maule (2012).	201
Fig. 86. Vista aérea del área urbana de Pelluhue, antes y después del terremoto y tsunami de 2010. Fuente: Igualt (2015).	192
Fig. 87. Plano de inundación producida por el tsunami de Febrero de 2010 en Pelluhue. Fuente: PRES Pelluhue (2010).	204
Fig. 88. Infografía con recomendaciones de infraestructuras de mitigación de impacto de tsunamis para Pelluhue. Fuente: OCUC (2010).	205
Fig. 89. Propuesta conceptual del Parque de Mitigación de Pelluhue. Fuente PRES Pelluhue (2012).	206
Fig. 90. Modelamiento topográfico y fitoestabilización de dunas en Parque de Mitigación de Pelluhue. Contención mediante pilotaje. Fuente: Autor (2017).	207
Fig. 91. Modelamiento topográfico de dunas en Parque de Mitigación de Pelluhue. Contención mediante gradas de hormigón. Fuente: Autor (2017).	207
Fig. 92. Secciones transversales establecidas en el proyecto de Arquitectura, Paisajismo y Especialidades de Construcción del Parque de Mitigación de Pelluhue. Fuente: SERVIU Región del Maule (2012).	208
Fig. 93. Planta General del Parque de Mitigación de Pelluhue. Se observan las tres zonas de vegetación establecidas en el proyecto. Fuente: SERVIU Región del Maule (2012).	209
Fig. 94. Planos del Parque de Mitigación de Pelluhue, primera franja de vegetación. Fuente: SERVIU Región del Maule (2012).	210
Fig. 95. Planos del Parque de Mitigación de Pelluhue, segunda franja de vegetación. Fuente: SERVIU Región del Maule (2012).	211
Fig. 96. Planos del Parque de Mitigación de Pelluhue, tercera franja de vegetación. Fuente: SERVIU Región del Maule (2012).	212
Fig. 97. Cambios en la morfología y dinámica de la desembocadura del estero Dichato, a partir de su registro en 2006, 2010 y 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth ©.	214
Fig. 98. Mapa de inundación producida por el tsunami de Febrero de 2010 en Dichato. Fuente: PRBC, Plan Maestro de Dichato (2010).	215

Fig. 99. Borde costero de Dichato, en febrero de 2010, a pocas horas del impacto del tsunami. Fuente: Baeriswyl, Sergio (2010).	216
Fig. 100. Mapa síntesis de estrategias de reducción de riesgos para Dichato, desarrolladas en el marco del Plan de Reconstrucción. Fuente: PRBC, Plan Maestro de Dichato (2010).	217
Fig. 101. Sección tipo del Parque de Mitigación del Borde Costero de Dichato. Fuente: PRBC, Plan Maestro de Dichato (2010).	219
Fig. 102. Ejecución del muro rompeolas del Parque de Mitigación de Borde Costero de Dichato. Fuente: Baeriswyl, Sergio (2011).	220
Fig. 103. Sección tipo del Bosque de Mitigación en la desembocadura del Estero Dichato. Fuente: SERVIU Región del Biobío (2012).	221
Fig. 104. Plano general del Parque Bosque de Mitigación de Dichato. Fuente: SERVIU Región del Biobío (2012).	222
Fig. 105. Secciones tipo del Parque del Estero Dichato. Fuente: SERVIU Región del Biobío (2012).	223
Fig. 106. Cartera de Proyectos del Plan Maestro de Dichato. Fuente: PRBC, Plan Maestro de Dichato (2010).	224
Fig. 107. Ejemplo de infraestructuras asociadas a la protección de asentamientos costeros ante desastres, incluyendo el enfoque de infraestructura ecológica e infraestructura híbrida. Fuente: Adaptado de Sutton-Grier et al. (2015).	230
Fig. 108. Houston Coastal Planning for Galveston Bay. Fuente: SWA Group y ASLA, 2012.	232
Fig. 109. Imagen Objetivo de las estrategias off-shore aplicadas al caso del Parque de Mitigación de Constitución. Fuente: Elab. propia.	251
Fig. 110. Ejemplo de defensas construidas para la mitigación de impactos de desastre, basadas en la operatividad de infraestructuras multipropósito. Fuente: Elab. propia en base a SWA Group y ASLA (2012).	253
Fig. 111. Estudio de caso para determinar coeficiente de rugosidad de Manning de 0.20, a partir de densidad vegetal expuesta a inundabilidad. Fuente: Arcement & Schneider (1989).	258

Anexo 1.

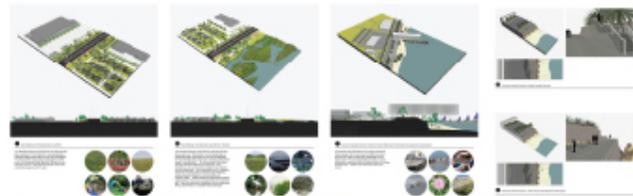
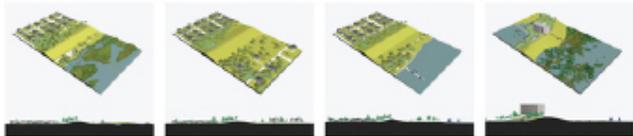
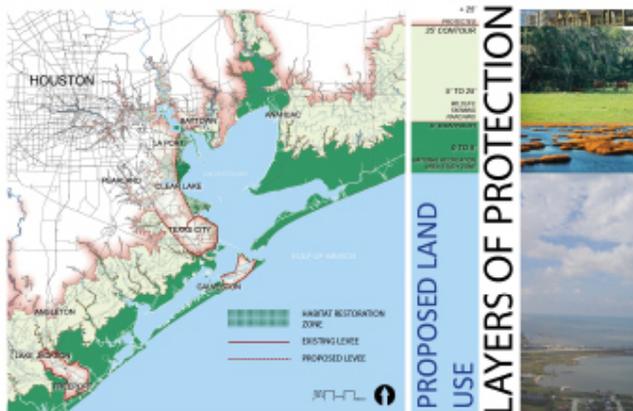
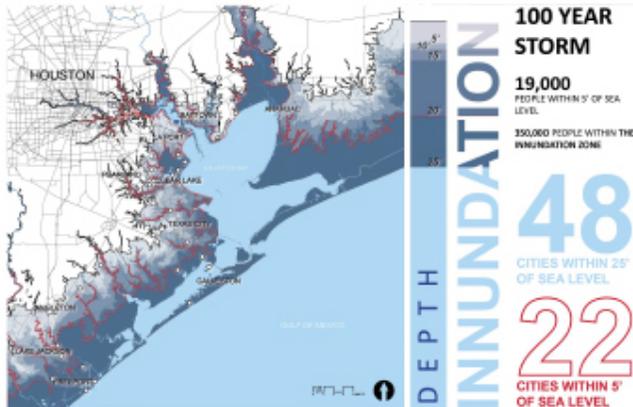
Análisis de experiencias internacionales en materia de planificación y diseño de infraestructuras verdes para la resiliencia urbana y reducción de riesgos de desastres.

Este primer Anexo de Investigación incluye Fichas Resumen correspondientes al análisis de la experiencia internacional asociada a los casos de planes y proyectos de paisaje implementados para fortalecer la resiliencia urbana y contribuir la reducción de riesgo de desastres de tsunamis, marejadas, eventos hidrometeorológicos y alza del nivel del mar en contextos de borde costero. Se han considerado aquellas iniciativas que han abordado lineamientos y estrategias relacionadas con infraestructura verde, mediante la articulación sinérgica de sistemas ecológicos remanentes y emergentes, en colaboración con sistemas estructurales construidos.

En la siguiente tabla se indica el número de Ficha y el caso de estudio al cual refiere.

Nº FICHA	CASO DE ESTUDIO	AÑO	UBICACION
A1-01	Houston Coastal Roulette Planning Resilient Communities for Galveston Bay.	2009-2013	Bahía de Galveston, Houston Texas. EEUU.
A1-02	The Sand Engine.	2010-2011	Provincia de Zuid Holland, Holanda.
A1-03	Reconstruction Plan for Iwanuma.	2011-2012	Borde costero de Iwanuma, Japón.
A1-04	Blue Dunes Coastal Protection. Rebuild by design.	2013-2014	Borde costero y Bahía de New York. EEUU.
A1-05	Living Breakwaters Oyster-tecture. Rebuild by design.	2013-2014	Staten Island, New York. EEUU.
A1-06	Unlock Alameda Creek, Public Sediment. Resilient by design.	2017-2018	Bahía de San Francisco, California. EEUU.
A1-07	South Bay Sponge. Resilient by design.	2017-2018	Bahía de San Francisco, California. EEUU.
A1-08	Resilient Boston Harbor.	2017-2019	Borde costero y Bahía de Boston. EEUU.

Nº FICHA	CASO DE ESTUDIO	AÑO	UBICACION
A1-01	Houston Coastal Roulette Planning Resilient Communities for Galveston Bay.	2009-2013	Bahía de Galveston, Houston Texas. EEUU.



DESCRIPCION

El proyecto Houston Coastal Roulette Planning Resilient Communities for Galveston Bay se desarrolla en el contexto de la Bahía de Galveston, Houston Texas. EEUU., en el escenario post desastre del Huracán Ike, ocurrido en 2008.

Responde a una iniciativa que busca promover una estrategia de planificación y diseño a escala regional, la cual contempla métodos no estructurales basados en infraestructura verde, que considera soluciones asociadas al manejo de componentes naturales como el relieve y la vegetación, así como también herramientas de gestión para reglamentar los usos de suelo y restringir el desarrollo urbano en áreas de alto riesgo. Ello permite disponer de una mayor superficie de espacios libres, para configurar buffers de mitigación basados en la funcionalidad de ecosistemas existentes y rehabilitados. Estos sistemas naturales se recuperan rápidamente después de eventos de inundación y han demostrado ser considerados importantes recursos económicos y turísticos para la sostenibilidad del plan a largo plazo.

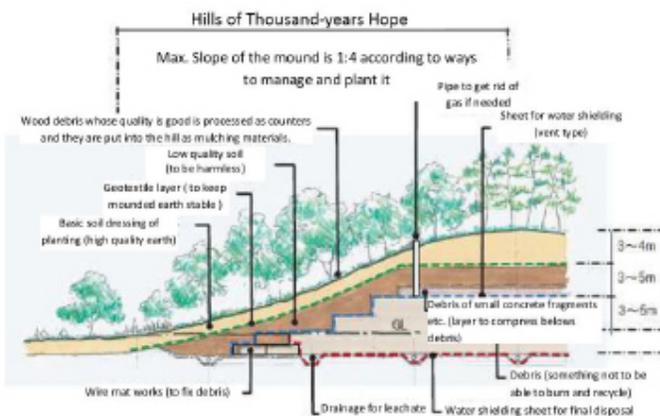
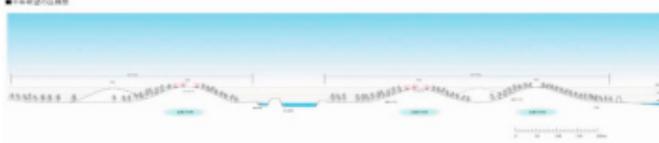
Los principales componentes de diseño del proyecto, orientados a conformar una infraestructura verde para la mitigación de futuros eventos de tormentas, se organizan en 3 tipos de infraestructura.

- Infraestructura construida:
- Dique / Muro de contención
 - Paseo costanera
 - Enrocado / Rompeolas
 - Molo de abrigo
 - Vialidad elevada

- Infraestructura ecológica:
- Humedales costeros
 - Franja de playa
 - Praderas inundables
 - Vegetación riparia

- Infraestructura híbrida:
- Zonas agrícolas inundables

Nº FICHA	CASO DE ESTUDIO	AÑO	UBICACION
A1-03	Reconstruction Plan for Iwanuma.	2011-2012	Borde costero de Iwanuma, Japón.



DESCRIPCION

El plan de reconstrucción de la ciudad de Iwanuma, ubicada en la zona costera de la prefectura de Miyagi, en Japón, constituye una iniciativa generada en el contexto post-tsunami de 2011.

El plan propone un sistema de reducción de riesgo ante eventos de tsunami, basado en el concepto de “multi-defense system”, que combina soluciones no estructurales basadas en el modelamiento topográfico de sistemas de colinas artificiales levantadas a partir de la acumulación de escombros generados por el tsunami, los cuales son estabilizados y luego cubierto por tierra vegetal apta para recibir las plantaciones de bosques de mitigación. Estas soluciones son reforzadas con medidas de carácter estructural en la primera línea de costa, asociadas a componentes construidos tales como diques y taludes de contención, cuya inclinación favorece la actuación conjunta de los sistemas combinados para evitar efectos de erosión en las zonas de playa.

Bajo un enfoque de infraestructura verde diseñada para la reducción de riesgos ante la ocurrencia de futuros tsunamis – contemplando periodos de retorno de 100 años – el Plan se estructura en base a tres tipos de componentes:

Infraestructura construida:

- Dique / Talud de contención
- Vialidad elevada

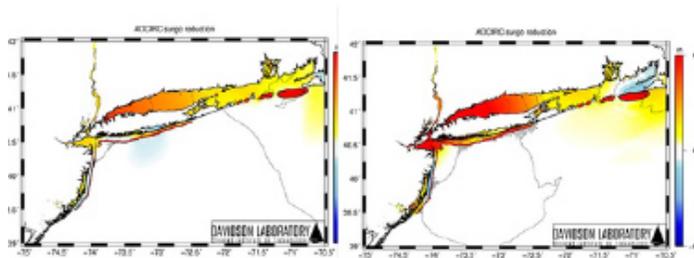
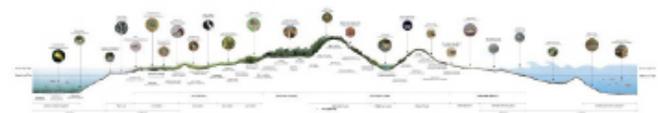
Infraestructura ecológica:

- Bosques costeros
- Franja de playa

Infraestructura híbrida:

- Sistema de colinas / dunas artificiales.
- Esteros rectificados
- Lagunas de laminación.

Nº FICHA	CASO DE ESTUDIO	AÑO	UBICACION
A1-04	Blue Dunes Coastal Protection. Rebuild by design.	2013-2014	Borde costero y Bahía de New York. EEUU.



DESCRIPCION

El proyecto Blue Dunes Coastal Protection corresponde a una de las iniciativas desarrolladas en el Concurso internacional convocado en 2013 por The Rockefeller Foundation y el Gobierno de Estados Unidos a través del Programa Hurricane Sandy Rebuilding Task Force y del U.S. Department of Housing and Urban Development. A través de una estrategia de planificación y diseño a escala regional, se propone el desarrollo de una infraestructura de amortiguación de tormentas y alza del nivel del mar mediante el modelamiento y la proyección de un sistema de dunas ubicadas en paralelo al litoral de la bahía, costa afuera (offshore). Este sistema natural-artificial, conforma un conjunto de áreas destinadas a la conservación ecológica, el desarrollo de actividades productivas y turísticas.

El proyecto contempla el desarrollo de un complejo conformado por 3 tipos de componentes:

Infraestructura construida:

- Dique / Talud de contención

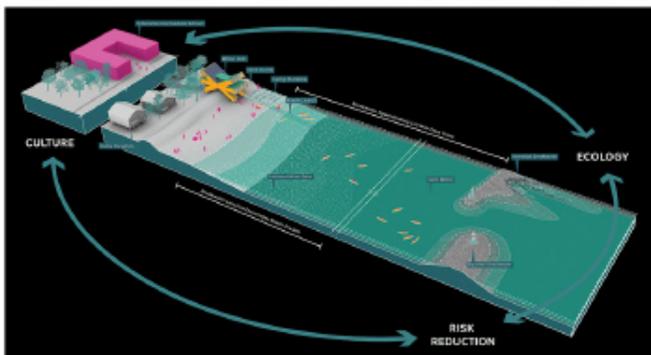
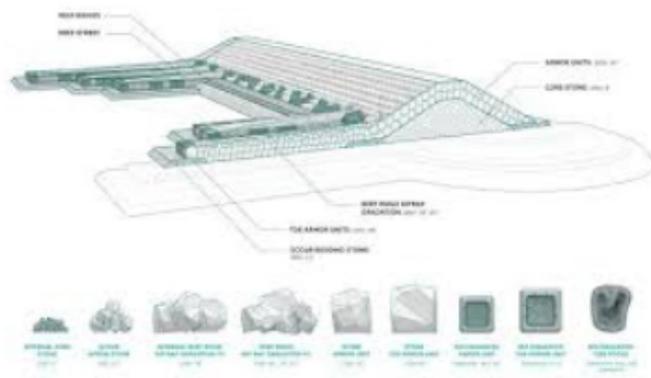
Infraestructura ecológica:

- Humedales costeros
- Franja de playa
- Praderas inundables
- Vegetación riparia

Infraestructura híbrida:

- Islas de Ecosistemas dunarios offshore

Nº FICHA	CASO DE ESTUDIO	AÑO	UBICACION
A1-05	Living Breakwaters Oyster-tecture. Rebuild by design.	2013-2014	Staten Island, New York. EEUU.



DESCRIPCION

Living Breakwaters es un proyecto de investigación y diseño colaborativo - organizado por The Rockefeller Foundation a través del programa Rebuild by Design y la Red 100 Resilient Cities, en colaboración con el U.S. Department of Housing and Urban Development – el cual reúne a las comunidades residentes, funcionarios públicos y expertos locales, nacionales e internacionales para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas provocados por el cambio climático y el riesgo de desastres que enfrenta el territorio de la Bahía de San Francisco. El proyecto plantea un sistema de arrecifes artificiales conformados por comunidades de ostras y por componentes construidos que favorecen su establecimiento, el cual define un rompeolas natural localizado en paralelo a la línea de costa. Este sistema estimula la aparición de diversas ecologías de hábitats costeros, generando capas de protección basadas en la acción de los arrecifes combinados con ecosistemas dunarios, praderas marinas y vegetación riparia. El diseño de este ecotono permite procesos de inundabilidad lentos, que amortiguan la fuerza de impacto de las tormentas en la costa. En paralelo, promueve el desarrollo de actividades productivas y programas recreativos, contribuyendo a la reclamación de un paisaje costero que aporta servicios claves para la reducción de riesgo y la resiliencia urbana.

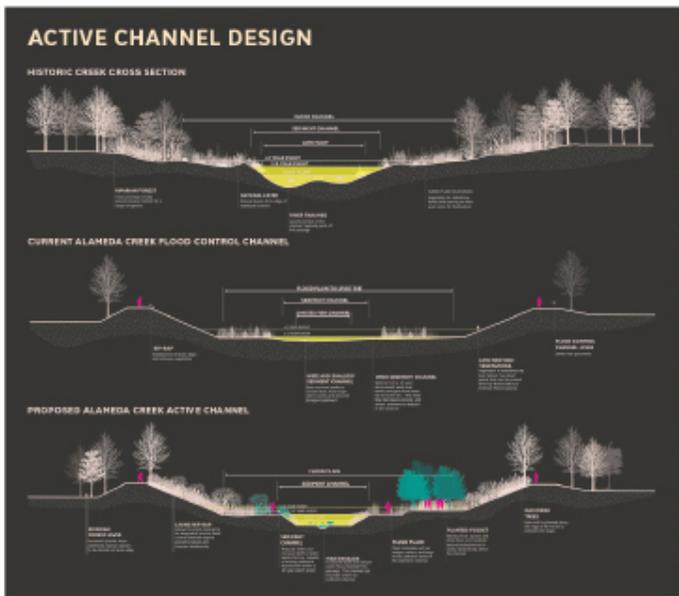
Está determinado por la articulación de 3 sistemas infraestructurales:

- Infraestructura construida:
 - Dique / Talud de contención

- Infraestructura ecológica:
 - Franja de playa
 - Ecosistemas dunarios
 - Vegetación riparia
 - Praderas marinas

- Infraestructura híbrida:
 - Sistema de arrecifes artificiales offshore

Nº FICHA	CASO DE ESTUDIO	AÑO	UBICACION
A1-06	Unlock Alameda Creek, Public Sediment. Resilient by design.	2017-2018	Bahía de San Francisco, California. EEUU.



DESCRIPCION

Unlock Alameda Creek, Public Sediment, Resilient by design es un proyecto de investigación y diseño colaborativo - organizado por The Rockefeller Foundation a través del programa Rebuild by Design y la Red 100 Resilient Cities, en colaboración con el U.S. Department of Housing and Urban Development – el cual reúne a las comunidades residentes, funcionarios públicos y expertos locales, nacionales e internacionales para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas provocados por el cambio climático y el riesgo de desastres que enfrenta el territorio de la Bahía de San Francisco. Mediante el manejo ecológico de los sedimentos aportados por los diversos cursos fluviales que desembocan en la Bahía de San Francisco, el proyecto propone amplificar el ecotono del borde costero, generando gradientes ecológicas para la conservación de habitats y biodiversidad, el desarrollo de actividades productivas y programas recreativos. Esta ampliación de borde se configura como infraestructura buffer para la resiliencia de las áreas urbanas ante el alza del nivel del mar, marejadas y tsunamis.

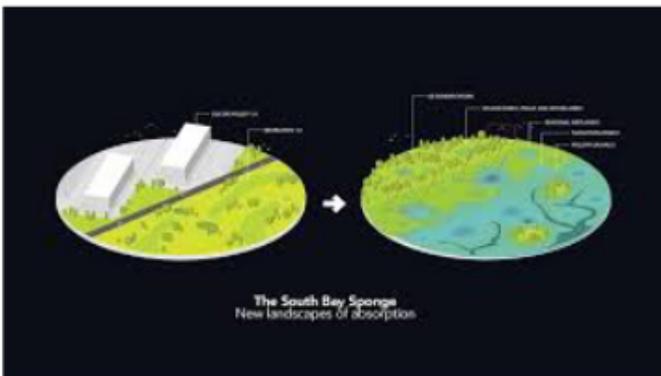
Se estructura en base a la articulación de 3 tipos de sistemas infraestructurales:

Infraestructura construida:
- Muros de contención

Infraestructura ecológica:
- Humedales costeros
- Praderas inundables
- Vegetación riparia

Infraestructura híbrida:
- Islas / bancos de sedimentación
- Zonas agrícolas inundables
- Lagunas de laminación

Nº FICHA	CASO DE ESTUDIO	AÑO	UBICACION
A1-07	South Bay Sponge. Resilient by design.	2017-2018	Bahía de San Francisco, California. EEUU.



DESCRIPCION

South Bay Sponge, Resilient by design es un proyecto de investigación y diseño colaborativo - organizado por The Rockefeller Foundation a través del programa Rebuild by Design y la Red 100 Resilient Cities, en colaboración con el U.S. Department of Housing and Urban Development – el cual reúne a las comunidades residentes, funcionarios públicos y expertos locales, nacionales e internacionales para desarrollar soluciones innovadoras a los problemas provocados por el cambio climático y el riesgo de desastres que enfrenta el territorio de la Bahía de San Francisco. La propuesta contempla la recuperación ecológica del borde del estuario conformando grandes sistemas de humedales para la absorción – a modo de esponja – de las variaciones de mareas, tsunamis y otros eventos hidrometeorológicos. Por otra parte, estimula la conservación y creación de áreas productivas basadas en cultivos capaces de convivir con la fluctuación de mareas. Además, contempla la reconversión de las edificaciones de la primera línea de costa, desde un punto de vista formal y funcional, transformando edificaciones convencionales en dispositivos para la mitigación de inundaciones mediante el aumento de las capacidades de absorción de sus espacios exteriores y ciertos componentes de su estructura, como las fachadas y cubierta.

Su operatividad se basa en la integración y sinergia de 3 tipos de sistemas:

Infraestructura construida:

- Muros de contención
- Vialidad elevada
- Pavimentos absorbentes
- Paseo costanera

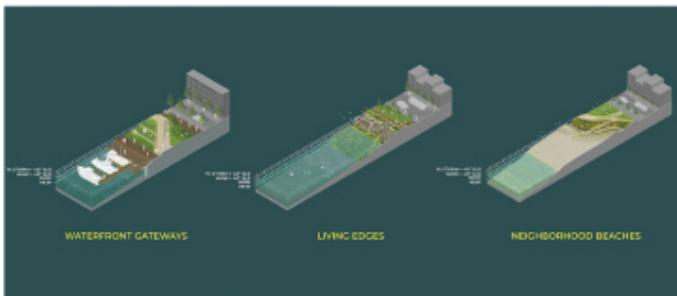
Infraestructura ecológica:

- Humedales costeros
- Praderas inundables
- Vegetación riparia

Infraestructura híbrida:

- Zonas agrícolas inundables
- Lagunas de laminación

Nº FICHA	CASO DE ESTUDIO	AÑO	UBICACION
A1-08	Resilient Boston Harbor.	2017-2019	Borde costero y Bahía de Boston.EEUU.



DESCRIPCION

Resilient Boston Harbor es una iniciativa orientada a generar sistemas integrados de infraestructura verde en las franjas de borde costero y fluvial, mediante la conservación y recuperación gradientes ecotonaes para la adaptabilidad y resiliencia ante fenómenos de inundabilidad, marejadas y tormentas. Este enfoque expande los parámetros de un paisaje diseñado con fines ornamentales o meramente recreativos, a un sistema multifuncional y de alto rendimiento, incluyendo logísticas y prestaciones originalmente atribuidas a la infraestructura tradicional, como aquellas relacionadas con las dinámicas urbanas de manejo hidrológico y la movilidad (Belanger, 2017; Murphy, 2016; Hung, 2010), promoviendo la integración de infraestructura y ecología como vectores convergentes en las iniciativas de planificación y proyecto de paisaje a escala urbana y territorial. El proyecto, diseñado para enfrentar eventos hidrometeorológicos con periodos de retorno de 100 años (100-year storm event) amplifica el sistema de parques originalmente proyectado por Frederick L. Olmsted, otorgando una nueva escala de infraestructura verde a nivel urbano-territorial.

Está conformado por 3 subsistemas integrados de infraestructura:

- Infraestructura construida:**
- Dique / Muro de contención
 - Paseo costanera
 - Vialidad elevada

- Infraestructura ecológica:**
- Humedales costeros
 - Praderas inundables
 - Bosques costeros
 - Vegetación riparia

- Infraestructura híbrida:**
- Zonas agrícolas inundables

Anexo 2.

Publicaciones del doctorando, relacionadas con planificación y diseño de paisaje, infraestructura verde, resiliencia urbana y desastres.

Este segundo Anexo contiene, en formato Fichas Resumen, las publicaciones realizadas por el autor relacionadas con la investigación expuesta en esta tesis, constituyéndose como registro de los artículos incluidos en revistas indexadas y capítulos de libros, que forman parte de la productividad del proceso de doctorado.

En la siguiente tabla se indica el número de Ficha y la publicación a la cual refiere.

Nº FICHA	AUTOR	NOMBRE DE ARTICULO	AÑO	REVISTA / CAPÍTULO DE LIBRO
A2-01	Moreno, Osvaldo	Infraestructura verde urbana. Estrategias de planificación y diseño del paisaje para la resiliencia y adaptabilidad socioecológica de ciudades regionales en Chile. El caso de Llanquihue.	2019	From the South. Global Perspectives on Landscape and Territory. Ediciones UDD. Santiago de Chile
A2-02	Moreno, Osvaldo	Contener, restaurar, conectar. Aproximaciones al Paisaje como infraestructura para la resiliencia y adaptabilidad del Río Copiapó	2018	Revista ARQ 99 – Infraestructuras. Ediciones ARQ. Pontificia U. Católica de Chile.
A2-03	Moreno, Osvaldo	Paisajes en emergencia: transformación, adaptación, resiliencia	2015	Revista INVI Vol. 30, N° 83. Universidad de Chile.
A2-04	Moreno, Osvaldo	Paisaje, Riesgo, Resiliencia. La Arquitectura del Paisaje en la modelación sustentable del territorio	2013	Revista Forum de Sostenibilidad - Cátedra UNESCO, N° 06. Universidad del País Vasco.
A2-05	Moreno, Osvaldo	Paisaje Urbano Sustentable. Aportes a la gestión ambiental estratégica del territorio	2013	Hacia un nuevo paradigma para la planificación futura de ciudades latino americanas. Experiencias de Latinoamérica y España. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México

Nº FICHA	AUTOR	NOMBRE DE ARTICULO	AÑO	REVISTA / CAPÍTULO DE LIBRO
A2-01	Moreno, Osvaldo	Infraestructura verde urbana. Estrategias de planificación y diseño del paisaje para la resiliencia y adaptabilidad socioecológica de ciudades regionales en Chile. El caso de Llanquihue.	2019	From the South. Global Perspectives on Landscape and Territory. Ediciones UDD. Santiago de Chile

RESUMEN

La noción de paisaje como infraestructura confronta el clásico enfoque disciplinar asociado al diseño de jardines y espacios verdes, tradicionalmente enfocado en su valoración estética y su capacidad de generar escenarios de ocio y recreación en las ciudades. Debido a los actuales escenarios de perturbaciones, crisis y vulnerabilidades asociadas con los procesos de expansión urbana, cambio climático y desastres, la arquitectura del paisaje aborda nuevos desafíos y campos de actuación, repensando el papel del proyecto como una plataforma conceptual y operativa para la gestión de la resiliencia.

El Plan de Infraestructura Verde Urbana Llanquihue - iniciativa de investigación aplicada presentada en este artículo - recoge estos conceptos y los transforma en un proyecto de paisaje basado en la articulación espacial y funcional de los ecosistemas urbanos existentes, transformándolos en partes estructurantes de una red diseñada para proporcionar servicios ecosistémicos claves para la ciudad y sus habitantes. En lugar de 'construir' áreas verdes, con los altos costos que ello involucra, el plan propone la noción de 'activación del paisaje' a través de la configuración de elementos específicos diseñados para habilitar, equipar y otorgar accesibilidad a estas áreas, favoreciendo la eficiencia de la inversión pública.

En tal sentido, el Plan se plantea como plataforma complementaria e indicativa para alimentar los actuales instrumentos de planificación urbana, así como también para contribuir a generar otros mecanismos e instrumentos que favorezcan una gestión integrada en materia de paisaje y espacio público, transformándose en un modelo potencialmente asimilable a otros casos de ciudades regionales caracterizados también por la problemática asociada a la puesta en valor de ecosistemas urbanos.

Palabras Claves

Infraestructura Verde, Ecosistemas Urbanos, Resiliencia, Activación, Planificación y Diseño del Paisaje.



Nº FICHA	AUTOR	NOMBRE DE ARTICULO	AÑO	REVISTA / CAPÍTULO DE LIBRO
A2-02	Moreno, Osvaldo	Contener, restaurar, conectar. Aproximaciones al Paisaje como infraestructura para la resiliencia y adaptabilidad del Río Copiapó	2018	Revista ARQ 99 – Infraestructuras. Ediciones ARQ. Pontificia U. Católica de Chile.

RESUMEN

Los ríos urbanos han planteado históricamente desafíos importantes para la planificación de las ciudades en Chile, en especial cuando su presencia física ha estado acompañada de regímenes hidrológicos inestables y cambiantes, como ocurre en los ríos del Norte y Centro de Chile dada la condición de torrente estacional que en general los caracteriza. Desde las primeras canalizaciones y tajamares construidos durante la colonia y las primeras décadas republicanas, hasta las actuales defensas fluviales, costaneras y espacios públicos proyectados en torno a sus márgenes, los ríos han demandado una constante atención de diversos campos técnicos orientados a su dominación y aprovechamiento. Sumado a lo anterior, el panorama contemporáneo presenta nuevos retos que no sólo refieren a una dimensión técnica operativa, sino a una concepción cultural y ambiental que - desde esferas intelectuales, ciudadanas y políticas - determina la necesidad de una aproximación más integral hacia el manejo de los ríos urbanos como sistemas socioecológicos complejos, en creciente estado de vulnerabilidad producto de las actividades antrópicas derivadas de procesos de industrialización y expansión urbana, acontecidos en las últimas décadas. De manera crítica, el deterioro de los lechos, riberas y ecosistemas asociados a ríos urbanos han comprometido sus capacidades para contener la ocurrencia de inundaciones y aluviones, que de forma cada vez más frecuente afectan a territorios y comunidades localizadas en sus inmediaciones.

El Río Copiapó - ubicado en la Región de Atacama, Norte de Chile - constituye un ejemplo paradigmático que expresa en su historia reciente gran parte de estas problemáticas. En un lapso de poco más de 30 años, debido a la sistemática explotación de sus aguas para el desarrollo de la industria minera, el tradicional paisaje de sus riberas que articuló por siglos la vegetación riparia, los cultivos agrícolas y usos recreativos, se sustituyó por una secuencia de faenas extractivas, depósitos de escombros y relaves mineros. En este escenario, a partir del año 2011 comenzó a desarrollarse el proyecto Parque Kaukari, a cargo de Teodoro Fernandez Arquitectos. A través de sus 60 hectáreas el Parque pretende recuperar el Río Copiapó en su condición de espacio público, de sistema hidrológico y de corredor verde, mediante el diseño de paseos de borde, plazas aterrazadas, revegetación de riberas y arboledas, con especial atención en el uso de especies aptas para subsistir en contextos áridos y de materialidades coherentes con la estética y cultura del desierto. En términos formales, uno de los aspectos más destacables es la configuración de diversas conexiones para acceder al lecho, mediante rampas, escaleras y taludes, ofreciendo una experiencia que revitaliza esa relación ancestral de las comunidades con el río, esta vez en un contexto de urbanidad que lo reclama como espacio público.

En marzo de 2015, fuertes precipitaciones generaron un inédito aumento de caudal del Río Copiapó, equivalente a un periodo de retorno de más de 100 años, acompañado de diversos aluviones que afectaron a gran parte de la ciudad. El fenómeno al cual se vio expuesto el Parque Kaukari redefinió los alcances de este proyecto y de la propia incumbencia disciplinar de la arquitectura del paisaje en términos de su aporte a la gestión de riesgo y resiliencia urbana. Trascendiendo las operaciones accesorias que comunmente concurren en proyectos de paisaje y espacio público en ciudades regionales, Kaukari remarca el valor de las operaciones esenciales que, como señalan diversos autores, convergen en la idea de paisaje como infraestructura. Es aquí, en esta discusión acerca de lo estrictamente necesario, donde se instala la reflexión acerca del enfoque de diseño de paisaje que puede prevalecer ante escenarios de cambios, vulnerabilidades y desastres. Desde este enfoque, el paisaje se devela como potencial infraestructura del territorio, generando capacidades adaptativas a través de proyectos que permitan la articulación de los sistemas naturales y antrópicos, la evolución de sus componentes en el tiempo y el desarrollo de programas flexibles, que aun así promuevan la evocación de los valores estéticos y culturales del Paisaje.

Palabras Claves

Río Copiapó, Atacama, Parque Kaukari, Gestión Hidrológica, Arquitectura del Paisaje.

Nº FICHA	AUTOR	NOMBRE DE ARTICULO	AÑO	REVISTA / CAPÍTULO DE LIBRO
A2-03	Moreno, Osvaldo	Paisajes en emergencia: transformación, adaptación, resiliencia	2015	Revista INVI Vol. 30, N° 83. Universidad de Chile.

RESUMEN

En términos generales el concepto de resiliencia refiere a la capacidad de un organismo o sistema de adaptarse y asumir flexibilidad en situaciones límite, para sobreponerse a ellas². Resiliencia es un término utilizado recientemente como estrategia por las Naciones Unidas para la reducción de riesgo en comunidades, en su dimensión tanto cultural como material, teniendo la premisa de resistir o generar adaptación de tal forma que ésta siga exhibiendo un nivel aceptable de funcionamiento. El nivel estaría determinado por el grado en que cada sistema social es capaz de organizarse a sí mismo y la habilidad de incrementar su capacidad de aprender y adaptarse, incluyendo la capacidad de recuperarse de un desastre.

El nivel de presión al cual se encuentran sometidos hoy los territorios urbanos y periurbanos –especialmente en nuestro contexto latinoamericano– debido a factores socioculturales, demográficos, económicos y ambientales, argumenta este cambio de énfasis conceptual desde la noción de sustentabilidad, hacia el de resiliencia. De esta forma, ya no se habla sólo de articular la dimensión de la equidad social, la integridad ecológica y la competitividad económica en los planes territoriales y proyectos urbanos, sino que ante constantes escenarios de cambios, crisis y desastres sacionaturales⁴, la ideas de adaptabilidad, resistencia y regeneración, aparecen como nuevos vectores a gestionar, planificar y proyectar en torno a las ciudades.

El paisaje urbano, entonces, se asume como un paisaje en emergencia, entendido desde una doble consideración: por un lado, la emergencia, asociada al estado de alerta que supone un inmediato riesgo para la salud, la vida o la propiedad de individuos y comunidades. Ello, demanda intervención urgente para atender la situación, prevenir y evitar su empeoramiento; por otra parte, la emergencia como concepto vinculado a lo emergente, referido al surgimiento de elementos, sistemas, procesos o actores en un determinado contexto, los que aportan soluciones a problemáticas y demandas existentes.

La noción de paisaje, como denominador común para ambas acepciones, se plantea desde una posición intermedia, híbrida y mestiza, que articula lo ecológico y lo sociocultural en una dinámica que posibilita una lectura, interpretación y proyección del territorio. Esa dinámica, acorde a los complejos desafíos que supone la atención a las actuales problemáticas asociadas a los cambios, crisis y desastres que afectan a diversos escenarios y contextos.

A su vez, permite establecer un diálogo integrador entre disciplinas que por mucho tiempo –incluso siglos mediante– han transitado senderos paralelos e inconexos⁵. Desde el andamiaje teórico, epistemológico y experiencial de lo paisajístico, las ciencias ambientales, las ciencias humanas, las disciplinas del arte y del diseño, encuentran vasos comunicantes cada vez más trascendentes y sinérgicos.

Palabras Claves

Resiliencia, Infraestructura Verde, Planificación y Diseño del Paisaje.

Nº FICHA	AUTOR	NOMBRE DE ARTICULO	AÑO	REVISTA / CAPÍTULO DE LIBRO
A2-04	Moreno, Osvaldo	Paisaje, Riesgo, Resiliencia. La Arquitectura del Paisaje en la modelación sustentable del territorio	2013	Revista Forum de Sostenibilidad - Cátedra UNESCO, Nº 06. Universidad del País Vasco.

RESUMEN

El presente artículo expone los alcances de la planificación y diseño del paisaje en materia de prevención y mitigación de impacto de desastres sobre contextos urbanos, periurbanos y rurales, tomando como estudio de caso proyectos de intervención en territorios afectados por inundaciones, tsunamis y remoción de masas, entre otros fenómenos. Para ello, se aborda en primera instancia el marco teórico que integra los conceptos de paisaje, riesgo, resiliencia e infraestructura verde. Posteriormente, se propone la revisión de casos de estudio, a nivel de programas y proyectos de paisaje, que contribuyen a la reflexión sobre el fortalecimiento de las condiciones de resiliencia de territorios en riesgo.

Diversas experiencias a nivel nacional e internacional, posicionan a la disciplina del paisaje como una plataforma potencial para formular respuestas efectivas y sustentables a los problemas ambientales y culturales generados por la ocurrencia de desastres, a través de la planificación y diseño de infraestructuras verdes, capaces de integrar las demandas generadas desde los distintos enfoques e intereses sectoriales a nivel territorial.

Palabras Claves

Infraestructuras verdes, Gestión de riesgo, Paisajes resilientes, Planificación, Regeneración.



Nº FICHA	AUTOR	NOMBRE DE ARTICULO	AÑO	REVISTA / CAPÍTULO DE LIBRO
A2-05	Moreno, Osvaldo	Paisaje Urbano Sustentable. Aportes a la gestión ambiental estratégica del territorio	2013	Hacia un nuevo paradigma para la planificación futura de ciudades latino americanas. Experiencias de Latinoamérica y España. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

Repensar el espacio urbano y el territorio desde la Arquitectura del Paisaje permitirá individualizar lugares, estrategias y programas para equilibrar el déficit medioambiental de la ciudad, su oferta de ocio y productividad, mejorando la calidad de vida y la sustentabilidad urbana en el marco de la economía global desde el contexto local. Ello demanda el desarrollo de análisis e intervenciones ligados a una concepción tanto estética como productiva de los elementos naturales, desde la experimentación de metodologías en las que confluyan los aspectos económicos, arquitectónicos, urbanísticos, ecológicos y sociales, para generar nuevas visiones y concepciones de ciudad, construyendo en suma una mirada actualizada sobre el medio territorial de nuestras sociedades contemporáneas.

Reconociendo la diferenciación y los dominios de cada disciplina, Arquitectura y Arquitectura del Paisaje han compartido su atención en el espacio habitado, es decir, en el espacio producido y percibido por las sociedades humanas a lo largo del tiempo y en distintos contextos. Existe por tanto un conocimiento acumulado que necesita ser revisado y actualizado, para obtener de él los medios que permitan la interacción con las variables bióticas, abióticas y antrópicas –materiales y virtuales– que conforman el contexto de actuación tanto para los arquitectos como para los arquitectos del paisaje. Inspiradas en su origen centenario¹³, las Escuelas de Arquitectura del Paisaje deberán tratar de asumir el nuevo rol de la disciplina en la producción del espacio contemporáneo a nivel global, ligado no sólo a parques, jardines o áreas silvestres, sino implicado profundamente en las dinámicas de transformación del territorio: de las infraestructuras, de los recursos ambientales, de los grupos sociales y del patrimonio cultural.

Por otra parte, atendiendo a la lógica relación con la arquitectura y el urbanismo, la abolición de modelos estancos y compartimentados heredados de la modernidad debe ser el inicio del abordaje académico tanto en Arquitectura, como en Arquitectura del Paisaje. Ello requerirá de una articulación epistemológica, metodológica e instrumental entre aquellos temas ligados a la dimensión material de la naturaleza –conformada por seres vivientes, objetos, geomorfologías– y a la dimensión inmaterial de la cultura, sustentada en valores, creencias, costumbres y tradiciones, contextualizadas en un espacio y tiempo determinado.

Palabras Claves

Arquitectura del Paisaje, Planificación Urbana, Sustentabilidad.