

Diseño Urbano y Gestión de Riesgo. Medidas de Mitigación y Prevención para el caso de Tsunamis

Urban Design and Risk Management. Mitigation and Prevention Measures for Tsunamis

Giraud Herrera, Loraine

Profesora del Dpto. de Planificación Urbana, Universidad Simón Bolívar, Venezuela.

Correo electrónico: lgiraud@usb.ve

Rinaldi Villegas, Arturo

Urbanista, Estudiante de Maestría en Desarrollo Urbano impartida por el Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Correo electrónico: arturb89@gmail.com

Recibido: 13/06/14 / Aceptado: 16/07/14

Resumen

La gestión de riesgo ha cobrado gran importancia como variable transversal en el proceso de diseño urbano, lamentablemente la primera década del siglo XXI ha traído consigo la ocurrencia de, al menos, tres grandes tsunamis (India e Indonesia, 2004; Chile, 2010 y Japón, 2011) los cuales tuvieron efectos devastadores sobre la población y el ecosistema de dichos países. Para ilustrar los diversos procesos de mitigación y prevención de tsunamis se tomó como referencia, las experiencias de Japón, Estados Unidos e India por ser países que han padecido recientemente los efectos de un tsunami, y que históricamente han desarrollado políticas de prevención y mitigación ante dicho fenómeno. Se seleccionaron también Nicaragua y Chile como casos latinoamericanos, debido a que éstos han sido impactados históricamente por tsunamis. Una vez analizados estos cinco casos, a los fines de este artículo, serán considerados como referentes e insumos vitales, para comprender los procesos de mitigación y prevención llevados a cabo, y así proponer medidas de prevención (PRE) y mitigación (MIT) como es el caso del PREMIT para orientar y aplicar a proyectos de diseño urbano.

Palabras claves: Tsunami, maremoto, mitigación, prevención, diseño urbano.

Abstract

Risk management has gained great importance as a transversal variable in the process of urban design, unfortunately the first decade of XXI has brought the occurrence of, at least, three major tsunamis (India and Indonesia, 2004; Chile, 2010; Japan, 2011) which had devastating effects on people and ecosystems of these countries. To delve into the various processes of tsunami mitigation and prevention Japan, USA and India were chosen as countries that have recently suffered the effects of a tsunami, and historically have developed policies to prevent and mitigate the phenomenon. Nicaragua and Chile were selected too as a study cases with regard to Latin American, because they have also been historically impacted by tsunamis and therefore have experience in the fight against such events. Having analyzed these five cases, for the purposes of this article, shall be considered as references to understand the processes of mitigation and prevention conducted, and propose preventive measures (PRE) and mitigation (MIT) as in the case of PREMIT to guide and implement urban design projects.

Keywords: Tsunami, seaquake, mitigation, prevention, urban design.

1. Introducción

La gestión integral de riesgos se define como un proceso social e institucional de carácter permanente orientado a formular planes y ejecutar acciones de forma consciente, concertada y planificada, entre los órganos y entes del Estado y los particulares; todo esto con el fin de prevenir y mitigar el riesgo socio-natural y tecnológico presente en una localidad o región, atendiendo a su realidad ecológica, geográfica, poblacional, social, cultural y económica. Esta gestión busca entonces el logro de pausas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial sostenibles (Asamblea Nacional de la República Bolivariana de Venezuela, 2009).

Definir este concepto resulta clave dentro de la investigación en cuestión, debido a que constituye uno de los métodos utilizados para disminuir notablemente los riesgos padecidos por la población y posee una gran validación por la comunidad internacional en la actualidad.

El objetivo de este artículo es proponer medidas de prevención y mitigación de riesgos ante tsunamis a partir del análisis de casos en Estados Unidos, Japón, India, Nicaragua y la experiencia en Chile, que sirvan de insumo y guía para cualquier proyecto de diseño urbano, que se localice en áreas susceptibles a la ocurrencia de este tipo de evento, específicamente con la propuesta de diseño urbano para el caso de Pelluhue en Chile.

Este artículo se estructuró en cinco (5) secciones que comprende: (1) Introducción; (2) Análisis de los casos de estudio, en cuanto a las medidas de tsunami en los países de Estados Unidos, Japón, India, Nicaragua y Chile; (3) Programa de Medidas de Prevención y Mitigación –PREMIT- ; (4) Aplicación de medidas de mitigación y prevención de tsunamis para proyectos de diseño urbano. Caso Pelluhue, Chile y; (5) Conclusiones.

La investigación en cuestión posee un enfoque meramente cualitativo debido a la necesidad de interpretar y comprender las realidades humanas complejas con un método hermenéutico y un análisis de discurso. Por supuesto, con las técnicas vinculadas a los principios y técnicas de la sintaxis, la semántica y la pragmática (Martínez, 2006). De igual manera, las características presentes de este estudio coinciden con las establecidas por Creswell (2005).

El diseño de la investigación responde a un proyecto factible a partir de la recolección de fuentes primarias (observación y entrevistas) y secundarias (documentos, reportes e imágenes), especialmente la revisión y análisis documental de experiencias en otros países como buenas prácticas a ser aplicadas en Chile.

Un dato importante a tener en cuenta en lo referente a la prevención y mitigación, tanto de amenazas socio-naturales como de los riesgos y vulnerabilidades generados por los eventos tipo tsunami sobre la población, lo constituye el hecho de que existe un 40% de la población mundial que vive a menos de 100 kilómetros de la costa, ubicándose dentro del rango de alcance de tormentas costeras severas. A esto se suma que alrededor de 100 millones de personas viven a menos de 1

metro sobre el nivel del mar, y que cada vez haya más personas gravitando hasta esas áreas de rápido crecimiento y desarrollo económico pero a la vez, con mayores amenazas asociadas al cambio climático (UN-Habitat, 2006).

Debe aclararse que los términos maremoto y tsunami poseen el mismo significado, sin embargo, en esta investigación será utilizado el último de ambos, tsunami, por ser el empleado por todas las instituciones y académicos dentro de Chile, país en el cual se desarrolló la investigación en cuestión. La palabra "*tsunami*" proviene de las palabras japonesas "*tsu*" que significa 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, como se puede observar en la figura 1 (Patterson, Terazaki y Yamaguchi, 2006).

Otra definición de este fenómeno es la realizada por Tibballs (2005), quien describe a un tsunami como una cadena de olas de rápido movimiento que son generadas cuando el agua en un océano o en un lago sufre un rápido desplazamiento por un trauma repentino como lo puede ser un terremoto, una erupción volcánica, un deslizamiento de tierra o el impacto de un meteorito.

Se puede agregar que, en el caso de esta investigación, los tsunamis para los cuales se están diseñando las medidas de mitigación y prevención tenderán a ser originados por la ocurrencia de sismos.

A nivel mundial se cuenta con la presencia de diversas posiciones por parte de los gobiernos de cada país, en lo referente al manejo de amenazas socio-naturales, la vulnerabilidad y el riesgo. Algunos de estos gobiernos otorgan prioridad dentro de sus políticas a los procesos de mitigación de amenazas, riesgo y vulnerabilidad, dejando de lado aquellos procesos asociados a la prevención; otros sostienen que el énfasis de sus políticas debe estar orientado a la prevención ante los factores ya mencionados; un grupo más reducido de países defiende la importancia que tiene el desarrollo paralelo de ambos procesos, de mitigación y preven-

ción, en la lucha contra las amenazas socio-naturales, la vulnerabilidad y el riesgo.

La primera década del siglo XXI se ha visto marcada por la ocurrencia de unos 24 tsunamis aproximadamente, entre los cuales se encuentran varios que han generado gran destrucción y pérdida de vidas humanas como el padecido por Indonesia e India, el 26 de Diciembre de 2004, el ocurrido en Chile el 27 de Febrero de 2010 (27F) y el que impactó Japón el 11 de Marzo de 2011 (U.S. Geological Survey, 2011b).

En el caso particular de Chile, se tiene que es una nación que ha recibido unos 10 tsunamis en lo que va del siglo XX y XXI, cuatro (4) de los cuales han ocasionado grandes y graves daños y pérdidas humanas y materiales (U.S. Geological Survey, 2011a). Este hecho, sumado a su extenso borde costero de 6.435 Km., deriva en que se le considere un país que presenta una alta amenaza de tsunami, la cual afecta a todos los centros poblados de la costa.

Por otra parte, debe mencionarse que el análisis llevado a cabo, se centró principalmente en la identificación de las consecuencias positivas y negativas asociadas a cada uno de los casos; pero del mismo modo, buscaba conocer la efectividad que habían tenido las diferentes medidas en la Prevención (PRE) y Mitigación (MIT) de tsunamis, con la propuesta final del PREMIT planteada en esta investigación, para los proyectos de diseño urbano, en caso de la ocurrencia de un tsunami. En otras palabras, para comprender tanto el planteamiento presente en cada uno de estos casos como su costo político, económico y social y además, para que sirvan de insumos a ser considerados en proyectos de diseño urbano.

2. Casos de estudio de medidas ante Tsunamis: Estados Unidos, Japón, India, Nicaragua y Chile

2.1. Caso Estados Unidos: Desarrollo de Comunidades Resilientes ante Tsunamis

En Estados Unidos debe recurrirse a estudiar y analizar el *National Tsunami Hazard Mitigation Program* (NTHMP, en español Programa Nacional de Mitigación de Amenaza de Tsunami), diseñado para reducir el impacto de los tsunamis sobre las comunidades costeras del país en cuestión. El objetivo final de este programa es salvar las vidas de todas aquellas personas que viven con la amenaza de tsunami en las zonas costeras y, al mismo tiempo, reducir el daño ocasionado por este evento a la propiedad y la economía (Oppenheimer, Rhoades, Roberts, Von Hillebrandt-Andrade, Whitmore y Williams, 2010).

El impacto de las actividades planteadas en el NTHMP afecta, tanto directa como indirectamente, a todos los habitantes de los Estados Unidos; sin embargo, entre los principales beneficiarios de los esfuerzos de este programa se cuentan los siguientes: residentes y visitantes de las áreas costeras; organizaciones de negocios y gubernamentales; representantes electos; equipos de emergencia locales y estatales; autoridades de planificación del uso del suelo locales y estatales; industria de seguros; industria del turismo; organizaciones sociales; educadores; industria marítima y Guardia Costera de los Estados Unidos; sistemas internacionales de alerta de tsunamis y medios de comunicación (Oppenheimer et al, 2010). Los logros que busca obtener este programa a través de su ejecución, son principalmente: (1) Reducción de la pérdida de vidas y daño de la propiedad por efecto de los tsunamis; (2) Ejecución exitosa por parte del NTHMP de los esfuerzos enfocados a mapear, modelar, mitigar, planificar y educar sobre los tsunamis; (3) Generación de mapas de inundación por tsunamis que apoyen la toma de decisiones en comunidades amenazadas por tsunamis; (4) Generación de mapas de evacuación de tsunamis que contribuyan a generar una preparación y respuesta efectiva de la poblaciones costeras ante estos eventos; (5) Creación de una cultura de preparación y respuesta ante los tsunamis,

en Estados Unidos; (6) Establecimiento de mayor cantidad de comunidades tsunami-resistentes y (7) Generación y difusión de sistema de alertas tempranas efectivo y confiable para las personas en riesgo.

El plan "The Tsunami Hazard Mitigation Plan" (Plan de Mitigación de Riesgo de Tsunami) desarrollado por el "Tsunami Hazard Mitigation Federal/State Working Group" (Grupo de trabajo sobre mitigación de riesgo de tsunami Federal/Estatal), el cual está compuesto por representantes de los estados de Alaska, California, Hawaii, Oregon y Washington, así como por tres agencias federales: The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, es español Administración Nacional del Océano y la Atmósfera), The Federal Emergency Management Agency (FEMA, en español Agencia Federal 57 de Manejo de Emergencias) y U.S. Geological Survey (USGS, en español Instituto Geológico de Estados Unidos). Este Plan estableció 4 asuntos principales, relativos al nivel estatal: (1) Confirmación rápida de tsunamis potencialmente destructivos y reducción de falsas alarmas; (2) Enfoque local de la mitigación de tsunamis y de las necesidades de los residentes de áreas costeras; (3) Mejoramiento de la coordinación e intercambio de información para un mejor aprovechamiento de los recursos existentes y (4) Apoyo sostenido de parte de los niveles estatales y locales para la mitigación de la amenaza de tsunami, a largo plazo.

De estos asuntos, como se observa en la tabla 1, el Plan estableció tres áreas fundamentales de esfuerzo y cinco elementos asociados a programas específicos (Tsunami Hazard Mitigation Federal/State Working Group, 1996):

Tabla 1 .Áreas de atención, acciones y productos asociados al Plan de Mitigación de Riesgo de Tsunami. Estados Unidos.2009-2013

Áreas de atención	Acciones y productos asociados
Área 1: Asesoría sobre amenaza de tsunami	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producir mapas de inundación
Área 2: Guía de alerta de tsunami	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejorar las redes sísmicas ▪ Ubicar boyas de detección de tsunamis ▪ Mejorar la coordinación estado/ NOAA y el apoyo técnico para alertas de tsunami
Área 3: Mitigación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desarrollar programas de mitigación de amenaza de tsunamis a nivel estatal y local.

Fuente: Elaboración propia a partir de Tsunami Hazard Mitigation Federal/State Working Group, 1996.

Esta estrategia reconoció las diferentes y únicas situaciones demográficas de cada uno de los cinco estados del Pacífico, así como la necesidad existente de incorporar los esfuerzos ante los tsunamis dentro de los programas de mitigación de sismos y de amenazas en general. Del mismo modo, este programa resaltó la diversidad de medidas y proyectos de mitigación, con diferentes enfoques y escalas, existentes; así como la necesidad de asimilar el desarrollo de estas medidas con un método bien definido de distribución y diseminación, y la importancia de tener el apoyo de las poblaciones locales, sin las cuales el éxito de la mitigación se vería comprometido.

Finalmente, se estableció como meta estratégica el desarrollo de comunidades “*tsunami resilientes*”, las cuales tendrían las siguientes características:

- Entienden la naturaleza de la amenaza de tsunami. Conocen el riesgo que los tsunamis, de fuentes cercanas o lejanas, generan sobre las áreas costeras.
- Poseen las herramientas necesarias para mitigar el riesgo de tsuna-

mis. Han definido las medidas de mitigación necesarias, tienen acceso a ellas y saben cómo usarlas.

- Informan sobre la amenaza de tsunami. Han identificado las poblaciones vulnerables, tienen las herramientas apropiadas que incluyen áreas de riesgo y seguridad; rutas de evacuación, respuestas adecuadas; y han desarrollado un plan de distribución de la información para proveer de la misma a todos los usuarios del área costera.
- Intercambian información con otras áreas en riesgo. Apoyan los esfuerzos de mitigación a través del intercambio libre de información, medidas e ideas, con otras áreas en riesgo; y aprenden de los esfuerzos de mitigación en contra de otras amenazas naturales. Han institucionalizado la planificación para desastres por tsunami. Han incorporado los elementos de la mitigación contra la amenaza de tsunami dentro de sus planes a largo plazo de manejo de amenazas en general, y han desarrollado una estructura para mantener el apoyo de las poblaciones locales y de los tomadores de decisiones para efectos de mitigación.

Durante el primer año de este programa, se desarrolló un plan estratégico de mitigación para formular estrategias de mitigación y fijar prioridades para desarrollar proyectos (Dengler, 1998).

Este hecho evidencia tanto en los objetivos del NTHMP como en las personas y organismos que se busca beneficiar y los logros que se desean obtener con el desarrollo del programa en cuestión. De hecho se puede notar cómo, dentro del programa, existe un énfasis mucho mayor en la educación y concientización de la población (medidas de prevención), que en la generación de medidas de mitigación para el área costera (Oppenheimer et al, 2010).

2.2. Caso Japón: Medidas de software y hardware ante Tsunamis

El gobierno de Japón se encuentra enfocado principalmente en medidas no estructurales (*software*) como lo son la previsión, formación y educación, comunicación, evacuación, los ejercicios y la preparación; las

cuales son consideradas las más efectivas en lo que refiere a la protección de vidas durante una situación impredecible. Sin embargo, como consecuencia de que el área costera de Japón sea estrecha, no se deja de lado el uso de medidas estructurales (*hardware*), las cuales representan una gran inversión y costo de mantenimiento, con el fin de proteger a la población costera.

Es importante mencionar dos buenos ejemplos de aplicación de medidas de protección ante tsunamis: la playa Nami-ita y la playa Oki. La playa Nami-ita, localizada en la Bahía Funakoshi, posee 300 metros de longitud y 50 metros de ancho e inmediatamente después del área con arena surge un rompeolas de 4 metros de altura. A esa misma altura se encuentra ubicada una densa plantación de pinos que abarca unos 30 metros de ancho y, por último, 6 metros más arriba de ese nivel se encuentran las vías de comunicación. Debe acotarse que los rompeolas antes mencionados están constituidos por una estructura de concreto y módulos de arrecifes que han sido construidos y colocados a intervalos regulares para reducir el poder del tsunami (Patterson et al, 2006).

Casos similares al de la playa Nami-ita lo representan la playa Oki (1,5 Km de longitud y 200 m de ancho cubiertos por bosque denso) y la playa Irino (4,5 Km de longitud y 160 m de ancho cubiertos por bosque denso). Para los dos casos mencionados, el gobierno de la prefectura de Kochi estableció que se encargará de ensanchar el área de bosque costero por medio del uso de especies nativas y arboles de pino recientemente desarrollados. Dentro de las especies autóctonas a utilizar se encuentran los manglares, casuarina y árboles de coco, por su capacidad de resistir el impacto del tsunami al actuar como barreras naturales, y al mismo tiempo, por proveer protección a los habitantes y propiedades de la costa, al detener muchos de los residuos y escombros arrastrados por el tsunami reduciendo la velocidad e impacto del mismo (Patterson et al, 2006).

Sin embargo, ante la interrogante sobre si estas estructuras de protección serían suficientes para brindar protección ante un tsunami, se obtuvo una respuesta que podría ser negativa debido a que no es posible

predecir el poder de las olas de un tsunami, y los diques y rompeolas son construidos basados en la altura de las olas del último tsunami ocurrido. Es por lo planteado anteriormente que, en la actualidad, el gobierno japonés se concentra en las medidas de protección suaves o de prevención, las cuales son consideradas como el mejor método de defensa ante este tipo de amenaza natural por representar una inversión menor pero, al mismo tiempo, ser la técnica adecuada (Patterson et al, 2006). De este modo, se puede notar como en Japón, uno de los países más sísmicos y con mayores amenazas de tsunami del mundo, se está apostando por el desarrollo y la implantación de medidas de mitigación y prevención simultáneamente; y en todo caso, los esfuerzos del gobierno japonés otorgan prioridad al estudio, desarrollo e implantación de medidas de prevención sobre las medidas de mitigación.

2.3. Caso India: Dunas y Bosques de Casuarina o Pino Australiano ante Tsunamis

El caso de Tamil Nadu, India posee gran relevancia debido a que en esta localidad se ha realizado un gran esfuerzo para comprender el impacto que generó el tsunami del 2004 sobre su costa. Las investigaciones de campo llevadas a cabo en Tamil Nadu, revelaron que el evento ocurrido en el 2004, destruyó viviendas dentro de franjas que van desde los 6 m hasta los 132 m desde la duna, e inundó hasta 862 m de la costa. El evento dañó las dunas de arena, arrancó la vegetación de las dunas, creó nuevos cuerpos de agua y destruyó activos de alto valor. Por el contrario, los bosques de casuarina o pino australiano (*Casuarina equisetifolia* y *Casuarina cunningghamiana*) se desempeñaron notablemente encontrándose que el desarraigo de los árboles se limitó exclusivamente a una franja frontal de 5 m a 25 m de ancho, ubicada muy cerca de la costa en donde la ola alcanzó un altura de 6,5 m sobre el nivel del mar (Mascarenhas, 2008).

A pesar de lo descrito anteriormente quedó demostrado que, tanto las dunas de arena como los bosques de casuarinas o pino australiano (*Casuarina equisetifolia* y *Casuarina cunningghamiana*), poseen una capacidad innata para disipar el fuerte oleaje generado por los tsunamis.

Según Mascarenhas (2008), esta afirmación se basa en los siguientes hechos, observados en Tamil Nadu:

- En las zonas donde existían dunas de gran altura, el lavado en la tierra fue mínimo.
- Las aldeas que se conservaron intactas fueron aquellas protegidas por dunas de arena o densos bosques.
- La gran destrucción en las áreas de la playa ocurrió donde no existía protección vegetal alguna, como consecuencia de la acción del hombre.

Teniendo el contexto antes descrito en mente, se puede notar que la Zona de Regulación Costera establecida en 1991 dentro del país, se encuentra totalmente justificada desde el punto de vista ambiental y científico. Sin embargo, una política de amenazas costeras que considere la adaptación éstas, restauración de las dunas costeras y reforestación de las áreas de bosque, constituye una opción sostenible a largo plazo y al mismo tiempo, beneficiosa para las costas de la India (Mascarenhas, 2008).

El caso recientemente expuesto constituye una gran contribución a este estudio, debido a que permite conocer una realidad en donde medidas de mitigación como dunas y bosque costeros fueron puestos a prueba, y de los resultados de dicha prueba se obtuvo que dichas medidas, poseen una alta efectividad cuando se trata de disminuir y mitigar efectos e impactos ocasionados por los tsunamis.

2.4. Caso Nicaragua: Institucionalidad en la gestión del riesgo

Los mayores riesgos por eventos naturales a los que se enfrentan las ciudades nicaragüenses incluyen huracanes, lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos de tierra, sequías y olas de calor. En base a estas expectativas, identificadas por el marco nacional para el cambio climático, las estrategias locales en materia de cambio climático en las zonas urbanas se han desarrollado con un enfoque en la prevención y mitigación de amenazas socio-naturales. Así, el análisis de cambios climáticos graduales ha sido excluido en gran medida de las políticas a nivel de ciudad (Moser, Norton, Stein, y Georgieva, 2010). Nicaragua

estableció, en el año 2000, el Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres Naturales y ocasionados por el Hombre (SINAPRED). Las principales funciones de este sistema eran promover políticas de prevención de desastres, dar prioridad a la gestión de riesgos dentro de los planes regionales y nacionales, y desarrollar la capacidad de respuesta de la protección civil. De igual forma se tiene que, en conjunto con el SINAPRED, se establecieron un número de comités en los niveles nacionales, departamentales y municipales (Moser et al, 2010).

En conclusión se puede detectar cómo, en el caso de Nicaragua, los esfuerzos del gobierno se han enfocado a diferentes escalas geográficas y niveles institucionales tanto en la prevención como en la mitigación de las amenazas socio-naturales; siendo éste, además, un esfuerzo a nivel nacional que involucra las amenazas de origen natural pero también las ocasionadas por el hombre.

2.5. Caso Chile: proyectos de diseño urbano como medidas de mitigación

Chile no ha conseguido un desarrollo en los temas de la prevención, mitigación y disminución de riesgos por tsunamis comparable con el alcanzado por otros países con amenaza de tsunamis como Japón y Estados Unidos. Sin embargo, a raíz de los últimos tsunamis ocurridos recientemente a nivel nacional e internacional, se han generado múltiples y extensas investigaciones en este campo en todo el mundo, así como diversos planteamientos y posturas con respecto tanto a las medidas y mecanismos que se deben utilizar para enfrentar la amenaza de tsunami, como a los esfuerzos en los que deben enfocarse los gobiernos ya sean mitigación, prevención, o ambos.

Los proyectos recientemente generados en Chile permiten ofrecer una solución viable y factible ante este evento socio-natural. Las acciones de planificación urbana y proyectos prioritarios bajo el enfoque de la planificación estratégica abordan las particularidades del territorio urbano y buscan solucionar problemas urbanos concretos. Como se observa en las figuras 1 y 2 los proyectos estratégicos de bordes costeros

se encuentran enmarcados en planes maestros de reconstrucción de carácter estratégico y sustentable. Las características principales de estos proyectos son: a) Construcción de equipamientos de carácter público-privado (parques lineales, parques de mitigación, parques de dunas, franjas arbóreas de mitigación, estadios municipales, corredores productivos, áreas de esparcimiento, mercados, entre otros) que funcionen como obras de mitigación; b) Modificación de la estructura vial y movilidad en función de la ocurrencia del evento; c) Aumento del espesor del borde costero convirtiéndolo en una gran franja de mitigación que integra playa, dunas, parque y costanera y que se encuentra asociada a las áreas de servicio y restaurantes; d) Modelación del suelo con curvas y contra-curvas por medio de la utilización de un relieve de dunas y parques arbolados, para así crear una geografía contenedora del mar que permita disipar la energía de las marejadas.

Figura 1. Borde costero de Pelluhue después del tsunami del 27 de Febrero de 2010



Fuente: Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales (2010).

Figura 2. Imagen objetivo del proyecto para el borde costero de Pelluhue



Fuente: Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales (2010).

3. Programa de Prevención y Mitigación ante Tsunamis (PREMIT)

Una vez estudiadas las diversas medidas y los mecanismos empleados por países como Estados Unidos, Japón, India, Nicaragua y Chile, se propone el desarrollo de un programa de prevención y mitigación (PREMIT de ahora en adelante), diseñado para la prevención y mitigación de los efectos de un tsunami a través de la inclusión de una amplia gama de aspectos concernientes a éstos temas, y pensado para poder ser aplicado por cualquier país del mundo.

Entre sus dos (2) objetivos se propone: 1) salvaguardar la vida de todas aquellas personas que viven con riesgo de tsunami en las zonas costeras y 2) reducir los daños humanos, ambientales y económicos de los que padece un país como consecuencia de la ocurrencia de este tipo de eventos.

3.1.Áreas de Actuación del PREMIT: medidas y mecanismos de prevención y mitigación

A los efectos de este programa, la prevención es un concepto muy amplio que incluye a todas las actividades de la administración de los desastres, orientadas a evitar y/o a mitigar sus efectos sobre la vida, el patrimonio y el ambiente. Dentro de este concepto se puede llegar a una mayor precisión con la prevención específica, la cual es definida como la medida o conjunto de medidas diseñadas para proporcionar protección contra los efectos de un desastre. Como se expresa en la tabla 2, éstas medidas pueden ser ingenieriles o de legislación sobre el uso de la tierra, del agua y el ordenamiento urbano (Ministerio de Educación, 2004). Una definición más completa, que será la utilizada a los fines de esta investigación, es aquella planteada por Jiménez (2009) que describe a este proceso como el conjunto de acciones cuyo objeto es impedir que los eventos naturales o generados por el hombre causen emergencias o desastres.

Tabla 2. Medidas y Mecanismos de Prevención del PREMIT

Medidas y mecanismos de prevención
<ul style="list-style-type: none">• Rápida confirmación sobre la presencia de tsunamis potencialmente destructivos a través de la instalación de boyas de detección de tsunamis, creación de redes de detección sísmicas y mejora de las existentes, creación de centros de supervisión y seguimiento de tsunamis para los distintos océanos y mares existentes, entre otras.• Reducción de falsas alarmas y difusión efectiva y confiable de aquellas reales, a las personas en riesgo.• Generación de mapas de inundación por tsunamis que apoyen la toma de decisiones en comunidades amenazadas y permitan diseñar mapas y estrategias de evacuación que contribuyan a desarrollar una preparación y respuesta efectiva de las poblaciones costeras ante los tsunamis.• Mejoramiento de la coordinación e intercambio de información para obtener un mejor aprovechamiento de los recursos existentes.• Creación de una cultura de preparación y respuesta ante los tsunamis, lo cual permitirá establecer y consolidar una mayor cantidad de comunidades tsunami-resistentes.

Fuente: Elaboración propia a partir de Rinaldi (2011).

El proceso de mitigación consiste en la reducción de los efectos de un desastre, con la adopción de medidas de protección específicas, disminuyendo principalmente la vulnerabilidad de una población ante la ocurrencia de un fenómeno natural (Ministerio de Educación, 2004). De modo complementario, Jiménez (2009) define a dicho proceso, como una intervención dirigida a disminuir los riesgos como toda actividad o acción que reduzca el impacto ocasionado por un evento que genere daños a la población. En la tabla 3 se presentan las medidas y mecanismos estructurales de mitigación del PREMIT.

Tabla 3. Medidas y Mecanismos Estructurales de Mitigación del PREMIT

Medidas y mecanismos de mitigación	
Medidas estructurales ¹	
Estructuras artificiales: infraestructura de mitigación	Ejemplos
<p><u>Muros de defensa:</u> construcciones no habitables, verticales, generalmente de hormigón armado, de diferentes alturas, espesores y largos, ubicadas en el terreno adyacente al mar. Una alternativa local a estos muros, es la implementación mixta de un sistema de muros de defensa con otras obras de mitigación como bosques o dunas, lo cual disminuye los costos.</p> <p><u>Muros de defensa en costaneras y equipamientos:</u> variación de la estructura anterior que se localiza en costaneras vehiculares o peatonales.</p> <p><u>Terraplenes:</u> construcciones no habitables, verticales, generalmente de hormigón armado, ubicadas en terrenos secos no cercanos al mar.</p> <p><u>Rompeolas de boca de bahía:</u> construcciones no habitables, generalmente de hormigón armado, ubicadas en la boca de una bahía, alejados de tierra. Tienen como función disminuir la energía, inundación, altura e impacto de la ola antes de llegar a tierra.</p> <p><u>Compuertas de mar y de río:</u> construcciones con elementos compuestos mecánicos móviles, los cuales se encuentran ubicados dentro del mar o en ríos. En el caso del mar, éstas se cierran al aumentar la marea reduciendo la intrusión de la ola de tsunami; en el caso de los ríos, éstas se cierran para disminuir la intrusión de la ola de tsunami tierra adentro por el río.</p> <p><u>Compuertas de tsunami en tierra:</u> construcciones verticales no habitables, generalmente de hormigón armado, ubicadas en tierra con compuertas de acero que permiten el paso de peatones y vehículos en circunstancias normales pero que en caso de tsunami se cierran para impedir el paso de la ola o disminuir la energía, inundación, altura e impacto de la ola antes de que llegue al pueblo ubicado posterior a las compuertas.</p> <p><u>Equipamientos para la evacuación:</u> construcciones verticales habitables, generalmente de hormigón armado, ubicadas en el terreno adyacente al mar en donde las zonas altas de seguridad quedan a gran distancia por lo que la población tardaría un tiempo muy prolongado en llegar a ellas.</p>	<p>Muro en las ciudades de Miyako y Hirokawa, ambos en Japón.</p> <p>Muro de contención de la Caleta de Pellines, pretil y costanera para Constitución, ambos en Chile.</p> <p>Terraplén de Noda, Iwate, Japón.</p> <p>Rompeolas de las ciudades de Kuji, Ohfunato y Kamaishi, en Japón.</p> <p>Compuerta en la bahía de Karo, Japón.</p> <p>Compuertas en las ciudades de Miyako y Hiro, en Japón.</p> <p>Nishiki Tower y Kushimoto Town, ambas torres de evacuación de tsunamis ubicadas en Japón.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales; Observatorio de Ciudades UC, 2010.

Nota: ¹ Comprometen obras de ingeniería y otras intervenciones afines, las cuales tienen por objeto minimizar el riesgo frente a eventos de peligro.

Tabla 4. Medidas y Mecanismos Estructurales de Mitigación del PREMIT. Continuación

Medidas y mecanismos de mitigación	
Medidas estructurales	
Estructuras naturales: parques de mitigación	Ejemplos
<p><u>Dunas de arena:</u> montículos de arena formados gracias a un proceso eólico, en el que obstáculos atrapan partículas arrastradas y comienzan su acumulación. Según estudios, las dunas cumplen la función de mitigación de vientos, tormentas y tsunamis. Existen tres tipos: frontales, móviles y estabilizadas.</p> <p><u>Vegetación, árboles y bosques costeros:</u> las franjas verdes costeras están compuestas por distintas especies de árboles dependiendo de la región en donde se ubiquen. Estos bosques ayudan a detener los residuos arrastrados por el agua, reducen la altura y energía de las olas del tsunami y la profundidad de la inundación, proveen de un lugar de salvación para la gente arrastrada por el agua, y por último, contienen los vientos con arena creando dunas que sirven como barreras ante tsunamis. Su efectividad depende su densidad, del diámetro de los troncos de sus árboles y del ancho de la cobertura del mismo. Se ha observado que un aumento en el ancho del bosque puede, no solo minimizar la profundidad de las inundaciones sino también las corrientes y las fuerzas hidráulicas detrás de los bosques costeros. Sin embargo, se ha reconocido que la altura de los tsunamis afecta directamente la funcionalidad de este tipo de mitigación ya que los bosques costeros podrían ser destruidos por un gran tsunami (con olas de altura mayor a 4 metros), donde los residuos flotantes podrían aumentar el impacto de la misma y causar daños secundarios.</p> <p><u>Manglares:</u> terrenos en las zonas tropicales cubiertos de agua salada, donde crecen una diversa familia de árboles tolerantes a la sal, los cuales ocupan áreas cercanas a cursos de agua dulce. Estas estructuras naturales disminuyen la velocidad de flujo y de la profundidad de inundación, y detienen madera y otros elementos flotantes arrastrados por el agua. A pesar de que los manglares se desarrollan en climas tropicales, estos pueden servir de ejemplo para buscar especies de estructura semejante que se desarrollen en el ámbito local.</p>	<p>Dunas de arena naturales ubicadas en la costa de Puerto Saavedra, Chile.</p> <p>Bosque costero en la localidad de Curanipe, Chile.</p> <p>En Malasia existen grandes zonas costeras cercadas por bosques de manglares, los cuales reducen los impactos adversos de los tsunamis, siempre y cuando sus olas no superen los 3-4 metros.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales; Observatorio de Ciudades UC, 2010.

Como se observa en las tablas anteriores, casi la totalidad de las medidas artificiales de mitigación de tsunamis poseen su contraparte en una estructura natural. La razón por la que se presentan ambas alternativas dentro de las medidas y mecanismos de mitigación del PREMIT, responde a que las estructuras naturales son, en general, más económicas desde el punto de vista de implementación y mantenimiento, además de ser más efectivas en la mitigación de un tsunami, en su mayoría.

Dependerá entonces de quien desee aplicar el PREMIT, la elección de las medidas y mecanismos a implementar para la mitigación de estos fenómenos naturales, la cual estará directamente relacionada con las condiciones presentes en su zona costera y su capacidad financiera. Adicionalmente, deberá buscar la implementación de la mayor cantidad de mecanismos de mitigación, alternando entre estructuras artificiales y naturales para así garantizar una mayor mitigación.

Las medidas no estructurales de mitigación o medidas de prevención consisten tanto en los sistemas y planes de predicción y evacuación ante tsunamis, como en los instrumentos de tipo normativos que existen o deben crearse para regular la ocupación del territorio conforme a sus limitaciones por condición de riesgos y/o de acuerdo con cumplimiento de los requisitos señalados en los estudios realizados para la ejecución de los proyectos en particular, los cuales comprenden aspectos tales como:

- Normas urbanísticas que se encuentran facultadas para definir los instrumentos de planificación territorial respecto a: usos del suelo según aptitud para localización y/o emplazamiento de edificaciones, disposiciones específicas de condicionantes de edificación, entre otras condiciones.
- Ordenanzas específicas de espacios públicos y de áreas verdes urbanas (vegetación, mobiliario, etc.).
- Estudios y evaluaciones para el mejoramiento de bordes costeros y/o riberas de cauces naturales.
- Sistema de comunicación por radio para el manejo de desastres.
- Sistema de alerta y predicción temprana de tsunamis.

- Planes de emergencia y evacuación.
- Creación y fortalecimiento de las instituciones pertinentes.
- Programas educativos y de formación necesarios para la implementación de las medidas.

En lo que respecta a los responsables de la ejecución de las medidas de mitigación presentadas se tiene que los mismos deberán ser principalmente las instituciones gubernamentales pertenecientes a los distintos niveles de gobierno del país (nacional, regional, local). Sin embargo, se recomienda que dicha acción sea complementada con la colaboración de comunidades, empresas privadas e instituciones académicas nacionales e internacionales, para así garantizar la obtención del apoyo técnico suficiente requerido para la ejecución exitosa de obras de tal magnitud y complejidad. Ahora bien, desde el punto de vista económico, el actor que mayor peso debería tener con relación al financiero debería ser el Estado, sin embargo, esta realidad es mayormente posible en países más avanzados. En consecuencia, para el caso Latinoamericano, se recomienda recurrir al apoyo que prestan diversos entes internacionales de fomento regional como lo son: la Corporación Andina de Fomento (CAF) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), así como a grandes empresas privadas, nacionales e internacionales, con quienes se puedan suscribir acuerdos de colaboración financiera en este sentido a cambio de incentivos y beneficios económicos, fiscales u otros.

Los beneficiados del programa PREMIT serán principalmente: residentes y visitantes de las áreas costeras, comunidades organizadas, empresas, organizaciones gubernamentales (nacionales, regionales y locales), equipos de emergencia locales y estatales, autoridades de planificación del uso del suelo locales y estatales, industrias de seguros, industria del turismo, educadores, industria marítima y Guardia Costera, sistemas internacionales de alerta de tsunamis, medios de comunicación, entre otros.

4. Aplicación de medidas de mitigación y prevención de tsunamis para proyectos de diseño urbano. Caso Pelluhue, Chile

Con la finalidad de comprender mejor el funcionamiento del programa PREMIT, se presenta el caso del proyecto "Parque Costanera Pelluhue" el cual ha sido diseñado teniendo en cuenta las medidas y mecanismos de mitigación del PREMIT. Este proyecto perteneciente a la cartera prioritaria de proyectos del Plan de Reconstrucción Económico-Sustentable (PRES) de Pelluhue, Chile, se define como un parque costero de mitigación del riesgo generado y asociado con los tsunamis, para la localidad de Pelluhue (Rinaldi, 2011).

Las medidas de mitigación del riesgo ocasionado por tsunamis, empleadas por el parque costero de Pelluhue en Chile (Rinaldi, 2011) son principalmente: dunas costeras de mitigación, plataformas de contención de inundación, áreas de acumulación de agua, bosque de mitigación y arborización paisajística, como se observa en la figura 3.

Figura 3. Medidas de mitigación de riesgo de tsunami



Fuente: Rinaldi (2011).

Con esta propuesta, se busca generar e instalar mecanismos de mitigación de tsunamis en el borde costero de Pelluhue para así disminuir la amenaza de dicho fenómeno y el riesgo y vulnerabilidad que padecen los habitantes y visitantes de esta localidad. Pero del mismo modo, con estos planteamientos, se trata de generar una dinamización dentro de la zona por medio de la creación de nuevos espacios públicos y la renovación de los espacios ya existentes, para hacerlos más atractivos y útiles a la población.

Dicha propuesta considera los siguientes aspectos: mitigación del riesgo ocasionado por tsunamis (dimensión ambiental) ; rentabilidad pública y privada (dimensión económica); desarrollo turístico y cultural (dimensión social y económica); movilidad y accesibilidad (dimensión urbana) , recreación y entretenimiento (dimensión social y urbana).

Cada uno de estos aspectos tiene asociados una serie de programas específicos potenciales. A continuación se procede a detallar las distintas medidas contenidas en el aspecto asociado a la mitigación del riesgo ocasionado por tsunamis:

4.1. Dunas costeras de mitigación

Las dunas costeras constituyen una medida mitigación de tsunamis y representan una opción viable desde el punto de vista ambiental y económico. Estas dunas constituyen la primera línea de defensa y protección de la localidad de Pelluhue ante la ocurrencia de un tsunami y ante sus efectos asociados y deberán tener en promedio unos 20 metros de ancho y 5 metros en su punto más alto. Estas dimensiones han sido establecidas tomando como base la altura que poseen los diversos campos dunares que existen en las costas chilenas y que demostraron ser efectivos en la mitigación de los tsunamis ocurridos en dicho país en 1960 y en 2010. Por último, las dunas en cuestión se deberán ubicar de forma paralela a la línea costera y a lo largo de todo el parque costero propuesto, marcando el cambio entre la condición de playa y la de parque.

4.2. Plataformas de contención de inundación

La segunda medida de mitigación de tsunamis que se propone incluir dentro del diseño del parque costero para Pelluhue son las plataformas de contención de inundación. Para conseguir generar estas plataformas de contención se propone elevar algunos sectores del parque para que exista una diferencia de 1 o 2 metros con respecto al resto del parque, con lo cual las plataformas que se crean cumplen la función de muros de contención en caso de que ocurra un tsunami o una inundación.

4.3. Áreas de acumulación de agua

Esta medida es, al mismo tiempo, un complemento y una derivación de la medida anterior debido a que, al elevar en altura ciertos sectores del parque, se crean terrazas y depresiones dentro del terreno del mismo. Estas depresiones pasan a constituir entonces áreas de acumulación de agua, las cuales actuarán como medida de mitigación ante la ocurrencia de una inundación e igualmente contribuirán en la disminución de la fuerza e intensidad de los tsunamis.

4.4. Bosque de mitigación

La cuarta medida de mitigación de tsunamis consiste en la creación, e inclusión dentro del parque costero, de un bosque de mitigación. Dependiendo de la velocidad con la que se quiera concluir y poner en funcionamiento el bosque de mitigación, los árboles que lo componen podrán ser trasplantados o simplemente sembrados. Es necesario aclarar que dicho bosque se debe localizar paralelo a la costa y tener la misma longitud que posea el parque costero, constituyéndose además en la última barrera de defensa y protección que este parque ofrecerá a la comunidad de Pelluhue ante los tsunamis y sus efectos. El bosque de mitigación propuesto debe tener un ancho de 15 metros en sus zonas más angostas y estar conformado por árboles con un diámetro de 30 centímetros en su tronco, que pertenezcan a las especies autóctonas más resistentes y adecuadas para este fin.