



**UNIVERSIDAD VIÑA DEL MAR  
ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**Estrategias claves de Mitigación de Maremotos en  
Zonas Habitables. Estudio para una implementación en  
los sectores mas vulnerables del Borde Costero  
Chileno**

**Estudio para optar al proyecto de título.  
Carrera de Arquitectura**

**Autor: José Luis Prierer Z.**  
Prof. Guía: Ignacio Prieto / Joaquin Bustamante

**Viña del Mar, 2011**

CAPITULO I : Propiedades del fenómeno

1.1	Masa destructiva que se desplaza.....	5
1.1.1	Efectos en la costa.....	7
1.1.2	Otros tipos de maremotos.....	9
1.1.3	Síntesis del Fenómeno.....	9
1.2	Maremotos en la costa de Chile.....	10
1.2.1	Referencias de maremotos principales.....	10
1.3	Evidencia visual empírica post- maremoto.....	12
1.3.1	Chile, Valdivia 1960.....	12
1.3.2	Colombia, Tumaco 1979.....	14
1.3.3	San Juan del Sur, Nicaragua 1992.....	15
1.3.4	Hokkaido, Japón 1993.....	16
1.3.5	Océano Índico, Indonesia 2004.....	17
1.3.6	Cobquecura, Chile 2010.....	17
1.3.7	Maremoto de Japón 2011.....	19
1.4	Conclusión sobre estas experiencias.....	21

CAPITULO II : Asentamientos en el borde costero de Chile. Como el emplazamiento no fue considerado en el pasado, en el presente e incluso en la implementación a futuro.

2.1	Criterios de edificación y emplazamiento.....	22
2.2	Estrategias mínimas de protección contra maremotos.....	22
2.3	Mirada crítica de los asentamientos en el Borde.....	23

CAPITULO III : Técnicas de Mitigación de Maremotos en zonas inundables del Borde Costero.

3.1	Mitigación natural.....	25
3.1.1	Protección por corales–arrecifes.....	25
3.1.2	Protección por manglares.....	27
3.1.3	Dunares .....	27
3.1.4	Arboledas de Mitigación.....	28
3.1.5	Bosque de control.....	29
3.2	Técnicas de Mitigación construidas.....	30
3.2.1	Ola de rompiente.....	31
3.2.2	Muros de contención en Japón.....	32
3.3	Parque de Mitigación .....	33
3.4	Entrevista Alejandro Aravena .....	35
3.5	Que técnicas se pueden aplicar a Chile, una mirada crítica con respecto a su implementación y diseño.....	37

CAPITULO IV : Conclusiones

4.1	Conclusiones.....	38
-----	-------------------	----

Bibliografía.....	40
-------------------	----

## INTRODUCCIÓN

Maremotos son un fenómeno extraordinario que desplaza verticalmente una gran masa de agua, y mayoritariamente son provocados por terremotos. Los maremotos son una energía destructiva que cae sobre una zona costera, y es frecuente que puedan viajar largas distancias antes de llegar a su destino. La evidencia empírica de los últimos 150 años ha demostrado la gran amenaza existente para los asentamientos humanos en el borde costero. Esta experiencia demuestra que la infraestructura – rompeolas o muros no son capaces de resistir la energía de un maremoto. En la mayoría de los casos, para buscar una solución ante este problema, se hicieron obras de contención. Su funcionalidad era tratar de resistir el empuje de la masa de agua. Esto tuvo como consecuencia que la magnitud fue tal que destruyó y empujó estos mismos pedazos de hormigón para ser arrojados contra los asentamientos del borde, de modo que en vez de mitigar la fuerza de la ola, la ayudó a ser más destructiva.

En Chile la evidencia de los últimos años nos demuestra que no existe aún una manera correcta de poder controlar el fenómeno de los maremotos. Los asentamientos residenciales y públicos en el Borde Costero Chileno están bajo una constante amenaza de lo que se pueda conformar en el Océano Pacífico. Mirando hacia atrás en los últimos 50 años nos encontramos con dos grandes terremotos y posteriores maremotos. En 1960 el día domingo 22 de mayo, ocurrió lo que se llama “El Gran Terremoto de Chile”, con su epicentro en la ciudad de Valdivia donde más de 2.000 personas fallecieron y más de 2 millones quedaron damnificadas. En toda la costa el maremoto provocó más daños que el terremoto mismo, como por ejemplo uno de los casos más significativos Puerto Montt sufrió la destrucción del 80% de sus construcciones. El día 27 de febrero del año 2010 ocurrió un terremoto y posterior maremoto con su epicentro en el mar chileno, frente a la localidad de Cobquecura, a 150 kms de la ciudad de Concepción. Donde hubo un total de 525 fallecidos y un total de 2 millones de damnificados y es la peor tragedia natural vivida en Chile de 1960. Estas dos cifras se deben mayoritariamente al fuerte maremoto que afectó las costas chilenas, destruyendo varias localidades. Se puede entender de manera que si bien el número de personas fallecidas disminuyó a la cuarta parte del Terremoto de 1960, esto para nada es un gran avance 50 años después. El maremoto causó el mismo daño al ver que existe el mismo número de damnificados 50 años después. Este último daño del año 2010 las localidades costeras estuvieron ausentes de estrategias de planificación y mitigación de maremotos, teniendo ya la experiencia de lo ocurrido en el terremoto del año 1960.

El objetivo de este estudio es descubrir maneras para mitigar el poder destructivo de un futuro maremoto en el Borde Costero Chileno. Se pretende investigar sobre el tema para llegar a conclusiones que me arrojen conocimientos nuevos, preguntas nuevas, que efectivamente respondan a mi objetivo. De modo de obtener una respuesta instrumental. Este objetivo es saber cuáles son las Técnicas Claves de Mitigación de Maremotos, para una implementación en las zonas habitables del Borde Costero Chileno. Se hace un estudio que arroje técnicas aplicables en dos escalas. Una que abarque mayormente a la totalidad de la localidad costera, en base a una reestructuración y ordenamiento de los asentamientos públicos y privados, para privilegiar el espacio público en el borde. Segundo, una escala menor que este dirigida a los

asentamientos públicos comerciales, como por ejemplo, caletas y restaurantes. Esto es para abrir una posibilidad innovativa de diseño arquitectónico y estructural maremoto–resistente. De modo que crear una nueva tipología programática comercial para el Borde Costero Chileno, por efecto de los maremotos.

Para esto se investigara el fenómeno, sus propiedades, su historia como desastre natural en el mundo . Que técnicas de mitigación artificiales, naturales o fortuitas han tenido desenlaces positivos y negativos. Cuales son los criterios de edificación y emplazamiento en el borde y si existen estrategias minimas de protección. El estudio recopilara datos e información de fuentes científicas, de organizaciones marítimas que se dedican a analizar los maremotos.

Se sabe que no hay una correcta manera de mitigar los maremotos, no es algo que se implemente debidamente porque no existe. Tampoco tiene mayor importancia para los que habitan el Borde Costero, ya que es un evento que aproximadamente sucede cada cierto tiempo ( 50 años ). La magnitud de el tema es por tanto el desafío arquitectónico que existe ahora. Como será la primera aproximación hacia un correcto emplazamiento de las localidades del Borde Costero, y como será la nueva tipología arquitectónica comercial y privada maremoto – resistente.

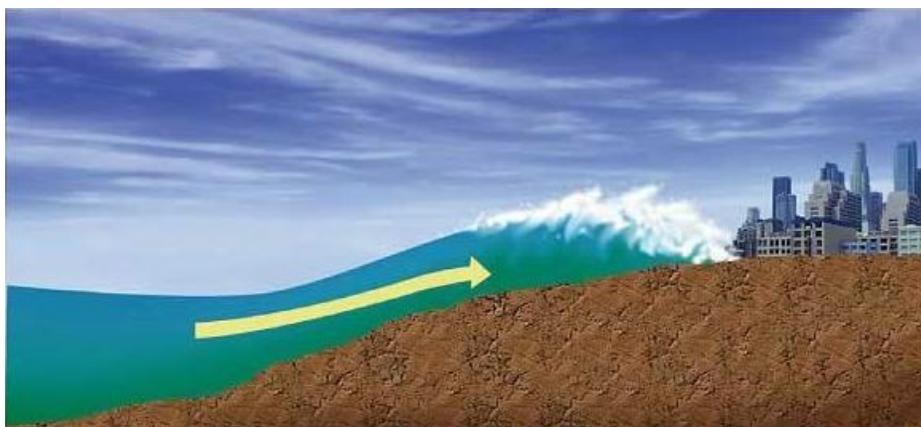
# CAPITULO I

## PROPIEDADES DEL FENÓMENO.

### 1.1 Masa Destructiva que se Desplaza.

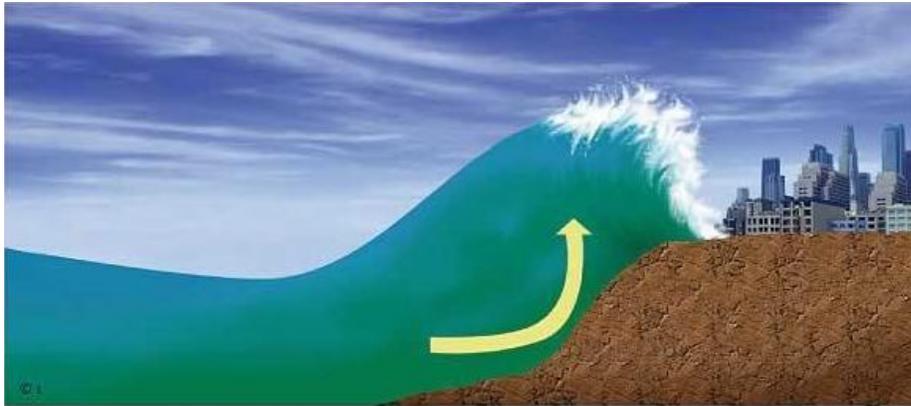
El maremoto es un evento extraordinario. Este involucra a un grupo de olas de gran energía y de tamaño variable que se producen cuando algún fenómeno extraordinario desplaza verticalmente una gran masa de agua. El 90% de estos fenómenos son provocados por terremotos, donde para ese caso el nombre técnico de este evento sería “**maremotos tectónicos**”.

Es frecuente que un maremoto tectónico viaje a grandes distancias. Este puede disminuir la altura de sus olas pero mantiene su velocidad, de modo que siendo el maremoto una masa de agua de poca altura, es capaz de arrasar con todo a su paso hacia el interior. Para que se origine un maremoto el fondo marino debe ser movido abruptamente en sentido vertical, de modo que una gran masa de agua del océano es impulsada fuera de su equilibrio normal. Cuando esta masa trata de recuperar su equilibrio genera olas. **La zona más afectada por este tipo de fenómenos es el Océano Pacífico, debido a que en él se encuentra la zona más activa del planeta.** El Océano Pacífico es el mayor océano de la tierra, ocupa la tercera parte de su superficie y tiene una influencia multifacética para Chile, ya que tiene una acción directa en el clima, en el relieve y en los recursos disponibles. Pero lamentablemente la historia nos ha mostrado que Chile está muy expuesto a la zona más activa del planeta en materia de los maremotos tectónicos. Estos tienen más posibilidades de ocurrir en especial en las costas de Chile, Perú y Japón, donde las placas se introducen de forma brusca entre ellas. Chile al ser un país muy largo y estrecho, tiene en su totalidad un enfrentamiento al Océano Pacífico. En todas sus ciudades costeras existe un peligro inminente de maremotos tectónicos y inundaciones.



Un maremoto acercándose a la costa. Un declive menos acentuado hace que las olas de un maremoto pierdan fuerza y altura.

(Fuente. <http://es.wikipedia.org/wiki/Tsunami>)



Un declive con mayor profundidad hace que las olas de un maremoto sean mas altas y potencialmente destructivas.

En un maremoto de menos de 5 m los efectos pueden ser devastadores. La ola arrastra una masa de agua mucho mayor que cualquier ola convencional , por lo que el **primer impacto del frente de la onda viene seguido del empuje del resto de la masa de agua perturbada que presiona** , haciendo que el mar se adentre mas y mas en tierra. La mayoría de los maremotos tectónicos son vistos como una poderosa “*riada*”, (*Esto es una elevación del nivel del curso de agua muy significativa*) en la cual es el mar el que inunda la tierra, y lo hace a gran velocidad.

Antes de su llegada, el mar acostumbra a retirarse varios centenares de metros, como una rápida marea baja. Hay una espera a que llegue la ola principal de 5 a 10 minutos en promedio. Debido a que la energía de los maremotos tectónicos es constante, pueden llegar a cruzar océanos y afectar a costas muy alejadas del lugar del suceso. La trayectoria de las ondas puede modificarse por las variaciones del relieve abisal, este es un fenómeno que no ocurre con las olas comunes, digamos superficiales. Los maremotos tectónicos, dado que se producen debido al desplazamiento vertical de una falla, la onda que generan es un tanto especial. Su frente de onda es recto en casi toda su extensión. Solo en los extremos se va diluyendo la energía al curvarse. La energía se concentra , pues , en un frente de onda recto , lo que hace que las zonas situadas justo en la dirección de la falla se vean relativamente poco afectadas , en contraste con las zonas que quedan barridas de lleno por la ola. El peculiar frente de onda es lo que hace que la ola no pierda energía por simple dispersión geométrica, sobre todo en su zona más central. Este fenómeno es parecido a una onda encajonada en un canal o rio. La onda, al no poder dispersarse, mantiene constante su energía.

Como ya se menciona los terremotos son la gran causa de los maremotos. Para que un terremoto origine básicamente un maremoto, el fondo marino debe ser movido abruptamente en sentido vertical, de modo que el océano es impulsado fuera de su equilibrio normal.

Cuando esta inmensa masa de agua trata de recuperar su equilibrio, se generan olas. No todos los terremotos generan maremotos, sino solo aquellos de magnitud considerable (primera condición), que ocurren bajo el lecho marino (segunda condición) y que sean capaces de deformarlo (tercera condición). Las avalanchas, erupciones volcánicas y explosiones submarinas pueden ocasionar maremotos que suelen disiparse rápidamente, sin alcanzar a provocar daños en sus márgenes continentales.

El Poder Destructor de un Maremoto es la fuerza destructiva de este en áreas costeras y depende de la combinación de los siguientes factores:

- 
- Magnitud del fenómeno que lo induce
- Influencia de la topografía submarina en la propagación del maremoto
- Distancia a la costa desde el punto donde ocurrió el fenómeno
- Configuración de la línea de costa
- Influencia de la orientación del eje de una bahía respecto al epicentro
- Presencia o ausencia de corales o rompeolas , y el estado de la marea
- Influencia de la topografía de la superficie , grado de rugosidad derivado de construcciones , arboles y otros obstáculos en tierra

### 1.1.1 Efectos en la Costa

La llegada de un maremoto a las costas se manifiesta por un cambio anómalo en el nivel del mar, donde se presenta un aumento o recogimiento previo de aguas; esta última suele dejar descubiertas grandes extensiones del fondo marino. Posteriormente se produce una sucesión rápida de ascensos y descensos del nivel de las aguas, cuya altura puede variar entre uno y cuatro metros.



Secuencia que muestra el estacionamiento del acuario de Japón, antes, durante y después del tsunami de 1983.

Un maremoto acumula gran cantidad de energía, cuando llega a la línea costera. Los efectos de un maremoto son diferentes dependiendo de la duración del periodo. Con corto periodo, la ola llega a tierra con una fuerte corriente, y con periodo largo, se produce una inundación lenta con poca corriente. También cabe decir que mientras mayor sea la altura de la ola, mayor es la energía acumulada, por lo tanto, dependiendo de **la pendiente y la morfología del terreno, mayor será la extensión de las áreas inundadas**. Al respecto se ha determinado que mientras menor es la pendiente de la ola, mayor será la altura máxima de inundación.

Las variaciones en las formas y las pendientes de la batimetría submarina cercana a la línea de costa, por ejemplo una **costa en peldaños**. Al tener una plataforma continental escalonada con bruscos cambios de pendiente, hará que la onda de la ola pierda gradualmente su **energía cinética** y por tanto potencial. Esto sucede por los choques sucesivos de la masa de agua con

el fondo marino. Las olas van disipando su energía en las paredes con los cambios bruscos de profundidad.

Por lo 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 de la ola sea transmitida en su totalidad, y esto genera que se incrementa el poder destructivo del mismo. En estas costas la **única solución para la pérdida de energía es roce**.

*“La topografía de las tierras emergidas 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 kilómetros tierras adentro.” (Fuente [www.uc.cl/geo\\_mar](http://www.uc.cl/geo_mar).)*

Los daños causados por Los maremotos o tsunamis pueden agruparse de acuerdo a los siguientes grupos:

a) Daños Producidos por el Momento del Flujo. Los daños producidos por efecto del torque o momento, se originan cuando la masa de agua del frente del tsunami seguida por una fuerte corriente, **impacta el espacio construido y su entorno**, caracterizado por obras de variadas dimensiones, arboles u otros objetos. En el impacto el tsunami demuestra su tremenda fuerza destructiva, la cual, se refuerza por la colisión de los objetos arrastrados por la corriente. 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 las estructuras debilitadas por la primera embestida**. En algunas ocasiones la magnitud del momento del flujo es tan alta, que es capaz de arrastrar tierra adentro a barcos de elevado tonelaje. Se debe señalar que los daños originados por esta causa son más severos en las bahías en forma de V, cuando son azotadas por tsunamis de períodos cortos.



*Secuencia que muestra la llegada de un tsunami a Laie Point, Oahu, Hawaii, 03/09/1957. (Fuente ITIC. Honolulu. Hawaii.)*

b) Daños Producidos por la Inundación.

Si el flujo no es de gran magnitud, la **inundación** hace que **flote todo tipo de material que no esté fuertemente ligado a su base en el terreno, como ocurre con casas de madera que no tienen sólidos cimientos**. En el caso de una gran extensión de terreno plano, la masa de agua puede encontrar un pasaje hacia el interior y, por diferencias de pendiente, el flujo de agua es acelerado en ese pasaje originando el barrido de los elementos que se presenten a su paso, como construcciones, estructuras, etc.

En estas inundaciones, normalmente personas y animales perecen ahogados; barcos y otras embarcaciones menores atracados en puertos y muelles, pueden ser arrastrados a tierra y depositados posteriormente en áreas distantes a su localización inicial una vez que el flujo ha retrocedido.

c) Daños Producidos por Socavamiento.

Los daños originados por socavamiento han sido observados en las infraestructuras portuarias. Cerca de la costa la corriente del maremoto, remueve el fango y arena del fondo del mar, **socavando a veces las fundaciones de las estructuras de muelles y puertos**. Si esto ocurre, dichas estructuras caen hacia el mar; como ha ocurrido con algunos muelles sobre pilotes. **El colapso de las estructuras puede producirse también cuando el refluo socava las fundaciones.**

### 1.1.2 Otros Tipos de Maremotos

Existen otros mecanismos generadores de maremotos menos corrientes que también pueden **por erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra, meteoritos o explosiones submarinas**. Estos fenómenos pueden producir olas gigantes, mucho más altas que las de los maremotos corrientes. Estos son conocidos como **mega-maremotos**. De todas estas causas alternativas, la más común es la de los deslizamientos de tierra producidos por erupciones volcánicas explosivas, las cuales pueden hundir islas o montañas enteras en el mar en cuestión de segundos. También existe la posibilidad de desprendimientos naturales tanto en la superficie como debajo de ella. El ejemplo típico de mega maremoto es el causado por la caída de un meteorito en el océano. De ocurrir tal cosa, se producirían ondas curvas de gran amplitud inicial, bastante superficiales, que si tendrían dispersión geométrica y disipación por turbulencia, por lo que a grandes distancias, quizás los efectos no serían tan dañinos. Una vez más los efectos estarían localizados, sobre todo, en las zonas cercanas al impacto. El efecto es exactamente el mismo que el de lanzar una piedra al estanque. Este mecanismo generador es el más raro de todos, de hecho no se tienen registros históricos de ninguna ola causada por el impacto.

### 1.1.3 Síntesis del Fenómeno

**Riesgo** - Los maremotos se encuentran entre los más terribles y complejos fenómenos físicos, son eventos naturales extremos, poco frecuentes, de rápida generación y por sobre todo de una extensa destrucción en localidades costeras.

La constante amenaza de maremotos sobre las costas de nuestro país, toma relevancia al momento de considerar los eventos históricos acontecidos (*siguiente punto del capítulo*), donde se mostrara la tendencia que existe en localizar asentamientos o residencias permanentes y obras civiles muy próximas al mar.

Hay diversas formas de **reducir el riesgo de un maremoto**. Una de ellas consiste en estimar la **vulnerabilidad de los asentamientos costeros amenazados**, para ellos se definen áreas potenciales de inundación ante un eventual maremoto.

- Comportamiento de maremotos Histórico
- Modelos teóricos – Históricos
- Simulación Numérica

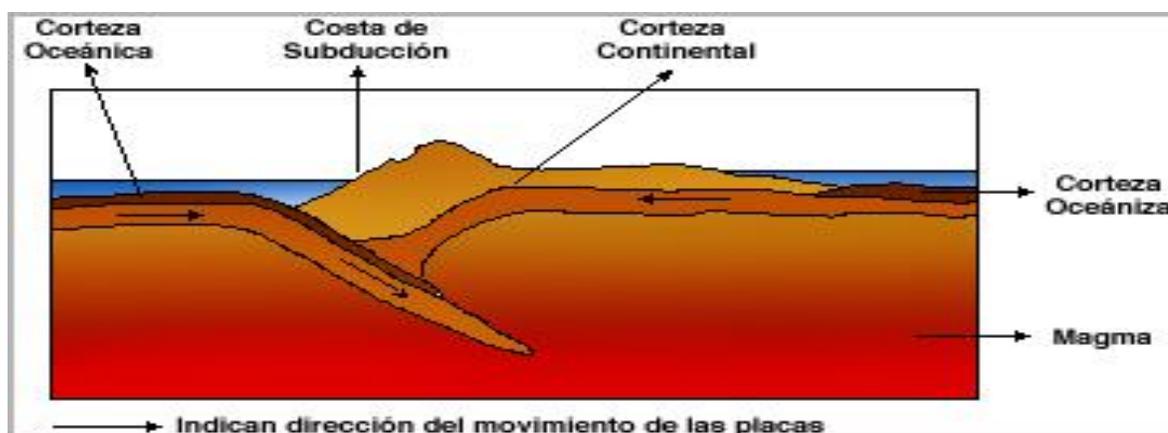
Se debe considerar que el **uso de estas técnicas es complementario**, para la combinación de métodos y fuentes de información que potencien los resultados. Por otra parte, las **áreas de**

riesgo en el borde costero representan el comportamiento de maremotos históricos, y estos estudios no consideran efectos de roce debidos a la rugosidad del terreno y a la densidad de construcciones actuales. Por tanto todo resultado obtenido son estimaciones o aproximaciones de lo que podría suceder en caso de maremotos en determinadas áreas. Para obtener datos reales se necesita hacer un estudio medido, que refleje la realidad en que se encuentra la zona de estudio. Todo elemento por decirlo "nuevo", que caiga en la categoría de terreno u obra civil, puede generar efectos positivos como negativos.

*"Un informe publicado por el PNUE sugiere que el **maremoto** del 26 de diciembre de 2004 provocó **menos daños en las zonas en que existían barreras naturales**, como los manglares, los arrecifes coralinos o la vegetación costera. Un estudio japonés sobre este tsunami en Sri Lanka estableció, con ayuda de una modelización sobre imágenes satelitales, los parámetros de resistencia costera en función de las diferentes clases de árboles"* (Fuente United Nations Environment Programme (UNEP))

## 1.2 Maremotos en la Costa de Chile

Por ser un país ribereño del Océano Pacífico, la generación de maremotos en Chile está asociada a la ocurrencia de grandes terremotos. Esto se explica por la posición geográfica de nuestro territorio, que se encuentra en una costa de subducción (fosa chileno – peruana), donde convergen las placas tectónicas de Nazca y la Placa Americana. Esta realidad geotectónica convierte a **Chile** en una **zona favorable para la generación de maremotos**. Desde 1562 existe un número aproximado de 35 maremotos de origen cercano a las costas de Chile, que han generada daños de diversas magnitudes.



(Fuente MONGE , 1993)

### 1.2.1 Referencias de algunos Maremotos Principales en las Costas de Chile

a.- El Maremoto del 13 de Agosto de 1868, se origina por un violento terremoto de magnitud 8.5 R, cuyo epicentro se localizo en el mar, a 70 kms de la ciudad de Arica. Se tiene registro de olas que presentaron elevaciones en la costa de aproximadamente 14 mts. En la ciudad de **Arica** el mar de retiro 22 minutos después del terremoto, **dejando a la vista el fondo marino y varados los buques anclados en el fondeadero**. Las primeras ondas avanzaron

sobre la costa, colapsando el muelle y las personas. Dos horas **después se presentaron una tercera y cuarta ola, las cuales atacaron la costa, siendo descritas como murallas de agua de unos 14 metros de altura. La expansión destructiva arrastro a varios buques desde su fondeadero** (lugar donde quedaron tras las dos primeras olas), y los **arrojó** dejándolos a un promedio de una milla **sobre el continente**. En aquella época había una población estimada de 10.000 habitantes, y hubo una pérdida de vidas de la catástrofe entre 300 a 350 personas, hecho que se complementa con la destrucción generalizada de la ciudad. El maremoto causo daños en todo el Océano Pacífico, particularmente en NZ, Australia, Samoa, Hawaii, California y Japon. En el caso de Chile causo estragos en casi toda la totalidad de los puertos existentes de la época.

b.- El maremoto del 1 de abril de 1946, se genera a gran distancia de las costas de Chile, y afecto en gran parte a la cuenca pacífica oriental. Su origen de debió a un Terremoto submarino a unos 148 kms al sur –este de el Archipiélago de Aleutianas (Alaska, EEUU). En Chile el Maremoto afecto a todos los puertos abiertos al Océano Pacífico. Los mareógrafos ubicados en los puertos de Antofagasta y Valparaíso, fueron las dos estaciones más distantes que se obtuvieron registros de las ondas. El tiempo de llegada al Puerto de Valparaíso fue de 18.6 horas. El maremoto llego a las costas Chilenas después de la medianoche. **Los informes marítimos registraron entradas y salidas de mar sucesivas, alcanzando niveles superiores a lo normal. Estas se sucedieron en un periodo de 5 a 16 minutos, donde el periodo normal en nuestras costas es de 6 horas.**

c.- El maremoto del 22 de mayo de 1960, corresponde a uno de los más destructivos eventos registrados en el planeta en los últimos años, donde sus efectos se sintieron en todo el Océano Pacífico. Originado por un terremoto de magnitud 8.4 R, su epicentro fue en el océano frente a la provincia de Valdivia. Sus efectos fueron devastadores, con sucesivas olas de 3 a 4 mts de altura que comenzaron en el puerto de Lebu. Luego se repitieron ondas marinas sucesivas destructivas en las costas de Valdivia, Puerto Montt, Ancud, Caleta Mansa, Corral y Puerto Saavedra.

Todos los pueblos entre los 33 44 grados de latitud sur fueron destruidos por las ondas del maremoto. La combinación del maremoto y terremoto produjo en Chile 2000 muertos; 3000 heridos; dos millones de damnificados y 550 millones de dólares en daños. El maremoto también afecto distintas localidades costeras del Océano Pacífico. Por ejemplo en Japón que esta a más de 17.000 kilómetros de distancia, murieron 200 personas y los daños estimados fueron de 50 millones de dólares.

d.- El maremoto del 27 de Febrero de 2010 fue un fuerte Maremoto impacto las costas chilenas como producto del Terremoto, destruyendo varias localidades ya devastadas por el impacto telúrico. Debido a un problema de comunicación generado por el mismo Terremoto, no se alerto a la población acerca del evento que ocurriría 35 minutos después del Terremoto. El Archipiélago de Juan Fernández, pese a no sentir el sismo, fue impactado por las marejadas que arrasaron con su único poblado. Debido a la localización submarina del epicentro, gran parte de los estragos fueron ocasionados por el maremoto sobre las localidades costeras. En Constitución se observaron olas, según testigos de 8 mts, y en localidades como Pelluhue y Curanipe, el mar ingreso más de 150 mts al interior.

El puerto de Talcahuano se vio penetrado por la masa de agua. Su casco histórico fue arrasado con olas hasta 5 mts y el nivel del mar se elevo por sobre los 2,4 mts.

Un total de 53 países fueron alertados, pero finalmente los efectos fueron menores a los esperados.

e.- El maremoto de Japón el 12 de marzo del 2011, generó una alerta de maremoto para la costa pacífica del país y otros países dentro del área que convergen dentro del Océano Pacífico, entre ellos Chile. La alerta fue emitida por Japón, donde implicaba una ola de 10 mts de altura.

En la **localidad de Dichato** (Región del Bio-Bio), que fue afectado un año antes con el maremoto producido por el terremoto de Chile de 2010, recibió un fuerte **oleaje con características de maremoto**. El fenómeno se desató con al menos un par de marejadas que ingresaron al pueblo, llegando hasta la avenida principal. Una veintena de lanchas y algunos barcos quedaron esparcidos en la tierra luego de la subida de la marea provocada por el cataclismo en Japón.

En la localidad de Corral, el mar entró aproximadamente 100 mts, aunque de manera lenta y sin fuerza. En ciudades como Coquimbo, el aumento del nivel de mareas generó olas que impactaron el borde costero, principalmente en los balnearios de Playa Peñuelas y Playa Changa. En la ciudad de Los Vilos, localidad que no sufrió daños en el Maremoto del 27F, el mar se desbordó en al menos dos puntos de la costanera.

El resto de las localidades de Chile no sufrió mayores complicaciones, aunque en varias localidades se detectó el aumento del nivel del mar.

Según un estudio del SHOA, y al revisar los últimos casos que han afectado a el Borde Costero Chileno por Maremotos, **los sectores más amenazados son los pantanos litorales y las áreas próximas. Las llanuras aluviales y las terrazas inferiores hasta aproximadamente 2 kilómetros de la desembocadura de los ríos, las llanuras costeras desprovistas de cordones litorales o dunarios de altura inferior a la ola prevista**. El puerto de San Vicente (Talcahuano), que es una zona donde se concentran las más grandes industrias de la región, al existir amplias llanuras topográficamente bajas, es uno de los sectores con más alto riesgo del Chile.

### 1.3 Evidencia Visual Empírica Histórica Post-Maremoto

1.3.1 .- Chile, Valdivia 1960, el sismo y el subsecuente Maremoto producido afectaron una región habitada por 2,5 millones de personas, causando más de 2 mil víctimas fatales y daños a la propiedad estimados entre 500 y 700 millones de dólares americanos. Casi todas las ciudades importantes del centro – sur de Chile, desde Concepción a Puerto Montt.



*Llegada de la corriente mari.*

*Rápida extensión de inund.*

*Inundación en su max.Nivel*

*Retroceso de las aguas.*

Sufrieron severos daños provocados por el sismo con intensidades superiores a VIII de la Escala Mercalli Modificada. En muchos lugares se produjo licuefacción de suelos y agrietamientos superficiales. En un lugar, un gran derrumbe bloqueó la salida natural del lago

Riñihue, elevando su nivel en 26,5 metros, poniendo en peligro a la ciudad de Valdivia ubicada a 65 kilómetros hacia el este.



Descenso del terreno posterior al maremoto de 1960. (Fuentes wikilosrios.cl)



La ciudad de Valdivia inundada por el terremoto y maremoto de 1960 (Fuente, Wikilosrios.cl)



Interior de la ciudad de Valdivia inundada

(wikilosrios.cl)

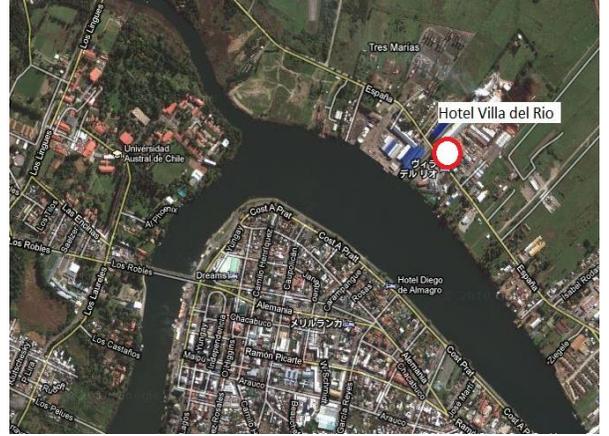


Barcos destruidos en el puerto, sobre el continente. Calle Calle (Fuente [www.memoriachilena.cl](http://www.memoriachilena.cl))



Efectos del maremoto tras la subida del río (Fuente [www.wikilosrios.cl](http://www.wikilosrios.cl))

La avenida costanera se deslizó sobre el río Calle Calle, sumergiéndose entre uno y dos metros. Producto de aquello se rompieron las redes de agua potable y alcantarillado, dejando expuesta a la población a graves riesgos de salud.



*Costanera, aproximadamente a la altura del Terminal Rodoviario, frente al HOTEL VILLA DEL RIO (wikilosrios.cl)*



*Costanera Calle Pratt, de la ciudad de Valdivia, completamente inundada. (Fuente www.memoriachilena.cl)*



*Inicio y termino de la Costanera Pratt. Al costado derecho estaría la embarcación "Arica". Unos cien metros al frente estaría el actual centro de eventos "Ainilebu". (Fuente wikilosrios.cl)*

### 1.3.2 Colombia, Tumaco (1979)

“Destrucción por lo menos de seis aldeas de pesca”. En Tumaco colapsaron muchas **viviendas**, la mayoría de ellas **fallaron** por efecto de la **licuación del suelo**.

El terremoto del 12 de diciembre de 1979 dio lugar a un maremoto que **limpió las aldeas costeras de la pesca a lo largo de la costa pacífica** del sudoeste de Colombia. Por lo menos 15 otras ciudades costeras en el área fueron osciladas por el terremoto y dañadas por las ondas.

Las ondas que medían dondequiera a partir de 2-5 metros destruyeron muchas de estas aldeas costeras. El golpe más duro de todas las aldeas costeras era la **aldea de la pesca de San Juan**, en donde las ondas sobraron totalmente la isla que destruía apenas sobre todo en su

camino. Según informes, 3 a 4 ondas fueron observadas, la primera onda que llegaba aproximadamente 10 minutos después del terremoto principal. **El agua ahuecó primero a cerca de 3 metros debajo del nivel del mar.** La primera onda llegó los minutos más adelante. La tercera onda era la más grande, y en la isla del San Juan **era aproximadamente 5 metros sobre el nivel de la marea,** que afortunadamente, estaba en su más bajo en aquella época.



*Situación en que se encontraba la aldea pesquera de San Juan (Fuente ITIC.com)*

*Así quedó la población de El Charco Las construcciones edificadas a orillas del mar prácticamente fueron destruidas en su totalidad (Fuente ITIC.com)*

### 1.3.3 San Juan del Sur, Nicaragua , (1992)

Un terremoto ocurrido en las costas del pacífico de Nicaragua, de entre 7,2 y 7,8 grados en la escala de Richter, el 1 de septiembre de 1992, provocó un maremoto que azotó gran parte de la costa del pacífico de este país, provocando más de 170 muertos y afectando a más de 40.000 personas, en al menos una veintena de comunidades, entre ellas San Juan del Sur.

El ancho de 75km de la plataforma continental en la costa del Océano Pacífico de Nicaragua, fue un elemento decisivo **para frenar el ímpetu del oleaje** producido por el maremoto. Este logro mitigar naturalmente la fuerza destructiva de la ondas.



**Construcción contrastada,** el popoyo, Nicaragua. La imagen anterior muestra dos diferentes estructuras que se mantuvieron intactas. **La estructura a la derecha, una estructura rígida, solida.** Luego está la estructura de la casa a la izquierda la cual se eleva del suelo para permitir el paso del agua por abajo. Esta se eleva sobre unos débiles pilotes, que al tener poca superficie de roce, no son derrivados. El primer caso en cambio si tiene mucha

superficie de roce, pero es tan rígida y solida que se mantiene intacta, y contrarresta la fuerza de la masa de agua.

#### 1.3.4 Hokkaido , Japón (1993)

Un maremoto imprevisto ocurrió a lo largo de la costa de Hokkaido en Japón, como consecuencia de un terremoto, el 12 de julio de 1993. Como resultado, 202 personas de la pequeña isla de Okushiri perdieron la vida, y centenares resultaron heridas. Las olas adquirieron una altura de 31 metros, pero sólo atacó a esta isla.

Este sacudió la costa occidental de Hokkaido y la pequeña isla de la costa de Okushiri en el mar de Japon, generando un gran maremoto.



Vista del daño del maremoto desde la parte este de isla Aonae , un pequeño pueblo de la isla de Okushiri.

Vista del daño del maremoto desde la parte sur de la (Fuente NOAA )

Este fue el maremoto más destructivo de Japón / Oriente dentro de un intervalo de diez años. Hubo muchas lecciones aprendidas de este evento sobre el potencial de generación de maremotos a lo largo de esta frontera tectónica muy activa.



La cercanía de la generación de fuentes de maremotos para las zonas costeras pobladas hizo hincapié en la necesidad de una mejor preparación y para la instrumentación y sistemas de mitigación para futuros maremotos. El evento de 1993 Okushiri se documentó ampliamente y estudiada por los científicos y las autoridades de Defensa Civil y se aprendió mucho acerca de cómo mitigar los efectos de los maremotos en el futuro.

### 1.3.5 Océano Indico , Indonesia (2004)

Es el maremoto mas devastador del Océano Indico, donde el numero de victimas esta mas que nada atribuido no al terremoto sino, al maremoto con aproximadamente 230.000 personas. **Las zonas mas afectadas fueron Indonesia y Tailandia** .

En Banda Aceh se formo una **pared de agua** de 20 a 30 metros de altura **penetrando en la isla 5 o 6 kms desde la costa al interior** en la isla de Sumatra. Sucesivas olas llegaron a Tailandia con olas de 15 metros que mataron a 5.388 personas . Este maremoto fue tan desastroso por la fuerte intensidad que tuvo el Terremoto (9,3), lo que tambien aplica la distancia al epicentro que fue de 9 kilometros de profundidad .

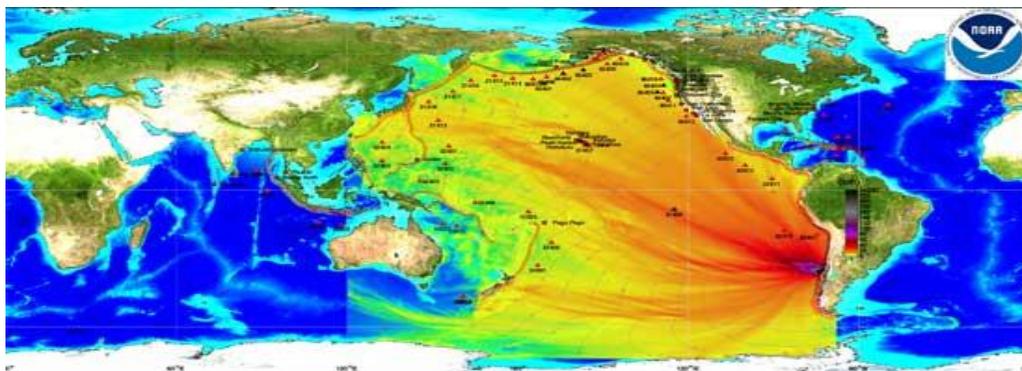


*Maremoto arrasando con Mao nang, Tailandia (Wikipedia)*

Múltiples maremotos golpearon las **regiones costeras del Océano Índico, devastando regiones enteras**, incluida la isla de Phuket, Tailandia, Aceh (Indonesia), la costa este de Sri Lanka, zonas costeras de la India en el estado de Tamil Nadu, e incluso en lugares lejanos como Somalia, a 4.100 km al oeste del epicentro. La **onda expansiva como muestra la imagen recorrió en gran parte el Océano Índico**. Las olas alcanzaron los 5 mts de altura a más de 700 km/h tardando 2 horas en llegar a las costas de la India.

### 1.3.6 Cobquecura, Chile (2010)

El epicentro se ubicó en la costa frente a la localidad de Conquecura, aproximadamente 150 kilómetros al noroeste de Concepción y a 63 kilómetros al suroeste de Cauquenes, y a 47,4 kilómetros de profundidad bajo la corteza terrestre.



*Mapa que muestra las onda de propagacion , por el sismo . Abarca todo el Océano Pacifico y la intensidad va de morado a el amarillo , con el morado como lo mas fuerte. (Fuente SHOA)*

Esta es la primera modelación realizada de la máxima amplitud del tsunami, en la que se puede observar que la **máxima altitud de la ola llegó a los 12 metros en Constitución**, población que aportó la mitad de los fallecidos y a los **10 metros en Talcahuano**, la población portuaria e industrial del área metropolitana de Concepción donde se registraron las mayores evidencias del maremoto. En **Talcahuano** existe una evidencia notoria de cómo **los botes fueron desplazados hacia el interior de la ciudad**.



*Botes de del puerto de Talcahuano que quedaron sobre la costanera , algunos que producto de la gran masa de agua fueron impulsados hacia el interior por la calle principal del centro ( Fuente SHOA)*

*La presidenta Michelle Bachelet reconoció que el maremoto causó más víctimas que el terremoto. “Al menos 541 muertos se concentraron en el Maule, cuyos lugares costeros sufrieron el tsunami”,*



*PELLUHUE, Chile. La población, a unos 322 km al sur-este de Santiago, quedó destruida casi en su totalidad por la inundación después de que la ondas de agua entraran con tal fuerza por la playa que arrasaron con todo el poblado . (Fuente maquinadecombate.com)*



En la foto que se observa arriba centrada, es una casa construida en Pelluhue y se puede observar como **resistió** a la embestida del maremoto. Siendo el único asentamiento residencial

en la zona residencial costera de Pelluhue, tiene como claro soporte su **rígida estructura** de hormigón. La solidez de los paramentos hizo que la masa de agua **no lograra derribar a la estructura y muros de la casa**. El interior y elementos secundarios quedaron destruidos, pero claramente esta casa resistió al maremoto. Queda en evidencia la posibilidad de que un **asentamiento quede en una calidad de inundado, a diferencia de destruido**.

La zona más afectada en términos económicos fue la zona del **puerto de Talcahuano**, donde tanto como los botes pesqueros, también los contenedores fueron expulsados hacia el interior de la ciudad.

### 1.3.7 MAREMOTO DE JAPON (2011)

Tras el sismo de 9.0 R , se generó una alerta con amenaza de maremoto para la costa pacífica de Japón y otros países. Esta alerta esperaba una **ola de 10 metros de altura** . El aeropuerto de Sendai fue el primer lugar en ser atacado , el cual quedó inundado, con olas que barrieron coches y edificios a medida que se adentraban en tierra.

Planicie Pronunciada en Toda la Zona Litoral Costera.

**Japón posee una topografía aproximadamente plana en comparación a Chile**, si pueden ver las variaciones de las cotas a lo largo de su territorio se puede observar que la máxima está entre los 800 y 1000 metros de altura en zonas adyacentes a los volcanes y en las **zonas donde se ubican las ciudades las cotas son menores a 100 metros**.

Ciudad Onawa , muestra el ingreso de la masa de agua. Es tal la planicie de las ciudades , el nivel al subir arrasó



Un eventual tsunami que presentó 10 metros de altura y sumándole la fuerza con la que entra al continente, obviamente, **no encontró ningún tipo de resistencia y se llevó miles de casas a su alrededor dentro de las zonas bajas**, en las zonas relativamente altas, las personas podían ver como el tsunami arrasaba con todo a su paso.

Estas fotografías muestran la ciudad de Sandai las cuales se encuentran a lo largo de la planicie costera entre las montañas Ohu y el océano Pacífico. La parte oriental de la ciudad es una zona de llanuras bajas, mientras que el centro de la ciudad es montañosa con elevaciones de 43 metros.

Por tanto claramente **las zonas costeras de planicies bajas, no pueden tener un sistema de mitigación directo, sino que el sistema debería empezar ya mar adentro**, de manera de apaciguar la onda antes de que entre en cercanía con el borde.

#### Parcelas de Barro



*Localización Japonesa de Saito , la cual fue arrasada por la masa de agua que entro con todo el barro y escombros. El barro genero que la mayoría de los escombros quedaran pegados a la tierra cuando el agua se fue retirando.*



*Cimientos de los edificios y el barro son todo lo que queda en una zona devastada por el tsunami en Sendai, al noreste de Japón (Fuente WordPress)*

El agua caminaba lentamente llena de escombros tras las olas del maremoto en la ciudad costera de Sendai, Japón. La ola del maremoto se fue mezclando con barro, barcos y coches destruyendo las casas de madera y arrastrando en los campos de arroz. De modo que la masa de agua al ir arrasando, la única manera de ir mitigando su fuerza es por roce. Si hay mayor poder de rugosidad en el trayecto de la masa, esta se va desacelerando. En este caso todo lo que se encontraba fue sacado de raíz de inmediato, ya que no tenían una fundación considerable. Por tanto cada uno de estos elementos fue una pieza clave de destrucción ya que al ir viajando con el agua, iban a la vez golpeando todo lo que encontraban y destruyéndolo.

## 1.4 Conclusión sobre estas experiencias

En el caso de **Nicaragua**, se puede decir que la **plataforma continental** de la costa del Océano Pacífico frente al lugar del suceso, fue un **elemento decisivo** para **frenar el oleaje** producido por el maremoto. Lo mismo ayudo a Costa Rica, quien tiene una plataforma continental tan solo de 25 kms de ancho, y que no recibió ningún daño.

**Las barreras naturales** según un informe publicado por el PNUE (Centro de Monitoreo de Conservación Ambiental) sugiere que por ejemplo el Maremoto ocasionado el 26 de diciembre de 2004 (Indonesia) provoco menos daños en las zonas que existían barreras naturales, como los manglares, los arrecifes, coralinos o la vegetación costera. A lo mismo, un estudio Japonés sobre este último maremoto (2011), estableció con ayuda de una modelización sobre imágenes satelitales, los **parámetros de resistencia costera** en función de los diferentes clases de **arboles**.

Volviendo a las propiedades de los Maremotos se sabe que los sectores más amenazados, son los pantanos litorales y sus áreas próximas, las llanuras aluviales y las terrazas inferiores hasta aproximadamente 2 kilómetros de la desembocadura de los ríos, las llanuras costeras desprovistas de cordones litorales o dunarios de altura inferior a la altura de la ola prevista.

¿Estos lugares serán **patrones de habitabilidad para un eminente desastre natural**? o tienen alguna solución construida para mitigar un fenómeno destructivo como es un maremoto o una inundación.

Se sabe que las amplias llanuras topográficamente inferiores a la altitud entre 3 – 5 metros, serian también los sectores de más alto riesgo. Así como se pudo apreciar en el maremoto más reciente en la ciudad de Sendai, Japón, la masa de agua no entro como una ola, sino como una masa que iba acarreando barro y escombros, de manera que iba potenciando su poder de destrucción.

Los rompientes del maremoto con materiales en suspensión como arena gruesa, palos y piedras, aumentan el poder erosivo y la densidad media del flujo turbulento. Ellas causan daños severos y siembran el pánico en poblaciones costeras que habitan en las orillas de los esteros o cerca de centros de recreo.

De modo general sin considerar los poblados ubicados al frente del epicentro las **construcciones ubicadas frente a rompientes naturales rocosas o bancos arenosos, así como aquellas construidas más allá de 30 metros de la berma con materiales y diseños apropiados, pueden estar mas preparadas en caso de un maremoto.**

## CAPÍTULO II

ASENTAMIENTOS EN EL BORDE COSTERO DE CHILE. COMO EL EMPLAZAMIENTO NO FUE CONSIDERADO EN EL PASADO, EN EL PRESENTE E INCLUSO EN LA IMPLEMENTACIÓN PROYECTADA A FUTURO.

### 2.1 Criterios de Edificación y Emplazamiento.

Al observar el primer capítulo y hacer una retrospectiva hacia el pasado para ver lo que la historia nos ha dejado atrás, podemos ver que estos fenómenos naturales se han encargado de barrer las costas chilenas en los últimos 50 años. Claramente no ha existido una conciencia de edificación maremoto-resistente .

Al observar los asentamientos en el borde costero no se concluye que estén mal contruidos ni exista una falla en cuanto al correcto uso de los materiales en pos de un posible maremoto. Se entiende que muchos de los poblados en el Borde vive gente humilde que depende su subsistencia el habitar el borde por motivos de pesca u otros. Muchos de estos poblados tienen apenas los recursos para tener los paramentos y el cielo de su vivienda, porque tendrían que pensar en medidas constructivas maremoto- resistentes. El problema es que estos asentamientos nunca deberían haber estado ahí. Hay zonas que es inviable la construcción residencial.

Para no profundizar en el tema no creo que se necesite encontrar una manera de emplazamiento para las asentamientos de los privados, porque primero que todo la solución es un reordenamiento a otra escala del poblado entero. La realidad de los poblados costeros de Chile era simple, el borde estaba habitado solo bajo algunas restricciones mínimas, pero ninguna asiendo alguna alusión frente a la protección contra los maremotos. En las zonas más planas hay que reordenar la población para retirarse siempre hacia las alturas y dejar el borde como espacio público para todos. En la ciudad de Constitución existía una tragedia anunciada, porque la gente estaba instalada de una manera que nunca debió haber estado. Es irresponsable e ilegal que la gente se instale en zonas costeras porque significa un riesgo. Hay que reubicar a esta gente la más cerca de donde habían estado y utilizar el borde costero para otros propósitos, pero no residencial. Los asentamientos costeros en la Región del Bio Bio fueron los más afectados, son 18 los más afectados partiendo por el poblado de Conquecura, Perales, Purema, Dichato, Coliumo, Caleta del Medio, Los Morros, Penco, Lirquen, Talcahuano, Tumbes, Lo Rojas, Puerto Sur, Tubul, Llico, Lebu, Quidico, Tirua e Isla mocha.

### 2.2 Estrategias Mínimas de Protección Contra Maremotos.

#### Puerto Saavedra

No existen muchas estrategias de este tipo empleadas en Chile. Pero si algunos rompeolas pudieron mitigar la entrada de la masa de agua en algunas localidades.

Un ejemplo empírico es el caso de Puerto Saavedra .La fuerza del mar barrió con el 70% del poblado que despuntaba como un pujante polo turístico.

El terremoto que azoto en 1960 casi hizo desaparecer a Puerto Saavedra, y la fuerza del movimiento sísmico fue tan fuerte que modifico su paisaje. Este sismo dejo grandes capas de sedimento depositadas frente a Puerto Saavedra. Dejo las bases de lo que hoy se ha transformado en una barrera natural para impedir que el mar se abalance del mismo modo sobre sus habitantes. Un campo dunar de casi cuatro kilómetros de largo y hasta tres metros de alto que es capaz de amortiguar el efecto de las olas, como se vio el pasado febrero del 2010. El lugar es capaz de actuar como una barrera de defensa ante el impacto. El agua en el caso del 27F alcanzo la ciudad pero con consecuencias muy menores.

Por ello se plantea en este lugar el primer parque anti-maremoto. Se fertilizara la arena y se plantaran 130 ejemplares de pino eucaliptus y aromos, arboles con la particularidad de ser resistentes y de crecimiento rápido. Los arboles van a fortalecer la duna y así evitar que vuele. Los arboles al crecer, crearan una gran barrera natural que amortiguara la fuerza del maremoto, en parte.

No existen obras reales anti- maremotos artificiales pensados para mitigar los maremotos, No hay registros de alguna otra obra que haya dejado alguna lección luego de 1960. Las soluciones artificiales como diques, muros de contención y rompeolas dejaron en claro que no sirven. Aunque en Chile no existen estas construcciones a una escala mitigadora de maremotos, en Japón si existen y no funcionaron. Tratar de resistir una ola no es alternativa. No sirve construir un muro que trate de detener la masa de agua porque este va a colapsar. Es mejor disminuir la energía de la ola por medio de fricción. Generar suficiente cantidad de rugosidad en el suelo y elementos verticales que disipen la energía del agua.

### 2.3 Mirada critica de los asentamientos en el Borde Costero Chileno.

En Chile no existe una conciencia del habitar el Borde Costero respecto a los peligros que puedan existir en torno a inundaciones y maremotos. Por lo tanto si existiera un ordenamiento a escala global del poblado para mitigar el maremoto según ciertos parámetros de disipación del agua, se podrían evitar catástrofes. Chile se encuentra en una de las zonas más expuestas a los maremotos del mundo, ya que geográficamente se encuentra frente a la zona mas activa del planeta, de movimientos sísmicos. Por lo tanto en materia de infraestructura existe una necesidad, una desafío arquitectónico – estructural para el Borde Costero Chileno. La amenaza de los maremotos siempre va a estar presente, y punto mas existe el mayor peligro es justo el Borde Costero. Por ello el Borde tiene que ser público. En las zonas más expuestas no puede ser viable la habitabilidad de los privados. Pasa en Chile que muchos de los asentamientos humanos en el Borde nacen por una necesidad económica o turística, y luego de la experiencia del maremoto de 1960, de inmediato la gente se volvió a instalar en zonas expuestas y peligrosas. Chile no esta preparado para enfrentar los maremotos, no existen técnicas mitigadoras artificiales construidas porque el maremoto es un fenómeno poco usual. La gente se olvida y se vuelve instalar en los mismo lugares donde ocurrieron las tragedias. El borde costero tiene que ser publico, porque es de todos, es una de las más grandes virtudes que posee Chile como paisaje, como también es uno de los lugares mas peligrosos para el habitar. Existen muchas partes del Borde costero con pendientes superiores a los 20 metros, donde en esos casos no existen problemas de habitabilidad respecto a peligros por maremotos. Los lugares mas expuestos son los con planicies, donde la

masa de agua se monta y barre con todo lo que se va encontrando. Lo primero que destruye forma parte ahora de la masa de agua y potencia la destrucción, le da mas fuerza. Todos los elementos de las casas del Borde Costero en sectores planos, como los paramentos, puertas, vidrios, fierro etc, son justamente elementos que viajan con la ola y van rompiendo asi mas cosas.

Finalmente esta mirada critica no recae sobre si existió o no una tipología constructiva maremoto – resistente en el Borde costero, o si las casas tuvieron en cuenta esta tecnología. Sino que la solución va por otro camino, retirar a los asentamientos de privados del borde , para generar espacio publico y zonas no habitables. Es mas fácil reconstruir parques que localidades enteras. Esto es mejor ya que la gente ante un futuro maremoto , no va a tener la incertidumbre si sus casas estarán en pie , o totalmente destruidas.

## CAPITULO III

### TÉCNICAS DE MITIGACIÓN DE MAREMOTOS EN ZONAS INUNDABLES DEL BORDE COSTERO.

#### 3.1 Mitigación Natural

La gran extensión en que actúan los maremotos descarta la protección mediante “blindaje” de la costa con estructuras o diques de protección, salvo, como máximo, en algunos puntos concretos. Pero el propio maremoto de Indonesia en 2004 puso en **evidencia que existen estructuras naturales que sirven de protección natural, como arrecifes, playas, dunas, manglares, campos coralinos e incluso arboledas.**

##### 3.1.1 Protección por corales – arrecifes.

Son dos los **factores principales** que hacen que el arrecife de coral sirva como protección:

- Induce el rompimiento de las olas al reducirse la profundidad sobre el arrecife. Esto es función de la profundidad mínima del arrecife.
- Este disipa energía de la ola debido a la rugosidad del fondo. Eso es función de, entre otros, el ancho del arrecife, de la velocidad de la corriente y de lo saludable que se encuentre.

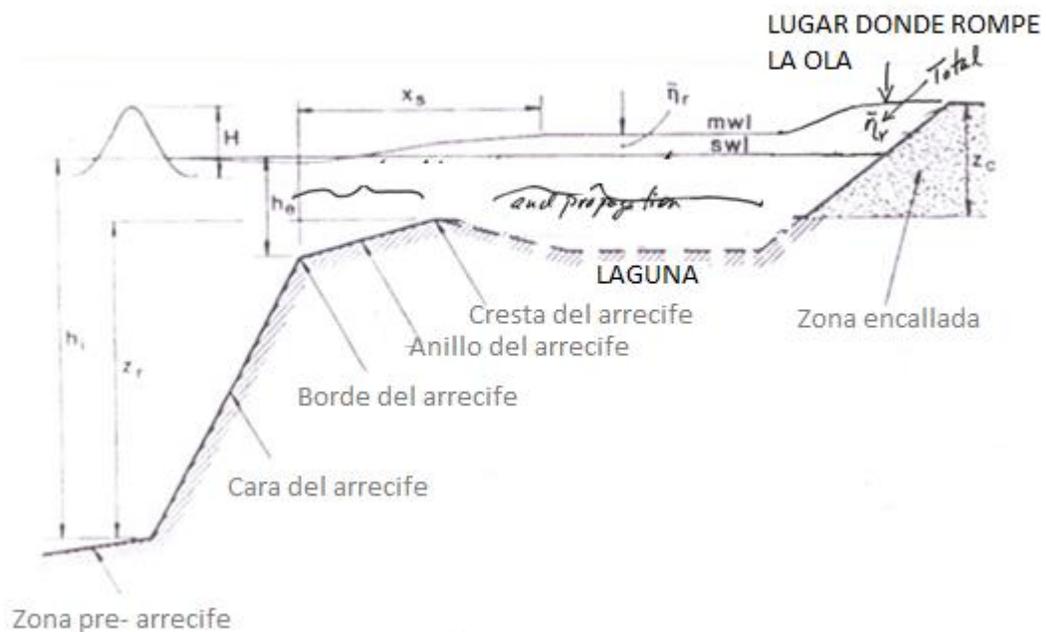
Factores que pueden Influenciar la Disipación de Energía.

- Ancho, largo del arrecife (mientras mayor el largo de onda y la amplitud del maremoto, menor el efecto protector del arrecife; aun en lugares protegidos del impacto de olas de viento, el maremoto puede hacer un gran daño.
- Estado en que se encuentra el arrecife (saludable). Tiene que mantenerse como una barrera rígida para una buena capacidad de fricción.
  - Distancia con el borde costero.
  - Profundidad de la corona. (Es la punta del arrecife)
  - Ancho de la profundidad de la laguna entre el arrecife y la costa.



(Costa de Sri Lanka , Fuente ITCC)

**En Aceh, Sumatra**, la altura de la ola (15-30) genero que los arrecifes (mangles y dunas) hicieran la diferencia. Ahora más lejos del epicentro los arrecifes permiten jugar un papel más importante. Un estudio de la UNEP en más de 50 lugares afectados por maremotos indico que la inundación fue mucho más extensa en lugares protegidos por arrecifes de coral .



Gourlay, M. R., 1996. Wave set-up on coral reefs. Coastal Engineering.

Ahora esto se debió a que el coral en si tiene que funcionar con sus propia condición de ser un **muro submarino**. Pero tiene que mantenerse como una **unidad**. En estos casos fueron canales entre los arrecifes los cuales por su estrechez aceleraron el flujo del agua. También posterior al arrecife tiene que existir una nueva depresión significativa como una "laguna" ( ver imagen superior), la cual reciba la onda del maremoto y la disipe luego en este hundimiento . Ahora en algunas zonas de Aceh, Sumatra se han proyectado **estructuras consistentes en muros verticales de hormigón, complementados con una segunda línea defensiva**, unos 200 m hacia el interior de la costa basada en la plantación masiva de cocoteros y manglares. El proyecto está fuertemente discutido, no sólo por su incidencia medioambiental, sino por el gran costo económico implicado y la de cambiar el hábitat, paisaje y modos ecológicos de las zonas costeras. Si se sabe que los muros de corales funcionaron y no afectan el paisaje porque no reforzarlos o imitarlos para generar un muro submarino que en vez de frenarlo como un muro de vertical de hormigón, valla desacelerando las ondas del maremoto.

En ejemplo la cadena de islas de Surin, en la costa occidental de Tailandia, escapo a la destrucción debida a que el anillo de arrecifes de coral que la rodeaba "recibió el impacto de las furiosas olas pero se mantuvo firme y ayudó a romper la fuerza letal del tsunami" Devinder Sharma.

### 3.1.2 Protección por Manglares.



*“Los manglares desempeñan una función clave en la protección de las costas contra la erosión eólica y el oleaje.”(Devinder Sharma).*

Según el experto Devinder Sharma, los manglares sirven de doble protección. Por una parte, *“la primera capa de manglares con sus ramas flexibles y raíces enmarañadas que cuelgan sobre las aguas costeras absorben el impacto inicial de las olas”*. Por otra, *“la segunda capa de los altos manglares funciona como un muro de contención que resiste a gran de la furia del mar”*. Ahora este tipo de arboleda no crece en nuestras costas pero ya sabiendo que funciona, de alguna manera se podrá imitar, con otros elementos, naturales o construidos.

### 3.1.3 Dunares .

Las dunas sirven como **amortiguadores naturales para la protección de viviendas**. Estas detrás de los cinturones de dunas están a salvo. Las playas al estar escarpadas generan una zona neutral previa. Por tanto, las dunas costeras poseen una innata **capacidad para atenuar la energía de olas violentas**. Por último las dunas aplanadas, que puedan tener lagunas en las crestas de las dunas facilitan el mitigamiento de la onda en su forma punta.

En el caso de Puerto Saavedra (Chile) el terremoto de 1960 dejó grandes capas de sedimento depositadas, lo que con el tiempo fue generando una barrera natural, que caducó en un campo dunar. Este campo dunar de casi 4 kms de largo y hasta 3 mts de alto, amortiguó el impacto de las olas durante el maremoto de febrero de 2010.

*“En febrero de año pasado se puso a prueba. Las olas golpearon sobre las dunas y dejaron su huella marcada en los árboles. El lugar actuó como una primera barrera de defensa ante el impacto. El agua de todos modos alcanzó la ciudad, pero con consecuencias muy menores”* Subraya el director regional de Conaf, Roberto Leslie.

### 3.1.4 Arboledas de Mitigación

A fin de utilizar los **bosques costeros como contramedidas contra los maremotos**, se hace un estudio y revisión de las arboledas. Existe una relación entre la **densidad de los bosques y el diámetro del tronco**, la cual es una información muy útil para la evaluación de la **reducción de los efectos del maremoto**. Esto se hace para reconocer el efecto de mitigación del desastre del maremoto por el bosque costero en el pasado.

Son **cuatro las funciones principales** de los árboles para reducir la catástrofe del maremoto:

a.-Estos pueden detener la deriva o elementos transportados por el maremoto.

b.-Reducen sustancialmente la energía del maremoto.

c.-Mejoran la elaboración de dunas y protección de maremotos en forma de ondas altas.

d.-Estos pueden capturar a las personas que puedan ser arrastrados por el maremoto. Sin embargo hay que recordar, que los bosques costeros pueden quedar destruidos por los maremotos y su material flotante podría llegar a causar daños secundarios.

En los últimos años, la demanda de la gestión de la costa se expande no solo para la prevención de desastres sino también para el medio ambiente y la utilización de un aumento de la conciencia ambiental y la participación ciudadana.

En el caso de Japón, las **barreras artificiales costeras como rompeolas y diques** que se han construido a lo largo de la costa japonesa y han jugado un papel importante en la protección de la zona costera como los peligros naturales de maremotos, las mareas altas y oleaje alto. **Las barreras costeras artificiales tienen algunos problemas, tales como alto costo de la construcción y mantenimiento. Por sobretodo en mi opinión generan una modificación del entorno natural y crean muchos inconvenientes en la utilización de la zona costera.** Por lo tanto, las contramedidas contra maremotos utilizando solo las barreras costeras artificiales no son recomendadas para todas las áreas costeras.

Creo que para una **gestión más adecuada de protecciones naturales, para la reducción de desastres y para mantener un buen ambiente, se requiere de un nuevo método de contramedidas correspondientes a cada una de las zonas costeras, donde se incluya la combinación de elementos naturales y artificiales y sus funciones.**

Una de las nuevas formas es utilizar un bosque de control a lo largo de la costa, que son contramedidas tradicionales por mucho tiempo. No existen lamentablemente cuantitivamente y concretamente funciones de los boques costeros para reducir un maremoto, no se han establecido y formulado, de manera que ninguna orientación para el uso del bosque de control existe, está disponible. Para poder utilizar un control de bosques costeros efectivamente como contramedida contra los maremotos, hay que evaluar el efecto hidrodinámico de control de bosques por maremoto.

Este trabajo de la “Kyoto University, Gokashou”, pretende proporcionar las funciones concretas de la catastrofe de un maremoto y su prevención en base a el bosque de control, según informes, al examinar la evaluación cuantitativa de la reducción el efecto del maremoto por simulación numérica. De modo que finalmente que sabe cuál es el efecto de la resistencia de control de los bosques por un maremoto.

La función de aumentar los daños del maremoto de bosque ribereño es conocido como cuando los maremotos al atacar los bosques costeros, estos árboles que forman bosques al ser destruidos y arrastrados por el agua, causan un daño secundario al atacar masas de material flotante.

Para utilizar el bosque de control para prevenir del desastre del maremoto, la limitación de arboles contra ataques de maremotos deben aclaradas y evaluadas.

### 3.1.5 Bosque de Control.

Parte del estudio muestra que los bosques costeros tienen muchas funciones para reducir los efectos del maremoto. Reducen la calidad del desastre como también, reducen la energía de este.

Este efecto es capaz de producirse solo con las forestales propiamente instaladas.

Las contramedidas que se utilizan plenamente para la prevención de desastres tienen como funciones útiles, son la existencia de una naturaleza costera de bosque de control como paramento inicial ante las primeras ondas.

Con el fin de ampliar o mantener los bosques costeros como un sistema de prevención de contramedidas contra el maremoto, es necesario conocer el sistema de estas funciones en el bosque costero para evaluar su efecto en la simulación o en el campo de estudio sobre la zona objetivo.

A continuación la imagen muestra básicamente las ventajas que tienen los bosques de control.



Funciones y efectos de los bosques de control para prevenir desastres de maremoto. (Fuente [www.hawaiistateassessment.info](http://www.hawaiistateassessment.info))

Al observar esta imagen puedo sacar impresiones básicas como:

a.- El bosque es capaz de detener las derivas, prevenir el aplastamiento propio por las casas y mitigar los daños a la casa al generar que el bosque de control no deje pasar elementos derivados, y queden en los arboles. En efecto como efecto del maremoto de prevención funciona en pos de reducir los daños a las casas.

b.- Los arboles resisten a los maremotos, reducen la energía del maremoto y reducen el área de inundación y la corriente. En efecto, como prevención reducen la inundación, la profundidad y la corriente.

c.- La duna que es el cimientado de los arboles, recogen el viento y se puede generar una mayor magnitud de la duna. Actúa como barrera natural y reduce la entrada del maremoto. En efecto como prevención, reduce la inundación del maremoto.

d.- Las cabezas de los arboles, pueden ser usadas por la gente para aferrarse, actúan como una barrera natural, y reduce el maremoto "inflow", muerte por ahogamiento. En efecto, como prevención es capaz de salvar vidas.

Efecto del Ancho de los Bosques para la Protección del Maremoto.

El frente del bosque tiene que estar dispuesto a una distancia de 100 metros con la costa, y la espalda es variada. Las profundidades de inundación disminuyen con la función de la anchura de los bosques. Esto significa que el aumento del ancho de los bosques puede reducir las inundaciones o daños en la parte trasera del bosque costero, que se relaciona con la profundidad de inundación. La corriente en la parte delantera se reduce, debido a la reflexión y la pérdida de energía que pasa a través del bosque. La corriente en la parte delantera se reduce por la reflexión y la pérdida de energía que pasa a través del bosque. El aumento de la anchura de los bosques pueden reducir los daños a la vivienda, esto se relaciona con la velocidad actual y la fuerza hidráulica. A partir de una simulación numérica, se podría demostrar que los efectos de la anchura de los bosques al ir aumentando pueden reducir la profundidad de la inundación del maremoto, la corriente y la fuerza hidráulica.

En conclusión, a fin de aclarar los efectos de mitigación de bosque de control para maremotos, sabemos que existen 4 funciones principales de mitigación ya mencionadas. Estas desempeñan un papel importante al utilizar la función de prevenir el desastre de manera positiva y eficaz. La única limitación son los posibles desprendimientos de los árboles y su actuar como un elemento secundario de destrucción, como trozos de madera.

### 3.2 Técnicas de Mitigación Construidas

Cuando un maremoto llega a la costa, parte de la ola del maremoto que se refleja en el mar con una enorme energía. Esta causa una enorme destrucción en la costa y hacia el interior del continente. Ahora la **Mitigación, Preparación y el Escape** son las contramedidas que se estudian para proteger la salud humana y las instalaciones de infraestructura de estos fenómenos naturales llamados maremotos. El hombre al revisar la historia ha construido

técnicas para la mitigación de maremotos en base a métodos artificiales (soluciones duras) como diques, rompeolas, muros de contención, etc.

### 3.2.1 Ola de Rompiente

Ola del mar de tal pendiente que el seno adelanta al cuerpo de la ola y se derrumba en una masa turbulenta sobre la orilla o en un arrecife. Normalmente el rompimiento ocurre cuando la profundidad del agua es menor a 1,28 veces la altura de la ola. Ahora se pueden distinguir tres tipos de olas grandes, dependiendo principalmente de la pendiente del fondo :

- a) Las olas de derrame (sobre un fondo casi plano) que forman un parche espumante en la cresta y rompen gradualmente sobre una distancia considerable.
- b) Olas zambulléndose (sobre una gran pendiente del fondo) cuyas crestas, se curvan con una tremenda masa sobresaliente y luego se rompen con gran estrepito.
- c) Oleadas (sobre pendientes del fondo muy empinadas) que no revientan sino que se “desplazan” hacia la playa. Las olas también revientan en agua profunda si se empujan demasiado alto por el viento, pero estas olas normalmente tienen crestas cortas.

Ahora al entender cómo funciona el rompimiento de las olas se puede entender la primera técnica de mitigación de solución artificial, el **rompeolas**.



*Muro de contención en Sendai, Japón (Fuente ITIC)*

Esta es una estructura en la costa muy similar a una pared, la cual se usa para proteger por ejemplo un puerto o una playa de la fuerza de las olas. En este caso actúa como una **barrera de contención**, con escalas como ruta de evacuación. Fue diseñada para proteger un pueblo costero contra la inundación por maremotos en Japón.



*Esclusa usada en Okushiri, Japón (Fuente ITIC)*

Esta esclusa se usa como protección contra las ondas de los maremotos. En esta isla de Okushiri, Japón son muy comunes estos fenómenos naturales, por su ubicación geográfica (Océano Pacífico). La compuerta comienza a cerrarse automáticamente unos segundos después que el movimiento telúrico active los sensores sísmicos.

Ahora estos métodos son seguros para prevenir la destrucción. Estas barreras en el mar pueden ser más altas para esperar un maremoto. Si se diseñaran necesitarían puertas en las desembocaduras de los ríos, así como en otros lugares, para permitir el paso de los barcos. Las puertas debieran poder cerrarse rápidamente antes que llegara el maremoto. Claro esto no sería muy práctico en un archipiélago rodeado de costas. Barreras de este tipo con puertas que se abren y cierran automáticamente están siendo construidas solo en las zonas costeras donde existe una mayor posibilidad de que suceda el maremoto.

Recientemente se propuso la construcción de un rompeolas con puertas que se cierran cuando el nivel del mar sube. Esto podría ofrecer instalaciones de menor costo y sería una posibilidad muy viable para la protección de muelles y áreas en las bahías con embocaduras estrechas.

En algunas zonas de **Sri Lanka** se han proyectado estructuras consistentes en **muros verticales de hormigón**, complementados con una segunda línea defensiva, unos 200 m hacia el interior de la costa basada en la plantación masiva de cocoteros y manglares.

El proyecto está fuertemente discutido, no sólo por su incidencia medioambiental, sino por el fabuloso **costo económico implicado y la inviabilidad de cambiar el hábitat, paisaje y modos ecológicos de las zonas costeras**, que posiblemente se verían tantos o más perjudicadas con estos cambios que con el maremoto en sí.

### 3.2.2 Muros de Contención de Japón.

Japón es uno de los países mejor preparados en la tierra en términos de alerta de maremotos. La historia les ha dejado muchas advertencias y temas de estudio. Los rompeolas de Japón, eran en base grandes murallas de hormigón cerca de los 10 metros de altura. En Sendai, tenían una altura cercana a los tres metros. Lo que esto muestra es que, al menos esa zona, que no se esperaba una ola de ese tamaño (Marzo 2011), puesto que hubieran construido diques más altos.

De varias maneras el amurallado dificultó las cosas para el maremoto, ya que de seguro fue mejor que nada, pero, por otro lado, las olas fueron capturadas y, posiblemente, las personas desarrollaron una falsa sensación de seguridad, y los responsables de emergencias pensaron que había suficiente defensa, lo cual resultó no ser el caso.

Ahora en Japón existía el dinero para construir, y durante años se hicieron obras de contención, y cuando llegó el maremoto (marzo 2011), los pedazos de hormigón, de grandes magnitudes terminaron siendo arrojados como proyectiles contra la ciudad. Por ello es mejor disminuir la energía de la ola por rugosidad en el suelo por bosques que disipen la energía del agua.

Tratar de resistir las olas no es alternativa, hay que dejarlas pasar y estar preparado para recibirlas y absorberlas. De esta manera como mencione anteriormente existen maneras

naturales de mitigar los maremotos. Tales como con arrecifes, manglares, parques dunares y arboledas.

Ahora a lo que se trata de apuntar es crear una **gestión más adecuada de protecciones naturales**, para la reducción de desastres y para mantener un buen ambiente, se requiere de un nuevo método de contramedidas correspondientes a cada una de las zonas costeras, donde se **incluya la combinación de elementos naturales y artificiales**.

Solo de esta manera se puede hacer uso de dos técnicas de mitigación, para así a la vez construir un borde publico que sea mitigador y habitable. Se puede interrelacionar las contramedidas mitigadoras tanto naturales como artificiales , de modo de no alcanzar un costo económico elevadísimo , no alterar el medioambiente con excesos de construcciones de , sino relacionar y construir ambiente publico ecológico , con parques , de modo de elevar la rugosidad y absorber la masa de agua del maremoto.

### 3.3 Parque de Mitigación

Combinación de Elementos Naturales y Artificiales de Mitigación.



*Plan de reconstrucción para la zona de Dichato, Borde Costero. (Fuente MINVU)*

Dichato es un pueblo costero ubicado en la región del Bio Bio

Su playa es muy frecuentada en verano, por sus deportes náuticos, su principal actividad económica durante el año es la pesca artesanal y la gastronomía

Como primera instancia este plan de reconstrucción designa 3 zonas protagonistas para el desarrollo adecuado del poblado.



1.- Zona de restricción. (Zona roja ZAT01) Se le da un nuevo uso a aquellos terrenos estrictamente necesarios para la construcción de infraestructura de mitigación o el desarrollo económico excluyendo el uso residencial permanente.

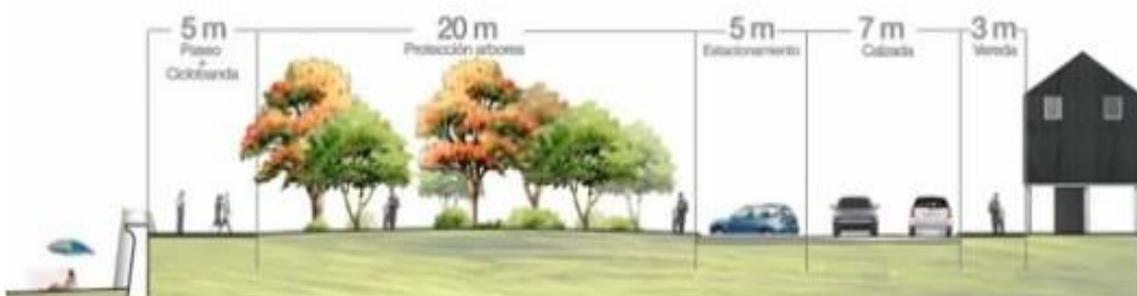
2.- Zona residencial Tsunami – resistente (Zona amarilla, foto inferior). Atrás de la zona ZAT01 se condiciona el lugar residencial donde se otorgara un subsidio de construcción solo para las viviendas que incorporen diseño tsunami resistentes.



(Fuente MINVU)

3.- Obras de mitigación de tsunami. (Imagen superior zonas verdes) Esto finalmente contempla la construcción de un muro y parque de borde costero, los cuales reducen la altura y energía de la ola generando nuevos espacios públicos para el beneficio de la comunidad.

El corte muestra claramente la nueva tipología de borde. La playa y su respectivo rompeolas posterior. El parque mitigador público, la calzada, ya la residencia maremoto-resistente.



#### 4.- Síntesis

Este plan de reconstrucción sustentable (PRES) involucra una inversión de US\$ 150 millones entre privados y fondos públicos. De ellos US\$ 10 millones son para realizar la idea central: **un parque de bosques en el borde costero de la ciudad, para paliar la amenaza de un nuevo maremoto**. Esto implica expropiaciones, pero es una necesidad que la comunidad tiene que entender. El plan es reubicar a la gente los más cerca de donde habían estado antes y utilizar el borde costero para crear un bosque que permita mitigar los efectos de un maremoto. Esto nace porque la experiencia demuestra que la **infraestructura no es capaz – rompeolas o muros – no es capaz de resistir la energía de un maremoto**.

Tratar de resistir las olas, no es una alternativa. Se aconseja **disminuir la energía de la ola por medio de fricción**. Lo ideal es generar suficiente cantidad de rugosidad en el suelo y bosques que disipen la energía de la ola.

Se entiende que en el mar es donde está la actividad económica, por ello las razones productivas y económicas hacen inviable alejar demasiado a la gente de la costa. Por eso mismo nace la zona residencial Tsunami- resistente. Es una mala estrategia tener gran cantidad de población e inversiones ubicadas en el mar sin resguardo cuando el riesgo es real.



(Fuente MINVU)

En las imágenes anteriores se puede apreciar el proyecto para la ciudad de Constitución. La primera imagen muestra a la ciudad de Constitución antes del Maremoto de 27F. La segunda imagen muestra al día después del desastre. La tercera imagen muestra el futuro proyecto de reconstrucción en base a las mismas condiciones explicadas en el poblado de Dichato.

#### 3.4 Entrevista Alejandro Aravena: “Todas las Ciudades Costeras Debieran Llenarse de Bosques”.

Alejandro Aravena , Cabeza de ELEMENTAL CHILE y del proyecto de reconstrucción del Borde Costero en Constitucion post- maremoto.

¿Por qué bosques y no un rompeolas?

“En Japón, donde había dinero para construir, se hicieron durante años obras de contención, pero cuando llegó un tsunami de cierta magnitud los pedazos de hormigón del tamaño de un container terminaron siendo arrojados como proyectiles contra la ciudad. Es mejor disminuir la energía de la ola por medio de fricción. Generar suficiente cantidad de rugosidad en el suelo y bosques que disipen la energía del agua. Tratar de resistir las olas no es una alternativa. Hay que dejarlas pasar y estar preparado para recibirlas y absorberlas”.

-¿Cuáles fueron las primeras conclusiones que aparecieron al analizar Constitución?

- “Identificamos que hay una tragedia que prueba que la ciudad no puede instalarse de la manera en que estaba antes del terremoto. Es irresponsable e ilegal que la gente se instale en las zonas costeras porque significa un riesgo. Nuestro plan es reubicar a las personas lo más cerca de donde habían estado antes y utilizar el borde costero para crear un bosque que permita mitigar los efectos de un tsunami”.

-¿Esto implicaría expropiar tierras?

-“Implica expropiar la tierra de 100 familias. Ellas estuvieron de acuerdo y la medida fue aprobada por un 96% de la población. Nosotros analizamos 10 escenarios distintos, como crear un malecón, y la única respuesta satisfactoria fue la creación de este parque. Cuesta US\$ 10 millones y resiste el impacto de un tsunami. Al mismo tiempo, el parque permite hacer frente a las inundaciones producidas cada año en la ciudad por el mal diseño de sus esteros. El tercer punto es que las ciudades tienen una inercia que no han ido al mismo ritmo del crecimiento económico. El estándar de metros cuadrados de áreas verdes por persona en Constitución es de 2,2 metros cuadrados por persona. Considerando que el estándar recomendado por la OMS es de 9, un parque con bosques viene a paliar esta deuda histórica de Chile con su gente”.

-¿En el caso de un maremoto no son pocos los que consideran que es más rentable instalar infraestructura en el borde?

-“La experiencia demuestra que la infraestructura -rompeolas o muros- no es capaz de resistir la energía de un tsunami. En Japón y Hawái se hicieron obras de contención, tratando de resistir el empuje de una ola. La magnitud fue tal que los pedazos de hormigón del tamaño de un container terminaron siendo arrojados como proyectiles contra la ciudad. Tratar de resistir las olas, ni siquiera a precios infinitos es una alternativa”.

- ¿Sera la solución trasladar a la gente?

-“Las mejores prácticas en el mundo aconsejan disminuir la energía de la ola por medio de fricción. Lo ideal es generar suficiente cantidad de rugosidad en el suelo y bosques que disipen

la energía de la ola. Ahora, la idea es alejar lo menos posible a la gente del borde costero, porque es en el mar donde está la actividad económica. Las razones productivas y económicas hacen inviable alejar demasiado a la gente de la costa”.

- Su plan de reconstrucción indica que esta mas dirigido a los maremotos, que al terremoto mismo...

-“La gran lección que hemos sacado es que Chile no está preparado para enfrentar tsunamis. En términos sísmicos es difícil suponer que el país pudiera haber respondido mejor. La norma sísmica del 69 funciona bien. El único aprendizaje es aceptar que los servicios básicos, como hospitales o escuelas estuvieran sísmicamente aislados para que queden operativos después de un terremoto.”

3.5 Que técnicas se pueden aplicar a Chile, una mirada crítica con respecto a su implementación y diseño.

Chile necesita una gestión adecuada en cuanto a protecciones naturales. Para la reducción de desastres y mantener un buen ambiente para la localidad , se requiere un método de contramedidas específico para cada uno de las zonas costeras , donde se incluya la combinación de elementos naturales y artificiales.

Todas las técnicas estudiadas son aplicables el Borde costero , y como todavía es un tema que no se aborda mucho, no se tiene conciencia , existen más técnicas de mitigación seguramente por descubrir. En Chile existen un sinnúmero de localidades costeras , donde muchas de ellas están despotenciadas por variados asuntos. El poder crear un parque mitigador crea un foco , un centro público que prolonga justamente el Borde , la zonas mas expuesta , hacia la ciudad. Las localidades costeras al tener parques de mitigación , van a ir creando una tipología constructiva en el Borde Costero Chileno , donde el espacio público sea protagonista , y no halla favoritísimo a los asentamientos habitables privados , salvo en zonas no expuestas. De manera que los parques de mitigación sean una medida para generar un foco, que ordene el espacio de la localidad , sea su espacio protagonista y funcione en pos de una reactivación económica , cultural y recreativa como también un sistema de ayuda para las catástrofes como maremotos e inundaciones.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES

1.- Como primer punto hay que aclarar que no existen lamentablemente cuantitativamente y concretamente técnicas tanto artificiales como naturales para mitigar los maremotos en un 100%. No se puede llegar a datos que arrojen un instrumento claro y específico que puedan definir técnicas de mitigación en pos de un futuro proyecto para alguna localidad en el Borde Costero Chileno.

2.- Sin embargo la evidencia empírica de los últimos maremotos en las costas Chilenas son un atisbo de datos teóricos, donde se muestra cuáles son las zonas más vulnerables. Estas zonas reflejan el porque son más vulnerables que otras zonas, dado que sufrieron más daños y esto ocurrió claramente por diferencias geográficas que potenciaron en algunos casos a una mayor destrucción. Con estos datos, más los estudios que se han hecho sobre las Técnicas de Mitigación Naturales, si se puede llegar a unas conclusiones preliminares.

3.- En Chile no existen construcciones de mitigación artificiales como en Japón pero la experiencia demuestra que, las soluciones como diques, muros de contención, y rompeolas no sirven. Estos tienen una fuerte incidencia medioambiental, por el gran costo económico implicado y por cambiar el hábitat, paisaje, y modos ecológicos de las zonas costeras. Tratar de resistir la ola no es alternativa. No sirve construir un muro que trate de detener la masa de agua porque este va a colapsar. Por lo tanto las contramedidas contra maremotos utilizando solo las barreras nos son recomendadas para todas las áreas costeras. Hay que disminuir la energía de la ola por medio de fricción. Generar suficiente cantidad de rugosidad en el suelo y elementos verticales que disipen la energía del agua.

4.- Hay que apuntar a crear una gestión más adecuada de protecciones naturales, para la reducción de desastres y para mantener un buen ambiente, hay que utilizar un nuevo método de contramedidas correspondientes a cada una de las zonas costeras, donde se incluya la combinación de elementos naturales y artificiales.

5.- Hay que construir un parque en el borde costero de la ciudad, implementando las técnicas naturales básicas de mitigación. Esto es para paliar de un nuevo maremoto. Hay que expropiar a la gente que reside en el borde, y reubicarla lo más cerca de donde habían estado antes, para crear un bosque que permita mitigar los efectos de un maremoto. Este Bosque funcionara a partir de la mezcla de las contramedidas básicas de mitigación tanto artificiales como naturales, para a la vez generar nuevos espacios públicos para el beneficio de la comunidad.

6.- La creación de Parques de Mitigación para generar una nueva dinámica de espacio público en el Borde Costero, será capaz de armar un ordenamiento programático que potencie económicamente al poblado. Esto es al confinar un espacio público protagonista que se ubica como centro articulador del poblado, y prolongador de el Borde hacia la ciudad, es un nuevo acceso.

7.- El Parque Costero de Mitigación de Maremotos, es un reordenamiento del poblado programáticamente, para potenciar el espacio protagonista, la playa. Su forma se constituye para la creación de una multiplicidad de actos para el beneficio del poblado, y a la vez es un resultado mediante la mezcla de técnicas de mitigación naturales como artificiales para absorber y disminuir un futuro maremoto.

8.- EN SINTESIS.

A) Gestión + adecuada es la mezcla de protecciones naturales y artificiales.

B) Estas contramedidas básicas de mitigación, generaran nuevos espacios públicos para el beneficio de la localidad, un nuevo acceso al borde.

C) Esto regenera una localidad en crisis. Se crea una nueva dinámica de espacios públicos y comerciales, donde se relacionan el deporte, gastronomía, turismo, cultura y paisaje.

4) PROPOSITO. **Mi tesis es una contrapropuesta al plan de reconstrucción sustentable del MINVU (PRES)**

## BIBLIOGRAFÍA

SHOA ( Servicio Oceanografico y Hidrografico de Chile )  
ITIC (International Tsunami Information Center )  
MINVU, Plan de Reconstruccion Borde Costero PRBC18  
CITSU ( Cartas de Inundacion , [www.shoa.cl](http://www.shoa.cl) )  
USGS ( Pacific Coastal and Marine Science Center )  
GOA ( Role of Sand dunes in the mitigacion of coastal hazards)  
El Maremoto del 22 de mayo de 1960 Edicion 2000 (SHOA)  
The Role of coastal forests in the mitigation of Tsunami impacts (FAO) 2007  
Tsunamis and Earthquakes - USGS Western Coastal and Marine Geology  
Vegetation bioshields for tsunami mitigation: review of effectiveness, limitations,  
construction, and sustainable management - [Norio Tanaka](#)

## PAGINAS WEB

<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2011/02/17/video-plan-de-reconstruccion-de-dichato/>  
<http://www.springerlink.com/content/j07873x54p86562/>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Tsunami#Isla\\_Santorini\\_.28-1.650.29](http://es.wikipedia.org/wiki/Tsunami#Isla_Santorini_.28-1.650.29)  
[http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/arn/recursosvivos/costasreservasrefugios/coral/presentaciones-sobre-arrecifes-de-coral/conversatorio-arrecifes-de-coral/copy\\_of\\_Aurelio%20Mercado\\_ARRECIFES%20DE%20CORAL.ppt.pdf](http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/arn/recursosvivos/costasreservasrefugios/coral/presentaciones-sobre-arrecifes-de-coral/conversatorio-arrecifes-de-coral/copy_of_Aurelio%20Mercado_ARRECIFES%20DE%20CORAL.ppt.pdf)  
[http://www.conapach.cl/home/archivos/Zonificacion\\_borde\\_costero\(Gob\\_Reg\\_Valpso\).pdf](http://www.conapach.cl/home/archivos/Zonificacion_borde_costero(Gob_Reg_Valpso).pdf)  
<http://www.bordecostero.cl/documentos/ds153zonificxiregion.pdf>  
<http://www.ecologiaverde.com/efectos-del-terremoto-y-tsunami-de-japon-2011/>  
<http://news.nationalgeographic.com/news/2010/03/photogalleries/100301-chile-earthquake-tsunami-quake-pictures/>



