



GOBIERNO DE CHILE
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA

ONEMI

ONEMI

RIESGO DE TSUNAMI

PREPARACION
PREVENCION
MITIGACION

Nivel 2
Módulo Medio

Código
265

Plan Nacional de Capacitación
Bases Para la Acción Integral en Protección Civil

RIESGO DE TSUNAMI

INTRODUCCION

Como una consecuencia de la gran actividad sísmica que afecta al territorio nacional, producto de la interacción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, alrededor de 40 tsunamis destructivos o maremotos se han producido en Chile en los últimos 450 años. El terremoto de 1960 en el sur de Chile generó un tsunami en todo el océano Pacífico que causó una amplia destrucción y muertos en Chile, Hawaii, Japón y otras áreas del Pacífico.

PROPOSITO

Proporcionar conocimientos y metodologías que permitan integrar el riesgo de tsunami al proceso de **Planificación Integral en Protección Civil**.

OBJETIVOS

- A. Identificar los conceptos básicos de los tsunamis y las causas y efectos que los originan.**
- B. Formular parámetros descriptivos y sus indicadores para realizar Microzonificación del Riesgo de Tsunami.**
- C. Analizar el evento tsunami en concordancia con el Marco Metodológico del Ciclo para el Manejo del Riesgo.**

1.- ¿QUE ES UN TSUNAMI?

El fenómeno que llamamos “tsunami” es una serie de ondas oceánicas extremadamente largas, que se desplazan a altas velocidades en el mar profundo, lugar donde el largo entre una cresta de las ondas y la siguiente puede ser de 100 kilómetros o más pero con una altura de unas pocas decenas de centímetros. Sin embargo, estas ondas al aproximarse a aguas menos profundas, cerca de la costa, disminuyen su velocidad y aumentan su amplitud, por lo cual se constituyen en un alto riesgo al arribar a las zonas costeras. Se sabe de grandes tsunamis que se han elevado hasta 30 metros sobre el nivel del mar, al mismo tiempo que eventos de entre 3 y 6 metros pueden ser muy destructivos y causar muchos muertos y heridos.

2.- CAUSAS QUE ORIGINAN LOS TSUNAMIS.

Los tsunamis, llamados también maremotos, son causados generalmente por terremotos en la zona costera, menos comúnmente por derrumbes submarinos, infrecuentemente por erupciones volcánicas submarinas y muy raramente por el impacto de un gran meteorito en el océano. Las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas. La gran erupción volcánica de Krakatoa de 1883 generó ondas gigantescas que alcanzaron alturas de 40 metros sobre el nivel del mar en sus alrededores, matando a miles de personas y destruyendo numerosas aldeas costeras.

Todas las regiones oceánicas del mundo pueden experimentar tsunamis, pero en el océano Pacífico y en sus mares marginales hay mucha mayor ocurrencia de grandes tsunamis destructores, debido a los grandes sismos que se producen a lo largo de los márgenes del océano Pacífico.

No todos los sismos fuertes generan tsunamis. Para generar un tsunami, la falla donde ocurre el sismo debe estar bajo o cerca del océano, y debe crear un movimiento vertical (de hasta varios metros) del piso oceánico sobre una extensa área (de hasta cien mil kilómetros cuadrados). Los sismos de foco superficial a lo largo de zonas de subducción son los responsables de la mayor parte de los tsunamis destructores. Forman parte del mecanismo de generación de tsunamis: la cantidad de movimiento vertical del piso oceánico, el área sobre la cual ocurre y la eficiencia con la que la energía es transferida desde la corteza terrestre al agua oceánica.

3.- PROPAGACION DE UN TSUNAMI

En el océano profundo, los tsunamis destructores pueden ser pequeños – a menudo de alturas de unas pocas decenas de centímetros o menos – y no pueden ser vistos ni apreciados por embarcaciones. Pero, a medida que el tsunami alcanza aguas costeras

menos profundas, la altura de las ondas puede aumentar rápidamente. A veces, se produce un retiro de las aguas justo antes que el tsunami ataque. Cuando esto ocurre, puede quedar expuesto mucho más terreno de playa que incluso durante la marea más baja. Este retiro importante del mar debe ser considerado como una alerta de las ondas de tsunami que vendrán.

En mar abierto un tsunami tiene una altura de algunas decenas de centímetros, pero su altura de onda crece rápidamente en aguas someras (Figura 1). La energía de las ondas de tsunami se extiende desde la superficie hasta el fondo del mar, incluso en aguas muy profundas. A medida que el tsunami impacta la línea costera, la energía de onda es comprimida en una distancia mucho menor y en una profundidad más somera, creando ondas destructoras y peligrosas para la vida.

4.- VELOCIDAD DE UN TSUNAMI

En aquellos lugares donde el océano tiene profundidades de más de 6.000 metros, las imperceptibles ondas de tsunami pueden viajar a la velocidad de un avión comercial, es decir 900 kilómetros por hora. Ellas se pueden trasladar de un lado a otro del Pacífico en menos de un día (Figura 2).

Esta gran velocidad hace que sea importante el percatarse del tsunami tan pronto se haya generado. Los científicos pueden predecir cuando llegará un tsunami mediante el conocimiento del momento de origen del sismo, la ubicación de su epicentro y la profundidad del foco del sismo. Los tsunamis viajan mucho más lento en aguas costeras someras donde su altura de onda puede aumentar drásticamente.

5.- TAMAÑO DE UN TSUNAMI

La topografía submarina mar afuera y en las zonas costeras puede determinar el tamaño e impacto de las ondas de tsunami. Los arrecifes, bahías, desembocaduras de ríos, los rasgos sumergidos y la pendiente de la playa contribuyen a modificar el tsunami a medida que avanza sobre la línea de costa.

Cuando el tsunami alcanza la costa y se desplaza tierra adentro, el nivel del agua puede elevarse muchos metros. En casos extremos, el nivel del mar se ha elevado a más de 15 metros para tsunamis de origen lejano y sobre 30 metros para tsunamis detectados cerca del epicentro del sismo.

Puede que la primera onda de tsunami no sea la más grande de las ondas que lleguen. Una comunidad costera puede que no vea ninguna actividad destructora de las ondas de tsunami, mientras que en otra vecina las ondas destructivas pueden ser grandes y violentas. La inundación se puede extender a más de 300 metros tierra adentro, cubriendo extensas zonas con agua y escombros.

6.- FRECUENCIA DE OCURRENCIA

Ya que los científicos no pueden predecir cuando ocurrirá un sismo, no pueden establecer exactamente cuando se generará un tsunami. Sin embargo, examinando tsunamis históricos, los científicos estiman donde se generarán tsunamis con mayor probabilidad. Las medidas de alturas de tsunamis pasados son útiles para predecir el impacto futuro y los límites de inundación, en comunidades y ubicaciones costeras específicas.

La investigación sobre tsunamis históricos puede ser de gran ayuda para analizar la frecuencia de ocurrencia de ellos. Durante cada uno de los 5 últimos siglos, hubo 3 a 4 tsunamis generalizados en el Pacífico, la mayor parte de los cuales se generaron en las costas chilenas.

7.- EFECTOS ADVERSOS

Un tsunami genera varias situaciones simultáneas, tales como el efecto de dragado al regresar la onda al mar, causando erosión en los cimientos de las edificaciones, desplazamiento de las estructuras, colapso de puentes y muros de contención. La fuerza de la onda de tsunami frecuentemente daña las instalaciones portuarias así como las embarcaciones. En algunas ocasiones puede causar cuantiosas pérdidas humanas en las poblaciones costeras expuestas. Los objetos pesados que son arrastrados (vehículos, embarcaciones) pueden generar daños adicionales.

El número de víctimas fatales dependerá en gran medida de la posibilidad de tener una alerta temprana; igualmente dependerá de las características topográficas de las costas y de la presencia de comunidades en las zonas expuestas al fenómeno. Influye también la hora del suceso; en número de víctimas es más alto cuando éste ocurre durante la noche.

8.- FORMAS DE DISMINUIR EL RIESGO

CENTROS DE ALERTA DE TSUNAMI

El Centro de Alerta de Tsunami del Pacífico (PTWC) en Ewa Beach, Hawaii, sirve como el Centro Internacional de Alerta para los Tsunamis que presenten un riesgo para todo el Pacífico. Es además el Centro Regional para Hawaii y el Centro Nacional de Alerta para los E.E.U.U. Este esfuerzo internacional de alerta se formalizó en 1965 cuando el PTWC asumió las responsabilidades internacionales de alerta del Sistema de Alarma de Tsunami del Pacífico (PTWS). El PTWS está conformado por 25 Estados Miembros de la comunidad internacional, incluido Chile, que están organizados como Grupo de Coordinación Internacional para el Sistema Internacional de Alarma de Tsunami del Pacífico.

El objetivo principal del PTWC es detectar, localizar y determinar los parámetros sísmicos de los sismos potencialmente tsunamigénicos que ocurran en la Cuenca del Pacífico o sus márgenes inmediatos. La información sísmica es provista por estaciones sísmicas operadas por el PTWC, los Centros Regionales/Nacionales de Alerta de Tsunami y por otras fuentes internacionales.

Si la ubicación y los parámetros sísmicos poseen los criterios conocidos para la generación de un tsunami, se emite una alarma de tsunami para alertar de un inminente riesgo de tsunami. Esta alarma incluye la predicción del tiempo de llegada del tsunami a comunidades costeras seleccionadas dentro del área geográfica definida por la máxima distancia horizontal que el tsunami pueda viajar en unas pocas horas. Una alerta de tsunami, con tiempos de llegada adicionales, es emitida para un área geográfica definida por la distancia que el tsunami puede viajar en tiempos subsecuentes.

Si un tsunami significativo es detectado por los instrumentos que monitorean el nivel del mar, la alarma de tsunami es extendida a toda la Cuenca del Pacífico. La información del nivel del mar es proporcionada por el PTWC y por las naciones participantes del PTWS.

Las alertas, alarmas y los boletines informativos son disseminados a las autoridades nacionales de emergencia y al público en general a través de una variedad de métodos de comunicación.

Chile está oficialmente representado en el sistema por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA) que está a cargo del Sistema Nacional de Alerta de Maremotos, cuya misión principal es hacer llegar a las autoridades civiles, Fuerzas Armadas y Carabineros, con asiento en puertos y caletas del litoral, toda información relacionada con la magnitud y hora estimada de llegada de un tsunami a nuestras costas. Para esto el SHOA cuenta con una extensa red de instrumentos, llamados mareógrafos (Figura 3) que detectan cualquier tsunami que arribe al litoral nacional y envían la información vía satélite a las oficinas del Sistema Nacional e Internacional.

ACTIVIDADES DE INVESTIGACION

Utilizando lo más reciente en la tecnología de computadores, los científicos son capaces de modelar la generación de un tsunami, la propagación en mar abierto y la inundación costera resultante. Avances recientes en la tecnología numérica han conducido a mejorar los modelos de propagación y de inundación (Figuras 4 y 5). Sensores de presión bajo la superficie del mar, capaces de medir tsunamis en mar abierto, están proporcionando datos importantes sobre la propagación de tsunamis en aguas profundas.

El reciente desarrollo de mejores equipos y de mejores métodos de modelación está colaborando a que los científicos comprendan el mecanismo de generación de tsunamis. Los modelos de inundación por tsunami, que definen la extensión de la inundación costera, son un aspecto integral de la planificación y análisis de riesgo de

tsunami. Utilizando escenarios de inundación de casos extremos, estos modelos son críticos para definir las zonas de evacuación y sus rutas de escape, de tal manera que las comunidades costeras puedan ser evacuadas rápidamente cuando se disemine una alarma de tsunami.

CICLO PARA EL MANEJO DEL RIESGO

El marco metodológico adecuado, que permite la comprensión de la Administración del Riesgo de Tsunami, es el mismo ya expuesto en el módulo de Riesgo Sísmico, dado que este tipo de riesgo va íntimamente asociado al riesgo sísmico en las localidades costeras.

9.- ACTITUD FRENTE A UN TSUNAMI

LOS HECHOS

- Los tsunamis que impactan sobre lugares costeros en Chile son mayormente causados por sismos. Estos sismos pueden ocurrir lejos o cerca de las costas de nuestro país.
- Algunos tsunamis pueden ser muy grandes. En las zonas costeras su altura puede ser tan grande como 10 o más metros (30 metros en casos extremos), y se pueden propagar varios cientos de metros tierra adentro.
- Todas las zonas costeras bajas pueden ser impactadas por tsunamis.
- Un tsunami consiste en una serie de ondas. A menudo la primera onda no es la más grande. El peligro de un tsunami puede durar varias horas después de la llegada de la primera onda.
- Los tsunamis se pueden desplazar más rápido de lo que puede correr una persona.
- A menudo un tsunami provoca un retiro de las aguas costeras, exponiendo el piso oceánico.
- La fuerza de algunos tsunamis es enorme. Grandes rocas que pesan varias toneladas junto con embarcaciones y otros escombros pueden ser desplazados tierra adentro cientos de metros por la actividad de las ondas de tsunami (Figura 6). Se destruyen los hogares y otras construcciones. Todo material y el agua se mueven con gran fuerza y pueden matar o herir a las personas.
- Los tsunamis pueden ocurrir en cualquier momento, de día o de noche.
- Los tsunamis pueden desplazarse aguas arriba por los ríos y riachuelos que conduzcan al mar.

10.- IDENTIFICACION PRELIMINAR DEL RIESGO DE TSUNAMI

En los estudios de riesgo de tsunami se utilizan los mismos conceptos de amenaza y vulnerabilidad utilizados en el riesgo sísmico.

ACCIONES DE MITIGACION

La mitigación del riesgo de tsunami se logrará mediante las adaptaciones apropiadas de la estructura existente que conduzcan a reducir o aminorar sus efectos, lo que se puede implementar a través de las siguientes acciones:

- a) Prohibición de construcción de edificios de viviendas y establecimientos hospitalarios y escolares en zonas de inundabilidad por tsunami.
- b) Formulación de un programa de protección y refuerzos de las construcciones existentes en zonas de inundabilidad por tsunami.
- c) Traslado de la población a zonas seguras, fuera del área de inundabilidad por tsunami.
- d) Generación de un programa gradual y con incentivos, de demolición de construcciones ubicadas en zonas de inundabilidad por tsunami.
- e) Retiro desde las áreas residenciales de aquellos focos de alto riesgo explícito (industrias químicas, bodegas de productos peligrosos, torres eléctricas, gasoductos, oleoductos, etc.) ubicados en zonas de inundabilidad por tsunami, los cuales se consideran amenazas por efectos secundarios de los tsunamis.

ACCIONES DE PREPARACION

A lo establecido en el Módulo de Riesgo Sísmico sobre la Preparación, se debe agregar que en una comunidad expuesta al riesgo de tsunami, el Plan de Protección Civil debe contemplar además los aspectos preventivos relativos específicamente a esta variable de riesgo, tales como aspectos relativos al sector pesquero.

11.- EL EVENTO DE TSUNAMI EN EL PROCESO DE MICROZONIFICACION

En el Proceso de Microzonificación de Tsunami, se utiliza la misma metodología y etapas contempladas para el caso de un evento sísmico (Metodología AIDEP), tomando en consideración que en esta variable de riesgo los criterios generales para la microzonificación son similares.

ANEXO N° 1

RECOMENDACIONES EN CASO DE TSUNAMI

- Al recibir una alarma de tsunami, debería asegurarse que toda su comunidad se entere de la misma. Las familias deberían evacuar su casa si viven en la zona de riesgo de tsunami. Es importante instruir que el desplazamiento sea en forma ordenada y calmada a la zona de evacuación o a cualquier lugar seguro fuera de su zona de riesgo, siguiendo el consejo de las autoridades locales de Protección Civil.
- Al encontrarse en la playa o cerca del océano y sentir un sismo violento como para romper murallas y cueste mantenerse en pie, hay una alta probabilidad que suceda un tsunami dentro de los próximos 20 minutos. Proceda a evacuar de inmediato hacia zonas seguras; es decir laderas o cerros de por lo menos **20 metros de altura sobre el nivel del mar**. NO ESPERE que se anuncie una alarma de tsunami. Un terremoto en una zona costera, constituye una alerta natural para la ocurrencia de un tsunami.
- Al ver que el mar se recoge, es necesario evacuar rápidamente. Algunos tsunamis se presentan primero con un recogimiento del mar, que deja secas grandes extensiones del fondo marino. Han ocurrido muchas muertes por tratar de aprovechar la oportunidad para extraer peces o moluscos. Los tsunamis llegan a la costa con velocidades superiores a la velocidad de desplazamiento de una persona y, por lo tanto, no se podrá salir a tiempo de la zona de peligro.
- Los tsunamis generados en localidades lejanas darán generalmente un tiempo suficiente para el desplazamiento a terrenos altos. Para los tsunamis de generación local, ocasión cuando puede que sienta el sismo, se dispondrá sólo de unos pocos minutos para desplazarse a zonas seguras.
- En muchas zonas costeras se ubican altos edificios de concreto armado. Los pisos superiores pueden proporcionar un lugar seguro para encontrar refugio si hay una alarma de tsunami y no haya tiempo de organizar desplazamientos tierra adentro a zonas más altas. Los hogares y edificios bajos localizados en las áreas costeras bajas, no están diseñados para soportar el impacto de un tsunami. Se debe instruir no permanecer en este tipo de estructuras si hubiera una alarma de tsunami.
- Los arrecifes y zonas someras pueden ayudar a disminuir la fuerza de las ondas de tsunami, pero las grandes y peligrosas ondas pueden aún ser un peligro para los residentes costeros de estas áreas. Mantenerse alejado de todas las zonas costeras bajas es el mejor consejo cuando hay una alarma de tsunami.
- Un tsunami pequeño en un punto de la costa, puede ser muy grande a unos pocos kilómetros de distancia. No dejemos que su modesto tamaño nos haga perder el respeto por estas perturbaciones del mar.
- Mantenga a la comunidad alejada de ríos y esteros. Es necesario tener presente que un tsunami puede penetrar varios kilómetros tierra adentro por alguna de estas corrientes de agua.
- Un tsunami puede tener 10 o más olas destructivas en un lapso de 12 horas.
- Instruya a la comunidad no volver a los lugares potencialmente amenazados, hasta que las autoridades indiquen que el peligro terminó.

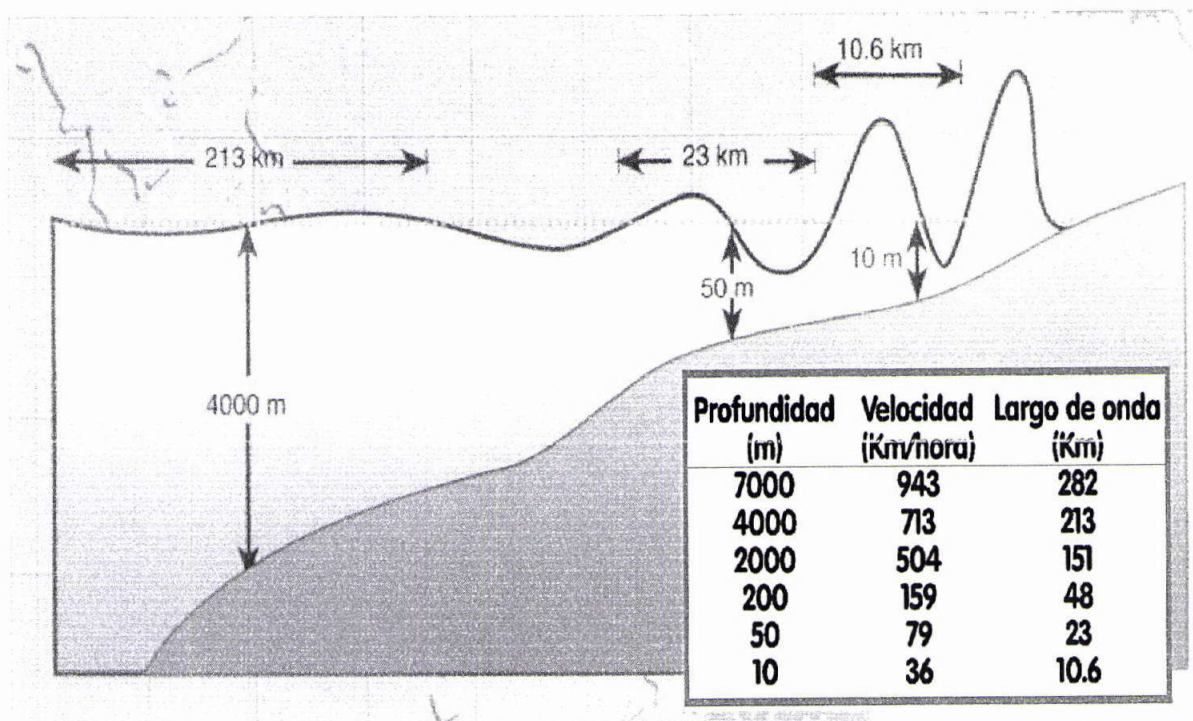


Figura 1.- Transformación de las ondas de tsunami al llegar a la costa.

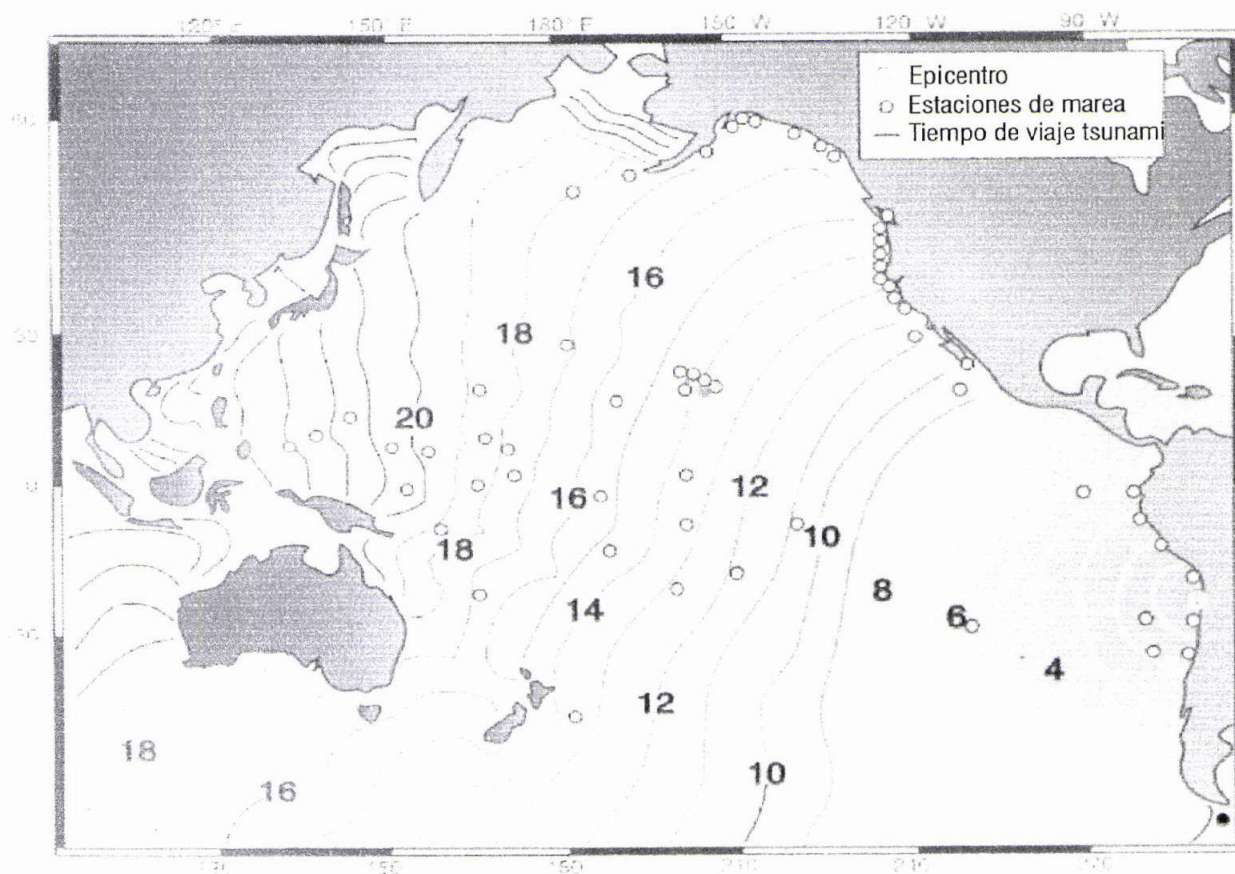


Figura 2.- Velocidad de propagación de un tsunami

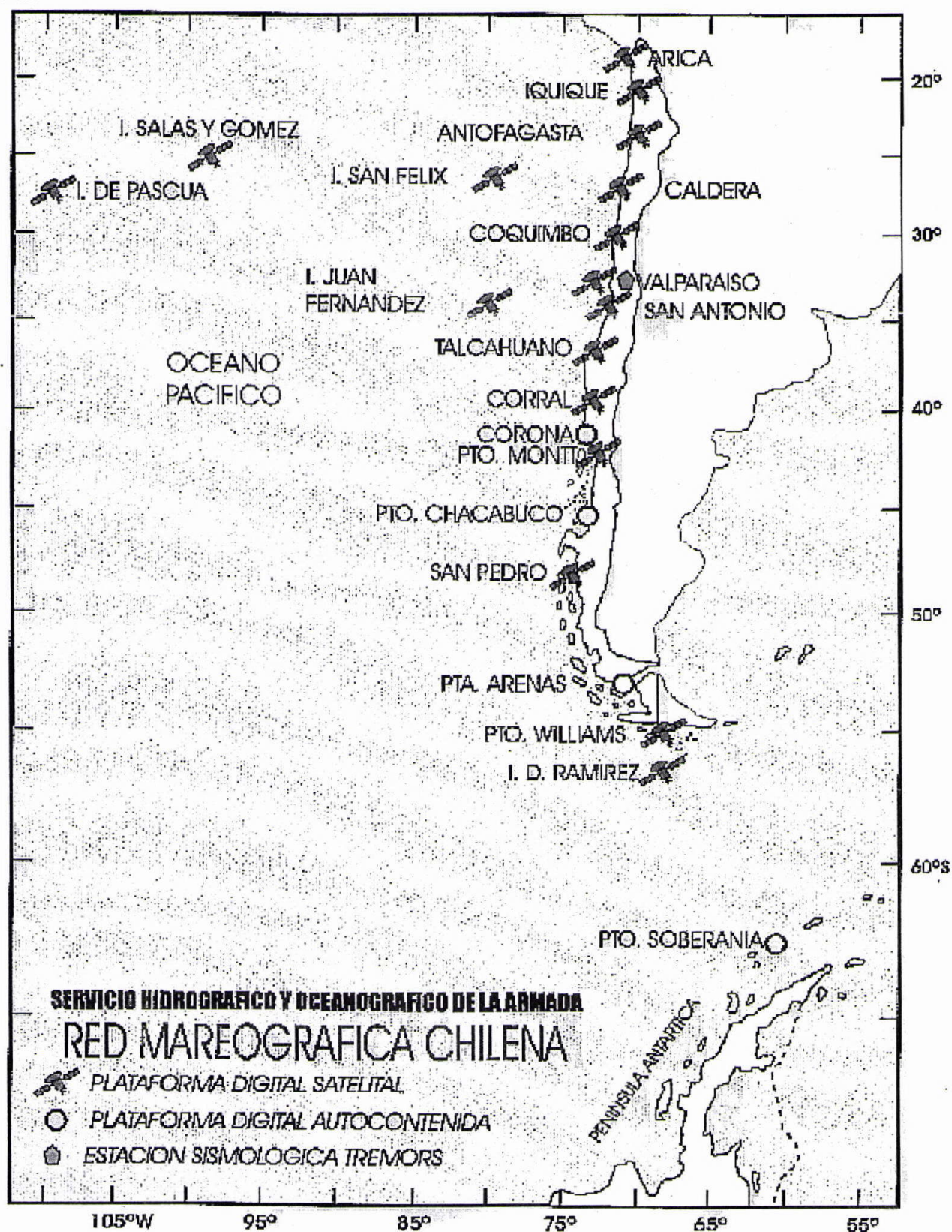


Figura 3.- Sistema Nacional de Alerta de Maremotos.

Modelo de tsunami en el Pacífico Sureste, 9 horas después de su generación

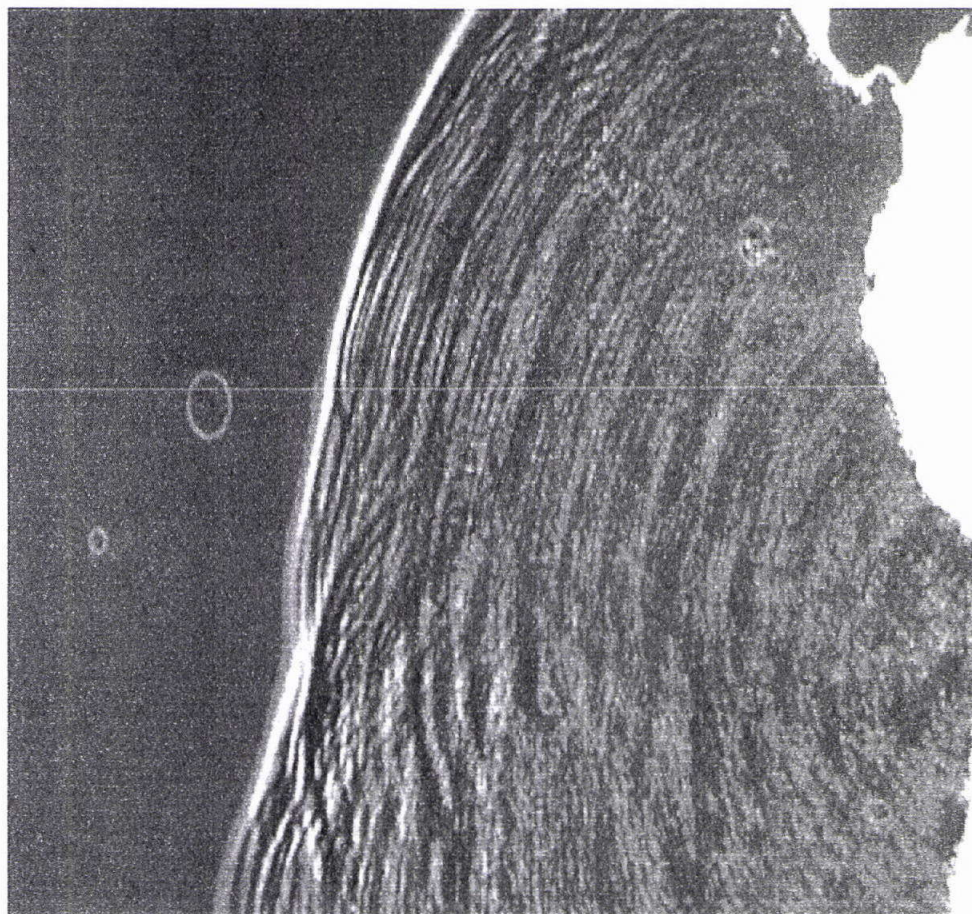


Figura 4.- Modelo de propagación del tsunami del 30 de Julio de 1995 en Antofagasta.

**30 de Julio de 1995.-
Tsunami Chileno.**

Resultados del modelo, mostrando la inundación máxima y la inundación relativa a la costa y al nivel del mar (línea blanca) en Bahía Tahanku, Hiva Hoa, en Islas Marquesas, Polinesia Francesa. Dos pequeñas embarcaciones se hundieron en la Bahía Tahanku como resultado de este evento.

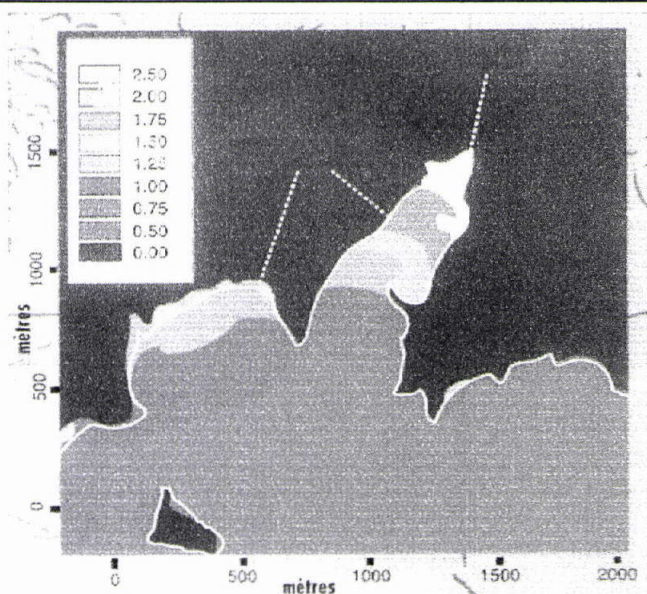


Figura 5.- Modelo de inundación por tsunami.-

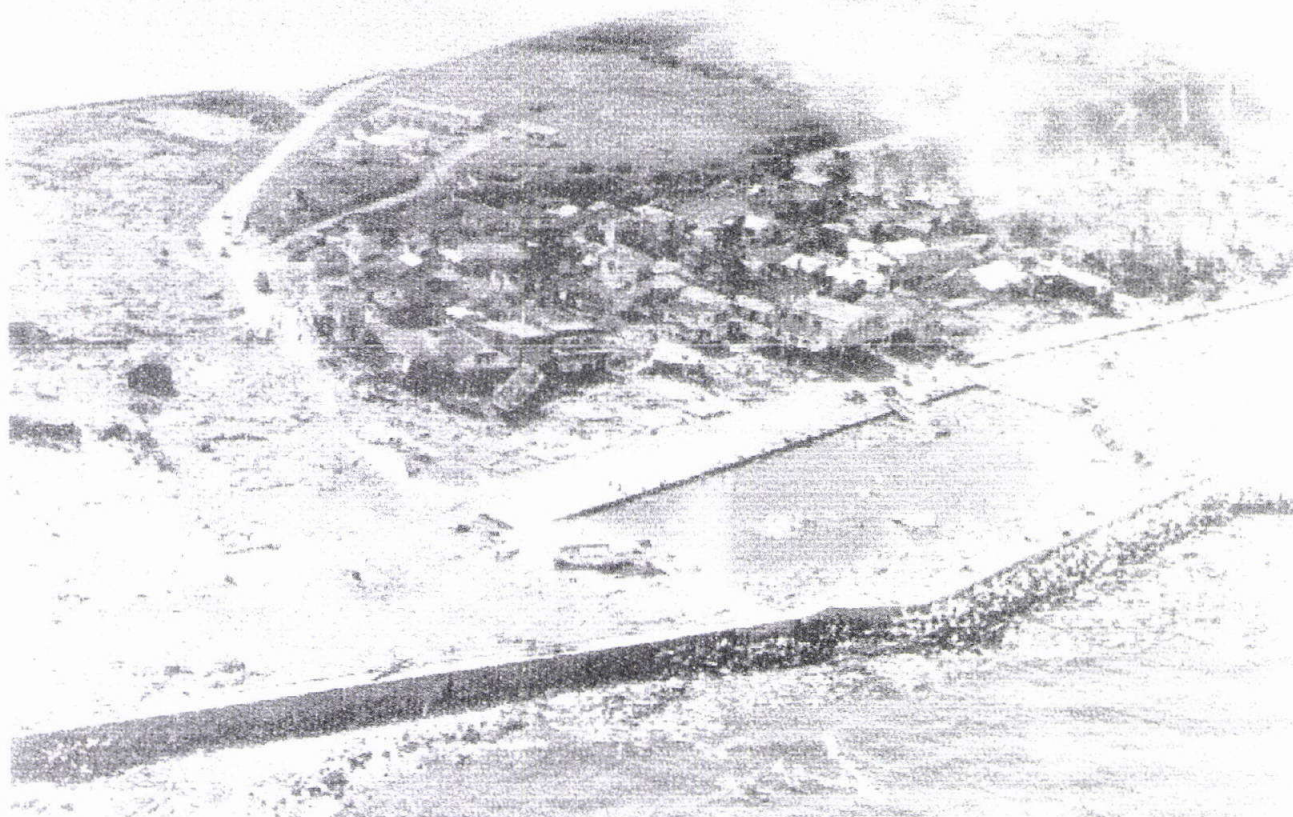


Figura 6.- Efectos del Tsunami del 12 de Julio de 1993 ocurrido en el Mar de Japón sobre la Isla de Okushiri, Hokkaido, Japón.