

# Sección VI

**Sección  
Especial**



## **EL TERREMOTO DE SUMATRA Y EL TSUNAMI DEL OCEÁNO ÍNDICO DEL 26 DE DICIEMBRE DE 2004 Y SUS ENSEÑANZAS**

Julio Kuroiwa  
Asesor Científico del INDECI  
Profesor emérito de la Universidad Nacional  
de Ingeniería - Perú  
Premio SASAKAWA

### **SINOPSIS**

Se resume las informaciones más importantes del terremoto y el tsunami de diciembre de 2004. Se incluye conocimiento relevante sobre tsunamis para que autoridades, funcionarios, comunidades y sus líderes, y el público en general, actúen eficientemente en el nivel de su competencia y propio interés, para proteger las vidas de personas que viven en zonas propensas a inundación por tsunamis.

Se define qué es un tsunami, sus mecanismos de generación y su amenaza sobre el hombre y su entorno urbano construido. Se detallan las características sismotectónicas de la región donde se generó el sismo y tsunami. Los tsunamis que ocurrieron en el pasado y la existencia de zonas de subducción en el Océano Índico, deberían haber alertado a científicos y autoridades de los países afectados que en este océano ocurren tsunamis destructivos y se necesita de un Sistema de Alerta Contra Tsunamis, como el que opera en el Océano

Pacífico. Aunque solo ello no es suficiente si no se educa a la población y realizan ensayos de evacuación.


Se propone el Programa TsunamiReady - PTR, para el Perú y los países miembros del CAPRADE. La presidencia de la Región Callao lo ha hecho suyo, y ha dispuesto que se instale la Oficina PTR, que ya está funcionando para proteger a los pobladores de la región Callao, la más expuesta al riesgo de los tsunamis en el país.

Finalmente, se concluye que son prioritarios: la educación para salvar la vida, la capacitación de profesionales, y la inclusión de medidas de mitigación en todos los proyectos de desarrollo socioeconómico. El INDECI ha dado un significativo primer paso al impulsar y firmar convenios con 6 universidades peruanas, tres de Lima y tres del interior del país, para desarrollar cursos de maestría y diplomados sobre reducción del riesgo de los desastres.

**Palabras claves:** tsunami, terremoto, efecto hidrodinámico, enseñanzas aprendidas, sistema de alerta. Programa TsunamiReady.

### **1. LOS TSUNAMIS, SUS MECANISMOS DE GENERACIÓN Y EFECTOS**

Los tsunamis son una serie de ondas marinas de gran longitud y poca altura en alta mar, que



incrementa grandemente su altura y reduce sustancialmente la distancia entre cresta y cresta, es decir su longitud de onda, conforme se acerca a la costa. La palabra japonesa tsunami -hoy globalizada- es la que mejor describe este fenómeno, pues significa “grandes olas en el puerto”. Los tsunamis han causado numerosas víctimas y severos daños materiales en los poblados pesqueros de Sanriku y otras regiones japonesas.

Aunque los tsunamis son relativamente poco frecuentes, sus efectos en áreas costeras bajas pueden ser devastadores, como ocurrió el 26 de diciembre de 2004 en Indonesia, Sri Lanka, Tailandia, Sureste de la India y otros países que tienen sus costas a orillas del Océano Índico. Hubo más de 200,000 víctimas verificadas y cerca de 100,000 desaparecidos, lo que da un total de cerca de 300,000 muertes; convirtiéndose en el tsunami que más víctimas ha causado en el tiempo histórico, y uno de los desastres naturales más mortíferos de los últimos 100 años. Las víctimas verificadas hasta fines de enero de 2005 llegan a 222,000. Nunca se llegó a saber el número exacto, pero la mayoría piensa que son alrededor de 300,000 víctimas.

Los tsunamis son generados, la mayoría de veces, impulsivamente en los fondos de océanos, por la recuperación elástica de la placa geológica que cabalga en zonas de

subducción. En el caso de la costa occidental de Sudamérica, por ejemplo, la placa Sudamericana - que al ser arrastrada por la placa de subducción (Nazca) se va deformando hacia abajo y hacia el este- va acumulando una enorme energía, que se libera súbitamente al producirse el sismo levanta bruscamente el fondo oceánico transmitiendo energía de la litosfera a la masa oceánica de agua, y se genera el tsunami. Se asume, en los estudios que se realiza para el análisis de tsunamis, que el área que se levanta tiene forma de una elipse alargada, con el eje mayor paralelo a la fosa, y se ubica en la placa que cabalga (Sudamericana) hacia el este de la fosa de Lima. Los sismos tsunamigénicos que ocurren en la zona de subducción, se ubican entre la fosa y el continente o arco de islas. En el caso del tsunami del Océano Índico, el epicentro se ubicó entre la fosa de Sonda y las islas Sumatra, Nicobar y Andaman.

En general, se considera que sismos de magnitud mayores a 7.0 Richter, y con foco superficial, hasta unos 40 km de profundidad, pueden generar tsunamis. Pero, cuando la transmisión de energía de la corteza terrestre desde el fondo oceánico a la masa de agua es muy eficiente u ocurren deslizamientos submarinos, (sismos de magnitud menor que 7.0), se pueden producir tsunamis muy destructivos que se denominan sismostsunamis.

Otras veces, sismos con epicentro en aguas pocas profundas o en tierra cerca de la orilla del mar - al ocasionar grandes deslizamientos submarinos o en el continente, pero que se deslizan hacia el mar- pueden generar tsunamis destructivos.

El profesor Costas Synolakis de la Universidad del Sur de California - USC de Los Angeles, CA, ha señalado que el derrumbe de los profundos cañones submarinos que existen frente a las costas de California puede provocar tsunamis destructivos de origen cercano, con poco tiempo disponible para evacuar a la población de las zonas de inundación.

El gran temor que tiene la humanidad es la posibilidad de la caída de un asteroide en algunos de los océanos del mundo. Esto puede provocar olas altas de 50 m o más, y devastar amplias zonas costeras del océano donde impacte el asteroide. Hay cada vez más investigaciones al respecto. Por ejemplo, la NASA estableció en 1998 el Programa Objetos Cercanos a la Tierra (NEO, Near-Earth Object, por sus siglas en inglés) con el objetivo de detectar, seguir su trayectoria y determinar las características de asteroides y cometas que podrían colisionar con la Tierra. En la actualidad se estima que la probabilidad de que un asteroide impacte con la Tierra en los



Otras causas de tsunamis son las grandes erupciones volcánicas como las de la isla de Cacatúa, en Indonesia, que se autodestruyó en 1883, generando un gran tsunami que se esparció por todos los océanos del mundo y fue también registrado instrumentalmente en lugares tan lejanos como Inglaterra.

próximos 100 años es de 1/5000, estadística que antes era de 1/1,500. Se puede ampliar el conocimiento sobre el tema en la página web de la NASA: NEO Program. Es también interesante leer: Tsunami from Asteroid/ Comet Impacts de Michael Paine



<http://wwwl.tpgi.com.au/users/tps-seti/spacegd7.html>

Los tsunamis han causado repetidas muertes y daños en la región de Sanriku, en la isla de Honshu, Japón, por la gran altura de las olas que pueden sobrepasar los 30 m de altura. Esto se debe a la gran profundidad oceánica que hay cerca de la costa, por lo que no se produce reducción de energía por fricción del agua en el fondo oceánico; la zona de subducción se ubica no lejos de la costa, y la batimetría - forma del fondo oceánico- concentra la energía hidrodinámica del tsunami en los vértices de las bahías en forma de V, U o W. Esta región ha sido atacada por tsunamis de origen cercano en 1897 causando unas 30,000 víctimas, y nuevamente en 1933, cuando perecieron 3,000 personas.

Pescadores que estaban realizando sus faenas en alta mar, no se percataron que el tsunami había pasado, debido a la poca altura de ola en aguas profundas, pero cuando llegaron a sus villas encontraron que estaban destruidas. Estas fueron las circunstancias, que originaron la palabra tsunami, cuyo significado literal ya fue explicado.

Las islas Hawaianas, ubicadas en casi el centro del Océano Pacífico, reciben tsunamis que se generan en el Círculo Circumpacífico y los recepciona en los 360° de costas.

En Sudamérica es notorio lo ocurrido el 28 de octubre de 1746, cuando un sismo de M 8.4 Richter destruyó Lima, y en el Callao el tsunami correspondiente causó la muerte de los 5,000 habitantes que tenía en ese entonces, excepto 200 personas que lograron salvarse flotando sobre troncos en lo que es hoy Agua Dulce, o fueron varadas en la isla San Lorenzo.

Tumaco, Colombia, ha sufrido los efectos de sendos tsunamis en 1908 y 1979. En el siglo XVIII, un tsunami que se generó en el Atlántico causó daños en las costas venezolanas.

## 2. LOS EVENTOS GEOLÓGICOS QUE GENERARON EL TSUNAMI DEL OCEANO ÍNDICO

Según el Servicio de Geología de los EUA (USGS, por sus siglas en inglés), el sismo ocurrió el 26 de diciembre de 2004 a las 00:58:53 Tiempo Universal Coordinado (UTC, por sus siglas en inglés), 07:58:53 a.m., tiempo local en el epicentro. Las coordenadas del epicentro fueron: 3,267° N; 95,821 E, en el fondo del Océano Índico, a unos 255 km al SSE del extremo NW de la isla Sumatra, Indonesia. La profundidad focal calculada con datos de varios registros sísmicos se estima en unos 30 km.

Los eventos geológicos que generaron el terremoto de Sumatra y el tsunami del Océano Índico ocurrieron en la litosfera, debajo del

fondo del océano, ubicado al oeste del extremo norte de la isla Sumatra, Indonesia, en la zona de interfase entre las placas Hindú y Birmana. En dicha región, la placa Birmana se caracteriza por sufrir importantes esfuerzos y deformaciones, por la convergencia oblicua de las placas Hindú y Australiana hacia el oeste, y las placas Sonda y Euroasiática hacia el este. En el sector oceánico, al oeste de la costa del norte de Sumatra, la placa Hindú se está moviendo hacia el noreste, a razón de unos 5 cm/año con respecto a la placa Birmana.

La ubicación de los epicentros de importantes movimientos postsísmicos muestran que el deslizamiento ocurrió a lo largo de la falla en unos 1,000 km de longitud, desde el norte de Sumatra (3° N) hasta la isla Andaman (13° N). La gran longitud de la falla explica la gran magnitud del terremoto.

Como ejemplo de la alta actividad tectónica de esa región, se tiene la explosión del volcán Tambora ubicado en la isla Sumbawa, Indonesia. El proceso de autodestrucción se inició el 5 de abril de 1815. Las grandes detonaciones fueron escuchadas a más de 1,000 km de distancia. La violencia de las explosiones hizo volar el tercio superior de los 3,365 m de altura que tenía, quedando reducido a solo 2,245 m. El Tambora emitió aproximadamente 150 km<sup>2</sup> de material, el mayor volumen registrado en el tiempo histórico.

Las cenizas que se esparcieron en la estratosfera alrededor de todo el globo terráqueo, provocaron un invierno severamente frígido en el hemisferio norte, como sería el “invierno nuclear” que pronostican los científicos, produciría una guerra nuclear. Lugares distantes como Ginebra, Suiza, y New Heaven en Connecticut, EUA, experimentaron en 1815 el verano más frío de su historia, cuyo record se mantiene hasta la actualidad. La agricultura en Europa y EUA mermó su producción, por el cambio climático generado por la reflexión, hacia el espacio exterior de la energía solar, en las partículas de ceniza.

En la misma región está la pequeña isla de Krakatoa o Cacatúa, conformada por los restos de un estrato de volcán andesítico prehistórico, cuya caldera tenía 6 km, situado en el estrecho de Sonda que separa las islas de Java y Sumatra. El 26 y 27 de agosto de 1883 ocurrieron una serie de explosiones. La última, la más violenta, hizo volar en pedazos toda la isla, que tenía unos 800 m de altura.

Se presume que al emitir un gran volumen de material, provocó el colapso bajo el piso de la caldera, en el fondo del mar, originando grandes tsunamis. En Morak, en el extremo N-W de Java, el tsunami alcanzó unos 40 m de altura. En las zonas costeras bajas de Java y Sumatra perecieron unas 36,000 personas. El

tsunami, aunque no tuvo carácter destructivo en regiones no directamente impactadas y a grandes distancias de su origen, repercutió en todos los océanos del mundo, y fue registrado en mareógrafos instalados en el Reino Unido.

La magnitud Mw del último terremoto corregida fue de 9,0, siendo uno de los sismos que mayor energía liberó en los últimos 100 años, tal como se muestra:

- Terremoto de Chile, 1960, Mw = 9,5
- Terremoto de Alaska, 1964, Mw = 9,2
- Terremoto de Alaska, 1957, Mw = 9,1
- Terremoto de Kamchatka, 1952, Mw = 9,0
- Terremoto de Sumatra, 2004, Mw = 9,0

### 3. EFECTOS HIDRODINÁMICOS DE LOS TSUNAMIS

Usualmente, las grandes olas generadas por tsunamis tienen efectos más destructivos en su fase recesiva, y ofrecen mayor riesgo para la vida; es decir, cuando la gran masa de agua que se interna tierra adentro regresa al océano, con la pendiente favorable, cuesta abajo. Las fuerzas hidrodinámicas y erosivas derriban edificaciones y debilitan su cimentación, que ocurrió al sur de Camaná durante el terremoto de Arequipa del 23 de junio de 2001.

En el caso del tsunami del Océano Índico,  
- debido a la existencia de abundantes

construcciones de madera que fueron destruidas por el impacto de las primeras olas que entraron-, los escombros fueron arrastrados tierra adentro, conformando montañas de troncos que, en muchos casos, arrollaron a las víctimas; lo que explicaría en parte el gran número de personas desaparecidas.

El estudio de informes de ingeniería, hasta ahora parciales, y el análisis de numerosas imágenes satelitales y fotográficas disponibles en Internet, permiten llegar a las siguientes conclusiones preliminares, que pueden ser contrastadas cuando se tengan informes más completos de las numerosas instituciones que están investigando los efectos del terremoto y tsunami.

- Los efectos dinámicos del terremoto fueron devastadores sobre los edificios al norte de la isla Sumatra, particularmente en el estado Aceh, tierra firme más cercana al epicentro del sismo.
- La fuerza erosiva del tsunami, unido a hundimientos y levantamientos geológicos, ha cambiado la geografía de las islas cercanas al epicentro, alterando de manera profunda el contorno de las islas.
- Como en el caso del tsunami ocurrido en el Mar de Japón en 1983, y el que afectó la isla Okushiri durante el terremoto y tsunami de 1992, las edificaciones de concreto

armado suficientemente robustas y que permiten el paso de las olas por la parte inferior, no sufrieron daños.

Determinar los efectos del tsunami es un tema que debe ser estudiado con detenimiento, para no desperdiciar la abundante información técnica que existe en los 10 países ubicados a la vera del Océano Índico, afectados en diverso grado. Allí existen diversos tipos de construcciones y el tsunami tuvo diferente altura cuando impactó sus costas. El profesor Carlo Ratti, del Instituto Tecnológico de Massachussets - MIT, estuvo invitado a un matrimonio en Sri Lanka cuando el tsunami invadió dicha isla, en diciembre de 2004. De regreso a los EUA, conjuntamente con sus colegas de MIT, de la Universidad de Harvard y una empresa británica de ingeniería, desarrollaron el programa “viviendas (más) seguras contra tsunamis”. Se planea construir 1,000 de estas viviendas en Sri Lanka. Al cierre de la presente edición, la comunicación electrónica con su página web había colapsado. Le deseo suerte al acceder a:

<http://tsunamihelp.blogspot.com/>

#### 4. ENSEÑANZAS DEL TSUNAMI DEL OCÉANO ÍNDICO

Son varias las enseñanzas que nos ha dejado el trágico tsunami del Océano Índico. Se focalizan en 3 aspectos, que se consideran de interés para los objetivos de este trabajo:

- Claro conocimiento científico de la posibilidad de ocurrencia de tsunamis en el Océano Índico, pero no se hizo nada para proteger a la población.
- La importancia del conocimiento básico sobre los desastres naturales para salvar la vida, y
- La respuesta de la comunidad internacional para brindar asistencia técnica y económica a los países afectados, en particular a Indonesia y Bangladesh.



#### 4.1 Tsunamis que han ocurrido en el Océano Índico

La posibilidad de ocurrencia de tsunamis en el Océano Índico es científicamente conocido. La zona de subducción, donde ocurre el tipo de interacción de placas geológicas, es donde se generan más del 80% de los tsunamis que afectan los océanos del mundo.

Debido a la relativa poca frecuencia de este fenómeno, no se tomaron medidas de protección para la población. Se recuerda que el tsunami



generado por la explosión del volcán Cacatúa, ubicado en el estrecho de Sonda en Indonesia, es el mayor evento que había afectado el Océano Índico en los últimos dos siglos.

En el Océano Índico existen 3 ubicaciones donde pueden ocurrir sismos tsunamigénicos: (1) En el mar de Andaman. (2) Una zona ubicada a 400 - 500 km al SSW de Sri Lanka (antes Ceilán) y (3) En el mar de Arabia, a unos 70 - 100 km al sur de la costa de Pakistán, frente a Karachi y Baluchistan.

#### 4.2 La importancia del Conocimiento Básico sobre Tsunamis

Los trágicos sucesos del tsunami del Océano Índico de diciembre de 2004 fueron captados y transmitidos por varias cadenas de TV, causando gran impacto en la comunidad internacional.

En las paradisíacas playas tailandesas, donde usualmente el mar es calmo, el cielo azul, el sol radiante y están pobladas de palmeras, los hoteles en Phuket, isla Phi Phi y en otras playas igualmente atractivas, estaban repletos de turistas, la mayoría de Europa del Norte. Era la temporada alta Navidad/Año Nuevo, 2004-2005.

Súbitamente, en el horizonte se observaron claramente grandes olas, con ruido cada vez más ensordecedor, que rápidamente se acercaban a la playa. Los turistas no se alarmaron ante señales tan claras que un

tsunami los atacaría instantes después. Comenzaron a fotografiar y filmar el inusual acontecimiento. Los niños jugaban distraídamente en la playa o alrededor de las piscinas sin mayor preocupación. Cuando se dieron cuenta que las olas de gran altura en las playas los podrían atrapar, comenzaron a correr tierra adentro, pero ya era muy tarde, la mayoría de ellos perecieron. En total, más de 3,000 turistas perdieron sus vidas en Tailandia. Diversas escenas fueron captadas por otros turistas, desde balcones de pisos altos de hoteles de concreto reforzado, que resistieron el tsunami, y dejaron su testimonio de horror y muerte.

En Sri Lanka, una persona tan pronto vio en el horizonte escenas similares a las relatadas, corrió tierra adentro y se salvó. Recuerda que diez años antes había leído en un panfleto informes básicos sobre tsunamis, que le salvó la vida.

Estos ejemplos dramáticos indican de manera clara la importancia de tener conocimiento básico sobre fenómenos naturales intensos, violentos, capaces de causar la muerte. Pero no solamente los que ocurren en el lugar de residencia habitual, sino en otros lugares, en los que por razones de trabajo, descanso u otras razones se vive por un tiempo. Los desastres naturales también se han globalizado.

La enseñanza práctica más importante que deja esta catástrofe, es que la educación es la herramienta más eficaz para proteger la vida y salud de las personas. El aprendizaje debe empezar a la edad más temprana posible. El objetivo ideal es que todos los docentes de primaria y secundaria tengan conocimiento básico sobre desastres, pero a un nivel tal, que les permita interpretar la geografía del lugar, enriquecerse de la tradición local y producir material didáctico propio. Lograr este objetivo requiere de un plan estratégico que incluya cursos de maestría, donde se forman profesores universitarios de facultades de educación de las universidades y de institutos pedagógicos superiores, los que a su vez forman a los docentes de primaria y secundaria.

#### 4.3 Respuesta de la Comunidad Internacional

Las dramáticas escenas de muerte y destrucción causadas por el tsunami del Océano Índico - transmitidas por la TV, muchas en vivo y en directo- y el muy elevado número de víctimas, conmovieron a la opinión pública mundial. La respuesta no se hizo esperar, Australia, Japón, la Comunidad Europea y los EUA ofrecieron, cada uno de ellos, cientos de millones de dólares de ayuda para la rehabilitación y reconstrucción. La Federación de la Cruz Roja Internacional y las Sociedades de Luna Roja Creciente y el Programa Mundial de Alimentos de la ONU, entre otros, llevaron ayuda humanitaria, proporcionaron alimentos

y otros tipos de ayuda. Esta vez no hubo pérdidas de vidas por hambruna ni carencia de alimentos, como ocurrió en 1883 cuando la ceniza de la erupción del volcán Cacatúa enterró las cosechas de las islas circundantes.

¿Cuáles deberían ser los objetivos de tan generosa ayuda económica y técnica?

En primer lugar, todas las obras de reconstrucción y de desarrollo socioeconómico deben estar protegidas de los efectos negativos de futuros eventos naturales intensos. Las medidas de mitigación deben ser adecuadamente consideradas en las etapas de concepción, ubicación, diseño, construcción y supervisión de las obras de desarrollo.

En la práctica, ello empieza con la formulación de los términos de referencia claros y eficientes para incluir medidas de protección en cada una de las fases del proyecto. Idealmente, deben ser formulados por profesionales nativos que deben, además, tener suficiente conocimiento y capacidad técnica para negociar y coordinar acciones de manera eficiente, con los expertos de los países donantes. Esta es una situación muy deseable para el manejo de la reconstrucción de la infraestructura devastada, pero ello no será fácil conseguir en los países del SE y S de Asia.

¿Pero no es acaso, el mismo objetivo que tienen los países del Tercer Mundo, entre ellos los de la Subregión Andina, miembros del

CAPRADE, para lograr el desarrollo sostenible de sus naciones?

Efectivamente lo es, por lo que se hace urgente la formulación de un plan estratégico para proteger las inversiones de las sociedades para su desarrollo sostenible, y lo más importante es que se implemente.

Al respecto, hay un avance significativo en ese sentido. El INDECI ha firmado convenios con varias universidades peruanas para impulsar maestrías y diplomados sobre reducción de desastres. Allí se formarán los profesionales de ingeniería, arquitectos, planificadores urbanos, sociólogos y educadores, que permitan implementar el plan para satisfacer las necesidades antes mencionadas.

Al respecto, el Colegio de Ingenieros del Perú viene reclamando una participación más efectiva de profesionales peruanos en los proyectos de desarrollo que el Perú ejecuta, incluyendo los que se desarrollan con donaciones, pues aparte de la protección de la obra, capacitar a los profesionales locales y que ganen experiencia, es un objetivo que tienen los países donantes y también las entidades prestamistas.

## 5. SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA TSUNAMIS EN EL OCÉANO PACÍFICO Y EL OCÉANO ÍNDICO

El Sistema de Alerta contra Tsunamis del Pacífico está centralizado en Hawaii, donde de manera muy rápida se procesan datos de los sismogramas registrados en todo el mundo, principalmente a orillas del Océano Pacífico.

La siguiente fase es el seguimiento del avance del tsunami, mediante registros en mareógrafos. El tsunami llega primeramente a los instrumentos instalados cerca al origen, y luego a lugares más distantes, según su avance. Si se verifica que el tsunami generado es capaz de causar destrucción, se da la señal de alarma. Se evita así, falsas alarmas que restarían credibilidad al sistema de alerta.

Todos los países miembros del Sistema de Alerta contra Tsunamis del Pacífico, tienen sus sistemas de recepción y su mecanismo de retransmisión hacia su red interna. En el Perú la alerta transmitida desde Honolulu es recibida en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, desde donde se retransmite la alerta al Instituto Geofísico del Perú - IGP, Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina - HIDRONAV y al Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI.

Las comunidades que viven en la vera del Océano Pacífico y las islas del Pacífico, están

preparadas en diverso grado para protegerse de los tsunamis. Los mejores capacitados viven en la costa oeste de los EUA, Hawai y Japón.

En el Océano Índico no existe hasta la fecha tal sistema de alerta contra tsunamis, y casi todos los habitantes que viven en sectores bajos, propensos a inundación por tsunamis, no tenían idea de lo que significa la amenaza de tsunamis antes del evento del 26 de diciembre de 2004. Ello explica el alto número de víctimas. Organizaciones de las NNUU y de varios países, principalmente EUA y Japón, liderados por la UNESCO, están trabajando intensamente para instalar un sistema de alerta contra tsunamis, antes de fines de 2005.

El tsunami en el Océano Índico del 26 de diciembre de 2004, pasó del Océano Índico al Pacífico por el norte y sur del continente australiano, y fue registrado en la costa oeste de las Américas en 25 mareógrafos instalados, desde Alaska por el norte hasta el sur de Chile. El promedio de altura registrada fue de 25 cm, variando entre 5 cm en La Jolla, CA y Punta Corona, Chile; 70 cm en Arica, Chile; y 65 cm en el Callao, Perú. Port San Luis y Crecent City, ambos en California, los siguieron en altura. En tres de los cuatro lugares severamente afectados por tsunamis en los últimos 260 años, también la altura de olas registradas provenientes del Océano Índico han sido las más altas. En el caso de Arica y el Callao, las

alturas de ola registradas fueron 2.8 y 2.6 veces mayores que el promedio.

Parece ser que la batimetría de las zonas cercanas a Arica, Callao y Crecent City, California, concentró la energía del último teletsunami, en las costas de dichos lugares. En Arica y el Callao los tsunamis que ocurrieron frente a sus costas, en el pasado también generaron olas que fueron muy destructivas. ¿Ocurre en dichos lugares un efecto oceánico de microzona? Es un tema que hay que estudiar.

## **6. PROGRAMA TSUNAMIREADY**

### **Comunidades Preparadas**

#### **6.1 Antecedentes**

Aunque relativamente poco frecuentes, los tsunamis o maremotos pueden tener efectos devastadores, como ya se ha consignado anteriormente en este trabajo.

Las víctimas de desastres en el siglo XXI pueden ser mucho mayores a nivel global que en el siglo pasado, debido a la alta ocupación poblacional en sectores con amenaza natural muy alta o alta. Esto no solamente ocurre en países en vías de desarrollo, donde se prevé que el número de víctimas será muy numeroso, también ocurre en países industrializados como los EUA, donde las costas bajas del Golfo de México y de la Costa Atlántica, son amenazadas por frecuentes huracanes y altas



olas generados por las tormentas tropicales. California, el estado de mayor sismicidad y con mayor amenaza de tsunami, es también el más poblado de Norteamérica.

La principal causa de las muertes del último tsunami que afectó Asia, y aquellos que ocurrieron en el siglo XX, fue la falta de conocimiento sobre qué es un tsunami, cómo se desarrolla y cómo se debe responder cuando sucede, para salvar la vida y preservar la salud. Esto ocurrió por ejemplo con los pasajeros que repletaban los vagones de un tren en la costa de Bangladesh y la mayoría, más de 200, murieron. En los tsunamis de Hawai, EUA, en 1946, y en Camaná, Perú, en 2001, la mayor parte de las personas perdió sus vidas por internarse en el mar descubierto, pues la primera ola que llegó fue recesiva.

Los desastres naturales se han globalizado, miles de turistas europeos, noruegos, franceses, alemanes y de otros países perdieron sus vidas al otro lado del globo en las hermosas playas tailandesas. El canal de televisión CNN transmitió en los últimos días de diciembre de 2004, dramáticas escenas de turistas que murieron. Fue obvio que los turistas no tenían idea de qué es un tsunami. En ese sentido, el viceministro de Turismo del Perú ha decidido impulsar programas educativos para capacitar a quienes trabajan como operadores turísticos y guías; también

a los hoteles y agencias de turismo para proteger a los turistas que visitan el Perú.

Hay consenso internacional que la educación de la población y de las autoridades es una de las herramientas más poderosas en la preparación de las comunidades para hacer frente a los tsunamis.

## 6.2 Programa TsunamiReady (PTR)

En el Perú, el PTR está basado principalmente en resultados de investigaciones sobre tsunamis efectuados en el país desde 1981 a la fecha, principalmente mediante el desarrollo de tesis de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque. La información batimétrica fue generosamente proporcionada por la Dirección de Hidrografía de la Marina de Guerra del Perú (HIDRONAV). También se realizaron reuniones de trabajo en las facilidades de HIDRONAV en La Punta, Callao. A la fecha se tiene el mapa de inundaciones por tsunamis de las siguientes ciudades: Callao, Chorrillos (Villa), Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, Santa María y Pucusana, en las costas de Lima Metropolitana. De norte a sur en las siguientes ciudades: Talara, Paita; Pimentel, San José, Santa Rosa, Puerto Eten, Trujillo, Chala, Mejía, Ilo y Boca del Río. Los estudios fueron auspiciados por UNDRO, JICA, CIDA, a través del Departamento de Asuntos Humanitarios de

las Naciones Unidas con sede en Ginebra (UNDHA/Geneva). El estudio para las costas de Trujillo fue auspiciado por el Municipio Provincial de Trujillo. El estudio Plan de Preparación para Tsunamis para el Callao y La Punta fue auspiciado por USAID y efectuado por consultores norteamericanos y peruanos.

Se basa en el Programa TsunamiReady del Servicio Nacional del Tiempo de los EUA (National Weather Service - NWS, por sus siglas en inglés), lanzado en 2002. El programa TsunamiReady, a su vez, se basa en un programa anterior StormReady. Combinado ambos, dieron a luz el actual programa Storm/TsunamiReady.

Debido a la creciente globalización de las actividades humanas y tratando de estandarizar el nombre de los programas y proyectos, se propone utilizar el Programa TsunamiReady para el Perú y otros países de la Subregión Andina, miembros del CAPRADE.

El PTR es un programa que se sugiere sea aplicado en Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela. El objetivo del PTR es proteger a la población que vive, trabaja o visita sus costas bajas amenazadas por tsunamis, generados frente a sus costas o a gran distancia, en las zonas de subducción del Círculo Circumpacífico.

En el PTR deben participar el gobierno central

(INDECI, HIDRONAV, etc., en el caso del Perú), los gobiernos regionales, provinciales, distritales, a través de sus organismos competentes; las comunidades que pueden ser afectadas y la sociedad civil.

El Gobierno Regional del Callao, a través de su presidente el señor Rogelio Canches Guzmán, acaba de instalar su oficina TsunamiReady, contratando a un consultor - a tiempo completo, apoyado por asistentes- para implementar el PTR en la Región Callao, la jurisdicción peruana más poblada y con riesgo de tsunami más alto del país. El Municipio Provincial del Callao y los municipios distritales de La Punta y Ventanilla están participando en la preparación de sus comunidades para hacer frente a los tsunamis que los puedan afectar en el futuro.

#### **Requerimientos para que una comunidad sea certificada ciudad Tsunami Ready :**

- Tener programas de concientización y educación para las comunidades dentro del Plan de Emergencia Contra Tsunamis.
- Tener en funcionamiento de manera permanente un Centro de Operaciones de Emergencia - COE.
- Capacidad de la comunidad de reconocer un tsunami de origen cercano: un sismo intenso y de larga duración, que indica que un sismo de gran magnitud acaba de ocurrir y puede generar tsunamis, y es necesario

evacuar las zonas de inundación.

- Capacidad de transmitir instantáneamente a las comunidades la alarma de tsunamis (mediante sirenas, radio u otros medios), si se trata de tele tsunamis.
- Múltiple manera de recibir la alerta y alarma contra tsunamis.
- Realizar regularmente ensayos de evacuación.

Cada comunidad que está amenazada por tsunamis debe tener conocimiento de lo siguiente:

- Límite de la zona de inundación.
- Zonas de refugio temporal (donde se puede alojar por días o semanas).
- Rutas de evacuación.
- Tiempo que dispone para abandonar la zona de inundación.
- En caso de penínsulas alargadas y bajas que penetran hacia el mar, como en el Perú, La Punta, Callao, deben seleccionarse edificaciones para efectuar evacuación vertical.
- Los edificios verticales designados deben ser sismorresistentes y capaces de hacer frente a los tsunamis con éxito, tener más de cuatro pisos y acceso a los pisos altos a través de escaleras.

Estos refugios pueden ser usados por personas que por diversas razones no han podido abandonar la zona de inundación en el tiempo disponible. Por ejemplo, una madre con hijos pequeños, ancianos, personas discapacitadas, etc.

## 7. REFLEXIONES FINALES

Si usted es autoridad regional o local y tiene la responsabilidad de proteger a las personas -que mediante su voto lo eligieron y confiaron en usted- que viven en zonas con riesgo de inundación por tsunamis dentro de su jurisdicción: ¿Qué reflexión merece este trabajo? ¿Cuál es su decisión al respecto? ¿Piensa actuar? ¿Cuándo? ¿Cómo lo haría? ¿De qué informaciones sobre tsunamis de su localidad dispone? ¿Qué recursos destinará? ¿Cree usted que al implementar su programa, su localidad podría ser certificada como TsunamiReady?

Señores presidentes de las regiones costeras y señores alcaldes de las ciudades amenazadas por tsunamis, el camino a seguir y sus responsabilidades están claramente indicados. Es hora de actuar.

## RECONOCIMIENTO

A los egresados de la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, y UN Pedro Ruiz Gallo por su esforzada dedicación para desarrollar sus tesis profesionales de Ingeniería Civil, tomando como tema de investigación los tsunamis. A las entidades nombradas anteriormente en este trabajo, que apoyaron el desarrollo de los estudios en el Perú. A HIDRONAV, por proporcionar de manera generosa información batimétrica de los lugares estudiados, y dedicar su valioso tiempo a realizar reuniones de trabajo.