

## TSUNAMI

Ing. Porfirio Peña Martínez

Ing. Juan Carlos Espinal González

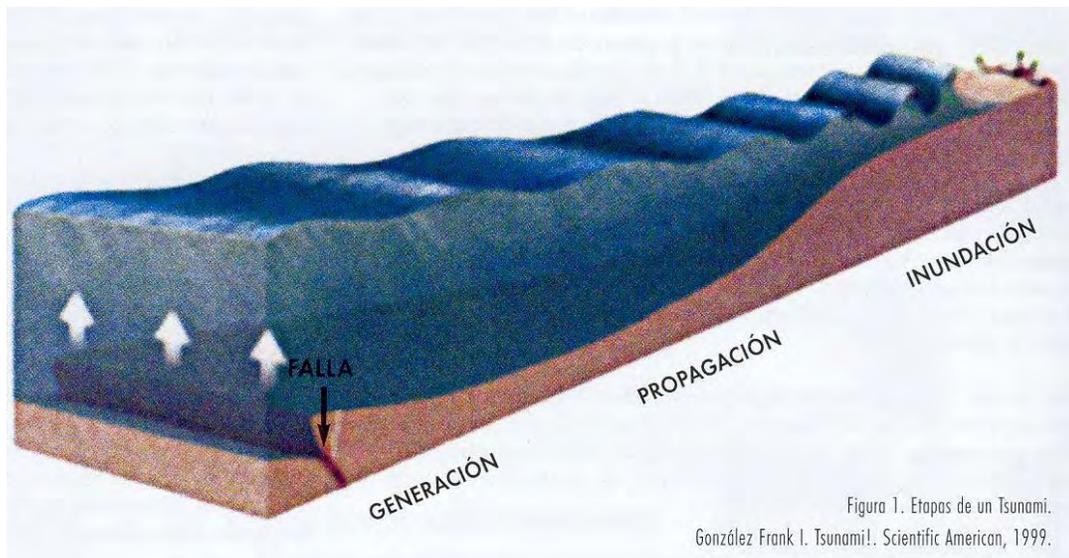
Diversas son las formas de manifestación de la fuerza de la naturaleza en el planeta. Una de ellas se ha presentado en fechas recientes en el continente asiático, el cual ha demostrado la vulnerabilidad de varios países ante un fenómeno conocido como tsunami. En el presente trabajo se describe de manera sencilla las particularidades de este fenómeno.

### ¿QUÉ ES UN TSUNAMI?

Un tsunami se define como una serie de ondas que se generan en aguas oceánicas, consecuencia de algún disturbio de gran escala como son terremotos, erupciones volcánicas (asociadas ambas en ocasiones a deslizamientos del fondo marino) y muy remotamente por impacto de meteoros. En 1963 se adopta a nivel internacional el término "**tsunami**", palabra de origen japonés el cual se forma de dos vocablos: **tsu (puerto) y nami (ola)**, esto es, "**ola de puerto**" y a menudo erróneamente es llamado "**onda de marea**", pero que sin duda este fenómeno no tiene relación alguna con las mareas.

### LA FÍSICA DEL TSUNAMI

En el fenómeno se pueden distinguir tres procesos físicos: **generación**, por alguna fuerza de las antes descritas, **propagación**, de aguas profundas o cerca de la fuente (epicentro) hacia la costa en aguas someras y finalmente el alcance en tierra firme (**run-up**). De éstas, la propagación es la más entendida, no así con la generación y el alcance que son etapas difíciles de modelar, ya que hablamos de procesos de carácter no lineal.



Las ondas generadas por alguno de los agentes citados, irradian hacia afuera del epicentro en todas direcciones, propagándose rápidamente con velocidades que pueden exceder los 700 Km/h en aguas profundas, donde la altura de ola es inferior a 30 cm y no causa peligro alguno. A diferencia de las olas oceánicas, la distancia entre crestas de ondas (tsunami) a menudo es mayor a 100 Km en aguas profundas y periodos típicos entre 5 y 30, y hasta 60 minutos, por lo que la longitud de onda llega a ser del orden de kilómetros.

El movimiento de placas provoca que el espacio desfasado entre ellas se llene de agua, por lo que en las zonas cercanas a las costas se presenta una regresión del mar. Una vez que las placas regresan a su posición o llegan a estar en equilibrio, el agua regresa con toda la energía aplicada a la masa de agua desplazada; es por ello que en las zonas donde habitualmente el oleaje rompe por fondo, ahora es una zona más de transición, ya que todo este desplazamiento de energía se ve liberado en un pequeño espacio de

tiempo, como consecuencia, para disipar toda esta energía es necesario que los frentes de onda alcancen cotas positivas en tierra firme; además que las alturas de ola generadas (10 - 15 m), se ven acompañadas por una sobreelevación del nivel del mar, lo que provocará precisamente que las olas penetren a cotas superiores a la línea de costa.

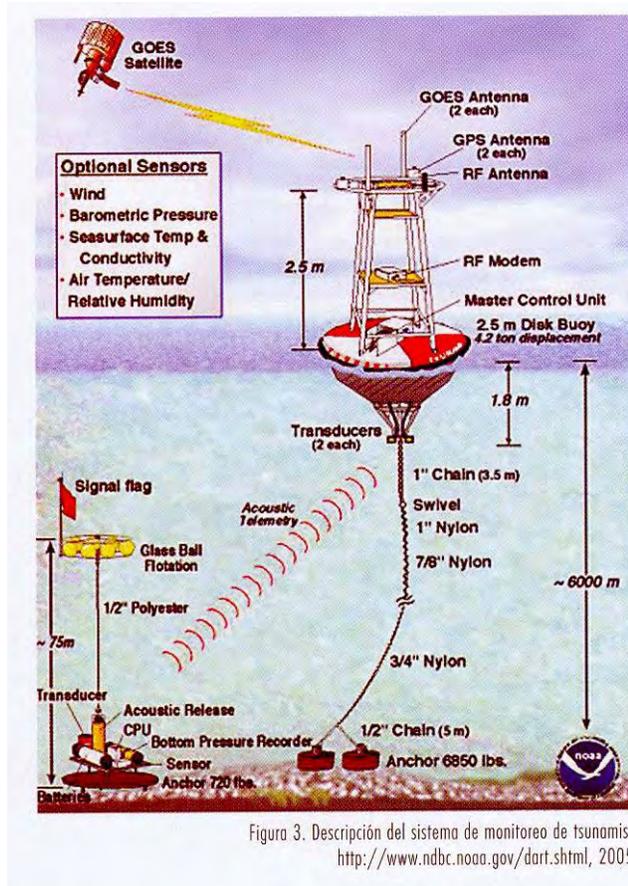
Es preciso señalar que a medida que la onda viaja hacia la costa, es decir, hacia aguas menos profundas o someras, disminuye su velocidad aumentando su altura considerablemente. La energía de las ondas tiene influencia desde la superficie hasta el fondo del mar, incluso en aguas profundas, incrementándose gradualmente conforme ésta avanza hacia la costa provocando un "apilamiento" de las ondas, que invariablemente causará severos daños a su paso.

En algunas ocasiones en la costa se presenta el retiro de las aguas mar adentro, quedando expuesta mayor superficie de terreno, que incluso es la menor de las bajamares registradas, por lo que se puede considerar como una alerta antes de que se presente el tsunami.

En algunas ocasiones en la costa se presenta el retiro de las aguas mar adentro, quedando expuesta mayor superficie de terreno, que incluso es la menor de las bajamares registradas, por lo que se puede considerar como una alerta antes de que se presente el tsunami.

### SISTEMAS DE ALERTA

La **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**, a través de la **National Weather Services** opera dos centros que continuamente monitorean datos sismológicos y mareográficos, evaluando terremotos con potencial para generar tsunamis. El primero de los centros se encuentra en Palmer, en la costa Oeste de Alaska y el segundo de ellos, el Richard H. Hagemeyer, en Ewa Beach, Hawaii.



El **U.S. National Tsunami Hazard Mitigation Program (NTHMP)**, tiene un proyecto conocido como **Deep Ocean Assessment and Reporting of Tsunamis (DART)**, operado por la **NOAA's National Data Buoy Center (NDBC)**. El DART consiste de seis boyas ubicadas en sitios específicos en el Océano Pacífico, zona que históricamente es generadora de tsunamis. En la figura siguiente se muestra la ubicación de las boyas (obsérvese que ésta es principalmente en el Océano Pacífico), así como una imagen de una boya fondeada en mar abierto.

### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DART

De manera simple, el sistema está comprendido por dos partes básicas: un detector de presión (**Bottom Pressure Recorder, BPR**) y una boya superficial. El detector ubicado a una profundidad del orden de 6 000 m puede detectar un tsunami de no más de 1 cm de altura, relacionándolo con su periodo (recordemos que los tsunamis son ondas de periodos largos). El BPR transmite datos a la boya vía acústica, quien a su vez transmite ésta al satélite el cual envía la información a los centros de detección de tsunamis, en tierra firme, donde se generan los boletines de alerta a la población que eventualmente pueda ser afectada.

Cabe mencionar que con la experiencia del pasado 26 de diciembre, se implementará un sistema en Asia - Pacífico con objeto de prevenir a la población ante nuevos fenómenos.

### TSUNAMIS EN EL LITORAL MEXICANO

En la República Mexicana, el **Instituto de Geofísica de la UNAM** opera el sistema mareográfico, integrado por 15 estaciones ubicadas en el litoral del Atlántico y el Pacífico, cuyos antecedentes se remontan al año de 1952. Actualmente, instituciones como la **Secretaría de Marina y el Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada (CICESE)**, operan sistemas propios, con objeto de generar información que permita dar origen a una base de datos para el país.

La información con la que actualmente se cuenta proviene de dos fuentes: la **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)** y el **Instituto de Matemáticas Computacionales y Geofísica Matemática de Rusia (SSCC)**.

En las figuras siguientes se muestran los epicentros de los tsunamis que han tenido influencia en las costas mexicanas, destacando los generados en Alaska, Nicaragua, Ecuador, Colombia, Perú, Chile, Japón y Rusia. Cabe señalar que en algunos sitios de la costa del Pacífico, se tiene información del alcance generado por tsunamis, sin embargo, la misma tiene un alto grado de incertidumbre debido a la forma en como es obtenida (entrevistas a pobladores, levantamientos topográficos y reconocimientos geológicos), por lo que sólo se consideran como una referencia.

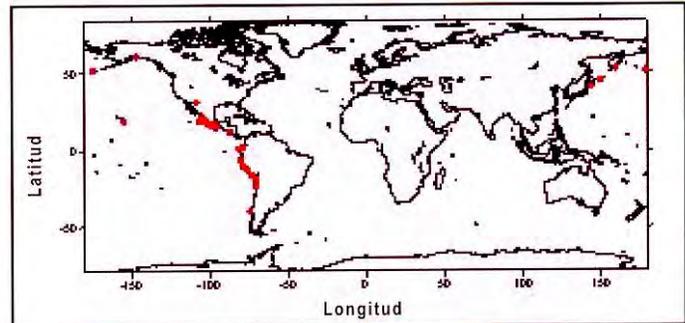


Figura 4. Epicentros de sismos con influencia en la costa del Pacífico Mexicano. Ávila Armella Alberto. Modelo no Lineal de Propagación de Tsunamis. México 2004. Facultad de Ingeniería. División de Estudios de Posgrado. UNAM. Tesis de Maestría. Sitios en la costa del Pacífico Mexicano, con registros del alcance generado por tsunamis (Ávila, 2004)

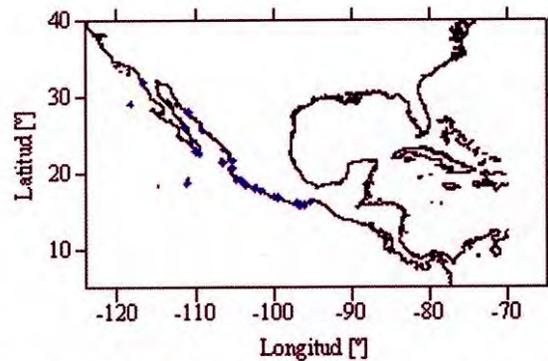


Figura 5. Sitios en la costa del Pacífico Mexicano, con registro del alcance generado por tsunamis (Ávila, 2004)

### CONCLUSIONES

La importancia en la generación de información para el conocimiento y monitoreo de estos fenómenos, debe ser ampliamente difundida y tomada en cuenta para disminuir los efectos ante un evento de tal naturaleza, en aquellos países con mayor probabilidad de ocurrencia. Aunque en el presente artículo no es extensa la información para las costas mexicanas, es importante señalar que el país no está exento de sufrir el ataque de un tsunami, del cual se tienen registros desde 1732 hasta 2001 para el Océano Pacífico.

Dados los trágicos sucesos ocurridos recientemente en Asia, producto del impacto severo de un tsunami sobre zonas costeras pobladas y con diversos tipos de infraestructura, se consideró conveniente publicar las imágenes siguientes que muestran independientemente de la tragedia humana, los importantes cambios morfológicos y los daños sufridos en la propia infraestructura. las zonas esturianas y las playas fueron arrasadas como primer efecto para, posteriormente presentarse inundaciones en las zonas continentales. (Fuente y créditos: [www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com))



<http://www.digitalglobe.com> - January 1, 2004



<http://www.digitalglobe.com> - December 26, 2004

