

El segundo elemento clave para mitigar los efectos de los tsunamis de manera eficaz es un sistema de alarma adecuado que permita avisar a la población de las zonas costeras de que existe un peligro inminente de tsunami. Los sistemas de alerta se fundan en datos sísmicos para dar una alerta inicial rápida, y en datos sobre el nivel del mar para confirmar y vigilar el tsunami o anular la alerta. Los sistemas de alerta recurren igualmente a distintas vías de comunicación para recibir datos sísmicos y sobre el nivel del mar y enviar mensajes a las autoridades competentes. Los centros

entre aproximadamente media hora y una hora después de que se produzca el seísmo, una alarma internacional que llega a las comunidades situadas a más de varios cientos de kilómetros de la región de origen. Los **sistemas regionales**, como los que emplean los Estados Unidos, Japón, la Federación de Rusia, Francia y Chile, difunden esencialmente alertas nacionales aproximadamente durante los diez a quince minutos posteriores al seísmo y están destinadas a las comunidades situadas a cien kilómetros como mínimo de la región de origen. Los sistemas locales establecidos por Japón

y Chile pueden emitir una alarma en cinco minutos como máximo para aportar alguna protección a las comunidades que se encuentran a menos de cien kilómetros de distancia del epicentro. Tan importante como emitir las alertas es anularlas con rapidez cuando se observa que no existen olas de tamaño considerable, y difundir mensajes informativos sobre seísmos de gran magnitud aunque, en principio, no sean tsunamigénicos.

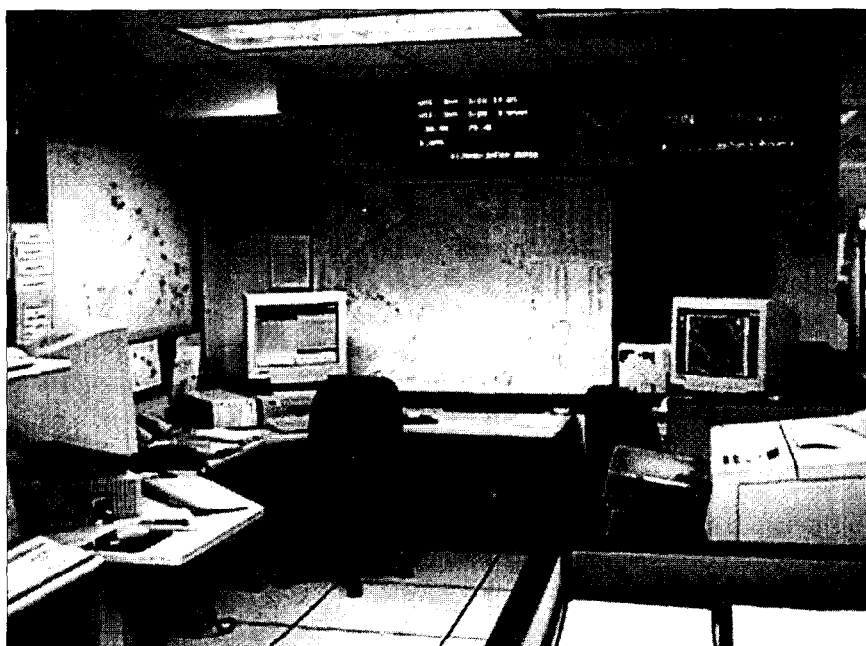
Entre los centros que utilizan los sistemas de alerta contra los tsunamis figuran los siguientes: el Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico en Ewa Beach, Hawái, Estados Unidos; el Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska y la Costa Occidental en Palmer, Alaska, Estados Unidos; los centros de

alerta contra los tsunamis de la Federación de Rusia en Petropavlovsk-Kamchatskii, Kurilskie y Sajalinsk; los centros de alerta contra los tsunamis del Japón en Sapporo, Sendai, Tokio, Osaka, Fukuoka y Naha; el Centro de Alerta contra los Tsunamis de la Polinesia Francesa en Papeete, Tahití, y el Sistema Nacional de Alarma de Maremotos Chile, con sede en Valparaíso.

Además, recientemente otros Estados Miembros han creado o mejorado sus instrumentos y servicios de análisis relacionados con los seísmos y/o el nivel del mar como base para los sistemas nacionales de alerta contra los tsunamis.

El Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico

En 1948, el Observatorio Sismológico de Ewa Beach, situado cerca de Honolulu, puso en funcionamiento el



Sala de operaciones del Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico de Ewa Beach, Hawái.

de alerta tratan de ser: 1) rápidos – dan la alerta lo antes posible en cuanto surge la posibilidad de un tsunami, 2) precisos – emiten alarmas sobre todos los tsunamis destructores y reducen al mínimo las falsas alarmas y 3) fiables – aseguran que funcionan continuamente y que sus mensajes se envían y reciben rápidamente y son entendidos por los usuarios del sistema.

Sistemas y centros de alerta

Los sistemas de alerta contra los tsunamis en el Pacífico se pueden clasificar en función de dos factores conexos: 1) el tipo de tsunami sobre el que están en condiciones de dar la alerta (desde los locales hasta los de origen lejano) y 2) la zona de responsabilidad a la que alertan según los distintos tipos de tsunamis (subnacional, nacional, regional o internacional). **El sistema para todo el Pacífico** que dirige el PTWC emite,

Sistema de Alerta contra los Tsunamis con miras a advertir a las comunidades de las zonas costeras estadounidenses del Pacífico de los tsunamis inminentes, como el que dos años antes se había generado en las islas Aleutianas y había sorprendido a Hawai con consecuencias catastróficas. En 1966, la Comisión Oceanográfica Intergubernamental aceptó la propuesta de los Estados Unidos de fortalecer esos servicios mediante el establecimiento con carácter permanente del Centro Internacional de Información sobre los Tsunamis. Poco después, el Observatorio pasó a denominarse Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico (PTWC) y se convirtió en el centro operativo del Sistema de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico. A este respecto, su función principal consistía y sigue consistiendo en difundir alertas oportunas (por lo general en un plazo de 30 minutos aproximadamente) sobre todos los seísmos tsunamigénicos que se produzcan en la cuenca del Pacífico a todos los participantes internacionales que hayan designado una organización de gestión de situaciones de emergencia competente para recibir el mensaje. En 1970, el PTWC se convirtió en el centro de alerta contra los tsunamis locales generados en el Estado de Hawai y se encargó de emitir alertas en un plazo de quince minutos sobre los seísmos acaecidos cerca de la costa de Hawai en alta mar, cuya magnitud fuera de 6,8 como mínimo. Hawai ha tenido tsunamis destructores generados en el ámbito local por seísmos relacionados con su actividad volcánica.

Por consiguiente, el PTWC, administrado por el Servicio Meteorológico Nacional de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA/NWS), tiene tres funciones distintas: 1) es el centro internacional que alerta a la mayoría de los países del Pacífico sobre los tsunamis de origen lejano; 2) se trata del centro nacional que advierte a todos los territorios estadounidenses del Pacífico, con excepción de los Estados de Alaska, Washington, Oregón y California, de los tsunamis de origen lejano; y 3) es el centro regional de Hawai que alerta con rapidez al

Estado de Hawai sobre los tsunamis locales. Para llevar a cabo estas tareas dispone 24 horas al día de instalaciones adecuadas de comunicaciones e informática y de un grupo de geofísicos. El Centro utiliza su propia red de sensores sísmicos telemétricos y de instrumentos de medición del nivel del mar situados en Hawai y en otros lugares del Pacífico, así como distintos datos sísmicos y mareográficos difundidos ampliamente por el Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska y la Costa Occidental, otros organismos nacionales y el Sistema de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico.

La guía del usuario sobre las actividades del PTWC es el Plan de Comunicaciones del Sistema de Alerta contra los Tsunamis, 12ª edición, que se publicó en julio de 1996 y se ha ido actualizando en la medida necesaria. En él se facilita información básica sobre los tsunamis, información general sobre el Sistema de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico, definiciones clave, información sobre las estaciones mareográficas y sismográficas, los requisitos en materia de comunicaciones y los métodos de comunicación aplicables a cada país y tipos, criterios y formatos de mensajes.

El Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska y la Costa Occidental

Este sistema de alerta empezó a funcionar en 1968. Denominado en un principio Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska, recientemente pasó a llamarse Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska y la Costa Occidental (WC/ATWC) para reflejar con más precisión su ámbito de competencia, que abarca los Estados de Washington, Oregón y California, así como las costas del Pacífico de Canadá. Su explotación también corre a cargo del NOAA/NWS de los Estados Unidos. El WC/ATWC emite, en un plazo de 15 minutos a partir de la hora de inicio del seísmo, alertas sobre los tsunamis generados frente a la costa de Alaska o a la costa occidental de América del Norte hasta la frontera de California con México. El Centro advierte igualmente a su zona de responsabilidad de los tsunamis que



Instalaciones del Centro de Alerta contra los Tsunamis de Alaska y la Costa Occidental situado en Palmer, Alaska.

afectan a todo el Pacífico, en coordinación con el PTWC. El Centro utiliza su propia red de sensores sísmicos telemétricos e instrumentos de medición del nivel del mar situados en Alaska, y otros datos sísmicos y mareográficos ampliamente difundidos por el PTWC, otros organismos nacionales y el Sistema de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico.

Los centros de alerta contra los Tsunamis del Japón

El Servicio de Alerta contra los Tsunamis del Japón fue creado en 1952 y depende del Organismo Meteorológico del Japón (JMA). Actualmente existen en Japón seis centros regionales encargados de prestar servicios de alerta contra los tsunamis, que se encuentran en Sapporo, Sendai, Tokio, Osaka, Fukuoka y Naha (Okinawa). Estos centros difunden alertas contra los tsunamis en sus respectivas zonas de responsabilidad.

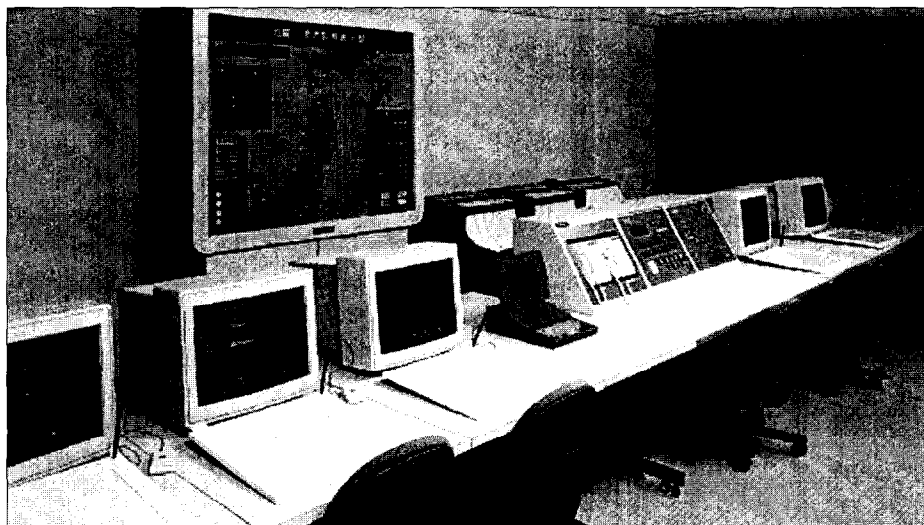
Las señales procedentes de las estaciones sismográficas y mareográficas de todo el Japón se vigilan constantemente mediante un sistema automático complejo denominado Sistema de Observación de Seísmos y Tsunamis (ETOS). Poco después de que el ETOS detecte un seísmo, se evalúan automáticamente las horas de llegada y la amplitud máxima de las ondas P, que un operador corrige de manera interactiva, cuando procede. Sobre la base de estas mediciones se determina la zona de origen y la magnitud del seísmo. Si es necesario, en función de los parámetros del seísmo se podrán emitir alertas o avisos sobre tsunamis. Estos mensajes contendrán información sobre la dimensión del tsunami que se espera ("atención tsunami" = tsunami de poca importancia, "se espera tsunami" = tsunamis de hasta 2 m y "se espera gran tsunami" = más de 3 m en las zonas más amenazadas), las zonas que, según las previsiones, resultarán

afectadas (la costa del Japón se divide en 18 regiones para la previsión de los tsunamis) y las horas estimadas de llegada. Los mensajes se envían a las organizaciones encargadas de mitigar catástrofes, a los medios de comunicación y a otros organismos.

El JMA utiliza cerca de 180 estaciones sismográficas y unas 80 estaciones mareográficas. Para vigilar los tsunamis, además de los sensores de tensión, se colocan mareógrafos con detectores ultrasónicos encima de la superficie marina en los puertos a fin de medir los tsunamis de gran intensidad y también sobre el muelle del puerto para observar el alcance máximo de las aguas tierra adentro. En los mareógrafos de presión y de tipo ultrasónico, los transmisores de datos se instalan en lugares más elevados a fin de evitar que sean inundados cuando se produzca un fenómeno.

Tras la destrucción provocada en 1993 por el seísmo y tsunami del sudoeste de Hokkaido, el JMA reconstruyó su red sísmica y adoptó métodos para determinar la magnitud de los seísmos sobre la base de las ondas sísmicas P. Este cambio permitió evaluar con más rapidez y precisión los parámetros del seísmo con miras a la previsión de los tsunamis. El JMA se propone difundir una alerta de tsunami en un plazo de tres minutos después de que se inicie un seísmo tsunamigénico.

Además, con objeto de reducir el tiempo que necesitan los medios de comunicación para transmitir las alertas de tsunami al público, el JMA y los medios de comunicación han elaborado conjuntamente un sistema que permite sobreimprimir el mensaje de alerta en las pantallas de televisión de los hogares en cuanto lo emite el JMA. Para acortar su tiempo de transmisión, las alertas también se difunden a los municipios mediante el Sistema de Difusión con Destinos Múltiples de Información de Emergencia por Satélite a través del Satélite Meteorológico Geoestacionario (GMS) y este sistema



Sala de control de uno de los seis centros de alerta contra los tsunamis del Japón. Las señales sísmicas se vigilan constantemente y los seísmos se detectan y tratan con un Sistema automático de Observación de Seísmos y Tsunamis.

funciona como complemento de otros sistemas de comunicaciones que utilizan conexiones terrenas.



Igor Kuz'minykh, Enlace Nacional del ITSU de la Federación de Rusia, examina un mapa del tiempo de propagación de un tsunami colgado en una pared que se encuentra detrás de algunos de los equipos de comunicaciones del Centro de Alerta contra los Tsunamis de Petropavlovsk-Kamchatskii.



Dominique Reymond, Director Interino del Centre Polynésien de Prévention des Tsunamis, de pie cerca de TREMORS y otros equipos de vigilancia sísmica del Centro de Papeete, Tahití.

Los centros de alerta contra los Tsunamis de la Federación de Rusia

La Federación de Rusia (ex Unión Soviética) empezó a establecer su sistema de alerta contra los tsunamis tras el terremoto de Kamchatka de 1952, que generó un tsunami en todo el Pacífico. Se crearon tres centros regionales en Petropavlovsk-Kamchatskii, Kurilskie y Sajalinsk que tenían acceso a datos procedentes de distintas estaciones sismográficas y mareográficas. La responsabilidad global de los centros incumbe al Servicio Hidrometeorológico de Rusia, que recibe la asistencia de la Academia Rusa de Ciencias y otras instituciones. Cada centro está plenamente facultado para emitir una alerta en caso de amenaza de tsunami y se informa a las autoridades locales competentes cuando es necesario evacuar a los núcleos de población que podrían resultar afectados. Se utilizan instrumentos especiales para detectar los seísmos cuyas magnitudes son iguales o superiores a 7 a distancias de 150 a 2.000 km de la costa, y para detectar también las olas de tsunamis que éstos podrían provocar. En el proceso de alerta se emplean diagramas del tiempo de propagación de los tsunamis y datos históricos. Las comunicaciones con el resto del Pacífico se efectúan mediante una conexión por cable entre Javorovsk y Tokio.

El Centro de Alerta contra los Tsunamis de la Polinesia Francesa (Centre Polynésien de Prévention des Tsunamis – CPPT)

El sistema de la Polinesia Francesa empezó a funcionar en 1965, como consecuencia del tsunami que se generó en Alaska en 1964. El sistema, que se encuentra en Papeete, Tahití, utiliza la información facilitada por ocho estaciones sismográficas de periodo corto, tres estaciones sismográficas de periodo largo y tres mareógrafos explotados por la red “Réseau Sismique Polynésien”. Los datos procedentes de cinco de estas estaciones están en comunicación telemétrica con el Centro de Papeete, al igual que los datos suministrados por una estación sismográfica de banda ancha de tres componentes y una estación mareográfica. Asimismo, se recurre a las informaciones proporcionadas por el Centro de Alerta contra los Tsunamis en el Pacífico de Ewa Beach, Hawai. El CPPT emplea un sistema creado por él denominado **TREMORS** (Sistema de Evaluación en Tiempo Real del Peligro de los Tsunamis por el Momento Sísmico) para detectar y localizar automáticamente un seísmo y calcular a continuación su momento sísmico sobre la base de la magnitud en el manto (Mm) que se funda en las ondas de Rayleigh y Love de periodo largo. El centro difunde alertas contra tsunamis con cinco niveles de peligro basadas principalmente en el momento sísmico del terremoto.