

Red Sísmica de Puerto Rico
Universidad de Puerto Rico,
Recinto Universitario de Mayagüez
Tel. 787-833-8433
Fax 787-265-1684
www.redsismica.uprm.edu

Guía de Preparación ante Tsunamis

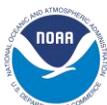


Comunidad Marítima y Portuaria de Puerto Rico

2019

Guía y recomendaciones para la preparación de planes de respuesta a tsunamis para la comunidad marítima y operadores de puertos en Puerto Rico. Preparado por la Red Sísmica de Puerto Rico como parte del programa PR-NTHMP TsunamiReady®. Subvencionado por NOAA- NA18NWS4670077.

No constituye necesariamente un endoso de la Agencia.



Producción

Gerente de Proyecto

Roy Ruiz Vélez

Diseño gráfico y arte

Roy Ruiz Vélez, Joshua Montañez

Mapas y figuras

Roy Ruiz Vélez, Denyse Colón, Victor E. Flores y Alejandro Torres

Apoyo administrativo

Dalixza Irizarry, Yamilette Vargas y Annie M. Plaza

Colaboradores

Red Sísmica de Puerto Rico

Víctor Huérfano, Wildaomaris González y Glorymar Gómez

Programa de Alerta de Tsunami del Caribe, NOAA-NWS

Christa von Hillebrandt-Andrade

Departamento de Ciencias Marinas, Recinto Universitario de Mayagüez

Prof. Aurelio Mercado

Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres

Autoridad de los Puertos de Puerto Rico

Guardia Costanera de los Estados Unidos

Sr. Ismael Torres

GUÍA DE PREPARACIÓN ANTE TSUNAMIS PARA LA COMUNIDAD MARÍTIMA

Datos sobre publicación y bibliográficos

Edición: Segunda edición

Mes y año de publicación: Julio 2017

Revisada: mayo 2019

Esta edición de la guía fue producida mediante la subvención de la NOAA NA15NWS4670035.

Con fines bibliográficos este documento debe ser citado como sigue:

Red Sísmica de Puerto Rico. 2019. *Guía de Preparación ante Tsunami para la Comunidad Marítima y Portuaria de Puerto Rico*. 3ra ed. Mayagüez, PR.



Contenido

Resumen	1
Sobre la guía	1
Importancia	2
Introducción	3
Capacidad TsunamiReady® en Puerto Rico	7
Vulnerabilidad a Tsunamis en Puerto Rico	7
Preparación y Capacidad TsunamiReady de Puerto Rico	7
Comunidades TsunamiReady®	7
Modelo de inundación y mapas de desalojo	8
Rutas de desalojo señalizadas	9
Protocolo de comunicaciones y niveles de alerta	9
Aplicación de mapas Puerto Rico Tsunami Program Map Tool	12
Aspectos a considerar en la preparación de la Comunidad Marítima	14
Relación entre corrientes del tsunami y daños en facilidades portuarias	14
¿Qué hacer ahora?	15
Aspectos que debe considerar al desarrollar su plan de respuesta	15
Características físicas de sus facilidades	15
Características económicas	16
Estudio de vulnerabilidad	16
Mapa de desalojo por tsunami	17
Señalización de rutas de desalojo	17
Modelo de inundación por tsunami	17
Modelo de corrientes por tsunami	17
Carta náutica de la zona	17
Programa educativo y ejercicios prácticos	18
Árbol de llamadas	18
Acciones a seguir luego del mensaje inicial	19
Plan para la continuidad de operaciones (COOP)	19

¿Qué hacer durante un Tsunami? _____	19
Acciones a seguir para un tsunami cercano (tiempo de arribo de la primera ola \leq 3hr) _____	21
Acciones a seguir para un tsunami distante (tiempo de arribo de la primera ola \geq 3hr) _____	22
¿Qué hacer bajo una Advertencia de tsunamis? _____	24
Procedimiento de respuesta ante una VIGILANCIA de tsunami _____	25
Glosario _____	26
Anejos _____	27
Contacto de personal experto _____	34
Especialistas en tsunamis y terremotos _____	34
Información adicional _____	36
Referencias _____	37

Resumen

SOBRE LA GUÍA

Puerto Rico se encuentra localizado en la esquina noreste de la placa del Caribe, una zona sísmicamente activa. Durante el año 2016 fueron detectados 3,947 sismos en nuestra área de responsabilidad (ADR). Uno de los efectos asociados a los terremotos son los tsunamis. Dado los eventos de tsunami ocurridos alrededor del mundo durante la última década, y sus devastadores efectos en instalaciones importantes como lo son los puertos marítimos y marinas, nace la necesidad de desarrollar la **Guía de Preparación ante Tsunamis para la Comunidad Marítima y Portuaria de Puerto Rico**. Esta guía ayudará a los operadores de puertos, marinas y otros miembros de la comunidad marítima en Puerto Rico, a desarrollar estrategias para estar mejor preparados ahora, durante y después del embate de este evento natural que es tan destructivo.

En la preparación, antes del evento, es necesario hacer un plan de respuesta a tsunamis que considere la vulnerabilidad de sus facilidades, es decir aquellos factores y características físicas, económicas, de seguridad y de comunicaciones del puerto que aumentan o disminuyen su capacidad de hacerle frente a un evento de esta naturaleza. En esta guía, el lector, podrá encontrar una introducción al tema de tsunamis, información básica sobre el tema, los peligros asociados en instalaciones portuarias, la capacidad TsunamiReady® de Puerto Rico, los niveles de alerta, el protocolo de comunicaciones en Puerto Rico, acciones recomendadas a seguir durante un tsunami, entre otros temas de mucha relevancia para desarrollar sus planes de respuesta ante un tsunami.

En la sección **Aspectos a considerar en la preparación de la comunidad marítima**, se sugiere diferentes acciones a seguir ahora y durante un tsunami. Las recomendaciones varían dependiendo si el evento es **cercano** (donde el tiempo de arribo, basado en nuestra modelación, es menor de tres horas) o **distante** (que excede las tres horas). Las acciones recomendadas durante el evento, se enfocan en preservar vidas y propiedad, y depende del escenario que se enfrente.

La guía, también hace referencia a un glosario de términos y definiciones necesarias a la hora de trabajar con el tema de tsunamis y algunos anejos importantes. Es importante incluir un glosario con definiciones y términos ya que cualquier persona que deba hacer uso del plan requiere conocer dichos términos para evitar errores en los procedimientos. Se recomienda revisar la sección de **Anejos** contenidos en esta guía ya que se incluye información complementaria que puede ser de mucha utilidad al implementar un efectivo plan de tsunamis para operadores de puertos y marinas en Puerto Rico. En los anejos encontrará varios mapas de corrientes de algunos puertos de la Isla como parte del estudio de corrientes inducidas por tsunamis en la Isla, un ejemplo de los mapas de desalojo por tsunami desarrollados por el programa TsunamiReady y más.

IMPORTANCIA

Los tsunamis pueden viajar largas distancias a velocidades que pudieran alcanzar aproximadamente 500 mph, dependiendo de la profundidad del agua. Este evento natural, al llegar a la costa causa gran daño y destrucción a su paso que puede sobrepasar la capacidad de la agencia o entidad para hacerle frente a la emergencia a través de sus propios recursos. Para abordar este asunto, el programa TsunamiReady® y la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR), en colaboración con el Centro de Alerta de Tsunami del Caribe (CTWP) y La Autoridad de los Puertos (AP), han trabajado para desarrollar esta guía.

Se debe conocer y entender los diferentes niveles de alerta de tsunami en Puerto Rico. Con este propósito, ésta guía provee una sección dónde se explica estos niveles de alerta y se sugieren diversas acciones a seguir para minimizar la pérdida de vida y propiedad. Diferentes acciones a seguir son recomendadas dependiendo de la fuente u origen del tsunami (cercano o distante). Para efectos de este documento, un tsunami cercano es aquel donde las olas podrían arribar nuestras costas en un tiempo menor o igual a tres horas. Por consiguiente, se cuenta con poco tiempo para responder y la prioridad debe ser desalojar las personas de las facilidades portuarias lo antes posible buscando lugares más altos fuera de la zona de desalojo ya establecida o algún edificio o estructura alta (cuatro pisos o más) que sirva para desalojo vertical. Si la fuente del tsunami es distante, es decir que el tiempo de arribo excede las tres horas, pudiera considerarse movilizar alguna embarcación mar adentro a una profundidad recomendada según la **Figura 10**. De otra parte, embarcaciones que se aproximen al puerto pudieran ser redirigidas a otros puertos o permanecer en mar abierto, a una profundidad recomendada, hasta que haya pasado la emergencia.

Finalmente, se enfatiza en que un buen plan debe ir acompañado de ejercicios de práctica donde se pongan a prueba los diferentes componentes del plan y las comunicaciones. Solo así se podrá asegurar que tanto los operadores, como el personal, sabrán qué deben hacer en caso de un tsunami. Sin más detalles, le presentamos la **Guía de Preparación ante Tsunamis para la Comunidad Marítima y Portuaria de Puerto Rico**. Es importante comenzar a prepararse hoy, pues puede que mañana sea el día para responder a la emergencia.

Introducción

Tsunami (soo-NAH-mee) es una palabra japonesa que significa ola en puerto. Un tsunami es una elevación anómala del nivel del mar vista algunas veces como una serie de olas con una longitud de onda y periodo largo (tiempo entre cresta y cresta) generado por un gran desplazamiento impulsivo del agua del mar. El tiempo entre las olas puede variar desde minutos a más de una hora, pero generalmente están en el rango de 15 a 25 minutos. Uno de los principales peligros debido a los tsunamis, incluso los de pequeña amplitud, son los remolinos y fuertes corrientes que pueden ser generadas, las que pueden romper las líneas de amarre y anclaje de las embarcaciones y causar graves daños a los muelles, puertos y marinas. Observaciones y estudios de eventos previos describen que durante el tsunami del 2004 [Indonesia] una ola de 1.5m de altura fue capaz de romper 12 líneas de amarre de un buque de 285 metros y arrastrarlo lejos del puerto de Salalah, Oman [1].

Los registros históricos de tsunami del Centro Nacional de Información Ambiental (NCEI, por sus siglas en inglés) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) muestran que alrededor de 74 tsunamis se han observado en el Caribe durante los últimos 500 años (**Figura 1**). Estos representan aproximadamente del 7-10% de los tsunamis oceánicos del mundo. Desde 1498, al menos 4,438 personas en el Caribe han perdido la vida a causa de un tsunami (NCEI) (**Figura 1**). En los últimos años ha habido un crecimiento explosivo de la población y la entrada de turistas a lo largo de las costas del Caribe aumentando la vulnerabilidad a tsunamis. Utilizando los datos del CENSO 2010, se estima que en Puerto Rico más de 250,000 personas residen dentro de las zonas expuestas a tsunami (programa TsunamiReady de Puerto Rico).

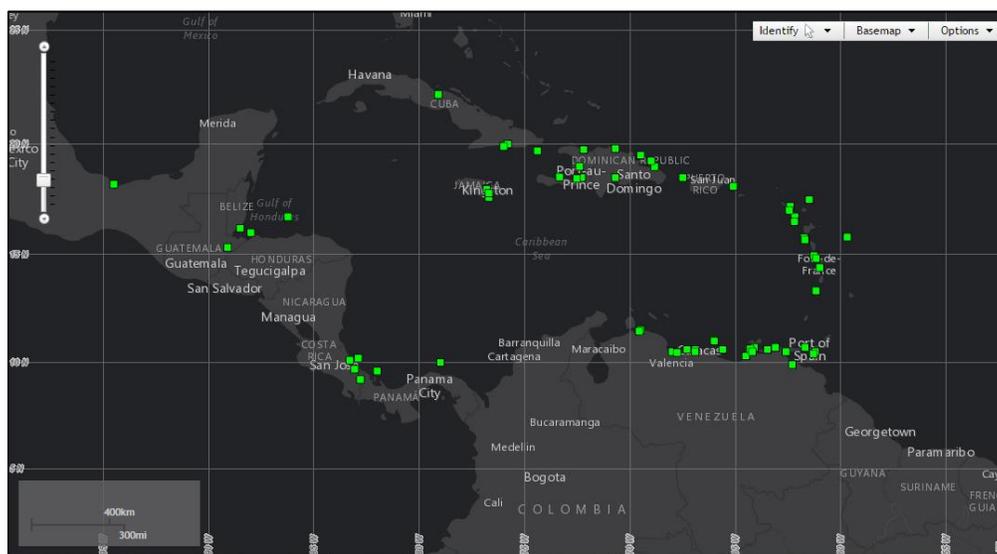


Figura 1: Mapa de tsunamis históricos en el Caribe. (Tomado y adaptado del mapa interactivo del NCEI, <https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/hazards>).

Además de los tsunamis, la región también tiene una larga historia de terremotos destructivos. Los registros históricos muestran que al menos 32 terremotos con magnitud $\geq 7M$ han golpeado la región del Caribe en los últimos 500 años, cuatro de estos cerca de Puerto Rico (NCEI) (**Figura 2**).

Los puertos e instalaciones portuarias, así como las marinas, son altamente vulnerables a estos eventos debido a la altura de las olas y las corrientes potenciales que se podrían generar. Para reducir la pérdida de vidas, propiedades y bienes, es imperativo que estas instalaciones tengan planes para prepararse, responder y recuperarse de los tsunamis.

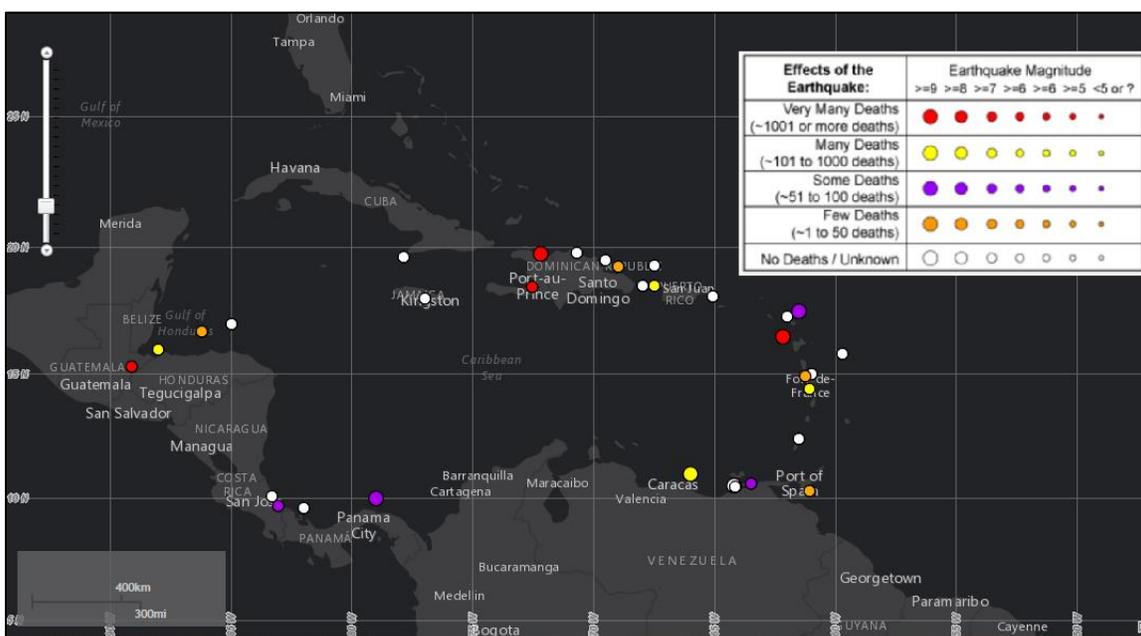


Figura 2: Terremotos históricos en el Caribe con magnitud $\geq 7M$ y el número aproximado de fatalidades (Tomado y adaptado del mapa interactivo del NCEI, <https://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/hazards>).

La Guía de Preparación ante Tsunamis para la Comunidad Marítima y Portuaria de Puerto Rico es desarrollada para entidades gubernamentales y no gubernamentales que lleven a cabo alguna operación o actividad marítima. Esto incluye, pero no se limita, a aquellas entidades o personas responsables de la seguridad marítima y/o portuaria que desarrollan planes de respuesta en caso de emergencia. Sabemos que la **comunidad marítima** es una muy compleja y que atiende a un grupo diverso de entidades y poblaciones.

Entre las entidades que forman la comunidad marítima en Puerto Rico tenemos:

- Entidades gubernamentales estatales- Autoridad de los Puertos, Las Fuerzas de Rápida Acción (FURA) de la Policía de Puerto Rico, Unidad Marítima de Recursos Naturales, Autoridad de Transporte Marítimo (ATM), Capitanes de Puertos, Pilotos de Puertos, Compañía de Turismo

- Entidades del gobierno federal – Guardia Costanera (USCG)
- Entidades no gubernamentales – operadores de marinas privadas, capitanes de puertos, operadores o sub arrendadores de puertos del gobierno, Compañías privadas de transporte, Asociación de Navieros de Puerto Rico
- Entidades locales – Villas pesqueras, Asociaciones de pesca

Durante un evento real los Centros de Alerta de Tsunamis (TSP, por sus siglas en inglés) proveerán información oficial importante de tsunamis a las autoridades locales en forma de boletines con la cual las agencias oficiales de seguridad tomarán decisiones y alertarán a la población. Estos boletines incluyen información de la fuente del tsunami; en caso de que sea un terremoto incluirá información sísmica (localización, magnitud y profundidad), tiempo de arribo estimado de las primeras olas y la altura estimada de olas. Actualmente Puerto Rico se encuentra bajo el área de responsabilidad del Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés).

Estos boletines también incluyen el nivel de alerta de tsunami, que dependiendo de la localización y la magnitud del terremoto pudiera ser **aviso, advertencia, vigilancia** de tsunami o un **boletín informativo (Figura 3)** para Puerto Rico e Islas Vírgenes, y las acciones recomendadas a seguir. Es importante conocer los niveles de alerta, cuáles son las fuentes oficiales de información, estar relacionado con los productos del centro de alerta de tsunamis PTWC, tener sistemas redundantes para recibir y diseminar las alertas, conocer los mapas de desalojo y contar con un plan de respuesta si queremos minimizar la pérdida de vida y propiedad. Un error en la interpretación de los niveles de alerta puede confundir la población y conllevaría graves consecuencias.

El último terremoto y tsunami que afectó la Isla fue en 1918. A 100 años de este evento debemos recordar que las pérdidas ocasionadas por éste fueron millonarias. Un evento de esta naturaleza hoy día sería devastador para la economía y la sociedad de Puerto Rico debido al aumento de residentes, turistas y desarrollo urbano en la zona costera.

TsunamiReady
NATIONAL WEATHER SERVICE

Si SIENTE, VE o ESCUCHA alguna de estas señales:

- **TERREMOTO FUERTE O DE LARGA DURACIÓN** (difícil mantenerse de pie o tiembla por más de 20 segundos)
- **CAMBIO REPENTINO DEL NIVEL DEL MAR**
- **RUIDO FUERTE QUE PROVIENE DEL MAR**
- Ó
- **AVISO OFICIAL DE TSUNAMI.**

ALÉJESE DE LA COSTA o MUÉVASE INMEDIATAMENTE a un **LUGAR ALTO**. Se recomienda **DESALOJAR A PIE** por las rutas sugeridas.

If you FEEL, SEE or HEAR any of these signs:

- A **STRONG** or **LONG EARTHQUAKE** (you can barely walk or shaking lasts more than 20 seconds)
- **DRASTIC CHANGE IN SEA LEVEL**
- **LOUD NOISE FROM THE SEA**
- OR
- **AN OFFICIAL TSUNAMI WARNING IS ISSUED.**

IMMEDIATELY MOVE to **HIGH GROUND** or **INLAND. WALK, DON'T DRIVE.**

• ¡Peligro! / *Danger!*

• ¡Corra a tierras altas! / *Run to high ground!*

• Siga las instrucciones de emergencia / *Follow emergency instructions.*

Aviso Warning

Advertencia Advisory

- Posibles corrientes locales fuertes y peligrosas / *Possible strong and dangerous local currents.*
- Salga de la playa, puertos y marinas / *Move off the beach and out of harbors and marinas.*
- Esté pendiente para información oficial / *Stay tuned for official emergency guidance.*

• En esta área, se desconoce el impacto esperado de tsunami / *Expected tsunami impact is unknown for this area.*

• Permanezca alerta para más información oficial / *Stay tuned for more official information.*

Vigilancia WAch

• Un temblor ha ocurrido, no se ha emitido aviso, advertencia o vigilancia / *An earthquake has occurred, no warning, advisory or watch has been issued.*

Boletín Informativo Information Statement

¡Disfrute su día de playa y esté preparado! | **Be prepared and enjoy your beach day!**

Figura 3: Niveles de alerta de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes.

Capacidad TsunamiReady® en Puerto Rico

VULNERABILIDAD A TSUNAMIS EN PUERTO RICO

Vulnerabilidad se define como las características de una persona o grupo de personas que influyen sobre su capacidad para anticipar, prepararse, resistir y recuperarse del impacto de un fenómeno natural. La vulnerabilidad ante eventos naturales está determinada por la exposición, susceptibilidad y capacidad de adaptación de la comunidad impactada [2].

Diversos factores geográficos, socio-económicos y demográficos convierten a Puerto Rico en una isla vulnerable a terremotos y tsunamis. Primero, por nuestra localización geográfica. Puerto Rico está localizado en la esquina noreste de la placa del Caribe, con múltiples fallas tectónicas, donde una gran cantidad de sismos ocurren todo el año. Segundo, por nuestra condición de isla y la naturaleza de nuestra economía, importamos la gran mayoría de nuestros bienes y productos de consumo. El 85% de los alimentos que consumimos son importados. Otro dato importante es que el 90% de la carga de importaciones entra a la Isla por barco a través del puerto de San Juan [3]. Cualquier evento que afecte dichas facilidades portuarias afectaría la cadena de suministros en toda la Isla. Tercero, una cantidad considerable de personas residen dentro de la zona de desalojo por tsunami. Utilizando los datos del CENSO 2010, el programa de tsunamis de la RSPR estima que en Puerto Rico más de 246,000 personas (7% de la población total) residen dentro de las zonas de desalojo por tsunami sin contar los miles de turistas que visitan la zona diariamente. Según datos de turismo del Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, durante el pasado año más de 1.3 millones de pasajeros llegaron a la Isla en crucero.

PREPARACIÓN Y CAPACIDAD TSUNAMIREADY DE PUERTO RICO

Comunidades TsunamiReady®

El Programa Nacional de Mitigación de Tsunamis (NTHMP por sus siglas en inglés) apoya los esfuerzos de preparación ante tsunamis. En Puerto Rico, la RSPR administra los fondos del programa nacional de tsunamis. El objetivo principal de este programa es reducir el efecto de tsunamis mediante la educación, la evaluación de la amenaza, la concienciación y la mitigación. Como parte de este programa, tenemos los componentes **TsunamiReady** y **TsunamiReady Supporter** los cuales ayudan a entidades y comunidades costeras a reducir el potencial de un desastre ocasionado por un tsunami. Este reconocimiento se logra mediante la planificación de respuesta ante una emergencia por tsunami, la participación y educación de la comunidad a ser reconocida y el asesoramiento de un equipo de expertos en este proceso. El 1 de julio de 2016, el Servicio Nacional de Meteorología (SNM) reconoció a todo Puerto Rico como una comunidad TsunamiReady. Ese reconocimiento se debe a que los 46 municipios con zonas propensas a inundación por tsunami cumplieron con las guías de reconocimiento y sus planes de respuesta a tsunamis, esto incluye 44 municipios costeros y dos no costeros con zonas propensas a inundación por tsunami según la modelación (Canóvanas y Bayamón).

Modelo de inundación y mapas de desalojo

En el año 2012 se estableció una nueva modelación de inundación por tsunami para Puerto Rico (**Figura 4**). Para dicha modelación se simularon cientos de fuentes de terremotos alrededor de la isla incluyendo un evento catastrófico magnitud 8.5 en la Trinchera del Puerto Rico al norte de Puerto Rico [4]. El resultado de dicha modelación se le conoce con el nombre de “MOM” (máximo de los máximos) el cual es la suma de todas las inundaciones simuladas en el modelo.

Basado en la modelación 2012 se delimitó la zona de desalojo por tsunami para Puerto Rico. La **zona de desalojo** toma en consideración diferentes variables, entre estas:

- Modelo de inundación por tsunami 2012
- Topografía del lugar
- Barreras naturales
- Un factor de seguridad



Figura 4: Zona de inundación por tsunami, modelo 2012 (Tomado y adaptado del Puerto Rico Tsunami Program Map Tool, RSPR, <http://www.prtdst.uprm.edu>).

Una vez delimitada la zona de desalojo se comenzó el desarrollo de los mapas de desalojo para cada municipio en Puerto Rico con zonas propensas a inundación por tsunami. El **Anejo 1** incluye un ejemplo del mapa de desalojo de San Juan. Otros mapas pueden ser descargados utilizando el siguiente enlace:
<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/maps/todos.php>

Utilizando la aplicación de mapas “Puerto Rico Tsunami Program Map Tool”, de la RSPR (**Figura 6**), se puede ver la zona de desalojo, las rutas a seguir y los lugares de asamblea. Dicha aplicación permitirá establecer la mejor ruta de desalojo y medir la distancia que debe recorrer para calcular el tiempo estimado de desalojo. Adelante se explica en detalle esta aplicación en la sección **Aplicación de Mapas**.

Rutas de desalojo señalizadas

Como parte de la preparación y capacidad TsunamiReady en Puerto Rico diferentes rutas de desalojo fueron establecidas y señalizadas de acuerdo a las guías de cumplimiento del programa. Los criterios para establecer una ruta de desalojo son:

- Minimizar el tiempo en desalojar o salir de la zona de riesgo (zona amarilla en los mapas de desalojo por tsunami)
- Minimizar el tiempo en que se camina por las rutas a lo largo de la costa (paralelo)
- Minimizar el cruce de puentes
- Brindar mayor accesibilidad a las agencias que prestan servicios en emergencias
- Las rutas de desalojo sugeridas son a través de carreteras o caminos reconocidos

Se puede calcular el tiempo estimado que toma a las personas desalojar desde sus facilidades utilizando la ecuación de tiempo igual a distancia entre velocidad. Por ejemplo, el tiempo de desalojo se estima al caminar a una velocidad equivalente a 2.5 mph (velocidad estimada a la que caminaría un niño o una persona mayor) utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo (min.)} = [(\text{Distancia de la ruta en millas} / 2.5 \text{ mph}) * (60 \text{ minutos})]$$

Cientos de letreros instalados en todo Puerto Rico señalan las rutas de desalojo, las zonas de peligro y los lugares de asamblea. La **Tabla 1** muestra los diferentes tipos de letreros que encontrará a lo largo de la zona y las rutas de desalojo establecidas en los municipios.

Dentro de sus instalaciones pueden colocar letreros tipo flecha que señalen al personal la ruta de desalojo dentro de sus facilidades. Este tipo de letrero puede ser una iniciativa dentro de su plan de respuesta.

Protocolo de comunicaciones y niveles de alerta

Puerto Rico cuenta con un protocolo de comunicaciones en caso de que se emita un aviso, advertencia o vigilancia de tsunami para el Caribe (**Figura 5**). Los TWC evalúan la actividad sísmica alrededor del mundo y a su vez emiten diferentes tipos de mensajería, o productos, a los Puntos Focales de Aviso de Tsunamis (TWFP, por sus siglas en inglés) quienes operan 24 horas los 7 días de la semana. En Puerto Rico, la RSPR es la fuente oficial de información de terremotos y uno de los puntos focales de aviso de tsunamis junto con Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD) y el SNM.

Cuando se recibe la información de los TWC, la misma es diseminada a diferentes agencias locales y estatales de manejo de emergencia quienes a su vez pasan la información a otros puntos focales y a la población en general a través de los diferentes sistemas de comunicación de emergencia. El programa TsunamiReady y TsunamiReady Supporters ayuda a las comunidades y entidades a fortalecer su punto de aviso de tsunami

local de acuerdo a las guías de cumplimiento del programa. El pasado 3 de abril de 2017, Puerto Rico pasó bajo la jurisdicción del Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés) [5].

Tabla 1: Tipos de letreros TsunamiReady instalados en los municipios que participan del programa.

Ejemplo	Tipo de letrero
	Zona de Peligro
	Ruta de Desalojo / Flecha
	Entrando a zona de peligro
	Saliendo de zona de peligro
	Lugar de asamblea
	Desalojo Vertical

Parte de las guías de cumplimiento del programa TsunamiReady y TsunamiReady Supporters son: (a) establecer un punto focal de aviso en donde tenga sistemas redundantes para recibir y diseminar los mensajes de tsunami, (b) establecer un plan de respuesta que incluya: un árbol de llamadas, las acciones a seguir de acuerdo al nivel de alerta, las rutas de desalojo y las responsabilidades del personal, (c) señalización de rutas de desalojo. Para más información visite: <http://www.prsn.uprm.edu/tsunamiready>, (d) desarrollar ejercicios prácticos y (e) mantener un programa educativo para el personal y las comunidades expuestas.

Existen cinco niveles de alerta a tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. Estos son: **aviso**, **advertencia**, **vigilancia** de tsunami, **boletín informativo** y **cancelación** para Puerto Rico e Islas Vírgenes (**Figura 3**). Las acciones que el personal ejecutará en cada nivel de alerta deben estar explicadas dentro de su plan de respuesta. A continuación, detallamos lo que significa cada nivel de alerta.

- **Boletín Informativo:** Este es un mensaje informativo relacionado a la ocurrencia de un evento sísmico sin potencial de generar un tsunami. Se recomienda permanecer tranquilo, ya que no se ha emitido Aviso, Advertencia o Vigilancia de tsunami para Puerto Rico.



- **Vigilancia:** Este mensaje se emite cuando ha ocurrido un evento que más tarde pueda afectar la zona costera. La vigilancia puede convertirse en una advertencia, aviso o ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Se recomienda permanecer pendiente a información oficial.

- **Advertencia:** Este mensaje se emite cuando hay un peligro potencial por un tsunami que puede producir corrientes fuertes u oleaje peligroso. Se recomienda salir del agua y de la playa. La advertencia puede convertirse en un aviso o puede ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Debe permanecer pendiente a información oficial.



- **Aviso:** Este es el nivel más alto de alerta de emergencia y se emite cuando hay un peligro inminente de inundación por tsunami. El aviso se puede extender por varias horas después de la llegada de la primera ola. Se recomienda desalojar la zona inundable inmediatamente (a pie), moverse a tierras altas y seguir las instrucciones de emergencia. Debe permanecer pendiente a información oficial.

- **Cancelación:** Este mensaje se emite cuando, basado en el análisis de todos los datos disponibles del evento, los Centros de Alerta de Tsunamis determinan que ya no existe peligro de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. No obstante, se debe considerar que fluctuaciones del nivel del mar pueden continuar.

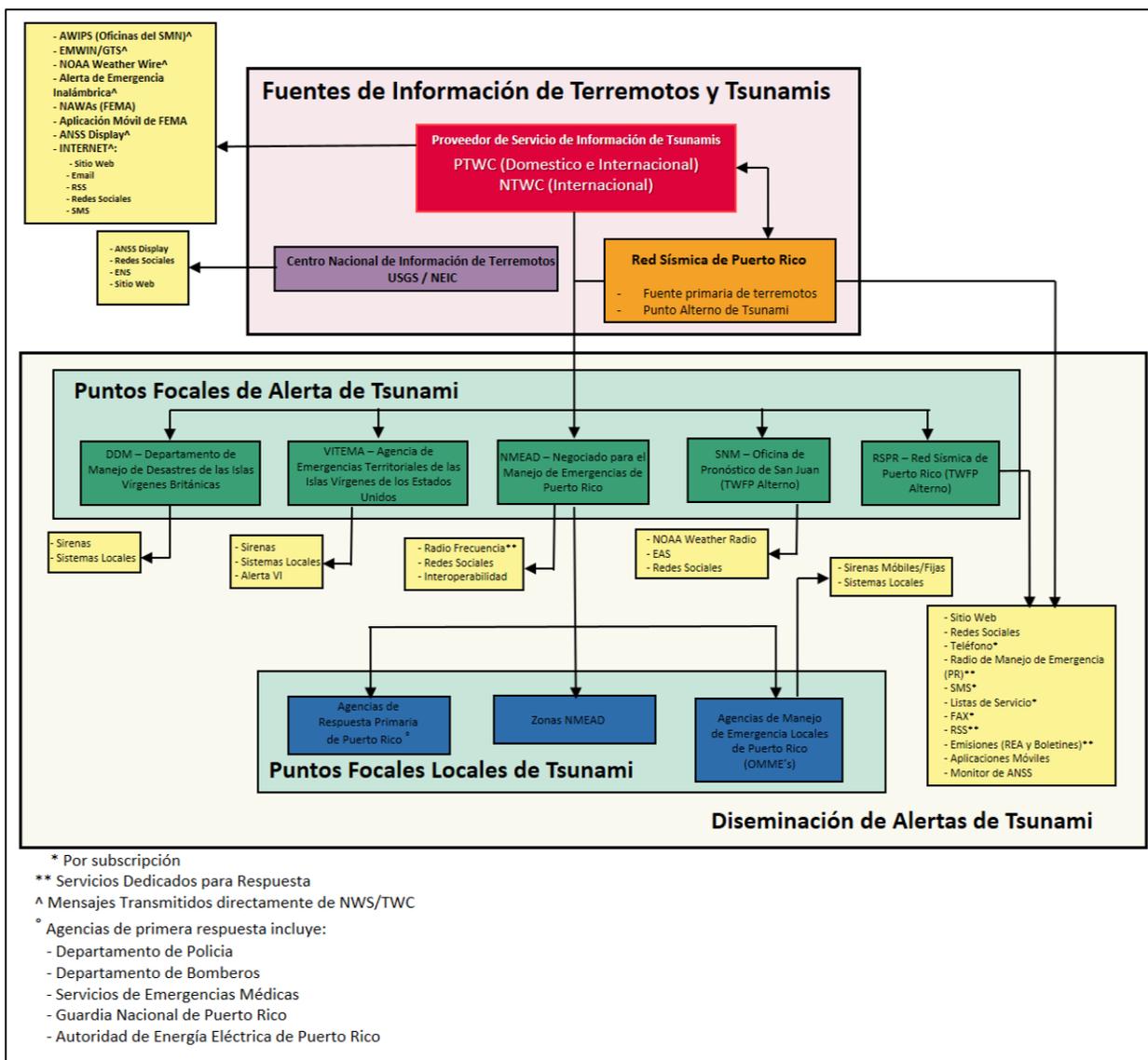


Figura 5: Protocolo de comunicación para Puerto Rico e Islas Vírgenes en caso de tsunami y terremoto (tomado de la RSPR).

Aplicación de mapas Puerto Rico Tsunami Program Map Tool

El **Puerto Rico Tsunami Program Map Tool (PRTPMT)** son los mapas de desalojo por tsunamis en forma de aplicación web (**Figura 6**). Esto es una herramienta liviana de mapas por internet (web API) con base en los sistemas de información geográfica (SIG) la cual permite visualizar e interactuar con las capas de información presentes en los mapas de desalojo. Esta herramienta contiene múltiples capas de información tales como:

- Zona de desalojo por tsunami (PR & USVI)
- Modelo de inundación por tsunami 2012 (zona de inundación y altura de la inundación)
- Rutas de desalojo por tsunami
- Rotulación TsunamiReady
- Lugares de asamblea
- Otros

La aplicación permite a los usuarios ejecutar ciertas funciones de forma interactiva. Entre las opciones se encuentra: acercamiento a una zona, búsqueda de lugares, cambiar el mapa base, tomar medidas sobre el mapa, activar otras capas de información e imprimir una imagen o mapa modificado de la zona de interés del usuario. Finalmente, el mapa está diseñado para que, de forma intuitiva solamente al acercar el mapa, van apareciendo diferentes capas de información. Este mapa está disponible a toda la comunidad a través de internet y no requiere de muchos conocimientos en computadora para utilizarlo. El mapa puede ser desplegado en computadoras de escritorio, tabletas y celulares inteligentes.

Para acceder a la aplicación utilice el siguiente enlace: <http://www.prtdst.uprm.edu>. Además, utilizando la siguiente dirección web: <http://www.prsn.uprm.edu/tsunamiready>, podrá descargar un manual que le enseñará a utilizar la herramienta.

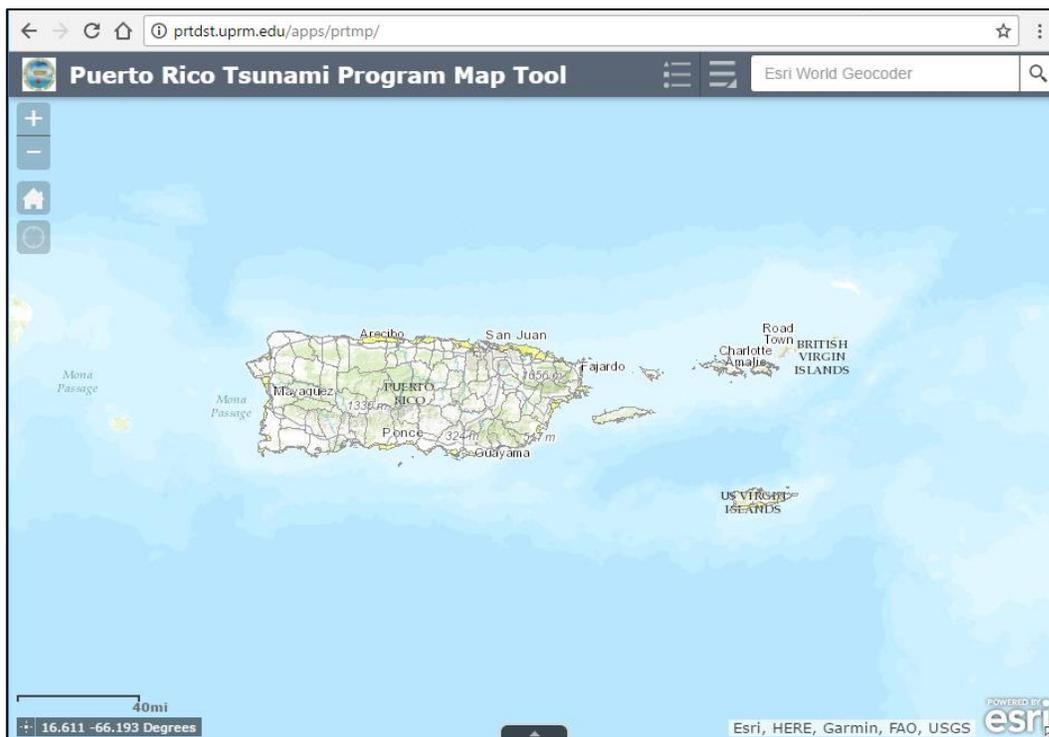


Figura 6: Puerto Rico Tsunami Program Map Tool (PRTMP). La zona de desalojo, en color amarillo, aparece automáticamente en el mapa.

Aspectos a considerar en la preparación de la Comunidad Marítima

RELACIÓN ENTRE CORRIENTES DEL TSUNAMI Y DAÑOS EN FACILIDADES PORTUARIAS

Existe una relación directa entre la velocidad de las corrientes producidas por un tsunami y la magnitud de los daños que se pueden producir en las facilidades portuarias. Esta relación ha sido estudiada por la comunidad científica y expertos en el tema. Uno de estos estudios fue realizado por el Dr. Patrik L. Lynett, de la Universidad de Southern California (USC), junto a otros colegas, en el año 2014 [6]. El estudio titulado: “Estudio de riesgo de corrientes inducidas por tsunami” (Assessment of the tsunami-induced current hazard), provee un índice para estimar los daños basado en la velocidad de las corrientes (**Figura 7**).

A fin de relacionar la velocidad de las corrientes con el nivel de daños, Lynett y otros (2014) [6] dividen la gravedad de los daños en seis índices (categorías), partiendo desde ningún daño hasta daño total. La Guía de Respuesta y Mitigación para la Comunidad Marítima ante Tsunamis del estado de California, menciona que a pesar de que el tipo de daños y su correspondiente índice son subjetivos, al revisar los tipos de daños observados se puede sugerir que estas categorías son una representación confiable que cubren los impactos de un tsunami en un puerto [7].

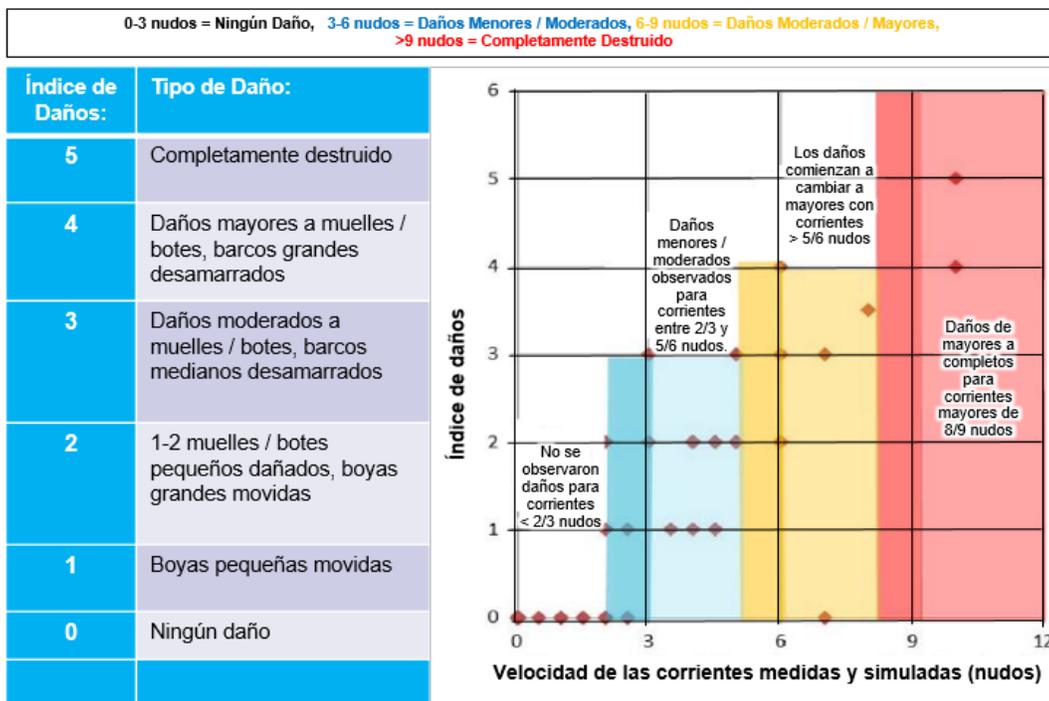


Figura 7: Gráfica que muestra la relación entre las fuertes corrientes producidas por un tsunami y el nivel de daños. Se ofrece una descripción de daños de acuerdo al índice (0 - 5) (Tomado y traducido del “Playbooks” de California, NTHMP).

La **Figura 7** muestra la tendencia general del incremento en daños a medida que aumenta la velocidad de las corrientes. En estos datos, hay un cambio notable para el inicio de los daños al acercarse a los 3 nudos (3.45 mph). Cuando se exceden los 3 nudos, la predicción de daños cambia de “ningún daño” a “daños menores o moderados”. Por lo tanto, en los datos simulados, **3 nudos** representan el primer límite importante de velocidad de corrientes. El segundo cambio notable ocurre alrededor de los **6 nudos** (6.9 mph) donde los daños cambian de categoría de “daños moderados” a “daños mayores”. Un tercer cambio de velocidad de corriente, aunque menos claro, está alrededor de los **9 nudos** (10.35 mph), donde los niveles de daño se mueven a la categoría de “daño extremo” o “completamente destruido” [7]. Cabe mencionar que un nudo es igual a 1.15 mph. Estos datos nos ayudan a desarrollar una idea mucho más clara de los daños que un tsunami puede generar en los puertos y marinas.

¿QUÉ HACER AHORA?

La respuesta a esta pregunta es PLANIFICAR y PREPARARSE. Dada la naturaleza de una facilidad portuaria, las acciones a seguir en puertos y marinas para los niveles de alerta antes mencionados son complejas y particulares en cada facilidad. No existe un plan perfecto, lo importante es comenzar a desarrollarlo. Aquí sugerimos algunas consideraciones a la hora de desarrollar su plan.

Aspectos que debe considerar al desarrollar su plan de respuesta

- Características físicas de sus facilidades
- Características económicas
- Estudio de vulnerabilidad
- Mapa de desalojo por tsunami
- Señalización de rutas de desalojo
- Modelo de inundación por tsunami
- Modelo de corrientes por tsunami
- Carta náutica de la zona
- Programa educativo y ejercicios prácticos
- Acciones a seguir luego del aviso inicial
- Árbol de llamadas
- Plan para la continuidad de operaciones (COOP)

Características físicas de sus facilidades

Debe incluir una descripción detallada de sus facilidades donde se mencione:

1. Localización: dónde se ubican sus facilidades, mapa de localización, cuerpos de agua presentes, vías navegables, etc.
2. Inventario de sus facilidades e infraestructura. En un sistema de información geográfica (SIG), un mapa o sobre una foto aérea puede hacer un pequeño esquema que identifique todas sus facilidades e infraestructura (tanques, líneas, generadores, sistema de bombas, muelles, embarcaderos, etc.). También, este inventario, lo puede hacer de forma escrita o en una tabla. Incluya el uso que se le da

a dicha facilidad y cuán importante es para sus operaciones. Esto le ayudará a establecer un inventario de facilidades críticas.

3. Centro de mando de operaciones: describa las facilidades de comunicación, los equipos de comunicación que tiene y horario que opera. Recuerde que este lugar funcionará como Punto de Aviso de Tsunami. Existen varios equipos y sistemas importantes en un Punto Focal de Aviso de Tsunami para **recibir y diseminar** la información. Entre estos se destacan: radio AM/FM, radio NOAA, televisor, internet, teléfono, radio frecuencia, programa para RSS de la Red Sísmica, sistema EMWIN, fax, teléfono satelital, sirenas móviles o fijas, alto parlante, intercomunicación, alarma de incendio, sistema de alerta de emergencia, entre otros.
4. Tipo de embarcaciones que recibe en sus facilidades y la carga que mueven. Es importante conocer la peligrosidad, si alguna, de la carga que mueve en sus facilidades.
5. Mencione si tiene puertos secundarios en sus facilidades.
6. Describa las operaciones portuarias críticas para otras funciones o entidades no marítimas. Esto le ayudará a establecer la relevancia de sus facilidades para otras comunidades.
7. Cualquier otra información sobre sus facilidades que se quiera incluir (año de construcción, remodelaciones, etc.).

Características económicas

Haga una breve descripción de las actividades económicas que la entidad realiza en sus facilidades. Se puede incluir la importancia económica que representan sus operaciones, cantidad de empleados, aportación al fisco de su entidad, bienes que entran o salen de sus facilidades, datos económicos recientes, la actividad económica que representa, entre otros datos.

Por ejemplo: Empresa de transporte de combustible para venta al por mayor. Empleamos cerca de ___ personas y suplimos el ___% del combustible total que se vende en la isla. Nuestra empresa representa unos \$x.x en impuestos y/o arbitrios al año al gobierno. Otras industrias importantes dependen de nuestras operaciones tales como: W, X, y, Z. Recientemente nuestra ENTIDAD realizó una importante inversión de expansión de facilidades y mejoras permanentes permitiendo aumentar nuestro mercado en un ___ % para los próximos ___ años.

Estudio de vulnerabilidad

Se recomienda llevar a cabo estudios de peligro de tsunami, riesgo y vulnerabilidad, incluyendo altura esperada de la ola, modelaje de dispersión y modelaje de alta resolución del impacto esperado del tsunami especialmente relacionado con corrientes. La RSPR condujo varios estudios de corrientes para algunos puertos principales de Puerto Rico (**Anejo 3 - Anejo 5**) Para la altura aproximada de la ola según el modelo de inundación 2012 visite la aplicación de mapas P RTPMT, de la RSPR.

En este estudio debe incluir la población (cantidad de personas) expuesta, si atienden turistas, la infraestructura crítica expuesta, los peligros asociados (derrames de combustibles, fuegos, contaminación, contenedores flotando, etc.).

Mapa de desalojo por tsunami

Se debe contar con mapas de desalojo (**Anejo 1 y Anejo 2**) y exhibirlos en lugares importantes para que visitantes y el personal puedan familiarizarse con la zona de peligro, rutas de desalojo y lugares de asamblea. Utilizando la aplicación de mapas P RTPMT, de la RSPR, usted podrá crear su propio mapa de desalojo, la ruta a seguir y los lugares de asamblea cercanos.

Señalización de rutas de desalojo

Se recomienda adquirir e instalar letreros para indicar peligro de tsunami, rutas de desalojo y lugares de encuentro. Estos letreros no tienen que ser iguales a los del programa TsunamiReady y su entidad los instala a su mejor conveniencia. Los letreros servirán para todo tipo de desalojo. Deben estar en lugares visibles, que llamen la atención del personal.

Modelo de inundación por tsunami

Un mapa de inundación por tsunami establece cuáles son las zonas afectadas. Se recomienda estar familiarizado con la zona de inundación por tsunami. Este mapa de inundación (modelo 2012) se encuentra en la aplicación de mapas P RTPMT. Hay dos capas de información que delimitan la inundación, una es el polígono de inundación y la otra es una imagen con la elevación de la inundación según el modelo 2012 (MOMRAS). La imagen o MOMRAS, al activarla en el mapa, permite extraer la altura de la inundación en metros, tocando sobre la imagen. Recuerde que en ocasiones la zona de inundación pudiera ser menor a la zona de desalojo, esto se debe al factor de seguridad que se incluye en la zona de desalojo.

Modelo de corrientes por tsunami

La RSPR llevó a cabo estudios de corrientes para los siguientes puertos: San Juan, Ponce, Mayagüez, Fajardo, Guayama, Arecibo y Guánica. Estos estudios simulan la dinámica de las corrientes marinas generadas por un tsunami en la costa en un periodo de tiempo. Esta simulación permite predecir las zonas dónde se esperaría que las corrientes sean mayores y en cuáles áreas las corrientes serán lo suficientemente lentas como para que las embarcaciones se puedan controlar o dónde las olas no pueden romper.

Carta náutica de la zona

Una carta náutica es una herramienta que usan los navegantes para trazar un curso que los llevará a su destino de manera eficiente y evitando los peligros [8]. Entre otras cosas, una carta náutica brinda información de la profundidad en pies de las aguas usando como referencia condiciones de marea baja. Esta información le ayudará a conocer mejor la zona marítima. El siguiente enlace provee información educativa sobre cómo interpretar una carta náutica:

<http://noaa.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=fe2d889c35794f0999811b66cd5ffbe7>

Por otro lado, el siguiente enlace le permite identificar y descargar la carta náutica de su zona directamente de la página (Office of Coast Survey, NOAA):

<https://www.nauticalcharts.noaa.gov/index.html>.

Programa educativo y ejercicios prácticos

Establecer un programa educativo sobre la amenaza de tsunamis y cómo responder durante la emergencia ayudará a salvar vidas. En esta parte se puede incluir las actividades que llevará a cabo en su entidad para adiestrar al personal y a los visitantes de sus facilidades sobre la información contenida en el plan. Entre las actividades puede incluir:

- Charlas educativas y talleres (los usuarios tienen que saber qué hacer si notan señales naturales de un tsunami)
- Reuniones con el personal
- Utilizar los recursos educativos que provee la página de internet de la RSPR
- Desarrollar letreros informativos
- Participar en ejercicios de práctica y simulacros anuales tales como el Caribe Wave y el Shakeout de la RSPR
- Desarrollar sus propios ejercicios: desalojo, de mesa o a gran escala

Árbol de llamadas

Un árbol de llamadas es una herramienta de trabajo que se utiliza para diseminar la información de emergencia a través del teléfono al personal (**Figura 8**). La información va pasando por diferentes niveles donde cada persona llamará hasta un máximo de tres contactos, estos a su vez llamarán a otros tres y así sucesivamente. Se recomienda dar prioridad a las personas que ayudarán a responder durante la emergencia y luego al resto del personal. Si una persona no consigue a la persona del primer nivel tendrá que bajar al próximo nivel hasta que consiga alguien, es por eso que no se recomienda asignar más de tres contactos por persona.

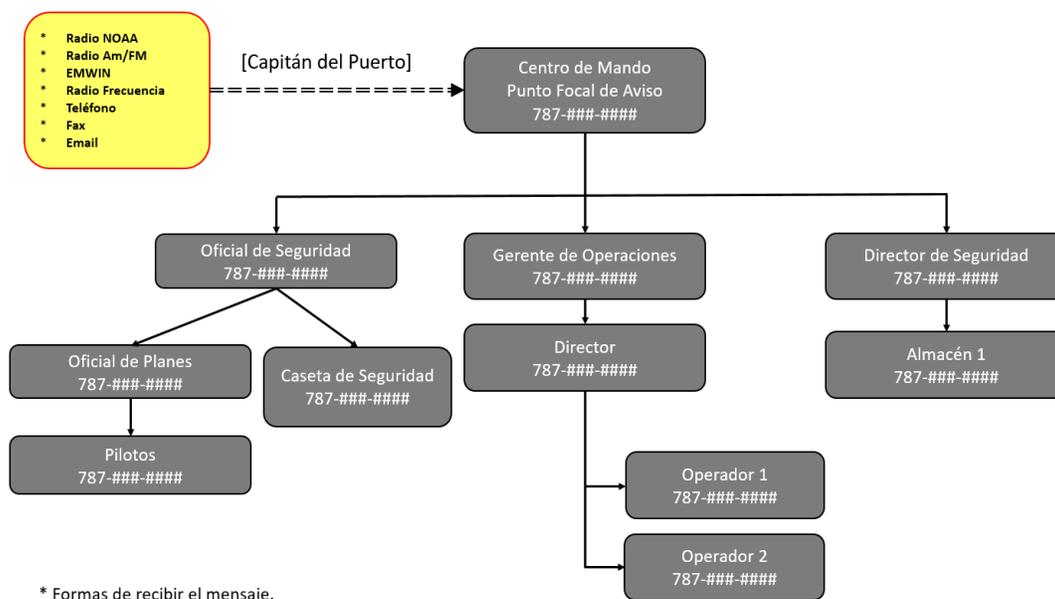


Figura 8: Ejemplo de un árbol de llamadas.

Acciones a seguir luego del mensaje inicial

Esta sección del plan de respuesta detalla cuáles son las acciones que se llevarán a cabo una vez se recibe el mensaje de aviso, advertencia o vigilancia de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. Debe describir qué hará cada una de las personas dependiendo del nivel de alerta. Se recomienda una sección para **AVISO**, otra para **ADVERTENCIA** y otra para **VIGILANCIA** de tsunami para Puerto Rico. También se deben definir los procedimientos para el “**All Clear**”. Por ejemplo, si una zona costera ha sufrido poco o ningún daño por el tsunami, el “All Clear” se puede emitir después que se haya emitido el Boletín Final de Tsunami (cancelación). Sin embargo, si un área ha sido severamente dañada por el tsunami, pueden pasar muchas horas o días antes que se permita a una comunidad regresar a las costas. Por ejemplo, los escombros hacen intransitables las carreteras, líneas eléctricas y de gas pueden estar caídas, y las operaciones de búsqueda y rescate pudieran estar llevándose a cabo. Se deben revisar anualmente los procedimientos de respuesta ante tsunamis a través de informes de seguridad, reuniones, ejercicios de mesa y/o simulacros. Sugerimos tomar en consideración la información provista en la sección de Recomendaciones de esta guía. En la sección de **Anejos** se incluye una plantilla que le servirá como base para desarrollar su plan de respuesta en cumplimiento con las guías del programa TsunamiReady Supporter (**Anejo 6**).

Plan para la continuidad de operaciones (COOP)

Un “Continuity of Operation Plan” o mejor conocido como plan COOP, es un esfuerzo dentro de los departamentos del gobierno y agencias, estatales o federales, para asegurar que las Funciones Esenciales continúan siendo realizadas durante una amplia gama de emergencias [9]. El sector privado que opere o posea una **facilidad crítica** o que brinde servicios esenciales al gobierno debe contar con un plan COOP de acuerdo a las guías federales. Otras entidades privadas deben determinar si establecerán un plan COOP y si cuentan con todos los requisitos para el mismo. En resumen, se trata de establecer un centro de operaciones alternativo que le ayudará a continuar todas las operaciones esenciales durante una emergencia. Debe determinar cuáles operaciones son esenciales y qué necesita para ejecutar las mismas. Para más información puede visitar los siguientes enlaces: <https://www.fema.gov/policy-plans-evaluations> y https://www.fema.gov/pdf/about/org/ncp/coop_brochure.pdf.

¿QUÉ HACER DURANTE UN TSUNAMI?

Bajo un **AVISO** de tsunami es el momento de RESPONDER de forma coordinada de acuerdo al plan. Cuando se habla de responder a una emergencia nos referimos a ejecutar lo que se haya practicado y desarrollado durante el proceso de preparación del plan. Las acciones a seguir dependerán del tiempo que tarde la primera ola en arribar (Estimate Time of Arrival o EAT) a la costa, de acuerdo a nuestra modelación. Si la ola arriba en un tiempo menor o igual a tres horas se considera un **evento cercano**, si el tiempo excede las tres horas se considera un **evento distante**. Otras agencias hacen una clasificación distinta de los tsunamis basado en otros parámetros, sin embargo, para propósitos de esta guía utilizaremos los datos disponibles de nuestra modelación (**Figura 9**).

Existe una relación directa entre la profundidad, la amplitud (altura) de la ola y la velocidad de las corrientes. Un tsunami en alta mar o en aguas más profundas pudiera alcanzar una velocidad de alrededor de 500 mph;

no obstante, la amplitud de la ola es menor por lo que pudiera ser imperceptible para una embarcación en alta mar [10]. A medida que el tsunami se acerca a la costa y encuentra aguas menos profundas, la velocidad con la que viaja disminuye y aumenta su amplitud. Los estudios de corrientes inducidas por tsunami ayudan a determinar cuáles son aquellas áreas donde las corrientes marinas pudieran ser lo suficientemente lentas para que una embarcación pueda maniobrar sin hundirse o ser arrollada por el tsunami. Esto va a depender del tamaño de la ola y la velocidad.



Figura 9: Mapa de tiempo estimado de arribo de un tsunami a la región. Datos obtenidos de la herramienta Tide Tool (PTWC).

Acciones a seguir para un tsunami cercano (tiempo de arribo de la primera ola \leq 3hr)

Si la fuente del tsunami es cercana significa que contamos con un tiempo menor o igual a tres horas para responder. Las acciones a seguir van enfocadas al desalojo de la población en las facilidades, marinas y puertos, y movilizarse a tierras altas fuera de la zona de desalojo. Sacar embarcaciones del puerto podría ser peligroso y poner su vida en riesgo ya que para embarcaciones grandes el tiempo de preparación para salir pudiera tomar un tiempo mayor a tres horas. Considere abandonar de inmediato la embarcación y desalojar el área costera en el menor tiempo posible. De otra parte, existen **señales naturales** que nos alertan que un tsunami pudiera afectar nuestras costas en un corto tiempo. Si siente un terremoto fuerte (dificultad para caminar, daños estructurales de leve a considerable dependiendo del diseño del edificio), duración mayor a 20 segundos, cambio rápido en el nivel del mar o un ruido extraño proveniente del océano, puede haber un peligro de tsunami.

En caso de que sienta las señales naturales o si el mensaje de tsunami emitido por el Centro de Alerta de Tsunamis indica que **hay una amenaza cercana**, se recomienda que la persona a cargo [Capitán] debe seguir las acciones a continuación:

1. Notificar a todos los usuarios del puerto mediante la activación del árbol de llamadas y los demás mecanismos de diseminación de información. Los usuarios tienen que saber qué hacer bajo un **AVISO de tsunami**.
2. Considere abandonar de inmediato las embarcaciones. Personas localizadas en el mar, cerca del mar o en zonas costeras bajas deben desalojar, a pie, tierra adentro fuera de la zona de desalojo delimitada en los mapas. Si usted considera que no tiene suficiente tiempo para alejarse de la costa o tiene algún impedimento de movilidad, considere moverse al cuarto piso o más alto de un edificio, dependiendo de la situación, según recomendado por el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC). La prioridad es salvar vidas, no las embarcaciones.
3. Bajo una emergencia como ésta el puerto será cerrado, nuevas embarcaciones no pueden entrar al puerto. Embarcaciones en el mar, deben permanecer fuera de la costa en áreas profundas de por lo menos de **100 fathoms** (600 pies, 182.8 metros), recomendado por PR-NTHMP. La **Figura 10** muestra un mapa con las profundidades aquí recomendadas y su distancia referente a la costa.
4. No permitir la entrada de personas a las facilidades. Mantenga alejados de las facilidades del puerto al personal, trabajadores, turistas y residentes.
5. Dependiendo de la hora de arribo de la primera ola, asegurar las embarcaciones en el puerto, de acuerdo al plan de amarre establecido.
6. Tenga en cuenta que cualquier transferencia de materiales peligrosos o explosivos deberán cesar de inmediato.
7. Reduzca el riesgo de generación de contaminación o residuos tomando acciones como asegurando válvulas y bombas de líquidos a granel frente al mar, seguridad de mercancías peligrosas, contenedores, etc.
8. Manténgase alerta y siga las instrucciones provenientes de funcionarios de las agencias locales oficiales para el manejo de emergencias ya que las mismas disponen de información o instrucciones más específicas para su localidad, recomendado por el PTWC [5].
9. Una vez se emita el mensaje de CANCELACIÓN del aviso de tsunami, difundirlo a los usuarios del puerto y otras embarcaciones que permanecen fuera esperando por instrucciones. Deben tomar en

consideración que fluctuaciones menores en el nivel del mar pueden continuar. Estos fenómenos pueden afectar al Puerto por más de 8 horas después del terremoto.

- Una vez se emita el “All Clear”, difundir a los usuarios del Puerto. El mensaje de “All Clear” significa que las agencias oficiales locales evaluaron la zona afectada y se le permite a la población volver a las áreas y en qué momento el puerto será abierto. Este mensaje puede tardar en ser emitido.

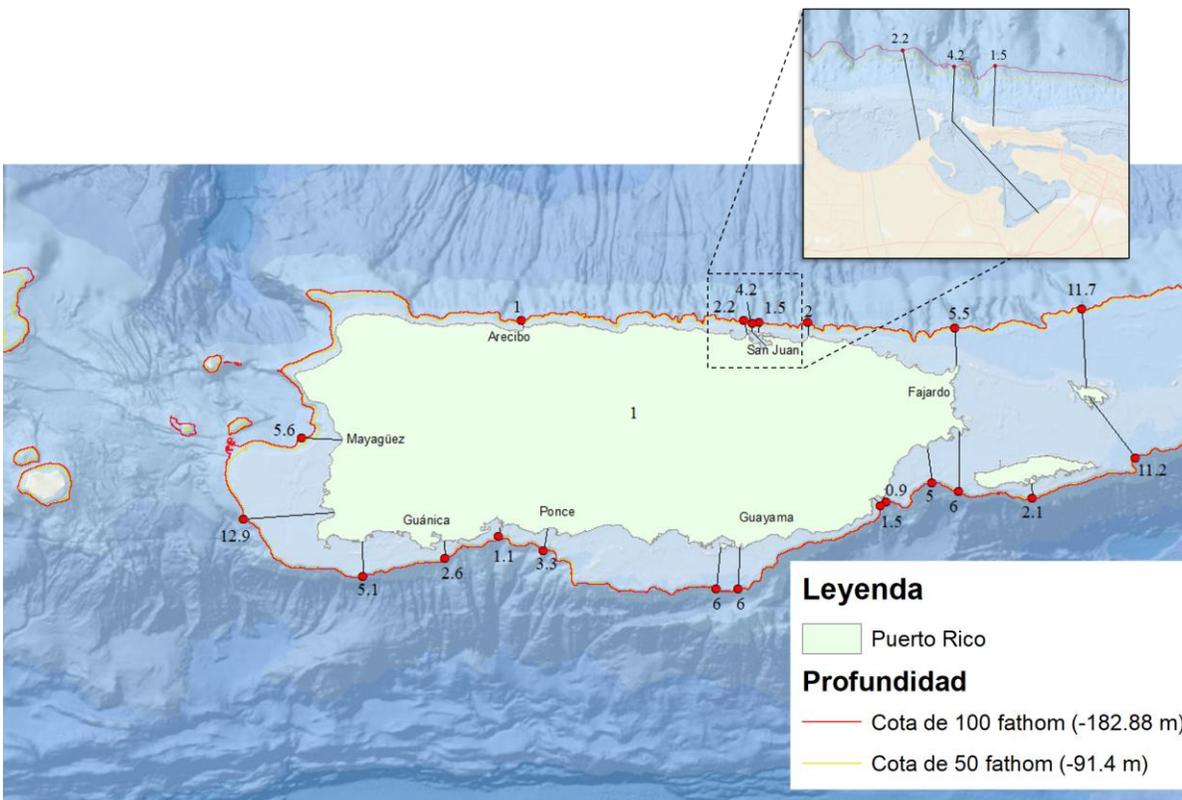


Figura 10: Mapa de profundidad sugerida y distancia aproximada de la costa. La profundidad está dada en fatoms y la distancia en millas náuticas (1 mn = 1852 m). La línea amarilla resalta la profundidad de 50 fathoms (91.4 m) y la línea roja resalta los 100 fathoms (182.8 m). Como se observa, debido a la batimetría de la zona, ambas líneas casi coinciden, quedan bien cerca una de la otra. Este mapa se desarrolló utilizando la batimetría del National Geophysical Data Center, NESDIS, NOAA, 2001 (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/coastal/coastal.html>). El mapa base utilizado es de la compañía ESRI y fue accedido utilizando el programa ArcGIS 10.3.

Acciones a seguir para un tsunami distante (tiempo de arribo de la primera ola $\geq 3hr$)

En caso de que sienta las señales naturales o si el mensaje de tsunami emitido por el Centro de Alerta de Tsunamis indica que **hay una amenaza distante**, se recomienda que la persona a cargo [Capitán] debe seguir las acciones a continuación:

1. Tratar de recolectar la información del tsunami a través de un operador o agente de una embarcación con operaciones en el puerto u otras fuentes oficiales de información para tomar las acciones correspondientes.
2. Notificar a todos los usuarios del puerto mediante la activación del árbol de llamadas y los demás mecanismos de diseminación de información. Los usuarios tienen que saber qué hacer bajo un **AVISO de tsunami**.
3. Considere abandonar de inmediato las embarcaciones. Personas localizadas en el mar, cerca del mar o en zonas costeras bajas deben desalojar, a pie, tierra adentro fuera de la zona de desalojo delimitada en los mapas. Si usted considera que no tiene suficiente tiempo para alejarse de la costa o tiene algún impedimento de movilidad, considere moverse al cuarto piso o más alto de un edificio, dependiendo de la situación, según recomendado por el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC). La prioridad es salvar vidas, no las embarcaciones.
4. Dependiendo de la hora de arribo de la primera ola, asegurar las embarcaciones en el puerto, de acuerdo al plan de amarre establecido.
5. Tenga en cuenta que cualquier transferencia de materiales peligrosos o explosivos deberán cesar de inmediato.
6. Reduzca el riesgo de generación de contaminación o residuos tomando acciones como asegurando válvulas y bombas de líquidos a granel frente al mar, seguridad de mercancías peligrosas, contenedores, etc.
7. Redirigir aquellas embarcaciones que no puedan entrar al puerto, hasta que la emergencia concluya.
8. Recomendar a las embarcaciones en el puerto a moverse a áreas más profundas por lo menos **50 fathoms** (300 pies, 91.4 metros), según sugerido por PR-NTHMP, o asegurar las embarcaciones si la circunstancia lo permita. Se debe considerar la cantidad de combustible y provisiones disponibles para permanecer en alta mar por varias horas hasta que la emergencia haya pasado. Otro factor importante es considerar las condiciones del tiempo. La **Figura 10** muestra un mapa con las profundidades aquí recomendadas y su distancia referente a la costa.
9. Embarcaciones mar a fuera, deben permanecer fuera de la costa en áreas profundas de por lo menos **50 fathoms** (91.4 metros, 300 pies), según recomendado por PR-NTHMP.
10. Mantenga alejados de las facilidades del puerto al personal, trabajadores, turistas, residentes una vez el arribo de la primera ola se acerca.
11. Cualquier otra consideración que pueda aplicar [por ejemplo: recomendar a las embarcaciones desalojadas a mantener una reserva de combustible suficiente para regresar al puerto, etc.].
12. Manténgase alerta y siga las instrucciones provenientes de funcionarios de las agencias locales oficiales para el manejo de emergencias ya que las mismas disponen de información o instrucciones más específicas para su localidad, según recomendado por el PTWC. Un aviso de tsunami puede ser degradado y/o cancelado si luego de ser evaluado por los centros de tsunamis no existiera una amenaza real de tsunami.
13. Una vez se emita el mensaje de CANCELACIÓN del aviso de tsunami, difundirlo a los usuarios del puerto y otras embarcaciones que permanecen fuera esperando por instrucciones. Deben tomar en consideración que fluctuaciones menores en el nivel del mar pueden continuar. Estos fenómenos pueden afectar al Puerto por más de 6 horas después del terremoto.

14. Una vez se emita el “All Clear”, difundir a los usuarios del Puerto. El mensaje de “All Clear” significa que las agencias oficiales locales evaluaron la zona afectada y se le permite a la población volver a las áreas y en qué momento el puerto será abierto. Este mensaje puede tardar en ser emitido.

¿QUÉ HACER BAJO UNA ADVERTENCIA DE TSUNAMIS?

Se emite una **ADVERTENCIA** de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes cuando hay un peligro potencial por un tsunami que puede producir **corrientes fuertes u oleaje peligroso**. Las personas localizadas en el mar o cerca del mar deben salir del agua, fuera de la playa, y alejarse de puertos, marinas, bahías y ensenadas. Una advertencia puede convertirse en aviso o puede ser cancelada, una vez los centros de alerta de tsunami evalúen todos los datos disponibles. La prioridad será salvar vidas; proteger los bienes y materiales dependerá si las condiciones lo permiten.

Si el mensaje de tsunami emitido por el Centro de Alerta de Tsunamis indica que **existe peligro de tsunami para Puerto Rico** debido a la fluctuación del nivel del mar y corrientes marinas fuertes, se recomienda que la persona a cargo [Capitán] realice las siguientes acciones:

1. Notificar a todos los usuarios del puerto mediante la activación del árbol de llamadas y los demás mecanismos de diseminación de información. Los usuarios tienen que saber qué hacer bajo una advertencia de tsunami.
2. Permanecer atento a las actualizaciones que ofrecerán los Centros de Alerta de Tsunamis, cada media hora o antes, según las condiciones lo ameriten. Una ADVERTENCIA puede subir a un aviso o ser degradada a cancelación, por tal razón, se recomienda permanecer atento a la información oficial de tsunamis para las acciones pertinentes.
3. Personas localizadas en el mar o cerca del mar deben salir del agua.
4. Tenga en cuenta que cualquier transferencia de materiales peligrosos o explosivos deberán cesar de inmediato.
5. Asegurar las embarcaciones en el puerto, de acuerdo al plan de amarre establecido.
6. Evitar la entrada de otras embarcaciones, estas deben evitar aguas someras, puertos y marinas para evitar escombros tanto flotantes como sumergidos y corrientes fuertes.
7. Manténgase alerta y siga las instrucciones provenientes de funcionarios de las agencias locales oficiales para el manejo de emergencias ya que las mismas disponen de información o instrucciones más específicas para su localidad, según recomendado por el PTWC. Un aviso de tsunami puede ser degradado y/o cancelado si luego de ser evaluado por los centros de tsunamis no existiera una amenaza real de tsunami.
8. Una vez se emita el mensaje de CANCELACIÓN del aviso de tsunami, difundirlo a los usuarios del puerto y otras embarcaciones que permanecen fuera esperando por instrucciones. Deben tomar en consideración que fluctuaciones menores en el nivel del mar pueden continuar. Estos fenómenos pueden afectar al Puerto por más de 6 horas después del terremoto.
9. Una vez se emita el “All Clear”, difundir a los usuarios del Puerto. El mensaje de “All Clear” significa que las agencias oficiales locales evaluaron la zona afectada y se le permite a la población volver a las áreas. Este mensaje puede tardar en ser emitido.

PROCEDIMIENTO DE RESPUESTA ANTE UNA VIGILANCIA DE TSUNAMI

Se emite una **VIGILANCIA** de tsunamis para Puerto Rico e Islas Vírgenes cuando ha ocurrido un evento que más tarde pueda afectar la zona costera. La vigilancia puede convertirse en una advertencia, aviso o ser cancelada, si la información disponible así lo amerita.

Si el mensaje de tsunami emitido por el Centro de Alerta de Tsunamis indica que una **VIGILANCIA** de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes se encuentra en efecto, se recomienda a la persona a cargo [Capitán] seguir las siguientes acciones:

1. Permanecer atento a las actualizaciones que ofrecerán los Centros de Alerta de Tsunamis, cada media hora o antes, según las condiciones lo ameriten.
2. No es necesario alertar al personal sobre este nivel de alerta, a menos que el mismo suba a advertencia o aviso.
3. De emitirse una CANCELACIÓN de Vigilancia de Tsunami por parte de los Centros de Alerta de Tsunamis y las Agencias pertinentes, continuarán las actividades acostumbradas.

Glosario

Determine cuáles términos en el documento tienen que ser entendidos por todos los usuarios del plan para evitar errores cuando se opera el protocolo. Por favor use de referencia el glosario de tsunamis provisto por el Centro de Información de Tsunamis (ITIC, por sus siglas en inglés) (**Figura 11**).

http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1328&Itemid=2434

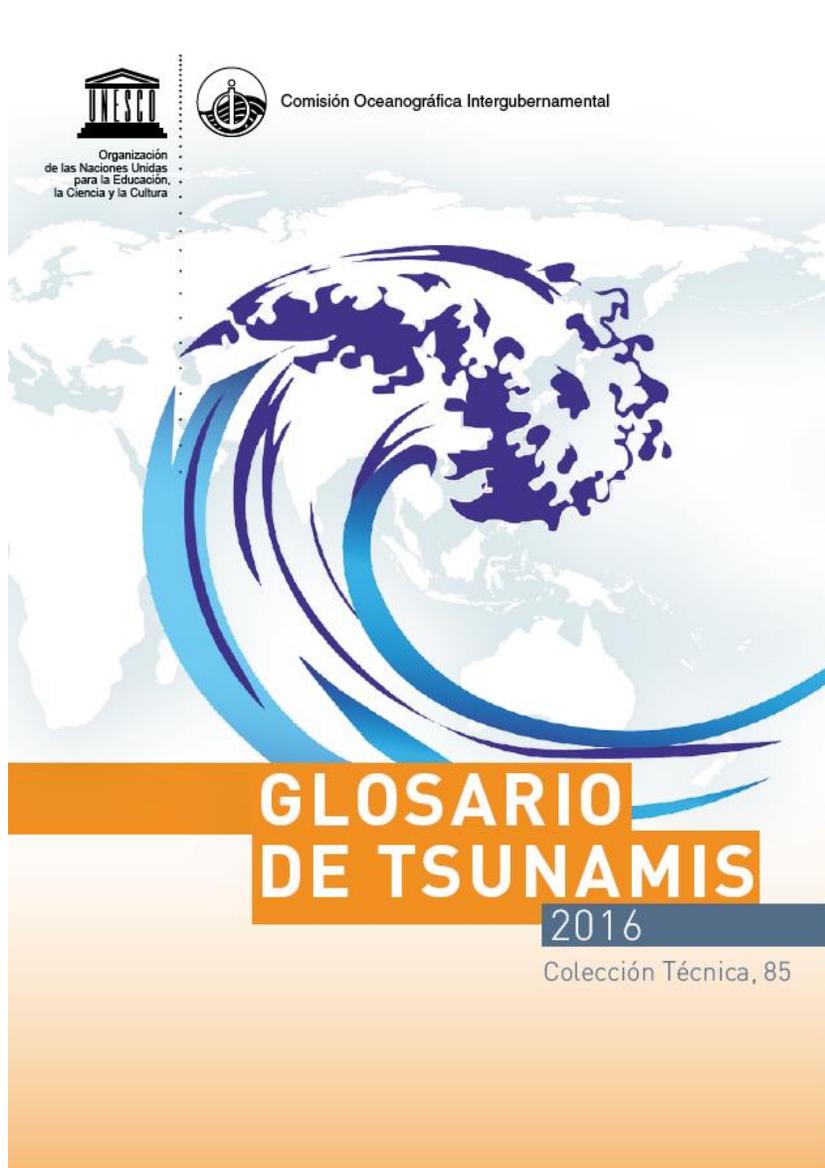


Figura 11: Portada del Glosario de Tsunamis 2016.

Anejos



Anejo 1: Mapa de desalojo por tsunami de San Juan desarrollado por la RSPR. Las zonas amarillas corresponden a las áreas delimitadas como zonas de desalojo por tsunami de acuerdo al modelo de inundación 2012 (RSPR), mientras que la zona verde resalta las áreas fuera de la zona de desalojo. En caso de un aviso de tsunami se recomienda a la población desalojar de la zona amarilla a la zona verde. En el mapa, también se especifica los lugares de asamblea designados por el municipio, las carreteras principales, los sistemas de alerta masiva de emergencia del municipio, hoteles, puertos, marinas y escuelas, entre otros. Es importante resaltar que estos mapas son una herramienta para salvar vidas y su propósito es para fines de manejo de emergencia. Todos los mapas de desalojo por tsunami pueden ser descargados desde la página de internet de la Red Sísmica accediendo a:

<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/maps/todos.php>.

Introduction

A tsunami consists of a series of ocean and/or sea waves that could be generated by an earthquake, volcanic eruption, landslides or meteorite impact.

In deep water the tsunamis can travel as fast as 500 miles per hour, equivalent to the speed of a commercial jet. As they approach the coast, its speed and the distance between their waves decreases, and the height increases.

The initial wave may arrive within minutes, but large waves and strong currents may continue to affect the coastal zones for hours. The wave height could be over 20 feet destroying everything along its path, when flooding and when receding.

The evacuation map presented here, is the result of investigations carried out by UPRM researchers. The inundation zone was determined for tsunamis generated by local earthquakes, under the worst case scenario.

Year	Earthquake Magnitude	Epicenter	Puerto Rico Affected Area	Tsunami Runup (feet)
1867	7.3	US Virgin Islands	East Area	5
1918	7.3	Mona Canyon	West Area	20
1946	8.0	Dominican Republic	West Area	Water receded

For Your Safety Remain Alert to:

- Natural tsunami signs: a very strong earthquake and/or abrupt sea level changes.
- Official tsunami messages.

Be TsunamiReady™

- Have an emergency backpack on hand.
- Locate yourself on the evacuation map and find: evacuation zone, evacuation routes, and assembly points.
- When a tsunami message is issued, cooperate and follow all instructions from emergency management authorities.

Funded by NHEMP, Award NO.44 N01A16N0754670038. Not endorsed by NOAA.

Este mensaje se emite cuando hay un peligro inminente de inundación por tsunami. Muevase inmediatamente tierra adentro o suba a un cuarto piso o más alto de una estructura sólida. Desaloje a pie y salga de la zona de desalojo en el menor tiempo posible. Este mensaje será actualizado, este pendiente a información oficial.

Warning

This message is issued when a tsunami inundation is imminent. Move immediately inland or to the fourth floor or higher in a solid structure. Walk, don't drive and go out of the evacuation zone as quickly as possible. This message will be updated, stay alert for further official information.

Este mensaje se emite cuando hay probabilidad de corrientes fuertes u oleaje peligroso como producto de un tsunami. Se recomienda salir del agua y de la playa. Este mensaje será actualizado, este pendiente a información oficial.

Advisory

This message is issued when there is a probability of dangerous waves and strong currents generated by a tsunami. It is recommended to get out of the water and off the beach. This message will be updated, stay alert for further official information.

Este mensaje se emite cuando ha ocurrido un evento con potencial de afectar la zona costera en las próximas horas. Este mensaje será actualizado, este pendiente a información oficial.

Watch

This message is issued when an event has occurred with potential to affect the coastal zone within the next hours. This message will be updated, stay alert for further official information.

Este mensaje indica que no se ha emitido Aviso, Advertencia o Vigilancia para Puerto Rico e Islas Virgenes. Ha ocurrido un evento sísmico sin potencial tsunamigénico.

Information Statement

This message notifies that a Warning, Advisory or Watch was not issued for Puerto Rico and Virgin Islands. A seismic event has occurred with no tsunamigenic potential.

Puede regresar al área desalojada una vez las autoridades competentes hayan declarado el final de la emergencia.
You may return to the evacuated area once the designated authorities have declared the end of the emergency.

Servicio Nacional de Meteorología-NOAA,
San Juan y Mayagüez
National Weather Service-NOAA,
San Juan and Mayagüez
(787) 253-4586 <http://tsunami.gov>
Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (AEMED)
Puerto Rico Emergency Management Agency (PREMA)
(787) 724-0124 <http://pr.gov>

Introducción

Un tsunami consiste de una serie de olas en el océano y/o mar que pueden ser generadas por un terremoto, erupción volcánica, deslizamiento o impacto de cuerpos celestes (meteoritos).

Los tsunamis pueden viajar a unas 500 millas por hora en aguas profundas, lo que equivale a la velocidad de un jet comercial. Al acercarse a la costa, la velocidad y la distancia entre sus olas disminuye y su altura aumenta.

La ola inicial de un tsunami puede llegar en minutos, pero sus olas y corrientes fuertes pueden seguir afectando la costa por horas. La altura de las olas puede sobrepasar los 20 pies, arrasando con todo lo que encuentran a su paso ya sea cuando inundan la costa o cuando retroceden.

El mapa de desalojo que aquí se presenta, es el resultado de estudios realizados por investigadores de la UPRM. La zona de inundación se determinó para el peor escenario por tsunamis generados por terremotos locales.

Año	Magnitud del Terremoto	Epicentro	Zona Afectada en Puerto Rico	Altura de la Ola (pies)
1867	7.3	Islas Virgenes	Área Este	5
1918	7.3	Cañón de la Mota	Área Oeste	20
1946	8.0	República Dominicana	Área Oeste	Retirada del mar

Por Su Seguridad Preste Atención a:

- Señales de alerta de la naturaleza: un terremoto fuerte y/o el cambio repentino del nivel del mar.
- Mensajes oficiales de tsunami.

Esté TsunamiReady™

- Tenga a mano su mochila de seguridad.
- Ubíquese en el mapa de desalojo e identifique: zona de desalojo, rutas de desalojo y lugares de asamblea.
- Cuando se emita un mensaje de tsunami, coopere y siga las instrucciones de las autoridades de manejo de emergencias.

Subvencionado por NHEMP, NO.44 N01A16N0754670038. No representa un endoso de la NOAA.

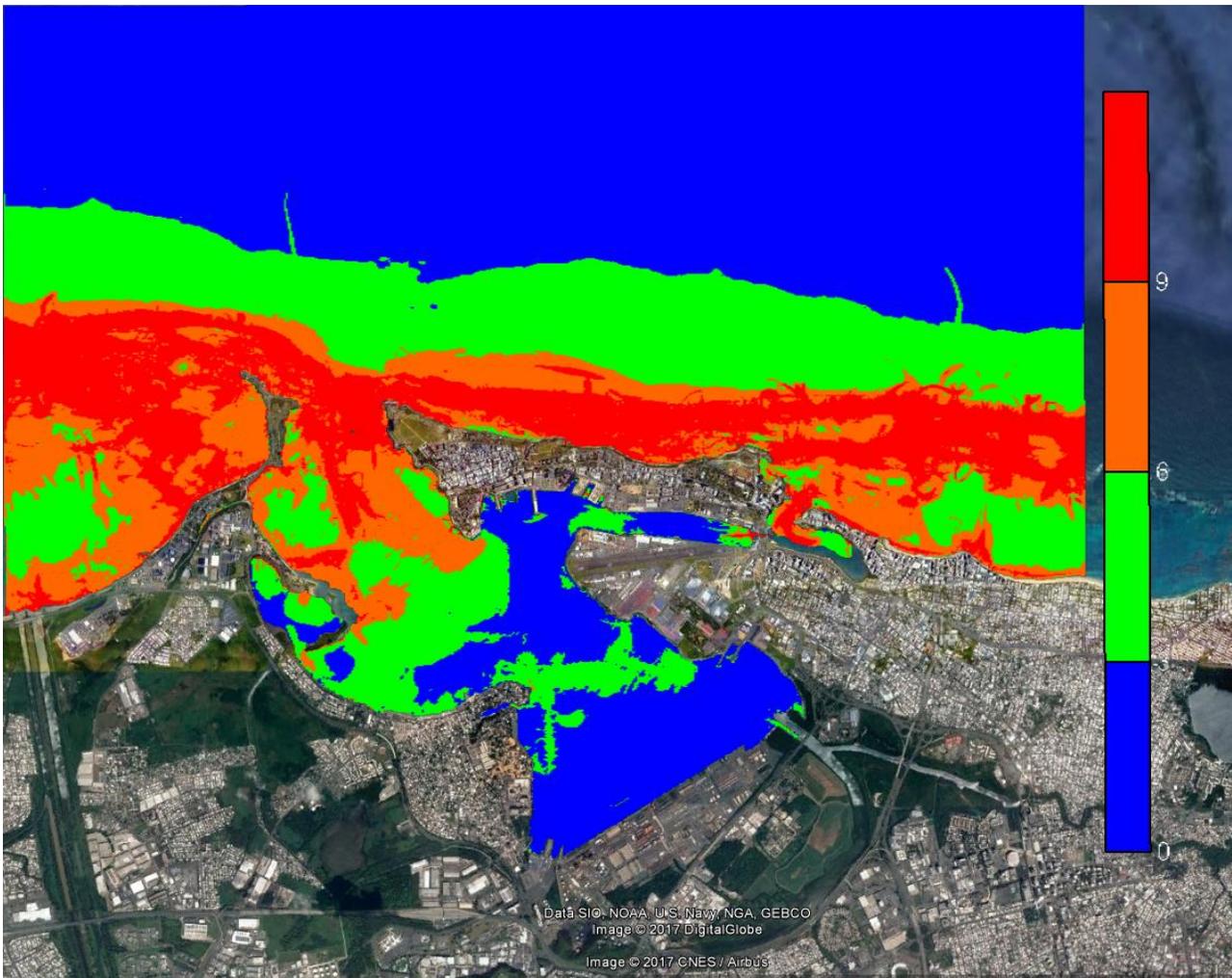
¡Salvemos Vidas, lo material NO cuenta!

Durante un terremoto fuerte busque el lugar más seguro: **agáchese, cubrase y sujétese**. Si está en zona de desalojo por tsunami, alejese lo antes posible. Active su plan de emergencia en el hogar, comunidad y/o trabajo.

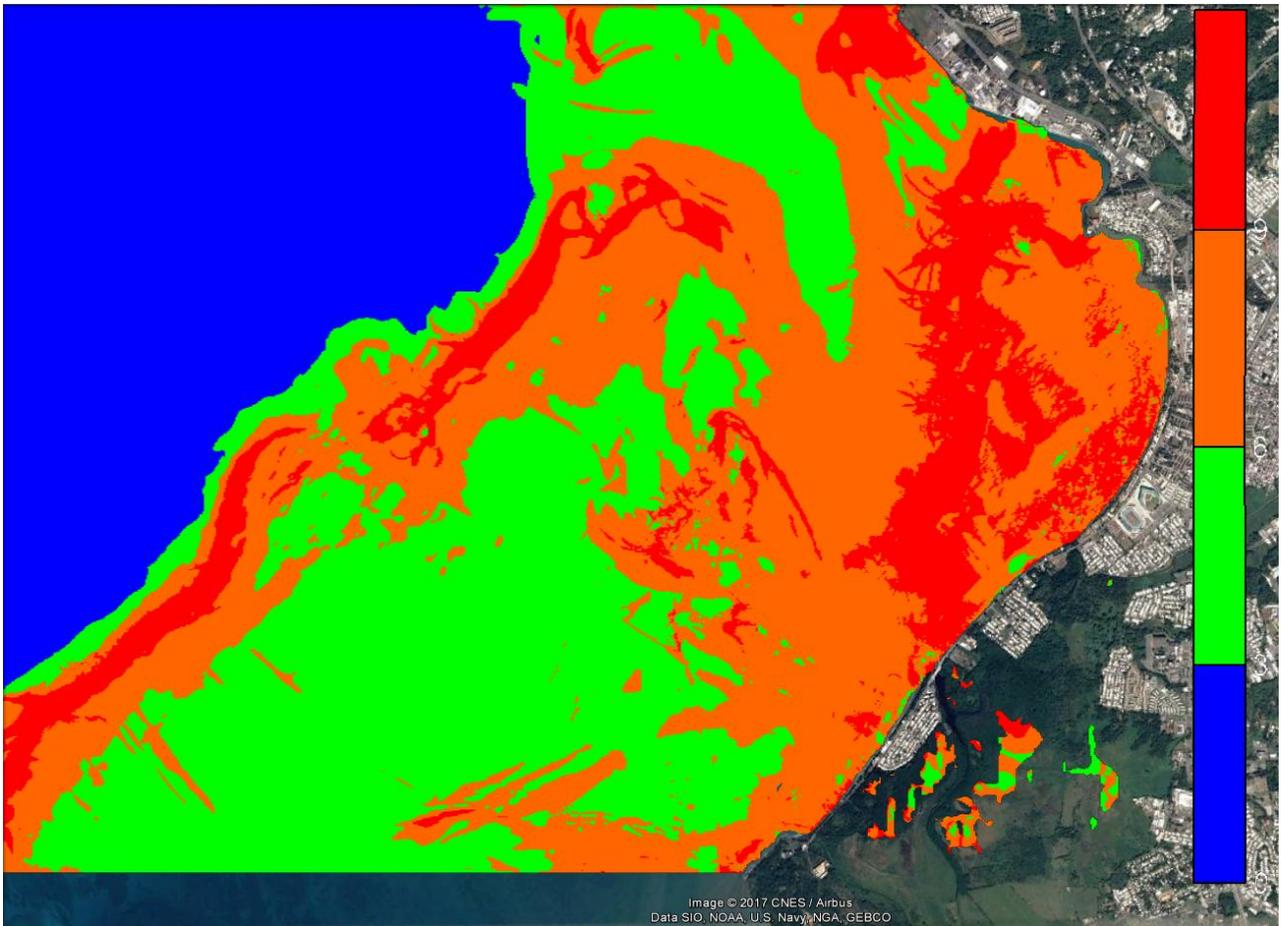
Save Lives, NOT possessions!
During a strong earthquake find the safest place: **drop, cover and hold**. Then move away, out of the tsunami evacuation zone. Activate your emergency plan in your home, community and/or workplace.

Red Sísmica de Puerto Rico (UPRM)
Puerto Rico Seismic Network
(787) 833-8433; 265-5452 <http://redsismica.uprm.edu>

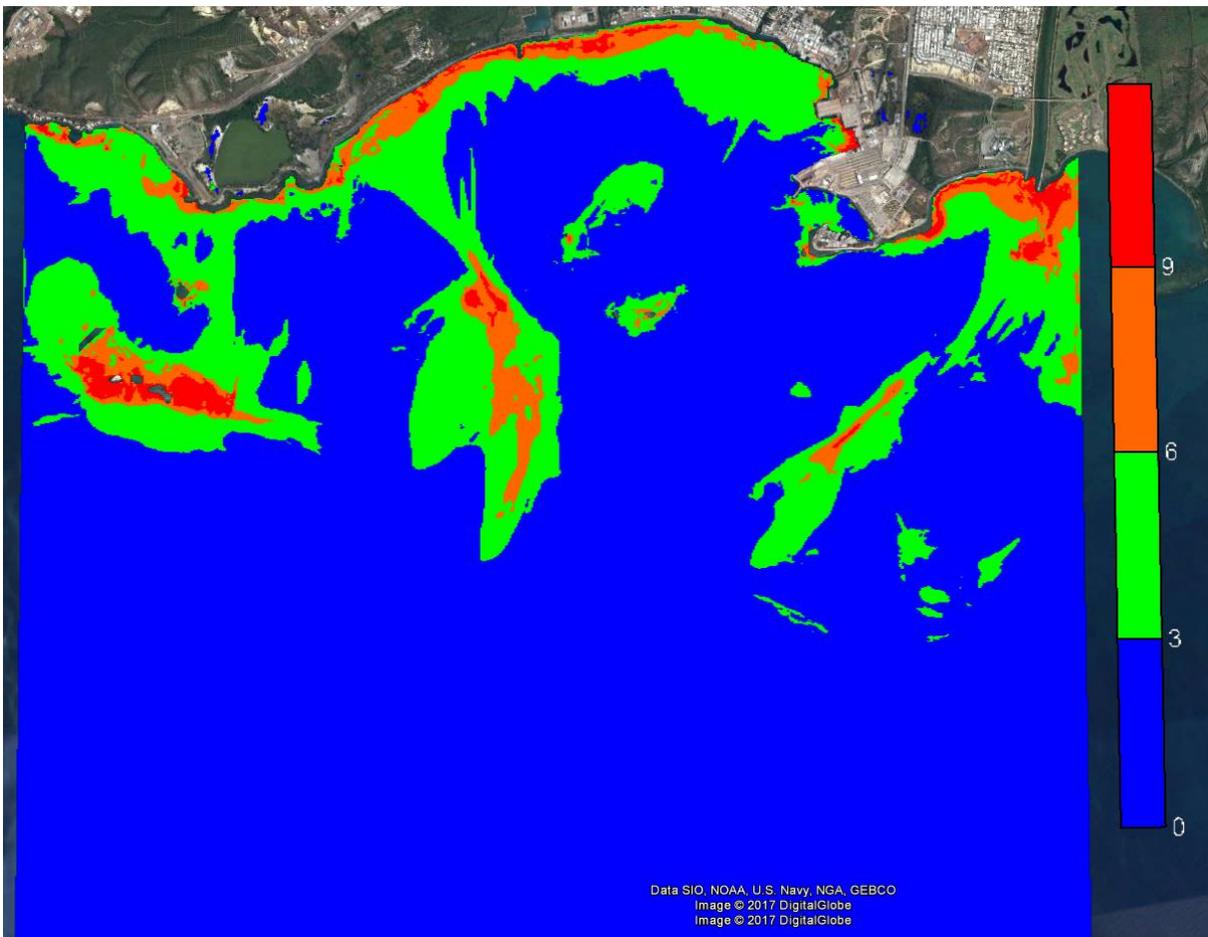
Anejo 2: Información al dorso de los mapas de desalojo impresos. Esta parte del mapa educa a la población y explica los niveles de alerta de tsunami y las acciones recomendadas en cada una de ellas. También se provee datos importantes de terremotos y tsunamis históricos que han afectado la región del Caribe, incluyendo Puerto Rico.



Anejo 3: Mapa de Corrientes inducidas por tsunami para la Bahía y el puerto de San Juan (A. Mercado, RSPR). Este escenario contempla el evento catastrófico de FEMA. Este fue el escenario seleccionado para para el análisis de corrientes por tsunamis para la Bahía de San Juan. La zona azul representa las corrientes de 0 – 3 nudos, la zona verde las corrientes de 3 – 6 nudos, la zona anaranjada las corrientes de 6 – 9 nudos y la zona roja las corrientes mayores a 9 nudos. Mapa desarrollado utilizando Google Earth y la capa de información del estudio de corrientes superpuesta a una fotografía aérea del área. Para más información contacte a la RSPR.



Anejo 4: Mapa de Corrientes inducidas por tsunami para el puerto de Mayagüez (A. Mercado, RSPR). Esta figura contempla el escenario para la Falla del Canal de la Mona. La zona azul representa las corrientes de 0 – 3 nudos, la zona verde las corrientes con velocidad de 3 – 6 nudos, la zona anaranjada las corrientes de 6 – 9 nudos y la zona roja las corrientes mayores a 9 nudos. Mapa desarrollado utilizando Google Earth y la capa de información del estudio de corrientes superpuesta a una fotografía aérea del área. Para más información contacte la RSPR.



Anejo 5: Mapa de Corrientes inducidas por tsunami para el puerto de Ponce (A. Mercado, RSPR). Esta figura contempla el escenario de la Falla de Muertos. La zona azul representa las corrientes con velocidad de 0 – 3 nudos, la zona verde las corrientes de 3 – 6 nudos, la zona anaranjada las corrientes de 6 – 9 nudos y la zona roja las corrientes mayores a 9 nudos. Mapa desarrollado utilizando Google Earth y la capa de información del estudio de corrientes superpuesta a una fotografía aérea del área. Para más información contacte la RSPR.

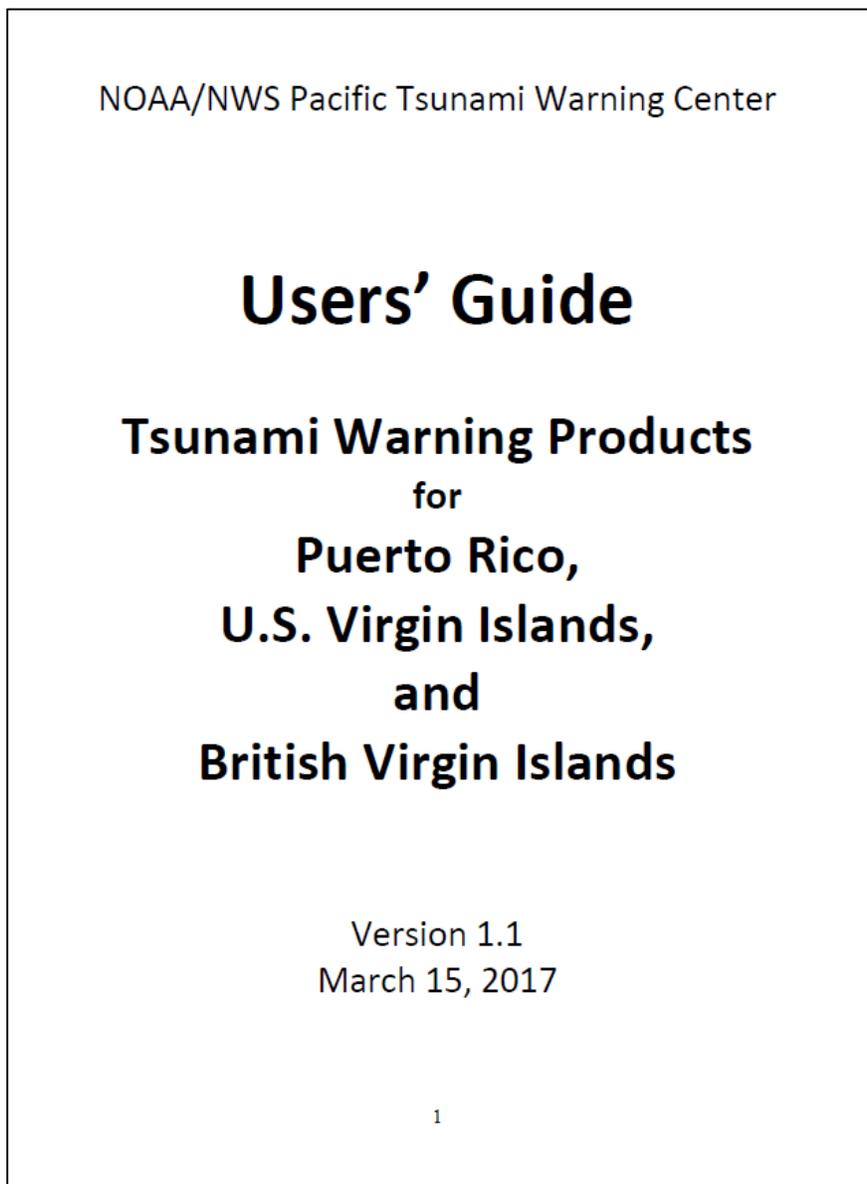
PLAN DE RESPUESTA DE EMERGENCIA POR TSUNAMIS PARA RESORT, HOTELES Y
HOSPEDERIAS

NOMBRE DE RESORT, HOTEL U HOSPEDERIA

Dirección
Teléfono
Fax
Correo electrónico
Portal electrónico
MM/YYYY

Anejo 6: Plantilla modelo para planes de respuesta a tsunamis según las guías del programa TsunamiReady Supporters. Esta plantilla puede ser descargada de la página de internet de la Red Sísmica accediendo a: http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/documentos/supporter/plantilla_plan_support

[er_hoteles.docx](#). Para la información completa sobre las guías del programa de TsunamiReady Supporters visite: <http://www.tsunamiready.noaa.gov/supporters.shtml>.



Anejo 7: Guía para los usuarios de los productos de tsunami emitidos por el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés) para Puerto Rico e Islas Vírgenes. Este manual ofrece ejemplos de los diferentes productos que reciben los puntos focales de aviso de tsunamis. Se recomienda descargar el documento y familiarizarse con estos productos. Puede descargar este manual accediendo al siguiente enlace: <https://www.weather.gov/media/ctwp/PDF/PRVI%20User's%20Guide%20-%20Version%201.1.pdf>

Contacto de personal experto

ESPECIALISTAS EN TSUNAMIS Y TERREMOTOS

Dr. Víctor Huérfano

Director Interino
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
victor.huerfano@upr.edu

Dra. Elizabeth Vanacore

Sismóloga
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
elizabeth.vanacore@upr.edu

Christa von Hillebrandt-Andrade

Programa de Alerta de Tsunami del Caribe
Administración Nacional Oceanográfica y Atmosférica
Servicio Nacional de Meteorología (NOAA/NWS)
(787) 249-8307; (787) 833-8433 (Opción "2" y luego la opción "7")
christa.vonh@noaa.gov

Dr. Alberto López Venegas

Sismólogo
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 832-4040
alberto.lopez3@upr.edu

Gisela Báez Sánchez

Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
gisela.baez1@upr.edu

Roy Ruiz Vélez

Programa TsunamiReady
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
roy.ruiz1@upr.edu

Glorymar Gómez

Programa Educativo
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
Colegio de Artes y Ciencias
Recinto Universitario de Mayagüez
Universidad de Puerto Rico
(787) 833-8433
ggomez@prsnmail.uprm.edu

Información adicional

Programa TsunamiReady y TsunamiReady Supporters para Puerto Rico

<http://redsismica.uprm.edu/tsunamiready>

Plantilla modelo del plan de respuesta a tsunamis para una entidad TsunamiReady Supporters

<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/tsunamiready.php>

Descargar mapas de desalojo por tsunami para Puerto Rico

<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/tsunami/programatsunami/prc/maps/todos.php>

Red Sísmica de Puerto Rico

Departamento de Geología

Colegio de Artes y Ciencias

Recinto Universitario de Mayagüez

Universidad de Puerto Rico

Tel. 787-833-8433

Fax 787-265-1684

<http://www.prsn.uprm.edu>



Referencias

- [1] B. W. S. G. R. Lynett, "Observation and modeling of tsunami-induced currents in port and harbors," *Elsevier*, pp. 68-74, 2012.
- [2] RSPR, *Tsunami: Guía para los medios de Puerto Rico*, Mayagüez, PR.: Red Sísmica de Puerto Rico, 2016.
- [3] E. Estrada López, "Diálogo UPR," 22 abril 2016. [Online]. Available: <http://dialogoupr.com/hacia-una-seguridad-alimentaria-en-puerto-rico/>. [Accessed 15 mayo 2017].
- [4] A. Mercado, *Presentation: Tsunami Flood Map Development for Puerto Rico*, San Juan: UPRM, 2012.
- [5] PTWC, "NOAA/NWS Pacific Tsunami Warning Center Users' Guide Tsunami Warning Products for Puerto Rico, U.S. Virgin Islands, and British Virgin Islands," NOAA/NWS, 2017.
- [6] P. J. J. B. S. S. R. W. Lynett, "Assessment of the tsunami-induced current hazard," *AGU Geophysical Research Letters*, Vols. Res. Lett., 41, no. doi:10.1002/, pp. 2048-2055, 2014.
- [7] L. M. a. o. Wilson, "Maritime Tsunami Response Playbooks: Background Information and Guidance for Response and Hazard Mitigation Use," California Geological Survey, 2016.
- [8] NOAA, "Reading Nautical Charts," 2016. [Online]. Available: <http://noaa.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=fe2d889c35794f0999811b66cd5ffbe7>. [Accessed 5 mayo 2017].
- [9] FEMA, "FEMA Planning & Templates," 17 October 2016. [Online]. Available: <https://www.fema.gov/planning-templates>. [Accessed 19 mayo 2017].
- [10] UNESCO, *Glosario de Tsunamis 2016, serie técnica 85.*, Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2016.