

*Guía de Preparación Ante  
Tsunamis para la*

# **COMUNIDAD MARÍTIMA Y PORTUARIA DE PUERTO RICO**



Guía con recomendaciones para la preparación de planes de respuesta a tsunamis para la comunidad marítima, operadores de puertos y marinas en Puerto Rico. Preparado por la Red Sísmica de Puerto Rico como parte del programa PR-NTHMP TsunamiReady®. Subvencionado por NOAA- NA23NWS4670019.

No constituye necesariamente un endoso de la Agencia.



**AUTORIDAD  
de  
PUERTOS**  
de PUERTO RICO

## **Producción**

*Gerente de Proyecto*

Roy Ruiz Vélez

*Diseño gráfico y arte*

Roy Ruiz Vélez

*Mapas y figuras*

Roy Ruiz Vélez, Joshua Montañes, Vanesa M. Muñiz, Wildaomaris González

*Apoyo administrativo*

Dalixza Irizarry, Yamilette Vargas y Annie M. Plaza

## **Colaboradores**

*Red Sísmica de Puerto Rico*

Víctor Huérfano, Jesenia Figueroa y Niwdé Rivera

*Programa de Alerta de Tsunami del Caribe, NOAA-NWS*

Christa von Hillebrandt-Andrade

*Departamento de Ciencias Marinas, Recinto Universitario de Mayagüez*

Prof. Aurelio Mercado (retirado)

*Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres*

Wildaomaris González

*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 2024

Esta edición de la guía fue producida mediante la subvención de la NOAA NA23NWS4670019.

Con fines bibliográficos este documento debe ser citado como sigue:

Red Sísmica de Puerto Rico. 2024. *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
Términos y definiciones	6
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
Aplicación de mapas: Puerto Rico Tsunami Program Map Tool	10
Rutas de desalojo señalizadas	11
Protocolo de comunicaciones y niveles de alerta	14
Tiempo de arribo de un tsunami	16
Tipos de alerta y mensajería de tsunami	18
Las señales naturales	18
Alertas oficiales	19
Aspectos para considerar en la preparación de la Comunidad Marítima	21
Relación entre las corrientes del tsunami y daños en facilidades portuarias	21
Planifique con tiempo: ¿Que hacer Ahora?	22
Aspectos que debe considerar al desarrollar su plan de respuesta	22
Características físicas de sus instalaciones	23
Características económicas	23
Estudio de vulnerabilidad	23
Mapa de desalojo por tsunami	24
Señalización de rutas de desalojo	24
Modelo de inundación por tsunami	24
Modelo de corrientes por tsunami	24

# GUÍA DE PREPARACIÓN ANTE TSUNAMIS PARA LA COMUNIDAD MARÍTIMA

Carta náutica de la zona	25
Programa educativo y ejercicios prácticos	25
Árbol de llamadas	25
Acciones a seguir luego del mensaje inicial	26
Plan para la continuidad de operaciones (COOP)	27
¿Qué hacer ante un aviso de Tsunami?	27
Acciones recomendadas en caso de un aviso de tsunami	27
¿Qué hacer bajo una Advertencia de tsunamis?	30
Procedimiento de respuesta ante una vigilancia de tsunami	31
Glosario	32
Anejos	33
Contacto de personal experto	44
Especialistas en tsunamis y terremotos	44
Información adicional	46
Referencias	47

## Resumen

### SOBRE LA GUÍA

Puerto Rico se encuentra localizado en la esquina noreste de la placa del Caribe, una zona sísmicamente activa. El año 2020 quedará registrado como el año con mayor actividad sísmica en la historia reciente de Puerto Rico. Alrededor de 14,044 sismos fueron reportados por la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) en nuestra área de responsabilidad sísmica (ADR). Esto incluye el terremoto de magnitud 6.4 del 7 de enero de 2020 (4:24 am AST) al sur, entre Guánica y Guayanilla, que ocasionó daños y una muerte. Uno de los efectos asociados a terremotos mayores 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 de preparación ante el embate de este evento natural de potencial destructivo.

En la preparación ante tsunamis es necesario hacer un plan de respuesta que considere la vulnerabilidad de las instalaciones, es decir, aquellos factores y características físicas, económicas, de seguridad y de comunicaciones del puerto que aumentan o disminuyen su capacidad de hacer frente a un evento de esta naturaleza. En esta guía, el lector podrá encontrar una introducción al tema de tsunamis, información básica sobre los peligros asociados a 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 propios planes de respuesta ante un tsunami.

En la sección "Aspectos a considerar en la preparación de la comunidad marítima", se sugieren algunas acciones a seguir durante un tsunami. Las recomendaciones varían dependiendo de si el evento es cercano (donde el tiempo de arribo, basado en la modelación, es menor a tres horas), regional o distante (donde el tiempo de arribo excede las tres horas). Las acciones recomendadas durante el evento se enfocan en preservar vidas y propiedades, y dependen del escenario que se enfrente.

La guía también hace referencia a un glosario de términos y definiciones necesarias a la hora de trabajar el tema de tsunamis e incluye anejos importantes. Este glosario facilitará que cualquier persona que deba hacer uso del plan conozca dichos términos para evitar errores en los procedimientos. Se recomienda revisar la sección de Anejos contenida 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 pueden alcanzar las 500 mph o más, dependiendo de la profundidad del agua. Este evento natural, al llegar a la costa, causa daño y destrucción a su paso que puede sobrepasar la capacidad de la agencia o entidad para enfrentar la emergencia con sus propios recursos. Para abordar este asunto, el programa TsunamiReady® y la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) han trabajado para desarrollar esta guía, en colaboración con el Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD), el Centro Internacional de Información de Tsunamis - Oficina del Caribe (ITIC-CAR), la Autoridad de los Puertos (APPR), junto a otras oficinas y agencias.

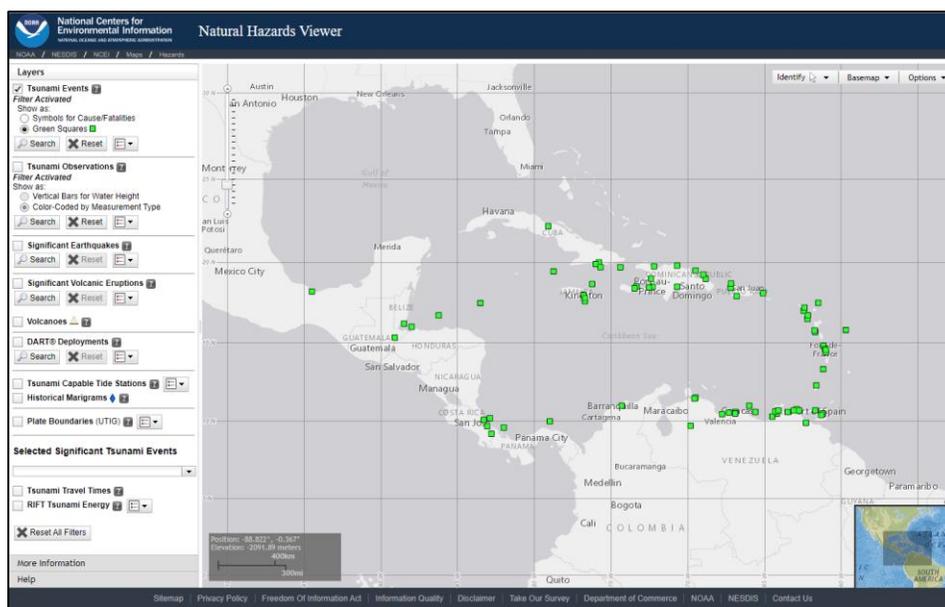
Sabemos que los tsunamis, y sus devastadores efectos en la infraestructura, la sociedad y la economía, no avisan, por lo que debemos estar preparados. Es por eso que se deben entender los diferentes niveles de alerta de tsunami en Puerto Rico. Con este propósito, esta guía provee una sección donde se explican estos niveles de alerta y se sugieren diversas acciones a seguir por la comunidad marítima para minimizar la pérdida de vida y propiedad. Las 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 a 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 a las personas de las instalaciones 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, se podría considerar movilizar alguna embarcación mar adentro a una profundidad recomendada según la **Figura 16**. Por otra parte, embarcaciones que se aproximen al puerto podrían 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 prácticos 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. 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 largos (tiempo entre cresta y cresta), generado por un gran desplazamiento impulsivo del agua del mar. El tiempo entre las olas puede variar desde minutos hasta horas. Uno de los principales peligros debido a los tsunamis, incluso los de pequeña amplitud, son los remolinos y fuertes corrientes que pueden ser generados, los cuales 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 de 2004 en Indonesia, una ola de 1.5 metros de altura fue capaz de romper 12 líneas de amarre de un buque de 285 metros y arrastrarlo lejos del puerto de Salalah, Omán [1].

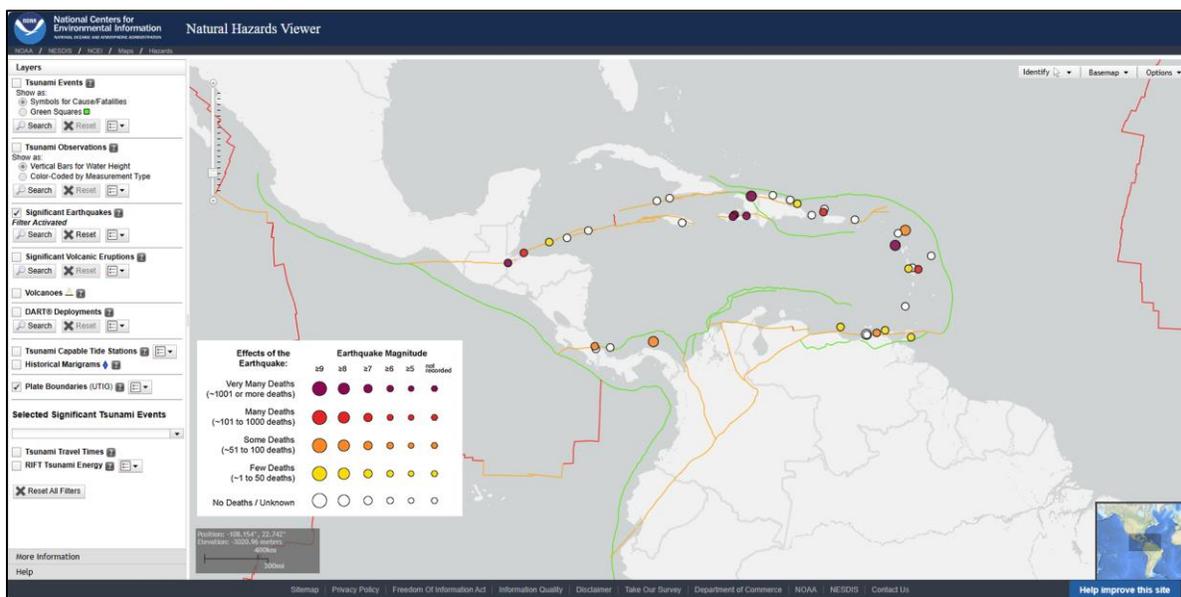
Los registros históricos de tsunamis del Centro Nacional de Información Ambiental (NCEI, por sus siglas en inglés) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) muestran que alrededor de 85 tsunamis se han observado en el Caribe durante los últimos 500 años (**Figura 1**). Estos representan aproximadamente el 4.3% 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 de la población expuesta, incluyendo la entrada de turistas a lo largo de las costas del Caribe, aumentando la vulnerabilidad a tsunamis. Utilizando los datos del Censo 2020, se estima que en Puerto Rico alrededor de 213,583 personas residen dentro de las zonas expuestas a tsunamis (programa TsunamiReady de Puerto Rico).



**Figura 1:** Mapa de tsunamis históricos en el Caribe. (Tomado y adaptado del mapa interactivo del NCEI, <https://www.ncei.noaa.gov/maps/hazards/>). Parámetros de búsqueda: Región del Caribe, todas las fuentes, validez de 2 – 4.

Además de los tsunamis, la región del Caribe también tiene una larga historia de terremotos destructivos. Los registros históricos muestran que al menos 38 terremotos con magnitud  $\geq 7M$  han afectado 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 pudieran generar. Para reducir la pérdida de vidas y propiedad, 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://www.ncei.noaa.gov/maps/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 Integrado (ATI), Capitanes de Puertos, Pilotos de Puertos.
- 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 el proceso de activación del protocolo de tsunamis los Centros de Alerta de Tsunamis (TWC, por sus siglas en inglés) proveerán información oficial a las autoridades locales en forma de boletines. Con esta información, las agencias oficiales de manejo de emergencia tomarán decisiones y alertarán a la población. Estos boletines incluyen información de la fuente del tsunami; en caso de terremoto incluirá información sísmica (localización, magnitud y profundidad), tiempo de arribo estimado de la primera ola y la altura estimada. Por reglamentación federal, Puerto Rico e Islas Vírgenes se encuentran bajo la jurisdicción (o área de responsabilidad de tsunamis) 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 y cancelación** 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 relacionados con los boletines del PTWC y los mensajes de la RSPR, 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 vidas y propiedad. Un error en la interpretación de los niveles de alerta puede confundir a la población y conllevaría graves consecuencias.

El último terremoto y tsunami significativo que afectó la Isla de Puerto Rico fue en 1918. Aunque en 2020 se registró un leve tsunami de aproximadamente 2.36 pulgadas, el mismo fue imperceptible para las personas. A más de 100 años del evento de 1918, 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.

## Términos y definiciones

**Niveles de alerta de tsunami** (*Tsunami messages*) - mensaje de los centros de alerta de tsunamis y las agencias oficiales que establece el nivel de peligrosidad que representa un evento de tsunami y las acciones que se recomiendan. Los niveles de alerta de tsunami para PR e IV son:

**Aviso de Tsunami** (*Tsunami warning*) - Este es el nivel más alto de alerta de emergencia y se emite cuando hay un peligro inminente de inundación costera por tsunami. El aviso de tsunami se puede extender por varias horas después de la llegada de la primera ola. Se recomienda **desalojar la zona amarilla en los mapas de desalojo inmediatamente** (a pie), moverse a tierras altas y seguir las instrucciones de la oficina de manejo de emergencia. Debe permanecer atento a información oficial. Se actualiza cada media hora o menos de ser necesario.

**Advertencia de Tsunami** (*Tsunami advisory*) - Este mensaje se emite cuando hay un peligro de corrientes fuertes y oleaje peligroso. Se recomienda **salir del agua, playa, marinas, puertos y ensenadas**. La advertencia puede convertirse en un aviso o puede ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Bajo este nivel de alerta no se recomienda desalojar la zona amarilla en los mapas de desalojo por tsunami. Se emite información especial para la comunidad marítima. Debe permanecer atento de la información oficial. Se actualiza cada media hora o antes de ser necesario.

**Vigilancia de Tsunami** (*Tsunami watch*) - Este mensaje se emite cuando ha ocurrido un evento que más adelante pudiera afectar la zona costera, pero al momento se desconoce su posible impacto, si alguno. La vigilancia puede convertirse en una advertencia, aviso o ser cancelada, si la información disponible así lo amerita. Se recomienda permanecer atento de la información oficial. Se actualiza cada media hora.

**Boletín Informativo de Tsunami** (*Tsunami information statement*) - 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 e Islas Vírgenes. Contiene información sísmica.

**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 las fluctuaciones del nivel del mar pueden continuar.

**“All Clear” (término utilizado en inglés)** - mensaje emitido por el Negociado de Manejo de Emergencia (NMEAD) a la ciudadanía, en coordinación y comunicación directa con las OMME's, donde, luego de revisadas las áreas, se establece que se puede regresar a las zonas afectadas pues el peligro por el tsunami ha pasado. Este mensaje pudiera tardar desde horas hasta días en ser emitido de acuerdo con el área.

## 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 evento 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 expuesta 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 2020, el programa de tsunamis de la RSPR estima que en Puerto Rico alrededor de 213,583 personas (4% 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, millones de pasajeros llegan a la Isla anualmente.

### PREPARACIÓN Y CAPACIDAD TSUNAMIREADY DE PUERTO RICO

#### Comunidades TsunamiReady®

El Programa Nacional de Mitigación de Amenaza de Tsunami (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 expuestas 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 3**). Para dicha modelación se simularon sobre 500 fuentes de tsunamis (distantes, regionales y locales), incluyendo 321 fuentes locales, alrededor de la isla (**Figura 4**). Como parte de las fuentes locales, se incluyó un evento catastrófico de magnitud 8.5M al norte, en la Trinchera 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 combinación de todas las inundaciones simuladas en el modelo.



**Figura 3:** Zona de inundación por tsunami, modelo 2012 (Tomado y adaptado del Puerto Rico Tsunami Program Map Tool, RSPR, <http://www.maptool.uprm.edu>).

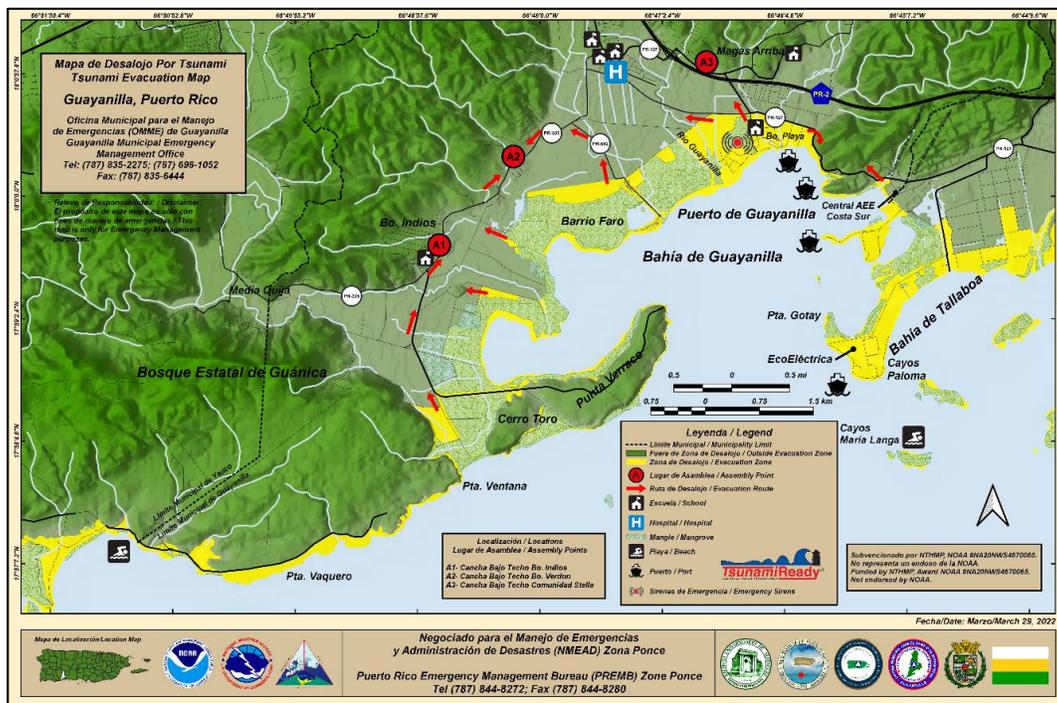
Basado en la modelación 2012 se delimitó la zona de desalojo por tsunami para Puerto Rico. La **zona de desalojo** toma en consideración diferentes variables, entre estas:

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

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 (**Figura 5**). Se pueden descargar los mapas de desalojo utilizando el siguiente enlace: <http://redsismica.uprm.edu/>.



**Figura 4:** Mapa de las fuentes locales que se tomaron en consideración para el desarrollo del modelo de inundación por tsunami 2012 (RSPR 2012). En color rojo, el escenario catastrófico (hipotético) de 8.5M en la Trinchera de Puerto Rico.



**Figura 5:** Ejemplo de un mapa de desalojo por tsunami (municipio de Guayanilla). La zona amarilla en el mapa representa la zona de desalojo, la zona verde representa la zona fuera del desalojo.

Utilizando la aplicación de mapas *Puerto Rico Tsunami Program Map Tool* (<http://maptool.uprm.edu>), de la RSPR, se puede ver la zona de desalojo de todo Puerto Rico, las rutas a seguir, mapa de tiempo de desalojo para algunos municipios (modelo de desalojo a pie o *pedestrian evacuation maps en inglés*) y los lugares de asamblea. Dicha herramienta de mapas permite identificar las rutas de desalojo y medir la distancia que se debe recorrer para calcular el tiempo estimado de desalojo. Más adelante, en la sección **Aplicación de Mapas: Puerto Rico Tsunami Program Map Tool** se explica en detalle esta herramienta.

## Aplicación de mapas: Puerto Rico Tsunami Program Map Tool

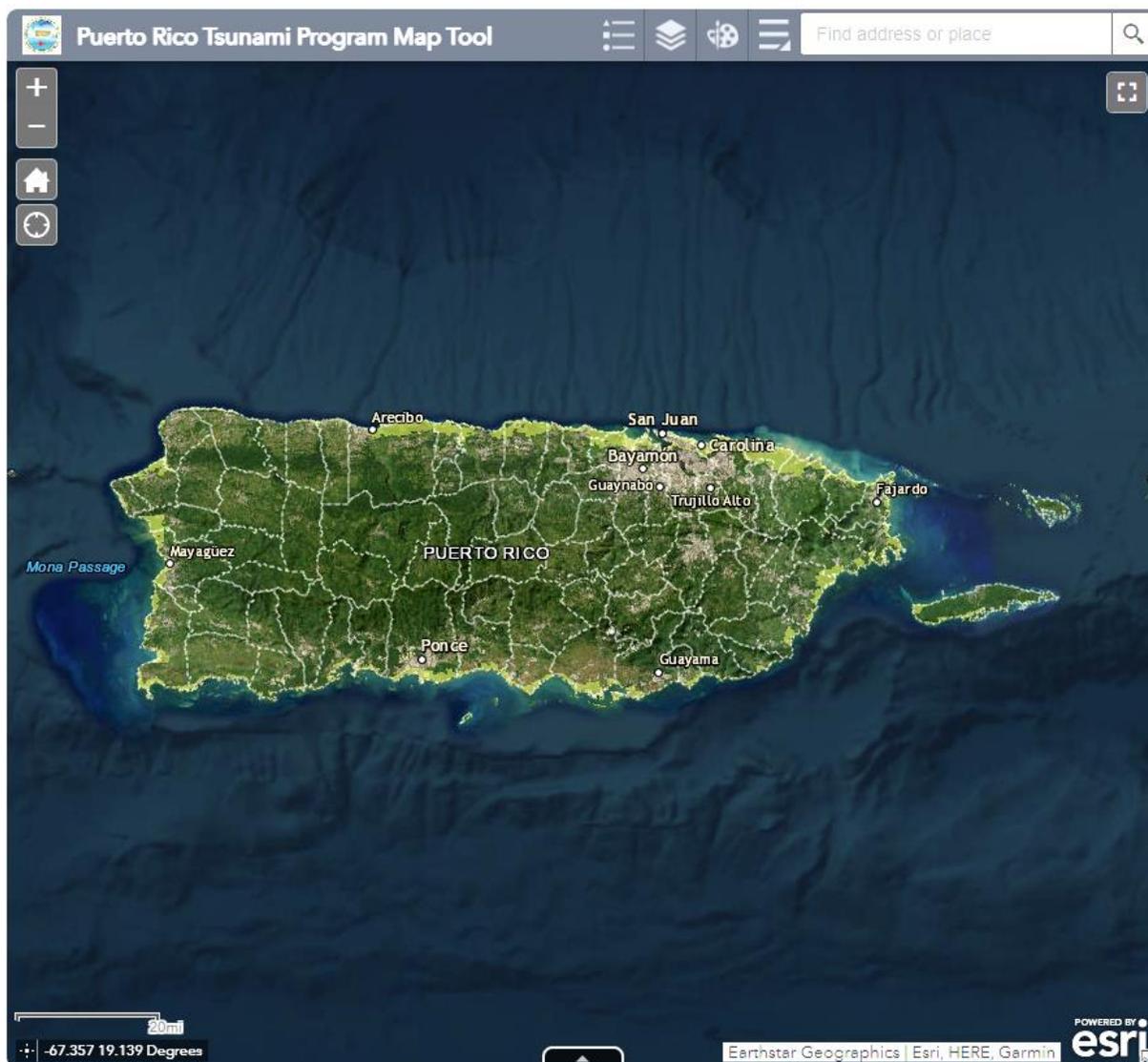
El **Puerto Rico Tsunami Program Map Tool (PRTPMT)** es un portal digital con los mapas de desalojo por tsunamis en forma de aplicación web (**Figura 6**). Esto es una herramienta liviana de mapas por internet (web API) con base en los sistemas de información geográfica (SIG) la cual permite visualizar 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
- Pedestrian maps (modelo de desalojo a pie, para algunos municipios)
- Otros

La aplicación permite a los usuarios ejecutar ciertas funciones de forma interactiva. Entre las opciones se encuentra: acercamiento a una zona ("zoom in / out"), 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. También permite descargar varias capas de información.

Finalmente, el mapa está diseñado para que, al acercarse al mapa, van apareciendo diferentes capas de información. Este mapa está disponible para 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://maptool.uprm.edu>. Además, utilizando la siguiente dirección web <https://redsismica.uprm.edu/english/tsunami/tsunamireadygisdata.php>, podrá descargar un **manual** que le enseñará a utilizar la herramienta.



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

### 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

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

	<p><b>Zona de Peligro</b></p> <p>Indica a las personas que están en una zona expuesta a tsunamis. Se instala frente a la playa o en zonas cercanas a la costa.</p>		<p><b>Desalojo Vertical (algunos municipios)</b></p> <p>Este letrero se coloca en aquellos edificios o estructuras que han sido identificadas para hacer un desalojo vertical.</p>
	<p><b>Ruta de Desalojo / Flecha</b></p> <p>Se utiliza para dirigir a las personas a lo largo de la ruta de desalojo. Este letrero va acompañado de una flecha que indica la dirección del desalojo.</p>		<p><b>Lugar de asamblea</b></p> <p>Este letrero identifica los lugares de asamblea o puntos de encuentro en caso de tsunami. Son lugares ya predeterminados en los mapas de desalojo y planes de emergencia.</p>
	<p><b>Entrando a zona de peligro</b></p> <p>Indica que está entrando a una zona de desalojo por tsunami. Se debe instalar lo más cerca al borde de la zona de desalojo en compañía al letrero de Saliendo.</p>		<p><b>Saliendo de zona de peligro</b></p> <p>Indica que está saliendo de una zona de desalojo por tsunami. Se debe instalar lo más cerca al borde de la zona de desalojo en compañía al letrero de Entrando.</p>

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:

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

Ejemplo: Para calcular el tiempo estimado de desalojo de una escuela costera primero se debe medir la distancia en millas a lo largo de toda la ruta de desalojo, desde la escuela hasta fuera de la zona de desalojo. Digamos que esa distancia son 1.8 millas. Ahora va a dividir esa distancia entre 2.5 millas por hora, el resultado será en horas, para cambiarlo a minutos deberá multiplicarlo por 60 minutos. Ahora tendrá el

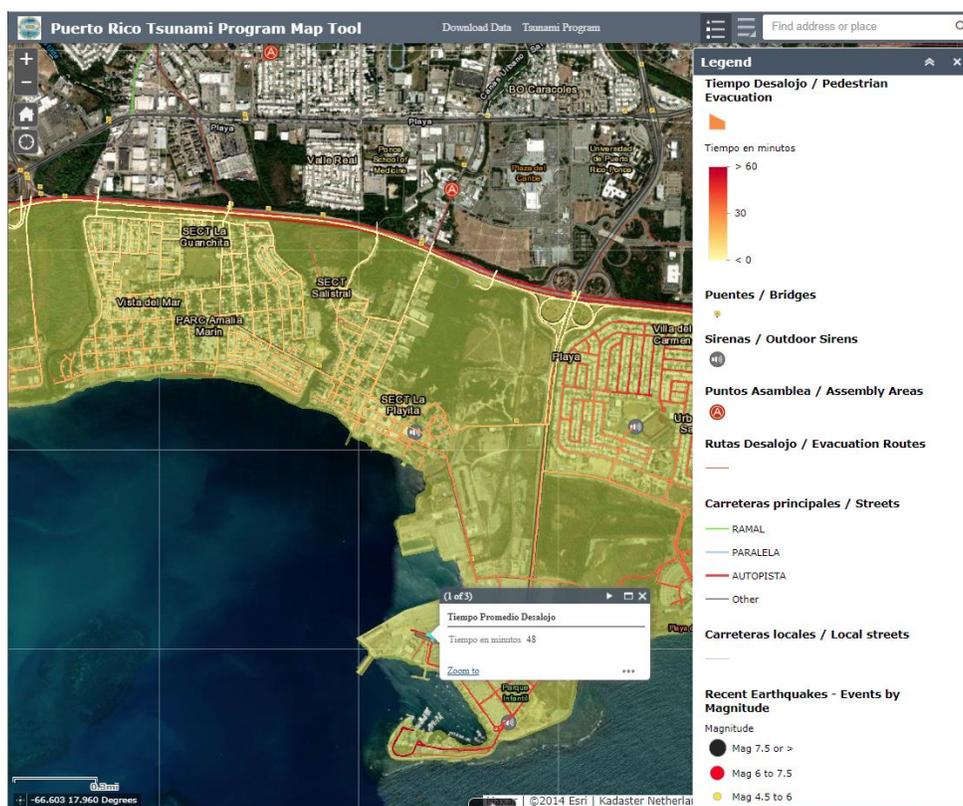
tiempo en minutos que le toma desalojar a esa escuela desde sus facilidades hasta fuera de la zona de desalojo. Repita el mismo procedimiento, pero desde el punto fuera de la zona de desalojo hasta llegar a la asamblea. Ahí tendrá el tiempo total.

Utilizando la aplicación de mapas *Puerto Rico Tsunami Map Tool* (mejor conocida como el map tool) también se puede acceder a una serie de mapas de tiempo de desalojo a pie mejor conocido como “pedestrian”. Esta capa de información muestra el tiempo en minutos que toma desalojar a lo largo de una ruta. En la leyenda se utiliza el cambio en colores conforme aumenta o disminuye el tiempo a lo largo de la ruta. (Figura 7). Utilizando el mouse de su computadora o el dedo (en caso de celular o tableta) el mapa le mostrará una ventana con el tiempo en minutos. Puede consultar la sección **Aplicación de Mapas**, donde se explica en detalle esta herramienta.

Cientos de letreros han sido instalados en todo Puerto Rico para señalar 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.



**Figura 7:** Mapa de tiempo **de desalojo a pie** (pedestrian) para el municipio de Ponce. Se ilustra los valores en el mapa de una caminata promedio entre 2.5 – 2.7 mph

## PROTOCOLO DE COMUNICACIONES Y NIVELES DE ALERTA

Los centros de alerta de tsunamis (también conocidos como *TSP, Tsunami Service Provider*) evalúan de manera rápida, en tiempo real, la actividad sísmica alrededor del mundo, establecen el nivel de alerta y a su vez emiten la mensajería necesaria, o productos, a los Puntos Focales de Alerta de Tsunamis locales (TWFP, por sus siglas en inglés) quienes operan 24 horas, los 7 días de la semana. Un punto focal es un centro equipado con sistemas redundantes para recibir la información del TSP y a su vez diseminarla a la población y las comunidades de forma masiva, por medios redundantes, en el menor tiempo posible.

En Puerto Rico, el Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD) es el Punto Focal de Alerta de Tsunamis a nivel estatal. La RSPR junto al SNM son los puntos focales de alerta de tsunamis alternos para Puerto Rico. Además, la RSPR es la fuente oficial de información de terremotos para la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. El 3 de abril de 2017, Puerto Rico e Islas Vírgenes pasaron a estar bajo la jurisdicción del Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés) [5].

Para Puerto Rico e Islas Vírgenes se ha establecido un Protocolo de Comunicaciones (**Figura 8**) que se activará cuando entre en vigor uno de los niveles de alerta de tsunami. Este Protocolo establece que se deben realizar comunicaciones redundantes desde las agencias federales hasta los puntos de alerta de tsunami locales costeros en Puerto Rico e Islas Vírgenes. Durante una activación el mensaje a emitirse puede ser un aviso, advertencia o vigilancia de tsunami para la PR e IV, así como boletines informativos (TIB) y cancelaciones de mensajería de tsunami. Estos mensajes son conocidos como: **productos domésticos**.

Cuando el PTWC emite un producto doméstico de tsunamis, esta información es recibida y diseminada por NMEAD, RSPR y SNM a las diferentes agencias locales y estatales de manejo de emergencia (en Puerto Rico e Islas Vírgenes, según corresponda) por diferentes medios. Los TWFP han sido equipados con sistemas EMWIN (*Emergency Manager Weather Information System*) para poder recibir los boletines directamente del PTWC y otras alertas.

La RSPR recibe información del PTWC, coordina y/o corrobora información de la mensajería con el PTWC para productos de tsunamis para la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. La RSPR tiene la responsabilidad de emitir información de terremotos en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes y apoyar en la emisión de boletines. La primera evaluación y emisión rápida se conoce como el REA (*Rapid Earthquake Alert*). Un REA contiene sólo información de los parámetros del terremoto y se emite en los primeros cinco minutos luego de que el evento es localizado por los sistemas de detección y localización. Es con el REA en donde comienza la activación del Protocolo de Comunicaciones de Tsunamis de la RSPR, con la llamada inicial al PTWC y a los TWFP de Puerto Rico (NMEAD y SNM).

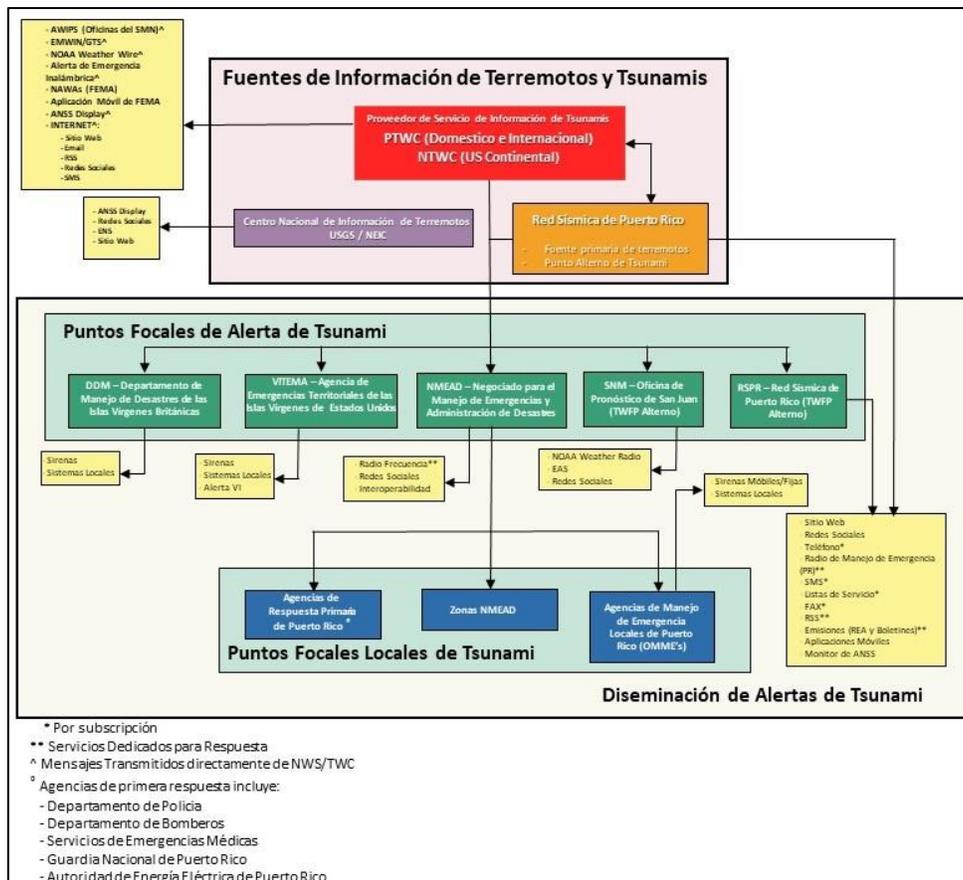
Simultáneamente con el REA se envía información rápida a los manejadores de emergencias en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes a través de mensaje de texto, email, llamada telefónica y se actualiza la

página web principal de la RSPR con la información del terremoto incluyendo redes sociales. En caso de un evento tsunamigénico o con potencial tsunamigénico, una vez se establece el nivel de alerta de tsunami con el PTWC, se comienzan a generar los boletines de la RSPR. De no tener comunicaciones con los centros de alerta de tsunami o TSP, la RSPR continuará con el Protocolo.

Los boletines de la RSPR (que comienzan con un Boletín Preliminar y luego como Boletines Actualizados) se emiten posterior al REA y se actualizan cada media hora o con la emisión nueva del PTWC. Para terremotos locales se actualizará el boletín con la información de terremotos determinada por la RSPR. Para terremotos lejanos también podrá contener información actualizada del terremoto de parte del NEIC-USGS o a la red regional correspondiente.

La información de los boletines de la RSPR se emite por: radio NMEAD, teléfonos dedicados (línea privada y *ring down*), mensaje de texto, correo electrónico, RSS, llamadas automáticas (sistemas de mensajería masiva), página web oficial, redes sociales de la RSPR, fax y Catálogo de Sismos Significativos de la RSPR. Para eventos locales (AOR) la información se actualiza en el Catálogo General de Sismos de la RSPR y el *CISN Display* (ANSS) y en la página de sismos recientes del NEIC-USGS. La **Figura 10** muestra un mapa de tiempo estimado de arribo de un tsunami.

**NOTA: Para los diagramas de los canales de comunicación y tiempo de respuesta favor de consultar los Anejos 1, 2, 3 y 4.**



**Figura 8:** Protocolo de comunicación para Puerto Rico e Islas Vírgenes en caso de tsunami y terremoto (tomado de la RSPR).

## TIEMPO DE ARRIBO DE UN TSUNAMI

El tiempo de arribo o ETA (estimated time of arrival en inglés) se refiere al tiempo estimado, en horas o minutos, que tardaría en llegar la primera ola del tsunami a nuestra región. En ese sentido podemos diferenciar tres tipos de escenarios: local, regional y distante (**Figura 9**). Un escenario local sería el peor de los escenarios, donde se contaría con una hora o menos (minutos) para responder. Un escenario regional es uno donde se contaría con un tiempo de una a tres horas y uno distante contaría con más de tres horas para responder. El PTWC solo clasifica los tsunamis en cercano (tres horas o menos) y distante (tres horas o más). El mayor reto en PR es que la mayoría de nuestras fallas con potencial de generar tsunami se encuentran a un tiempo de viaje de una hora o menos (**Figura 10**), en algunos casos a solo minutos de la costa. Por ejemplo, un tsunami que se genere en la Trinchera de Puerto Rico tendría un tiempo de viaje menor a los 30 minutos, lo que nos dejaría con muy poco tiempo para responder. Por esta razón, es fundamental conocer y educar a la población sobre las "señales naturales de un tsunami".



Figura 9: Fuentes de un tsunami y sus diferencias. Tomado del portal educativo de la RSPR: "Puerto Rico Tsunami Education" (<https://www.uprm.edu/prtsunamiedu>).

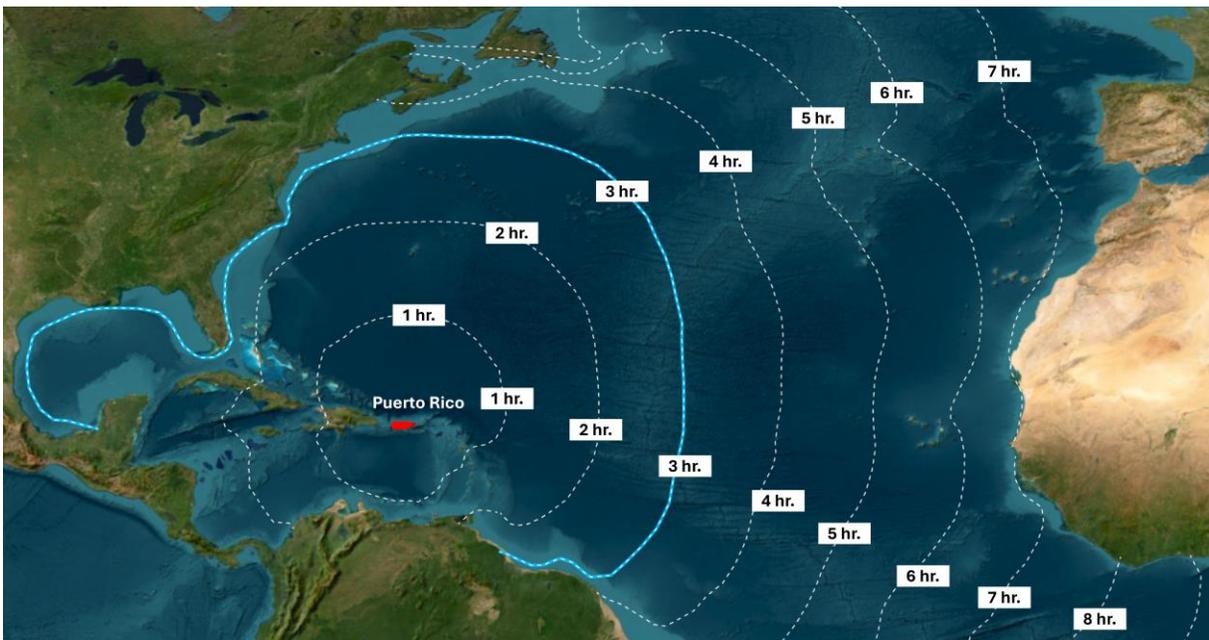


Figura 10: Mapa de tiempo estimado de arribo de un tsunami en la cuenca del Atlántico. Datos obtenidos de la herramienta Tide Tool (PTWC). Las líneas blancas marcan el tiempo en intervalos de una hora. La línea azul resalta el intervalo de tres horas.

## TIPOS DE ALERTA Y MENSAJERÍA DE TSUNAMI

### Las señales naturales

En caso de un terremoto local, no siempre se contará con tiempo suficiente o con los recursos tecnológicos para alertar a las personas en caso de un tsunami. En muchos casos la mejor señal de alerta de que un tsunami se aproxima son las señales naturales. Ver la

#### **Figura 11.**

Las señales naturales incluyen:

- Un terremoto fuerte – en el que se haga difícil permanecer en pie, los objetos se caen, daño en estructuras.
- Un terremoto de larga duración – 20 segundos o más.
- Cambio repentino en el nivel del mar – si está en la costa y ve que el mar retrocede súbitamente o por el contrario aumenta la marea de manera inusual
- Comportamiento inusual del mar – ruido fuerte mar adentro (como un tren o un avión), o se aprecia una ola larga en el horizonte o una pared de agua que se aproxima.

Si usted percibe alguna de estas señales y está cerca de la costa busque altura inmediatamente, alejándose de la costa tierra adentro o subiendo al piso más alto de un edificio (4to piso o más).

El plan de respuesta a tsunamis de cada municipio provee una sección para activar el protocolo de respuesta en caso de que ocurriera alguna de estas señales naturales.



Figura 11: Tipos de alertas de tsunamis: alertas oficiales y señales naturales. Adaptado de Tsunami.gov.

### Alertas oficiales

El centro de alertas de tsunami continuamente evalúa la amenaza de tsunami en tiempo real utilizando datos de diversos instrumentos como parte del sistema de alerta temprana. Luego que ocurre algún evento con potencial tsunamigénico, este centro evalúa si existe o no una amenaza de tsunami y procede a emitir información en forma de boletines que incluyen el nivel de alerta para Puerto Rico e Islas Vírgenes (PRVI). Existen diferentes niveles de alerta de tsunami para PR e IV, estos son: **aviso**, **advertencia**, **vigilancia** de tsunami, **boletín informativo** y **cancelación** (Figura 12). Estas alertas son emitidas a través de varios canales de comunicación, incluyendo los sistemas de alerta de emergencia. Las acciones que el personal ejecutará por cada nivel de alerta deben estar definidas dentro del plan de respuesta.

**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.

**Vigilancia Watch**

- 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.

**Boletín Informativo Information Statement**

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

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

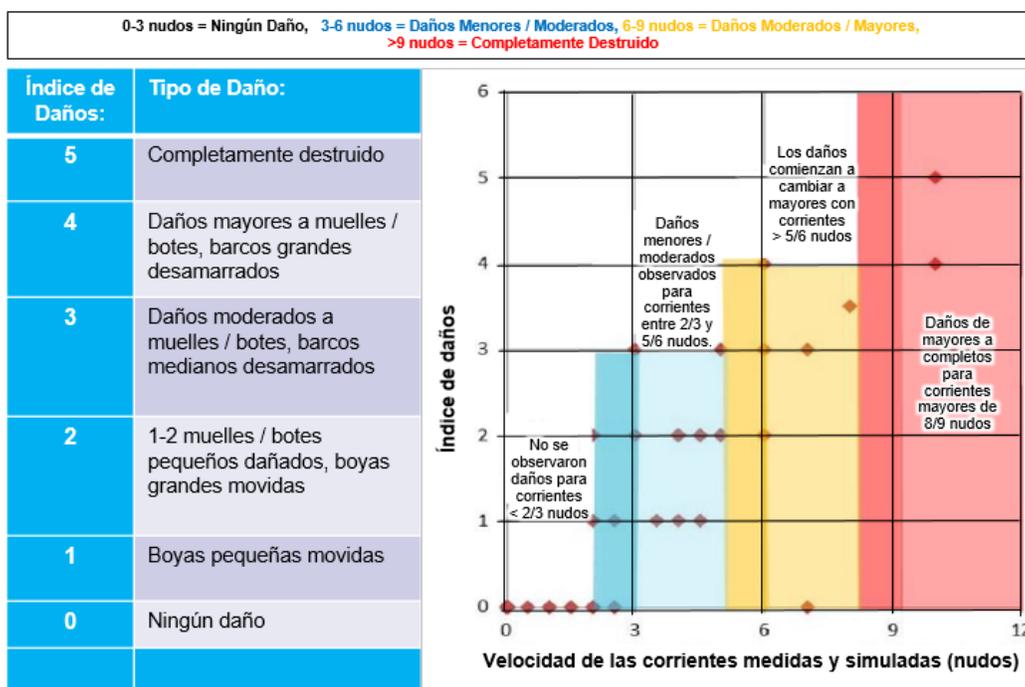
Figura 12: Niveles de alerta de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes.

## Aspectos para considerar en la preparación de la Comunidad Marítima

### RELACIÓN ENTRE LAS CORRIENTES DEL TSUNAMI Y DAÑOS EN FACILIDADES PORTUARIAS

Existe una relación directa entre la velocidad de las corrientes producidas por un tsunami y la dimensión 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.

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 (**Figura 13**), 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 cubre los impactos de un tsunami en un puerto [7].



**Figura 13:** Gráfica que muestra la relación entre 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 13** muestra la tendencia general del incremento en daños a medida que aumenta la velocidad de las corrientes. El resultado indica un cambio notable para el inicio de los daños al acercarse a los 3 nudos (3.45 mph). Cuando se exceden los 3 nudos, el pronóstico 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.

## PLANIFIQUE CON TIEMPO: ¿QUE HACER AHORA?

¿Qué hacer antes de un tsunami? La respuesta a esta pregunta es PLANIFICAR y PREPARARSE. Dada la naturaleza de una instalación 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

- Identifique y organice el grupo de trabajo que estarán a cargo del proceso de planeación.
- Estudio de vulnerabilidad y riesgo.
- Identificar y descargar el mapa de desalojo por tsunami de su municipio.
- Modelo de inundación por tsunami.
- Modelo de corrientes por tsunami.
- Carta náutica de la zona.
- Identifique su ruta de desalojo.
- Coloque señales a lo largo de ruta de desalojo.
- Identifique un lugar de asamblea fuera de la zona de desalojo.
- Planifique las acciones a seguir luego del aviso inicial, desarrolle un plan de respuesta.
- Organice un comité de emergencia, asigne responsabilidades.
- Desarrolle un programa educativo para el personal.
- Desarrolle un árbol de llamadas como método de diseminar la información.
- Desarrolle un plan para la continuidad de operaciones (COOP).
- Identifique una oficina que pueda equipar con sistemas para recibir y diseminar las alertas de tsunami, este será su punto focal de alerta de tsunami.
- Organice ejercicios prácticos que pongan a prueba el plan de respuesta y el plan de desalojo.
- No deje la seguridad del personal a la suerte, planifique con tiempo.
- Aumente las capacidades en las comunicaciones.

## Características físicas de sus instalaciones

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

1. Localización: dirección física donde ubica 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 operaciones de emergencia o COE: describa las capacidades de comunicación, los equipos con los que contará durante la emergencia y horario que opera. Recuerde que este lugar funcionará como Punto de alerta de Tsunami. Existen varios equipos y sistemas importantes en un punto focal de alerta de tsunami (TWFP) para **recibir y diseminar** la información al personal. Entre estos se destacan: radio AM/FM, radio NOAA, televisor, internet, teléfono, radio frecuencia, programa para RSS de la Red Sísmica, sistema EMWIN, 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 instalaciones y el tipo de material que mueven. Es importante conocer la peligrosidad, si alguna, de la carga.
5. Mencione si tiene puertos secundarios en sus instalaciones.
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. Otra información relevante (año de construcción, remodelaciones, etc.).

## Características económicas

Haga una breve descripción de las actividades económicas que la entidad realiza en las instalaciones. Se puede incluir la importancia económica que representan sus operaciones, cantidad de empleados, aportación al fisco, 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

La RSPR condujo varios estudios de corrientes para algunos puertos principales de Puerto Rico (**Anejo 7 - Anejo 9**) Para la altura aproximada de la ola según el modelo de inundación 2012 visite la aplicación de mapas PRTPMT, de la RSPR.

El estudio de vulnerabilidad o análisis de peligro debe incluir la población expuesta (cantidad de personas), si atienden turistas, la infraestructura crítica expuesta, los peligros asociados (derrames de combustibles, fugos, contaminación, contenedores flotando, etc.).

## Mapa de desalojo por tsunami

Se debe contar con mapas de desalojo (**Anejo 5 y Anejo 6**) y exhibirlos en lugares importantes para que visitantes y el personal puedan familiarizarse con la zona de peligro, rutas de desalojo y los lugares de asamblea determinados por el municipio. Utilizando la aplicación de mapas PRTPMT, de la RSPR, usted podrá crear su propio mapa de desalojo, la ruta a seguir y los lugares de asamblea cercanos. Los lugares de asamblea en los mapas por desalojo por tsunami son lugares públicos (en su gran mayoría), accesibles, donde las oficinas de manejo de emergencia llegarán a brindar algún tipo de ayuda e información luego de la emergencia.

## Señalización de rutas de desalojo

Se recomienda adquirir e instalar letreros para señalar las rutas de desalojo y los puntos de encuentro internos en sus instalaciones. 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 al personal. Un punto de encuentro se diferencia de un lugar de asamblea. Los puntos de encuentro son lugares abiertos dentro de sus instalaciones para reagrupar al personal y funcionan para diferentes tipos de incidentes como parte del plan de desalojo de los edificios. En caso de un desalojo por tsunami el personal deberá saber que no puede permanecer en el punto de encuentro, tendrá que desalojar las instalaciones y dirigirse a un lugar de asamblea fuera de la zona de desalojo por tsunami (zona amarilla en los mapas).

## 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 PRTPMT (maptool). Hay dos capas de información que delimitan la inundación, una es el polígono de inundación y la otra son puntos con la elevación de la inundación según el modelo 2012. Esta capa de información, al activarla en el mapa, permite extraer la altura de la inundación sobre el nivel del terreno, en metros, tocando o haciendo “click” sobre el mapa. 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 identificar 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.
- 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 14**). 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.

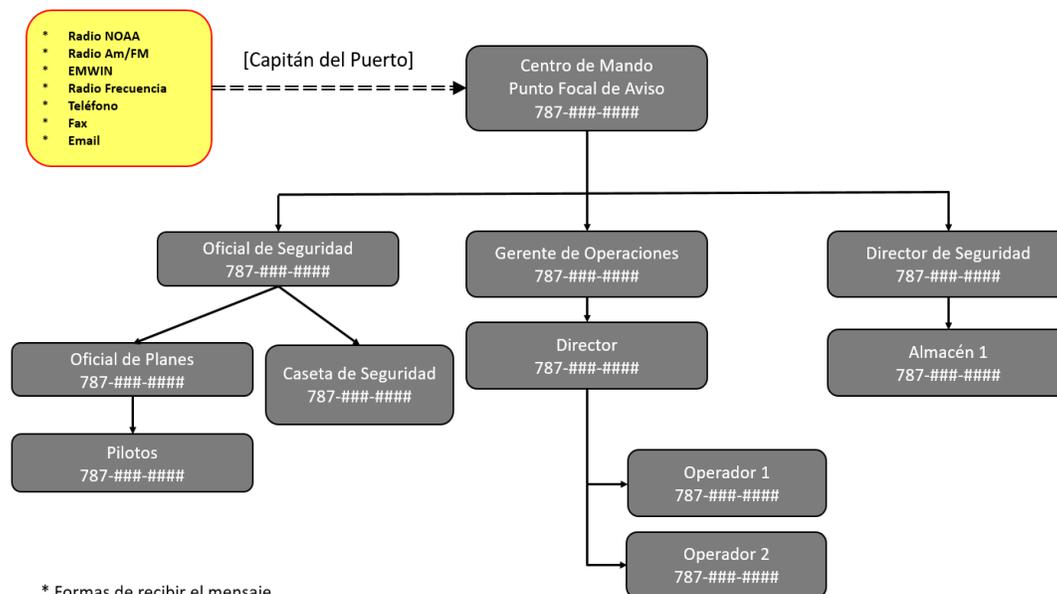


Figura 14: Ejemplo de un árbol de llamadas.

## 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 por parte del TSP o el punto focal. 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” (lo emite NMEAD en coordinación con las OMMes). 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 en el piso 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 10**).

## 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 con las guías federales. Otras entidades privadas deben determinar si establecerán un plan COOP y si cuentan con todos los requisitos para el mismo. En el caso de que su oficina no opere 24/7, se debe identificar un centro de operaciones alternativo que ayudará a mantener las operaciones esenciales durante una emergencia. Debe determinar cuáles operaciones son esenciales y qué necesita para ejecutar las mismas. Más información en: [https://www.fema.gov/pdf/about/org/ncp/coop\\_brochure.pdf](https://www.fema.gov/pdf/about/org/ncp/coop_brochure.pdf).

## ¿QUÉ HACER ANTE UN AVISO DE TSUNAMI?

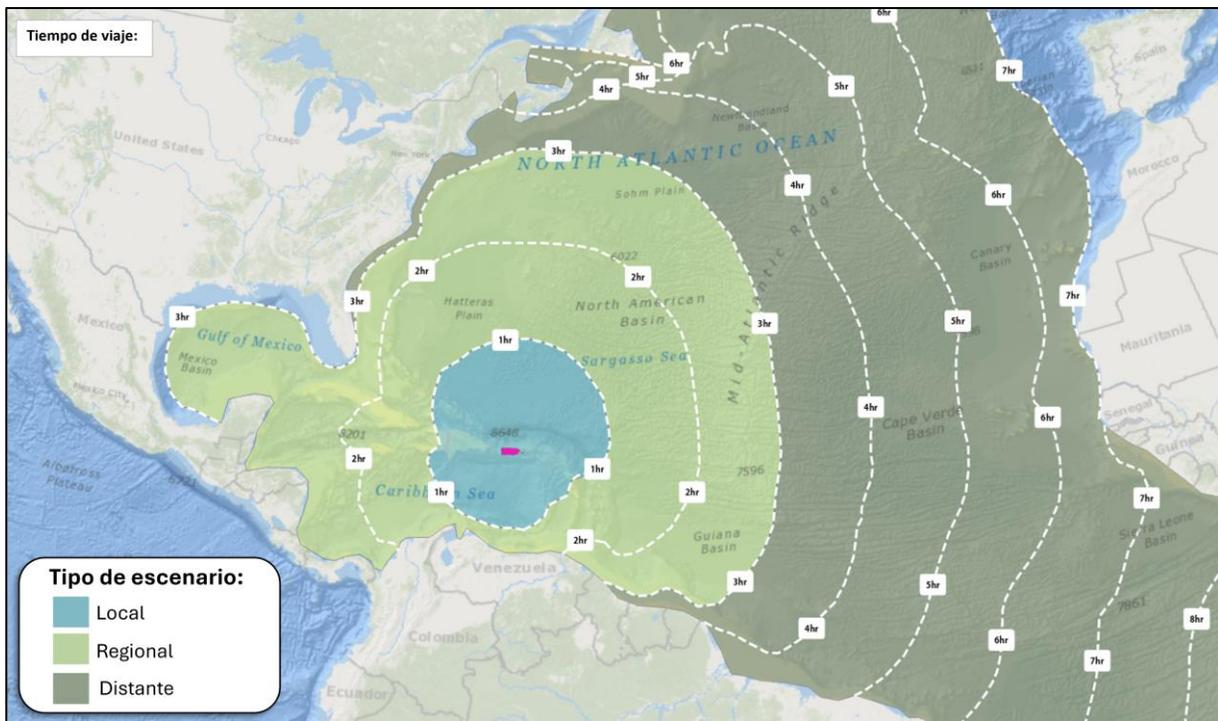
Bajo un **AVISO** de tsunami es el momento de RESPONDER de manera coordinada de acuerdo con el plan. Cuando se habla de responder a una emergencia nos referimos a ejecutar lo que se haya practicado y desarrollado durante el proceso de preparación del plan.

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.

## Acciones recomendadas en caso de un aviso de tsunami

En el caso de que se emita un AVISO de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes pudiéramos observar tres tipos de escenarios de acuerdo al tiempo estimado de arribo del tsunami a nuestra costa. Estos tres posibles escenarios son: un tsunami local, regional o distante. La **Figura 15** muestra los tipos de escenarios de acuerdo con las zonas de tiempo de viaje.

Si la fuente del tsunami es local, a poca distancia de la costa, significa que contamos con un tiempo menor o igual a una hora para responder. Pudieran ser minutos, dependiendo de su localización y distancia de la costa. Este sería el peor de los escenarios dado que si el tsunami fuera generado por un fuerte terremoto, este sería sentido en la isla. De otra parte, si el tsunami fuera generado por un terremoto regional o distante, aunque el mismo no se sintiera en la isla, el Centro de Alerta de Tsunamis pudiera emitir un AVISO de tsunamis en cuyo caso se deberá activar el protocolo de respuesta.



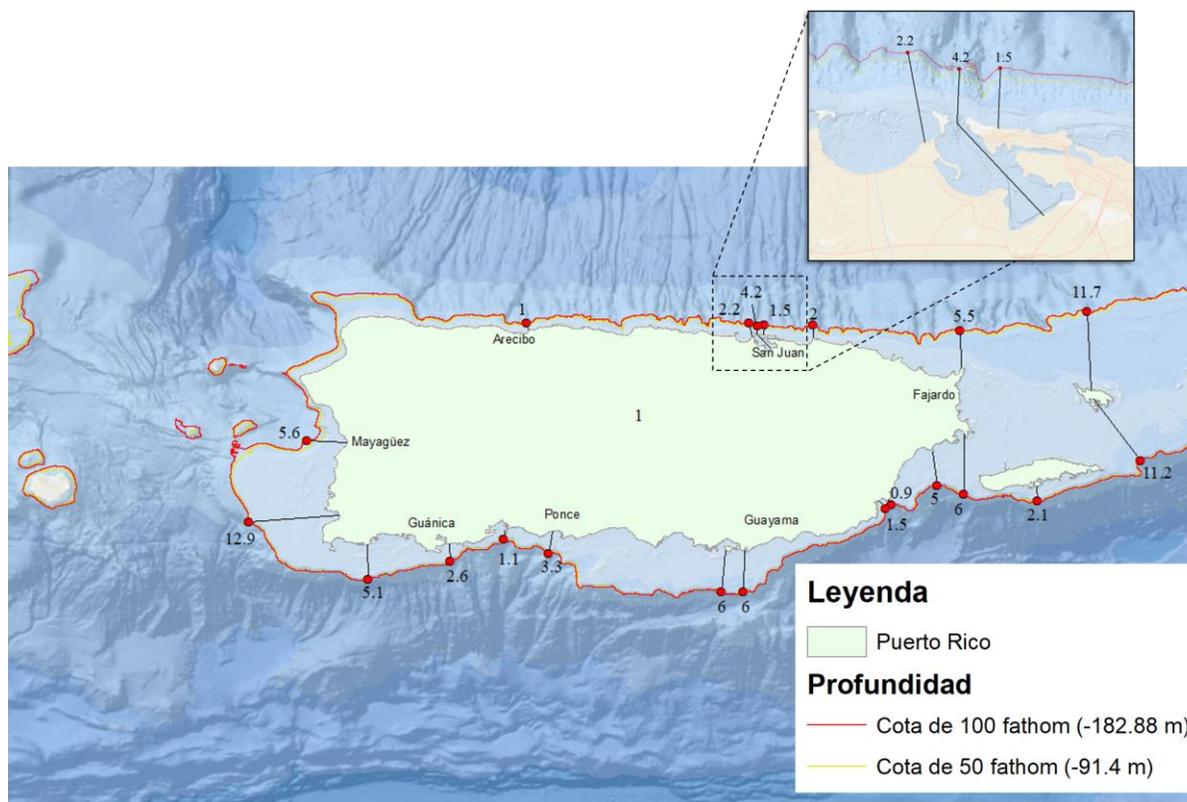
**Figura 15:** Tipo de escenario de acuerdo con el tiempo de viaje del tsunami en el Océano Atlántico. Los escenarios han sido identificados por colores en: local, regional o distante. Local: tiempo de viaje de una hora o menos. Regional: tiempo de viaje mayor a una hora, menor a tres horas. Distante: tiempo de viaje mayor a tres horas. Mapa desarrollado por RSPR utilizando datos obtenidos con la herramienta Tide Tool (PTWC).

Las acciones a seguir en caso de un AVISO de tsunami van enfocadas al desalojo de la población a tierras altas, alejándose de la costa, fuera de la zona expuesta. Intentar sacar embarcaciones del puerto sería peligroso y estarían poniendo la vida en peligro 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 luego de un fuerte terremoto. 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 un **AVISO** de tsunami para Puerto Rico, se recomienda que la persona a cargo del puerto tome las siguientes acciones:

1. Notificar a todos los usuarios del puerto mediante la activación del árbol de llamadas y los demás mecanismos de disseminación de información. Los usuarios tienen que saber qué hacer bajo un **AVISO de tsunami**.
2. Amarrar y alejarse de inmediato de las embarcaciones. Dependiendo de la hora de arribo de la primera ola, asegurar las embarcaciones en el puerto, de acuerdo con el plan de amarre establecido.
3. 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. La prioridad es salvar vidas.
4. Una vez desalojada las instalaciones, no se debe regresar a las mismas hasta que sea permitido por los oficiales de manejo de emergencia.
5. Tenga en cuenta que cualquier transferencia de materiales peligrosos 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. Tenga en cuenta que cualquier transferencia de materiales peligrosos o explosivos deberán cesar de inmediato.
9. 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.
10. 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) si el tsunami es local o regional y **50 fathoms** (91.4 metros, 300 pies) si el tsunami es distante, según recomendado por PR-NTHMP. La **Figura 16** muestra un mapa con las profundidades aquí recomendadas y su distancia referente a la costa.
11. 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 [5].
12. 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. Este comportamiento del mar puede afectar al puerto durante horas después del terremoto.
13. Una vez se emita un mensaje de "All Clear", el mismo se debe 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 16:** 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). Este mapa se desarrolló utilizando datos de batimetría del National Geophysical Data Center, NESDIS, NOAA, 2001 (<https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/coastal/coastal.html>).

## ¿QUÉ HACER BAJO UNA ADVERTENCIA DE TSUNAMIS?

Se emite una **ADVERTENCIA** de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes cuando hay un peligro marítimo potencial por un tsunami que puede producir **corrientes fuertes u oleaje peligroso**. Para una instalación portuaria o una marina también es tiempo de RESPONDER, se debe tomar acción. 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 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

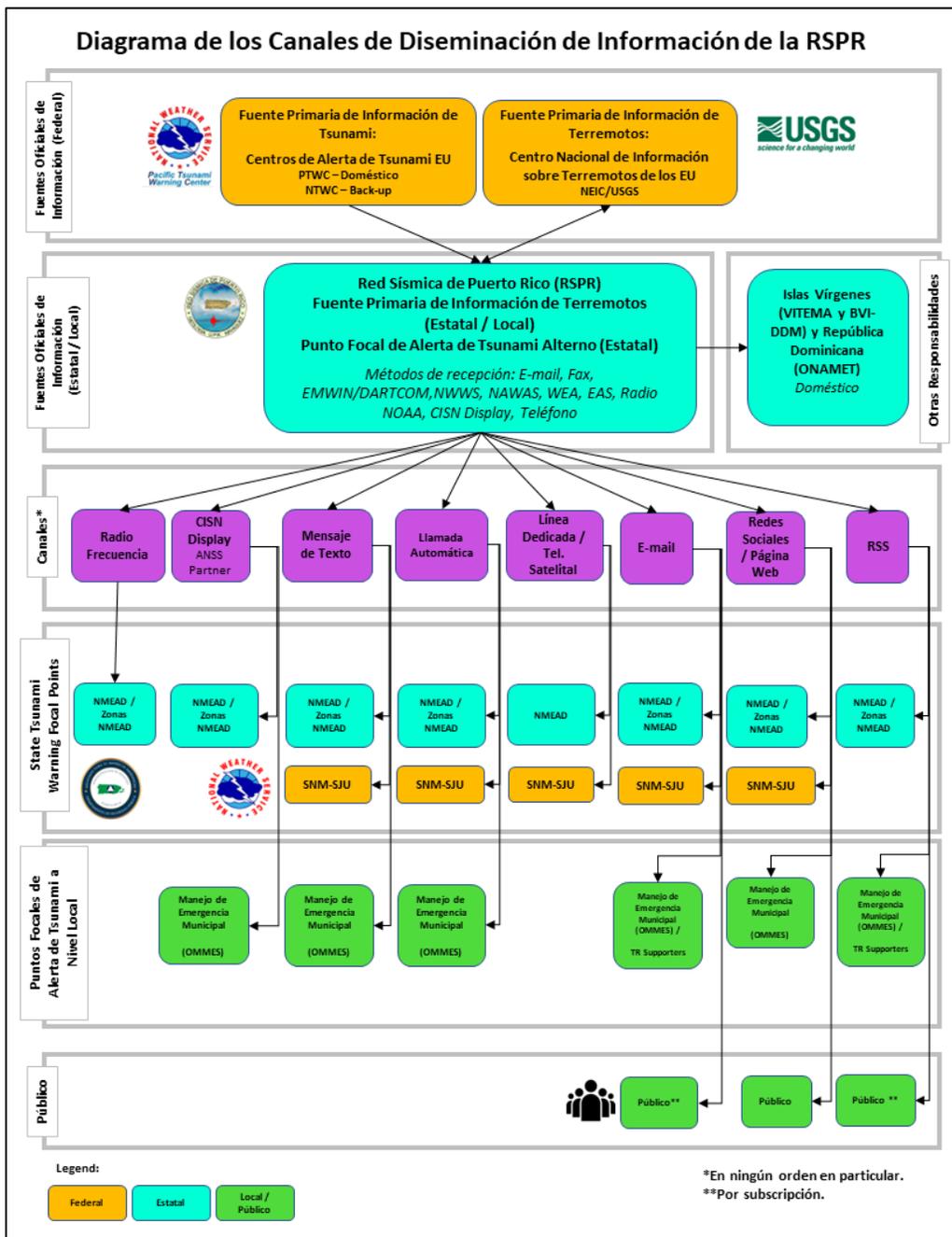
Determine cuáles términos en el documento tienen que ser entendidos por todos los usuarios del plan para evitar errores cuando se opera el protocolo. Por favor use de referencia el glosario de tsunamis provisto por el Centro de Información de Tsunamis (ITIC, por sus siglas en inglés) (**Figura 17**).

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000188226>

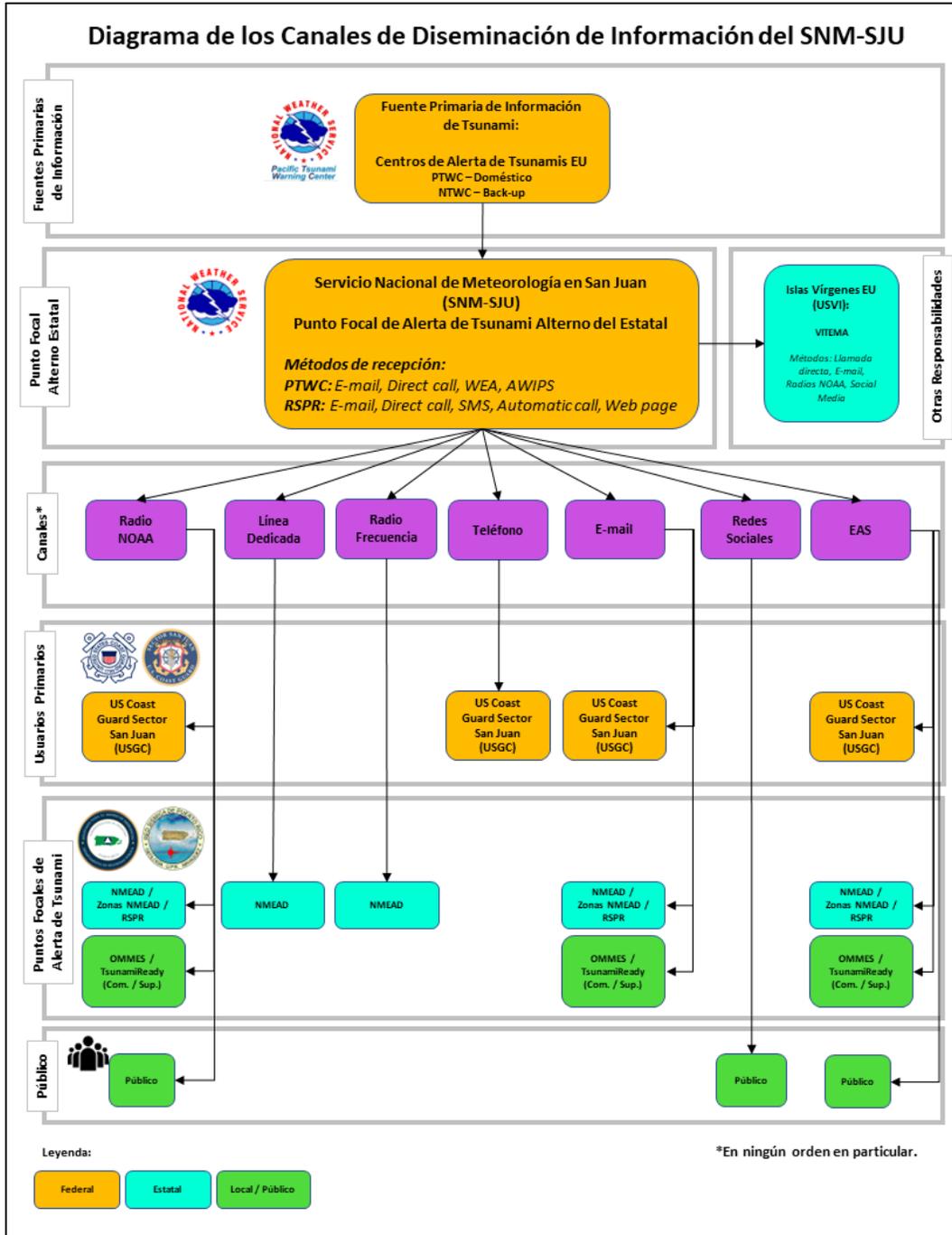


**Figura 17:** Portada del Glosario de Tsunamis 2019.

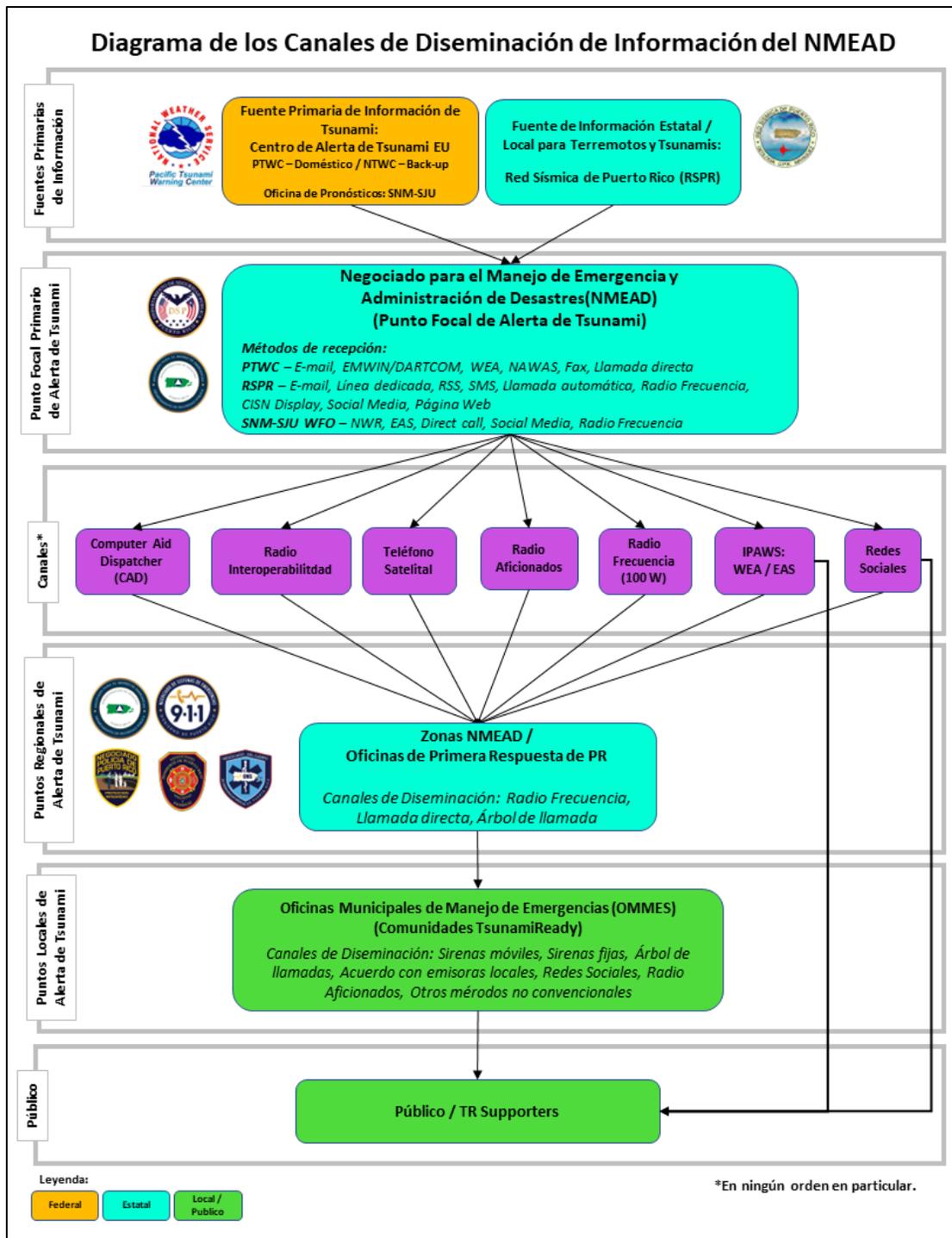
Anejos



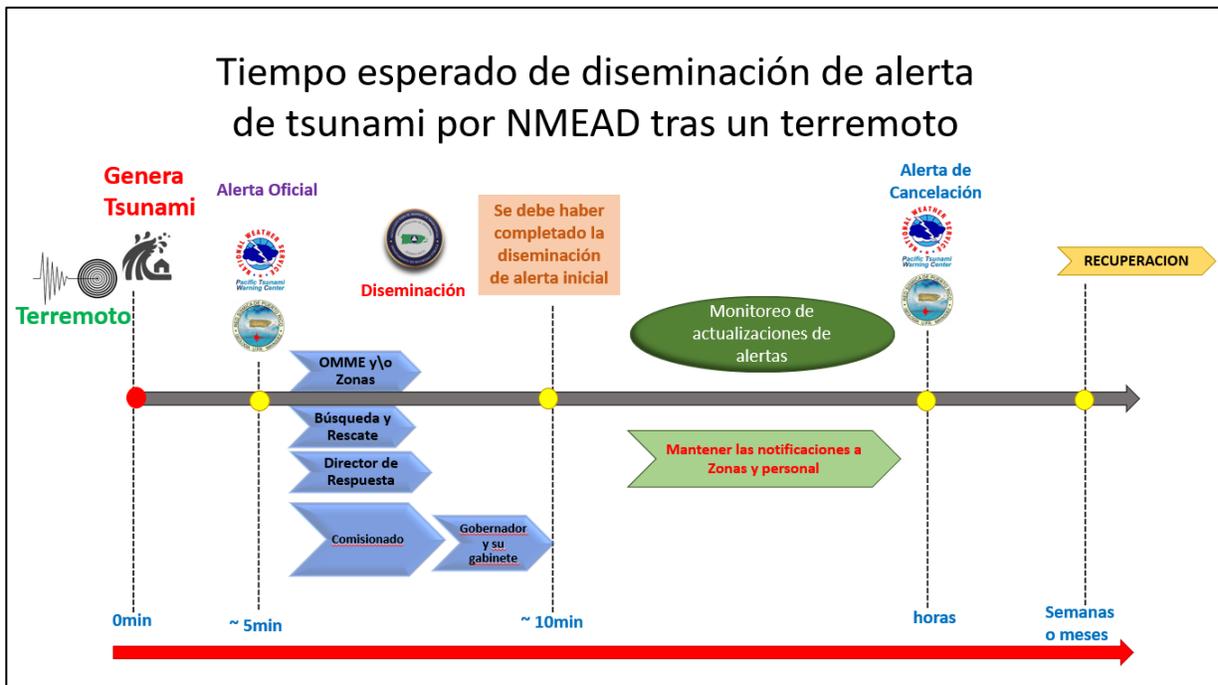
**Anejo 1:** Diagrama de los canales de diseminación de información de la Red Sísmica de Puerto Rico. Actualizado en mayo-2024.



**Anejo 2:** Diagrama de los canales de disseminación de información del Servicio Nacional de Meteorología (SNM) en San Juan. Actualizado en mayo-2024.



**Anejo 3:** Diagrama de los canales de diseminación de información del Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD). Actualizado en mayo-2024.



**Anejo 4:** Tiempo de diseminación de alerta de tsunami esperado en NMEAD tras un terremoto. Actualizado en mayo-2024.



**Anejo 5:** 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>.

# GUÍA DE PREPARACIÓN ANTE TSUNAMIS PARA LA COMUNIDAD MARÍTIMA

### 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.

**For Your Safety Remain Alert to:**

Significant Tsunamis in Puerto Rico				
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

- 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.

Use the QR code to download the evacuation map of your municipality: 

Financed by NOAA—NTHDP. Not endorsed by NOAA.

### Este mensaje se emite cuando hay un peligro inminente de inundación por tsunamis. Muévase 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, esté pendiente a información oficial.

**Aviso**  
**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, esté pendiente a información oficial.

**Advertencia**  
**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, esté pendiente a información oficial.

**Vigilancia**  
**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. Este mensaje notifica que un Warning, Advisory o Watch was not issued for Puerto Rico and Virgin Islands. A seismic event has occurred with no tsunamigenic potential.

**Información**  
**Information Statement**

*This message indicates that no Warning, Advisory or Watch was issued for Puerto Rico and Virgin Islands. A seismic event has occurred with no tsunamigenic potential. 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>  
Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD)  
Puerto Rico Emergency Management Bureau (PREMB)  
(787) 724-0124 <http://manejodeemergencias.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.

**Por Su Seguridad Preste Atención a:**

Tsunamis Significativos en Puerto Rico				
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 Mona	Área Oeste	20
1946	8.0	República Dominicana	Área Oeste	Retirada del mar

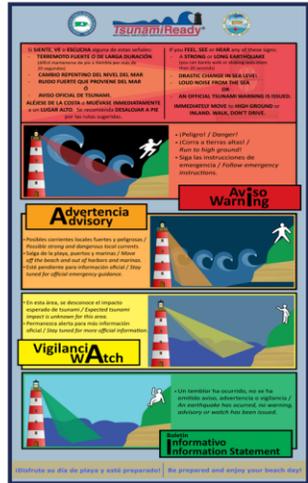
- Señales de alerta de la naturaleza: un terremoto fuerte y/o el cambio repentino del nivel del mar.
- Mensajes oficiales de tsunamis.

**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.

Utilice el código QR para descargar el mapa de desalojo de su municipio: 

Subvencionado por NOAA—NTHDP. No representará un aval de la NOAA.

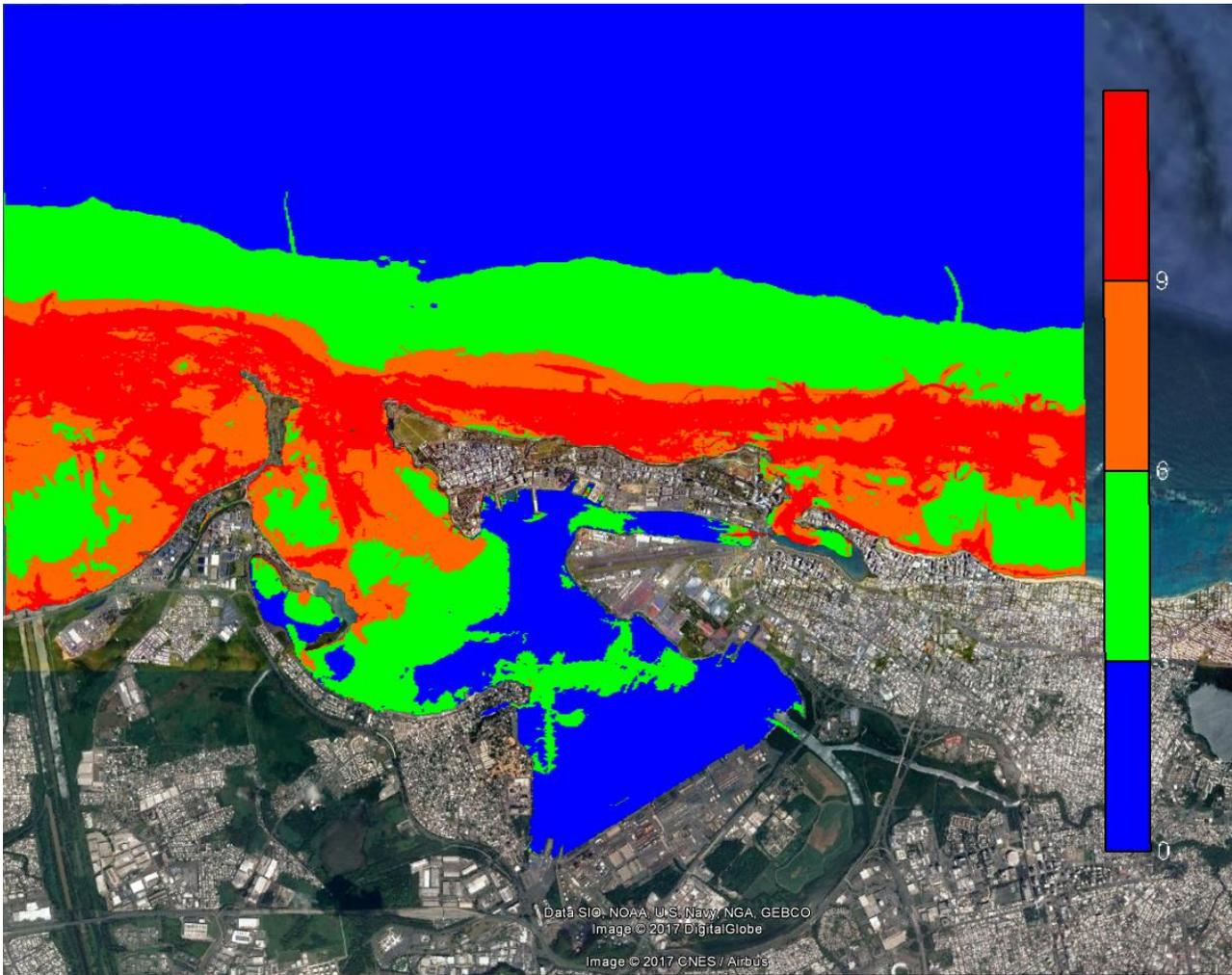


**¡Salvemos Vidas, lo material NO cuenta!**  
Durante un terremoto fuerte busque el lugar más seguro: agáchese, cúbrase y sujétese. Si está en zona de desalojo por tsunamis, aléjese lo antes posible. Active su plan de emergencia en el hogar, comunidad y/o trabajo.

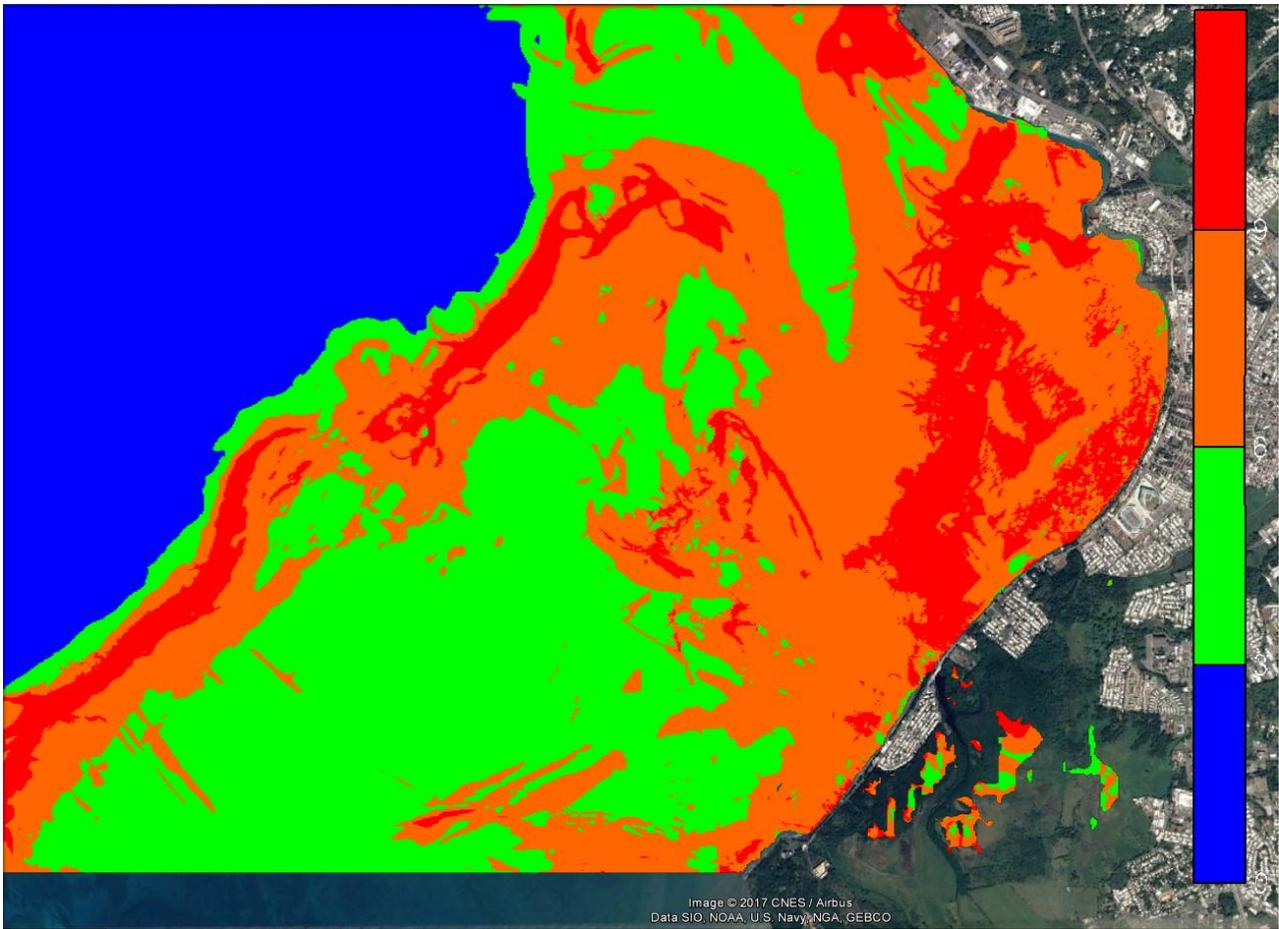
**Save Lives, NOT possessions!**  
During a strong earthquake find the safest place: drop, cover and hold. Then move away, out of the tsunami evacuation zone. Activate your emergency plan in your home, community and/or workplace.

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

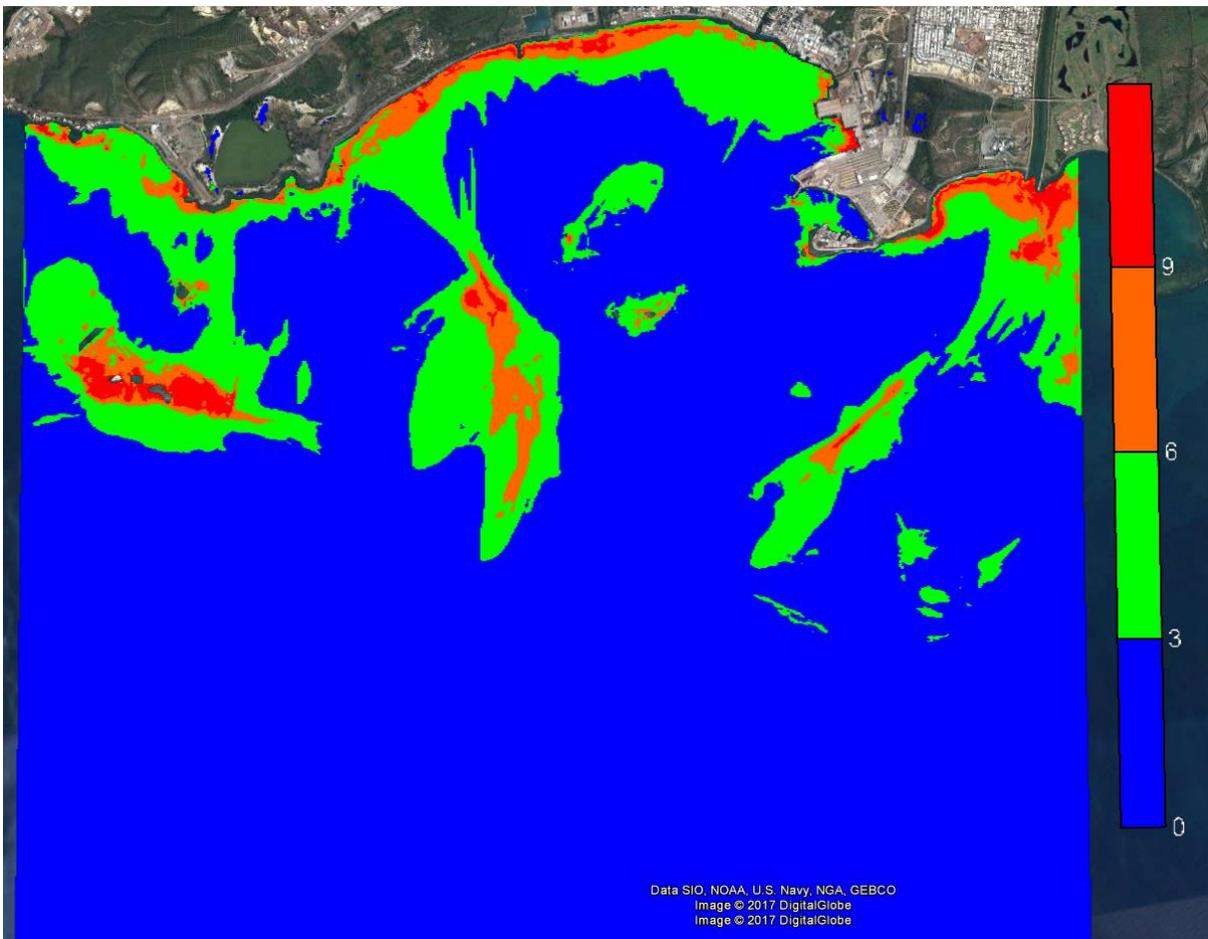
**Anejo 6:** Información al dorso de los mapas de desalojo impresos. Esta parte del mapa educa a la población y explica los niveles de alerta de tsunami y las acciones recomendadas en cada una de ellas. También se provee datos importantes de terremotos y tsunamis históricos que han afectado la región del Caribe, incluyendo Puerto Rico.



**Anejo 7:** Mapa de Corrientes inducidas por tsunamis 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 8:** 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 9:** 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

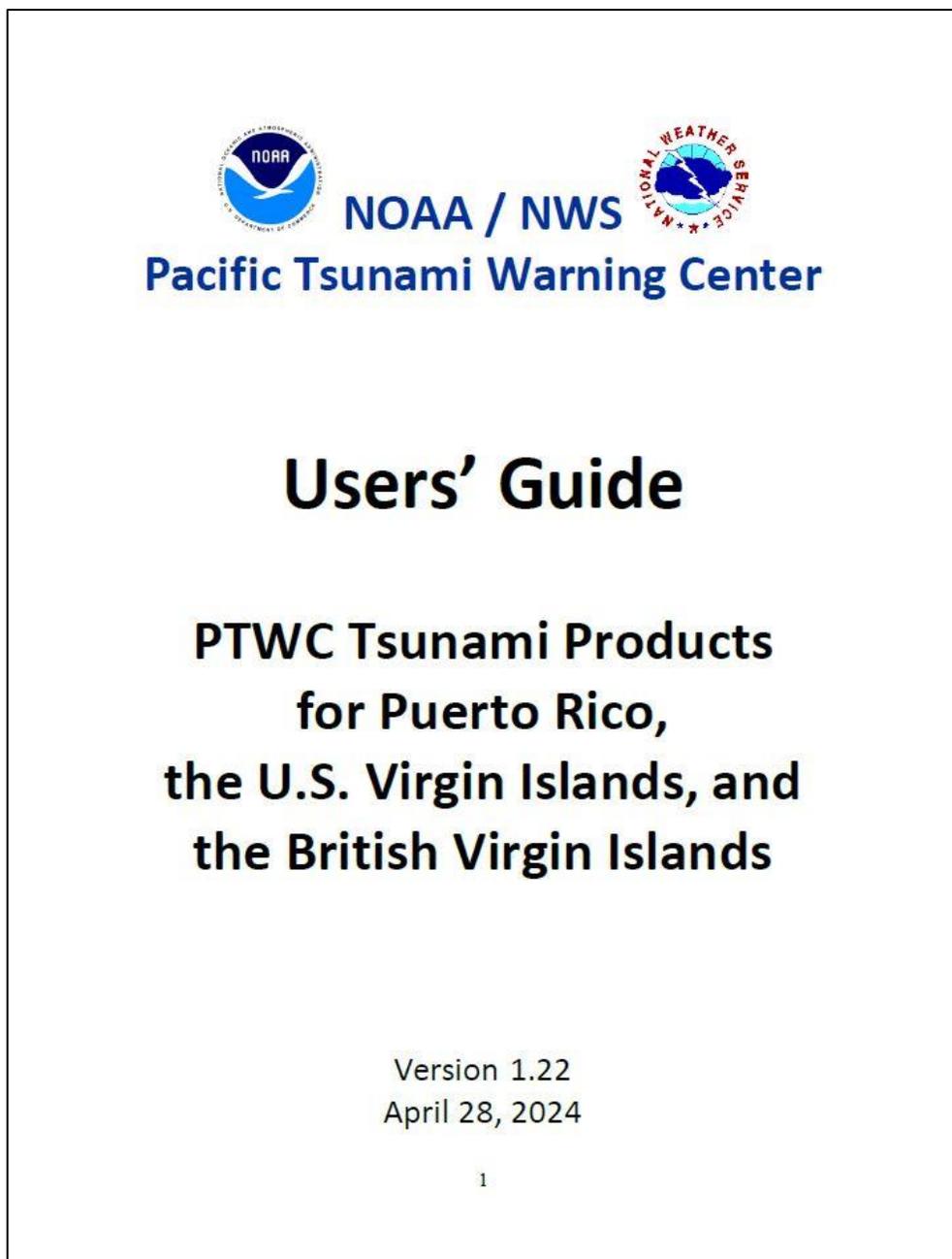
Fax

Correo electrónico

Portal electrónico

MM/YYYY

**Anejo 10:** 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: [https://redsismica.uprm.edu/spanish/tsunami/documentos/supporter/plantilla\\_plan\\_supporter\\_hoteles.docx](https://redsismica.uprm.edu/spanish/tsunami/documentos/supporter/plantilla_plan_supporter_hoteles.docx). Para la información completa sobre las guías del programa de TsunamiReady Supporters visite: <http://www.tsunamiready.noaa.gov/supporters.shtml>.



**Anejo 11:** 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://prsnmail.uprm.edu/owncloud/index.php/s/rra7vVOEptO3DJI>

## 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:roy.ruiz1@upr.edu)

**Jesenia Figueroa**

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  
[jfigueroa@prsnmail.uprm.edu](mailto:jfigueroa@prsnmail.uprm.edu)

## Información adicional

### Portal educativo de tsunamis (Puerto Rico Tsunami Education)

<https://www.uprm.edu/prtsunamiedu/es/home>

### 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

[https://redsismica.uprm.edu/spanish/tsunami/documentos/supporter/plantilla\\_plan\\_supporter\\_hotels.docx](https://redsismica.uprm.edu/spanish/tsunami/documentos/supporter/plantilla_plan_supporter_hotels.docx)

### Descargar mapas de desalojo por tsunami para Puerto Rico

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

### NTHMP Tsunami Information Guide, 2019

<https://www.weather.gov/media/nthmp/nthmpguideonepager.pdf>

### 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.prns.uprm.edu>



NOTA: El desarrollo de esta guía fue financiado por el Programa Nacional de Mitigación de la Amenaza de Tsunami (NTHMP, por sus siglas en inglés) a través de una subvención de la NOAA-#NA23NWS4670019. No constituye un endoso de la Agencia.

rrv 2024

## 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=fe2d889c35794f0999811b66cd5fb7>. [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.