

2024

GUIA PARA OPERADORES

Puntos Focales de Alerta de Tsunami

Subvencionado por NOAA NA23NWS4670019.

Preparado por la Red Sísmica de Puerto Rico
como parte del PR-NTHMP y TsunamiReady®.

No constituye un endoso de NOAA.



Guía para Operadores de Puntos Focales de Alerta de Tsunami

Producción

Gerente de Proyecto

Roy Ruiz Vélez (autor), Gisela Báez Sánchez (editora)

Diseño gráfico y arte

Roy Ruiz Vélez, Joshua Montañez

Mapas y figuras

Roy Ruiz Vélez

Apoyo administrativo

Dalixza Irizarry, Yamilette Vargas y Annie M. Plaza

Colaboradores

Red Sísmica de Puerto Rico - RSPR

Dr. Víctor Huérfano, Glorymar Gómez (editora), Jesenia Figueroa y Niwdé Rivera

Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres – NMEAD

Wildamaris González, Nino Correa

Centro Internacional de Información de Tsunamis - Oficina del Caribe, NOAA-NWS

Christa von Hillebrandt Andrade

Servicio Nacional de Meteorología (SNM), Oficina de Pronósticos de San Juan (WFO SJO)

Ernesto Morales

Datos bibliográficos sobre esta publicación

Edición: Segunda edición

Mes y año de esta edición: MAYO 2024 (edición original en 2019)

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

Con fines bibliográficos este documento debe ser citado como sigue:

Red Sísmica de Puerto Rico. 2024. *Guía para Operadores de Puntos Focales de Alerta de Tsunami para Puerto Rico*. 2^{da} ed. Mayagüez, PR.

RRV-2024



CONTENTS

Resumen.....	1
Sobre la guía	1
Importancia.....	2
Introducción.....	3
Términos y definiciones	7
Capacidad TsunamiReady® en Puerto Rico.....	8
Vulnerabilidades en Puerto Rico ante la amenaza de tsunamis	8
Otros aspectos a considerar en la vulnerabilidad de nuestras costas.....	11
Preparación y capacidad TsunamiReady de Puerto Rico	12
Comunidades TsunamiReady®	12
Modelo de inundación y mapas de desalojo	12
Rutas de desalojo y letreros	15
Las rutas de desalojo oficiales y alternas	15
Cálculo del tiempo de desalojo.....	16
Protocolo de tsunamis para Puerto Rico	18
Protocolo de comunicaciones de la RSPR.....	20
Tiempo de arribo de un tsunami.....	21
Tipos de alerta y mensajería de tsunami	22
Las señales naturales	22
Alertas oficiales y mensajes de tsunami	23
El Árbol de llamadas.....	24
Sirenas Fijas	25
Sirenas móviles	28
Sistema EMWIN – Emergency Manager Weather Information Network	29
Buenas prácticas en el punto focal	31
Plan para la continuidad de operaciones (COOP)	31
Recursos educativos para el personal.....	32
Programa educativo y ejercicios prácticos.....	32
Portal educativo de tsunamis: Puerto Rico Tsunami Education	32
Aplicación de mapas: Puerto Rico Tsunami Program Map Tool.....	33

Apéndice.....	35
1. Ejemplo de un mensaje oficial del Centro de Alerta de tsunamis	35
2. Ejemplo de un mensaje de la RSPR.....	39
3. Diagrama canales de diseminación de información RSPR	40
4. Diagrama canales de diseminación de información SNM	41
5. Diagrama canales de diseminación de información NMEAD	42
6. Linea de tiempo de respuesta esperado en NMEAD	43
Contacto de personal experto.....	44
Información adicional	46
Referencias	47
Glosario	48



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 6.4Mww del 7 de enero de 2020 al sur, entre Guánica y Guayanilla, que ocasionó daños y una muerte. Uno de los efectos asociados a los fuertes terremotos son los tsunamis. La necesidad de desarrollar la **Guía para Operadores de Puntos Focales de Alerta de Tsunamis en Puerto Rico** surge de la necesidad de contar con personal capacitado para atender las comunicaciones iniciales y enfrentar la emergencia de ocurrir un tsunami que afecte nuestra región. Sabemos que los tsunamis, y sus devastadores efectos en la infraestructura, la sociedad y la economía, no avisan por lo que debemos estar preparados. Esta guía ayudará a los operadores de puntos focales y otros miembros de la comunidad de manejo de emergencia en Puerto Rico, a entender los niveles de alerta de tsunami, conocer el protocolo de comunicaciones, interpretar los boletines oficiales y desarrollar planes estratégicos para una respuesta coordinada ante el embate de esta amenaza natural.

El programa TsunamiReady, desarrollado por el Servicio Nacional de Meteorología (SNM) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, por sus siglas en inglés), está diseñado para ayudar a las comunidades que se encuentran en áreas costeras a reducir el potencial de un desastre a consecuencia de un tsunami. Este trabajo se logra apoyando a las oficiales de Manejo de Emergencias a fortalecer sus operaciones locales mediante la preparación de planes de respuesta ante un evento tsunamigénico, educando a las comunidades expuestas y desarrollando ejercicios de desalojo o simulacros.

En Puerto Rico, la RSPR, en coordinación con el Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD), es la entidad encargada de administrar el proyecto y apoyar a los municipios en el proceso de ser reconocidos TsunamiReady por el SNM. Entre los requisitos del programa, el **Plan de Respuesta de Emergencias ante Tsunamis** es el componente que describe específicamente para el municipio los riesgos, preparación y capacidades de respuesta ante un evento de esta naturaleza.

Se debe entender la diferencia entre preparación y respuesta a una emergencia. Durante la preparación es necesario desarrollar un plan de emergencia que considere la vulnerabilidad del municipio. Esta sección debe incluir aquellos factores y características físicas, económicas, de seguridad y de comunicaciones que aportan o limitan a su capacidad de hacerle frente a un evento de esta naturaleza. La respuesta es la ejecución de las acciones establecidas durante la preparación. Luego de la respuesta viene la recuperación donde las comunidades podrán demostrar su capacidad de resiliencia, aprender de las lecciones del pasado y estar mejor preparados para enfrentar próximas emergencias.

En esta guía, el lector podrá encontrar temas de mucha relevancia para coordinar la respuesta ante un tsunami en Puerto Rico, desde un punto focal de alerta de tsunami.

IMPORTANCIA

Los tsunamis pueden viajar distancias transoceánicas a velocidades que pudieran alcanzar las 500 mph dependiendo de la profundidad del océano. Al llegar a la costa, los tsunamis pueden causar inundaciones costeras, daño y destrucción a su paso. El nivel de daños puede sobrepasar la capacidad de una agencia o entidad para hacerle frente a la emergencia utilizando sus propios recursos. La combinación entre una planificación efectiva y la educación de las comunidades expuestas han demostrado ser una herramienta viable que minimiza la pérdida de vidas y propiedad en las comunidades costeras (1). Para abordar este asunto, el programa TsunamiReady® y la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR), en colaboración con la Centro Internacional de Información de Tsunamis- Oficina del Caribe (ITIC-CAR), el Servicio Nacional de Meteorología (SNM) y el Negociado de Manejo de Emergencia y Administración de Desastres (NMEAD), han trabajado en conjunto para desarrollar esta guía.

Es imperativo que el operador conozca el protocolo de tsunami para PR, el plan de emergencia y entienda cada uno de los diferentes niveles de alerta de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. Con este propósito, esta guía provee una sección en dónde se explica cada nivel de alerta y las recomendaciones a seguir para cada uno de ellos. El curso de acción depende en parte si el aviso es por un tsunami cercano o distante. Un *tsunami cercano* es aquel en donde se espera que las primeras olas lleguen a nuestras costas en un tiempo que pudiera variar desde minutos hasta las tres horas; por consiguiente, se cuenta con poco tiempo para responder y la prioridad debe ser alertar a las personas y comunidades sobre el desalojo en el menor tiempo posible. En cambio, si la fuente del tsunami es *distante*, cuando el tiempo de arriba supera las tres horas, se cuenta con más tiempo para una respuesta mucho más coordinada.

Finalmente, se enfatiza la importancia de promover ejercicios de práctica donde se pongan a prueba los diferentes componentes del plan de respuesta y las comunicaciones. Solo así se podrá asegurar que tanto los operadores, como el personal, estarán mejor preparados para responder en caso de un tsunami.

Este compendio comparte la información necesaria e importante para los puntos focales de alerta de tsunami. De necesitar más información puede comunicarse con el Programa de Tsunami de la Red Sísmica de Puerto Rico al 787-833-8433 o por e-mail a educacion@prsnmail.uprm.edu.

También puede visitar los siguientes enlaces para más información:

<http://redsisimica.uprm.edu>, <https://www.weather.gov/TsunamiReady>.

INTRODUCCIÓN

Un tsunami es una de las fuerzas más poderosas y destructivas de la naturaleza (2). Tsunami (soo-NAH-mee) es una palabra japonesa que significa “*ola en puerto*”. En español también se le llama maremoto y se refiere al mismo evento. Un tsunami es un cambio repentino del nivel del mar visto algunas veces como una serie de olas con una longitud de onda y periodo largo (tiempo entre cresta y cresta de varios minutos) generado por un gran desplazamiento impulsivo del agua del mar. El tiempo entre las olas puede variar desde minutos a más de una hora. La velocidad a la que se desplaza un tsunami en mar abierto puede variar de acuerdo con la profundidad del agua. La velocidad a la que se mueve un tsunami ronda las 500 mph en mar abierto. Al llegar a la costa los tsunamis disminuyen su velocidad de traslación entre 20 a 30 mph, lo que es mucho más rápido que una persona corriendo (2). Otro de los principales peligros asociado a los tsunamis, incluso los de pequeña altura, son los remolinos y fuertes corrientes que pueden ser generadas, las 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 del 2004 en 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 (3).

Los registros históricos de tsunamis del Centro Nacional de Información Ambiental (NCEI, por sus siglas en inglés) de la NOAA, muestran que alrededor de 85 tsunamis se han observado en el Caribe durante los últimos 500 años (**Figura 1**). Actualmente, esto representa 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 los tsunamis (NCEI) (**Figura 1**).

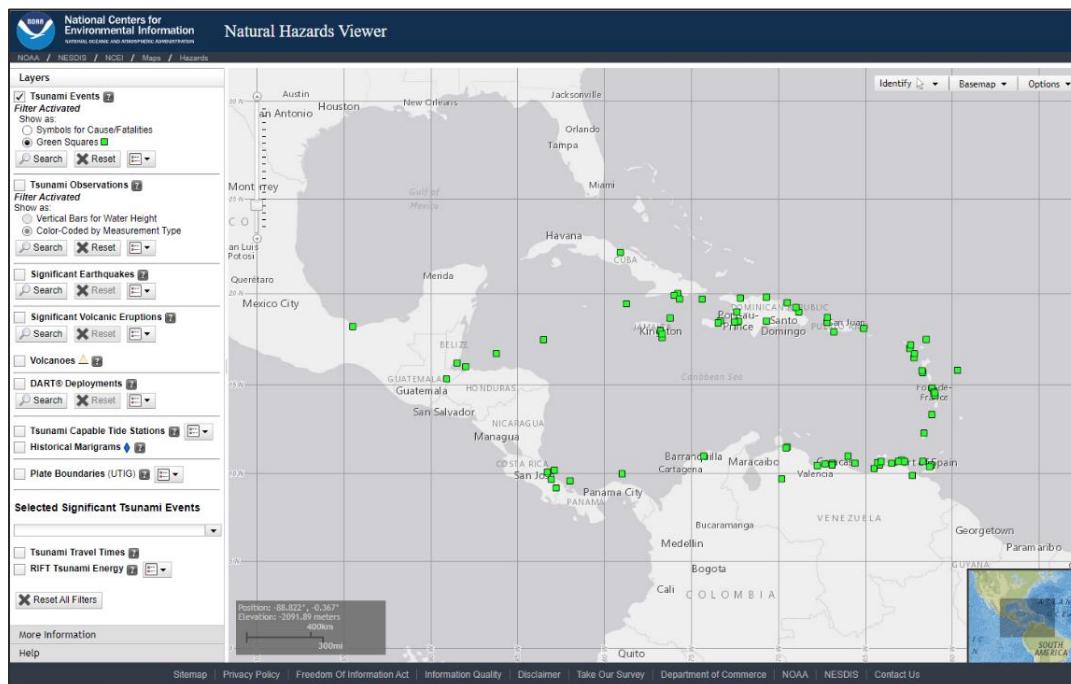


Figura 1: Mapa de tsunamis históricos en el Caribe (tomado y adaptado del mapa interactivo del NCEI, <https://www.ncei.noaa.gov/maps/hazards/>). Parámetros de búsqueda: Región del Caribe, todas las fuentes, validez de 2 – 4.

En los últimos años se ha observado un aumento poblacional y mayor desarrollo de infraestructura en la costa y la visita de turistas, aumentando nuestra vulnerabilidad a tsunamis. Utilizando los datos del CENSO 2010, se estimó que en Puerto Rico más de 250,000 personas residían dentro de las zonas expuestas a tsunami para ese año (según el programa TsunamiReady de Puerto Rico). Luego del último censo realizado en Puerto Rico, CENSO 2020, los datos arrojan un decrecimiento poblacional en la Isla. Esta disminución también afectó los municipios costeros. Utilizando los datos del CENSO 2020 se calculó que la nueva cifra ahora es de **213,583** personas residiendo dentro de las zonas expuestas. Aunque se puede observar una reducción en la cantidad de residentes dentro de la zona de desalojo, lo cierto es que nuestra vulnerabilidad sigue siendo la misma en términos de visitantes, turistas e infraestructura crítica.

Además de los tsunamis, la región también tiene una larga historia de terremotos destructivos. Los registros históricos muestran que al menos 36 terremotos con magnitud $\geq 7M$ han impactado la región del Caribe en los últimos 500 años, cuatro de estos cerca de Puerto Rico (NCEI) (**Figura 2**). El último gran terremoto ocurrido en el Caribe lo fue en 1946, cerca de Samaná, República Dominicana. Este terremoto de 8.1 M cobró la vida de más de 1,000 personas y provocó un tsunami de 2.5 metros que afectó la zona local de la República Dominicana (NCEI).

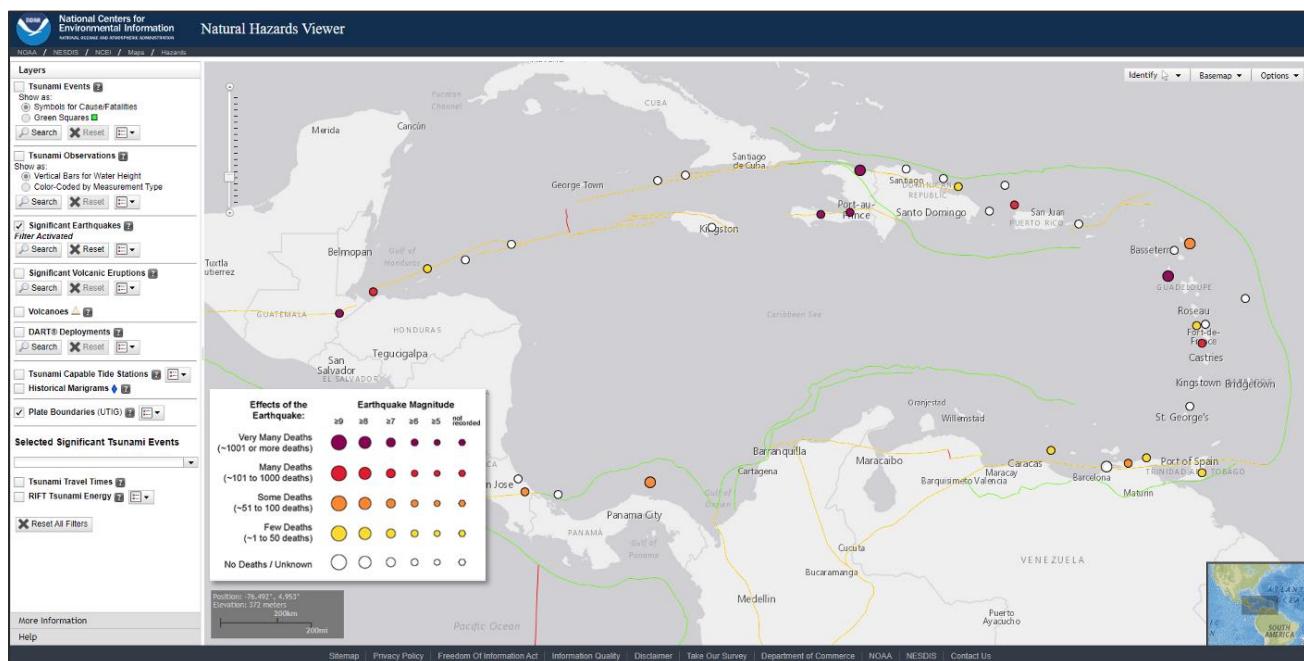


Figura 2: Terremotos históricos en el Caribe con magnitud $\geq 7M$ y el número aproximado de fatalidades (Tomado y adaptado del mapa interactivo del NCEI, <https://www.ncei.noaa.gov/maps/hazards/>).

La Guía para Operadores de Puntos Focales de Aviso de Tsunamis para Puerto Rico ha sido desarrollada para manejadores de emergencias, radio operadores y el personal que lleva a cabo la tarea de atender un punto focal y estará presente en el proceso de respuesta durante una emergencia por tsunami.

Algunas oficinas que forman la comunidad de Operadores de Puntos Focales (locales y estatales) en Puerto Rico son:

- Control Estatal NMEAD
- Despachos Oficinas Regionales NMEAD
- Despachos Municipales (OMME's, Policía Municipal, Emergencias Médicas)

Durante un 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 emergencias 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 las primeras olas 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 (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 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 vida 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 que afectó a Puerto Rico ocurrió en 1918. A más de 100 años de este evento debemos recordar que las pérdidas ocasionadas por éste fueron millonarias y hubo personas que perdieron sus vidas. Un evento de esta naturaleza hoy día sería devastador para la economía y la sociedad en Puerto Rico debido a la cantidad de residentes, turistas y desarrollo urbano en la zona costera.



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

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 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 (*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

VULNERABILIDADES EN PUERTO RICO ANTE LA AMENAZA DE TSUNAMIS

El riesgo es la probabilidad de que ocurran pérdidas significativas como resultado de eventos adversos (4). La Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) en la Guía Comprensiva de Preparación (CPG 101, V. 3) lo explica como: El potencial de un resultado no deseado producto de un incidente, determinado por su probabilidad y las consecuencias asociadas (5). Basado en esta información, podemos coincidir que el “riesgo cero” no existe. En ese sentido, el riesgo en general es una probabilidad y existen factores (sociales, demográficos, económicos, de localización) que lo pueden reducir o aumentar.

El riesgo está compuesto por distintos factores:

- **Amenaza:** Evento que puede causar daño (en este caso terremoto y tsunami)
- **Vulnerabilidad:** Las características de una persona o grupo de personas que influyen en su capacidad para anticipar, prepararse, resistir y recuperarse del impacto de un evento natural (6). La vulnerabilidad ante eventos naturales está determinada por la exposición, susceptibilidad y capacidad de adaptación de la comunidad impactada.
- **Exposición:** la distribución geográfica de los bienes que se quieren preservar
- **Capacidad adaptativa o resiliencia:** es la capacidad de los seres humanos de adaptarse o sobreponerse ante una amenaza natural. Si aumentamos la resiliencia reducimos la vulnerabilidad.

Los operadores de un punto focal deben conocer cuáles son los factores sociales, económicos, demográficos y de infraestructura en su municipio que aumenta la vulnerabilidad en su zona con el fin de mejorar la respuesta a una emergencia por tsunami.

Factores geográficos, socioeconómicos y demográficos convierten a Puerto Rico en un país expuesto a terremotos y tsunamis debido a nuestra localización geográfica. Puerto Rico está localizado en la esquina noreste de la placa del Caribe, con múltiples fallas geológicas, donde una gran cantidad de sismos ocurren durante todo el año. Otro factor que aumenta nuestra vulnerabilidad ante tsunamis es nuestra condición de isla y la naturaleza de nuestra economía. La mayoría de nuestros bienes y productos de consumo son importados. Se estima que más del 80% de los alimentos que consumimos en nuestra Isla son importados. Otro dato importante es que el 90% de la carga de importaciones entra a PR por barco a través del puerto de San Juan (7) (8). Cualquier evento que afecte dichas facilidades portuarias afectaría nuestra cadena de suministros a lo largo de toda la Isla.

La población flotante y el turismo aumentan la cantidad de personas expuestas. Una cantidad considerable de personas visitan, residen o trabajan dentro de la zona de desalojo por tsunami. Utilizando datos del CENSO 2020, el programa de tsunamis de la RSPR estimó que en Puerto Rico más de 213,500 personas (4.3% de la población total) residen dentro de las zonas de desalojo por tsunami sin contar los miles de turistas que visitan las zonas expuestas diariamente. Ver la **Figura 4** y **Figura 5**, **Tabla 1** y **Tabla 2**.

Los 10 municipios con mayor porciento de su población dentro de la zona de desalojo

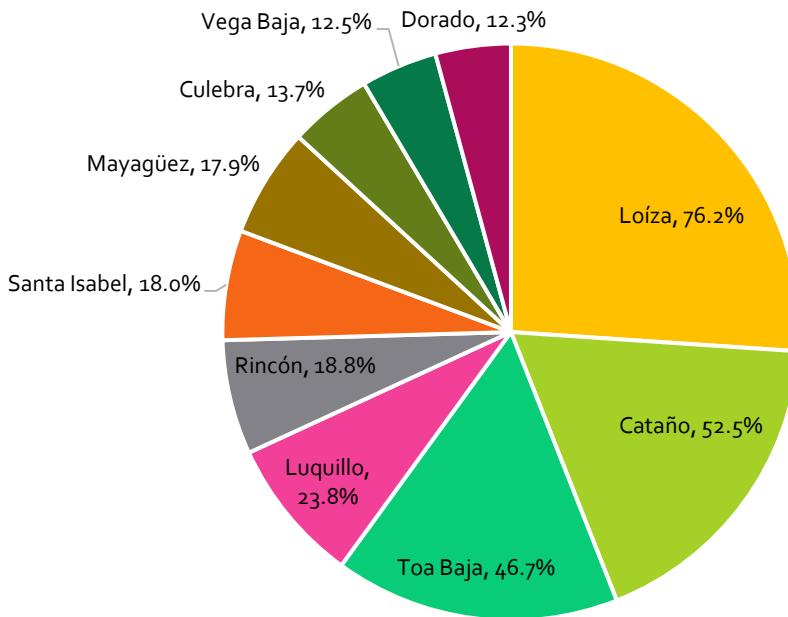


Figura 4: Los diez municipios en Puerto Rico con mayor proporción de sus residentes dentro de la zona de desalojo por tsunami. Actualizado julio-2022 utilizando datos del CENSO 2020.

Los 10 municipios con mayor cantidad de su población dentro de la zona de evacuación por tsunami en Puerto Rico

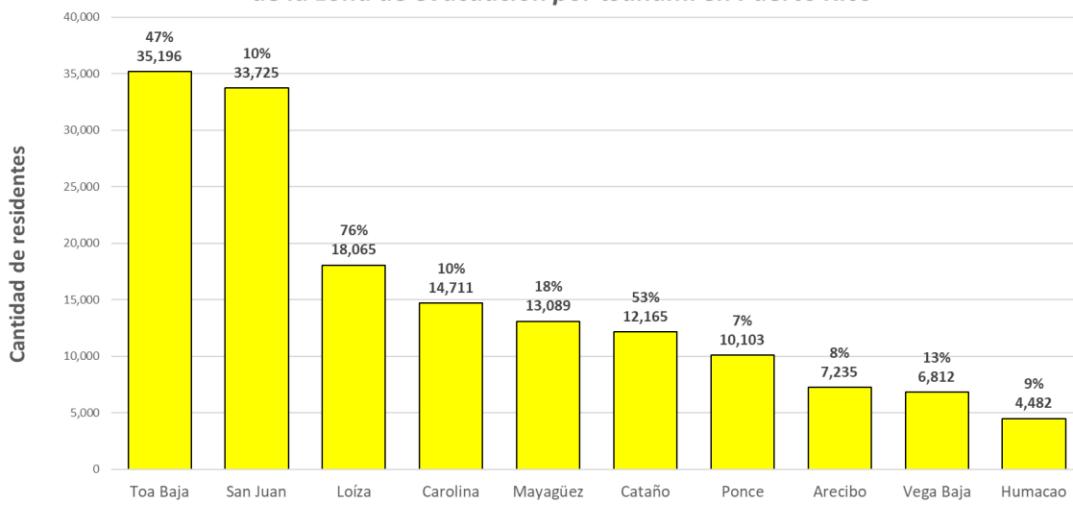


Figura 5: Los diez municipios en Puerto Rico con mayor cantidad de residentes dentro de la zona de desalojo por tsunami. Actualizado en mayo – 2024 usando datos del CENSO 2020.

Tabla 1: Población de residentes dentro de la zona de desalojo por municipio TsunamiReady en Puerto Rico. Datos calculados utilizando sistemas de información geográfica y los datos del censo del 2020 por el programa de tsunamis de la RSPR. La población de residentes dentro de la zona de desalojo es una de las variables a considerar dentro del perfil de vulnerabilidad a tsunami de los municipios. Actualizado en mayo – 2024.

Municipio	Población	TEZ	Porciento TEZ POP	Mayores de 65 años	Porciento del TEZ	Menores de 5 años	Porciento del TEZ	Féminas	Masculinos	Unidades de Viviendas
	Total 2020	POP 2020		POP	POP	POP	POP2			
Aguada	38,136	4,088	11%	1,054	26%	172	4%	2,238	2,230	2,372
Aguadilla	55,101	2,734	5%	634	23%	165	6%	1,630	1,417	1,786
Añasco	25,596	2,798	11%	618	22%	134	5%	1,416	1,380	1,361
Arecibo	87,754	7,235	8%	1,833	25%	247	3%	3,759	3,592	4,523
Arroyo	15,843	821	5%	188	23%	28	3%	428	401	649
Barceloneta	22,657	2,029	9%	529	26%	95	5%	1,090	999	1,064
Bayamón	185,187	3,870	2%	1,245	32%	128	3%	2,064	1,977	1,751
Cabo Rojo	47,158	4,006	8%	1,044	26%	142	4%	2,104	1,946	3,548
Camuy	32,827	1,138	3%	287	25%	47	4%	612	597	754
Canóvanas	42,337	89	0%	38	42%	4	4%	82	81	75
Carolina	154,815	14,711	10%	4,157	28%	449	3%	7,954	7,046	11,992
Cataño	23,155	12,165	53%	2,773	23%	492	4%	6,462	5,702	5,878
Ceiba	11,307	38	0%	15	39%	4	10%	19	22	207
Culebra	1,792	245	14%	46	19%	8	3%	118	113	194
Dorado	35,879	4,430	12%	1,212	27%	160	4%	2,309	2,233	2,854
Fajardo	32,124	1,468	5%	410	28%	47	3%	829	740	1,671
Guánica	13,787	1,030	7%	362	35%	30	3%	501	531	982
Guayama	36,614	2,022	6%	520	26%	65	3%	1,065	969	1,286
Guayanilla	17,784	833	5%	221	26%	33	4%	434	437	472
Guaynabo	89,780	1,146	1%	212	18%	34	3%	570	576	588
Hatillo	38,486	2,504	7%	501	20%	197	8%	1,410	1,195	1,293
Humacao	50,896	4,482	9%	1,096	24%	169	4%	2,357	2,126	3,064
Isabela	42,943	701	2%	175	25%	28	4%	472	443	649
Juana Díaz	46,538	1,772	4%	487	27%	66	4%	931	853	885
Lajas	23,334	989	4%	277	28%	28	3%	497	498	696
Loíza	23,693	18,037	76%	3,594	20%	846	5%	10,043	8,525	9,484
Luquillo	17,781	4,229	24%	1,033	24%	195	5%	2,291	2,110	4,038
Manatí	39,492	304	1%	271	89%	31	10%	462	455	472
Maunabo	10,589	287	3%	58	20%	8	3%	102	88	102
Mayagüez	73,077	13,089	18%	3,433	26%	714	5%	7,363	6,295	8,158
Naguabo	23,386	335	1%	167	50%	22	7%	317	262	350
Patillas	15,985	609	4%	184	30%	19	3%	325	310	473
Peñuelas	20,399	36	0%	9	24%	1	3%	25	11	36
Ponce	137,491	10,103	7%	2,688	27%	385	4%	5,406	4,788	5,406
Quebradillas	23,638	0	0%	20	0%	2	0%	37	37	39
Rincón	15,187	2,850	19%	834	29%	104	4%	1,466	1,438	2,334
Río Grande	47,060	1,457	3%	387	27%	41	3%	875	831	2,631
Salinas	25,789	3,005	12%	790	26%	105	4%	1,440	1,565	1,966
San Juan	342,259	33,725	10%	7,487	22%	1,375	4%	18,185	15,838	22,815
Santa Isabel	20,281	3,651	18%	880	24%	144	4%	1,850	1,801	1,837
Toa Baja	75,293	35,196	47%	8,516	24%	1,315	4%	18,844	16,376	17,388
Vega Alta	35,395	2,101	6%	403	19%	98	5%	1,202	1,089	1,360
Vega Baja	54,414	6,812	13%	1,483	22%	272	4%	3,662	3,501	3,904
Vieques	8,249	229	3%	83	36%	11	5%	149	132	241
Yabucoa	30,426	141	0%	47	33%	6	4%	94	82	74
Yauco	34,172	0	0%	0	0%	0	0%	0	0	0

Tabla 2: Los 10 municipios con mayor cantidad de residentes dentro de la zona de desalojo en Puerto Rico Datos calculados utilizando sistemas de información geográfica y los datos del censo del 2020 por el programa de tsunamis de la RSPR. Actualizado en julio – 2022 usando datos del CENSO 2020.

Municipio	Población dentro	Población total (2020)	Porciento de su población dentro
Toa Baja	35,196	75,293	46.7%
San Juan	33,725	342,259	9.9%
Loíza	18,065	23,693	76.2%
Carolina	14,711	154,815	9.5%
Mayagüez	13,089	73,077	17.9%
Cataño	12,165	23,155	52.5%
Ponce	10,103	137,491	7.3%
Arecibo	7,235	87,754	8.2%
Vega Baja	6,812	54,414	12.5%

OTROS ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA VULNERABILIDAD DE NUESTRAS COSTAS

Los tsunamis son peligrosos y la fuerza con que sus olas impactan la costa puede causar grandes daños, incluida la pérdida de vidas y propiedad, especialmente en aquellas comunidades costeras. En adición a los daños a casas, negocios, puertos, marinas, recursos naturales y culturales, también está el daño o pérdida en la infraestructura o facilidades críticas (2).

Un factor importante, que aumenta nuestra vulnerabilidad ante el peligro de tsunamis, es la infraestructura crítica (energía, agua, transportación, puertos, comunicaciones, etc.). Es importante levantar un inventario de esta infraestructura crítica que se encuentra en la zona expuesta y documentar su posible impacto (económico, social, de salud, seguridad, comunicaciones) en la capacidad de recuperación local y estatal. Algunas infraestructuras críticas por considerar son: refugios, hospitales, plantas generatrices de electricidad, puertos, aeropuertos, centros judiciales, oficinas de primera respuesta, centros de operaciones de emergencias, antenas de comunicación, infraestructura vial, puentes, represas, acueductos, gasoductos, tanques de almacenamiento de combustible, entre otros.

También existe otro tipo de infraestructura sensitiva y necesaria que por su importancia requiere que prestemos atención tales como: escuelas, universidades, centros de cuidado, centros de envejecientes, cárceles, centros de gobierno, oficinas médicas, comercios, supermercados, gasolineras, correo postal, dependencias gubernamentales, fábricas, entre otros. Muchos de estos centros, y las personas que lo utilizan, necesitarán asistencia a la hora de desalojar y otras son facilidades necesarias durante el proceso

de recuperación. En Puerto Rico hay evidencia de infraestructura crítica dentro de la zona de desalojo a lo largo de toda la costa.

PREPARACIÓN Y CAPACIDAD TSUNAMIREADY DE PUERTO RICO

COMUNIDADES TSUNAMIREADY®

El Programa Nacional de Mitigación y Alerta 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 de tsunamis en Puerto Rico, como parte de una subvención de la NOAA. El objetivo principal de este programa es reducir los efectos de un tsunami mediante la educación, la evaluación de la amenaza, la concienciación y la mitigación. Como parte de este programa, están los componentes **TsunamiReady** y **TsunamiReady Supporter** los cuales ayudan a entidades y comunidades costeras a reducir los efectos de un desastre ocasionado por un tsunami. Esto se logra mediante la planificación de respuestas ante una emergencia por tsunami, la participación y educación de la comunidad para reconocer y actuar apropiadamente durante la emergencia 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 (Canóvanas y Bayamón) con zonas propensas a inundación por tsunami según la modelación.

MODELO DE INUNDACIÓN Y MAPAS DE DESALOJO

En el año 2012 se estableció la última modelación de inundación por tsunami para Puerto Rico (**Figura 6**). Para dicha modelación se simularon sobre 500 fuentes de tsunamis (distantes, regionales y locales), incluyendo 321 fuentes locales, alrededor de la Isla. Como parte de las fuentes locales, se incluyó un evento catastrófico de magnitud 8.5M al norte, en la Trinchera de Puerto Rico (9) (**Figura 7**). 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 6: Polígono de la zona de inundación por tsunami, modelo 2012 (tomado y adaptado del *Puerto Rico Tsunami Program Map Tool*, RSPR, <http://www.prtdst.uprm.edu>).

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

- 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 8**). Se pueden descargar los mapas de desalojo utilizando el siguiente enlace: <http://redseismica.uprm.edu/tsunamiready>.

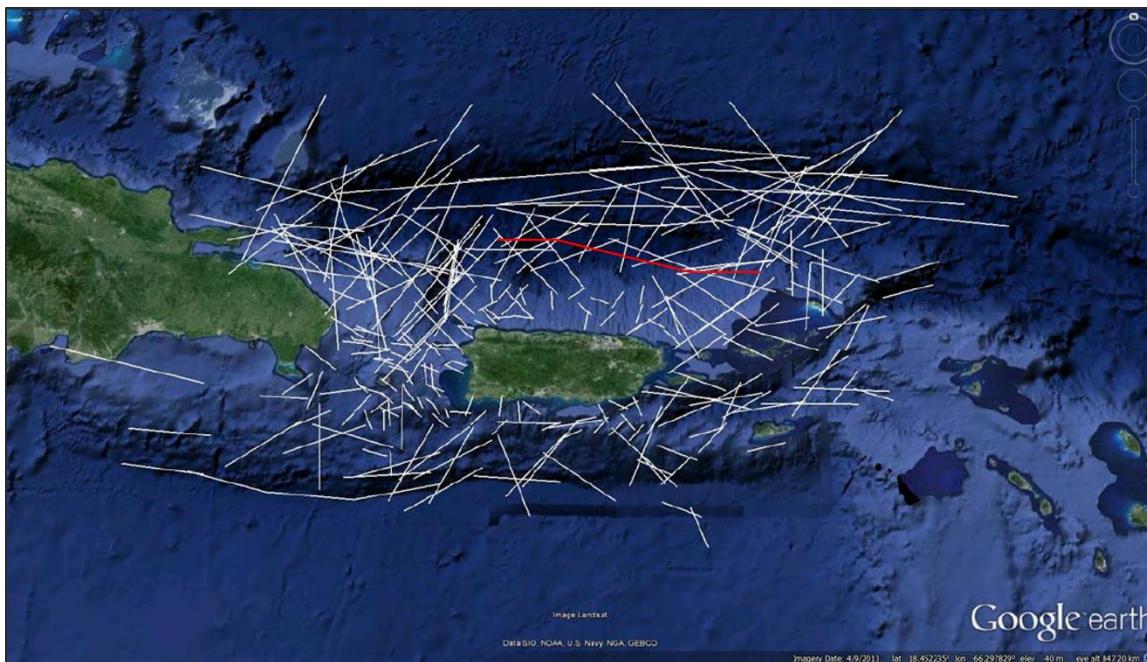


Figura 7: Mapa de las fuentes locales que se tomaron en consideración para el desarrollo del modelo de inundación por tsunami 2012 (RSPR 2012). En color rojo, el escenario catastrófico (hipotético) de 8.5M en la Trinchera de Puerto Rico.

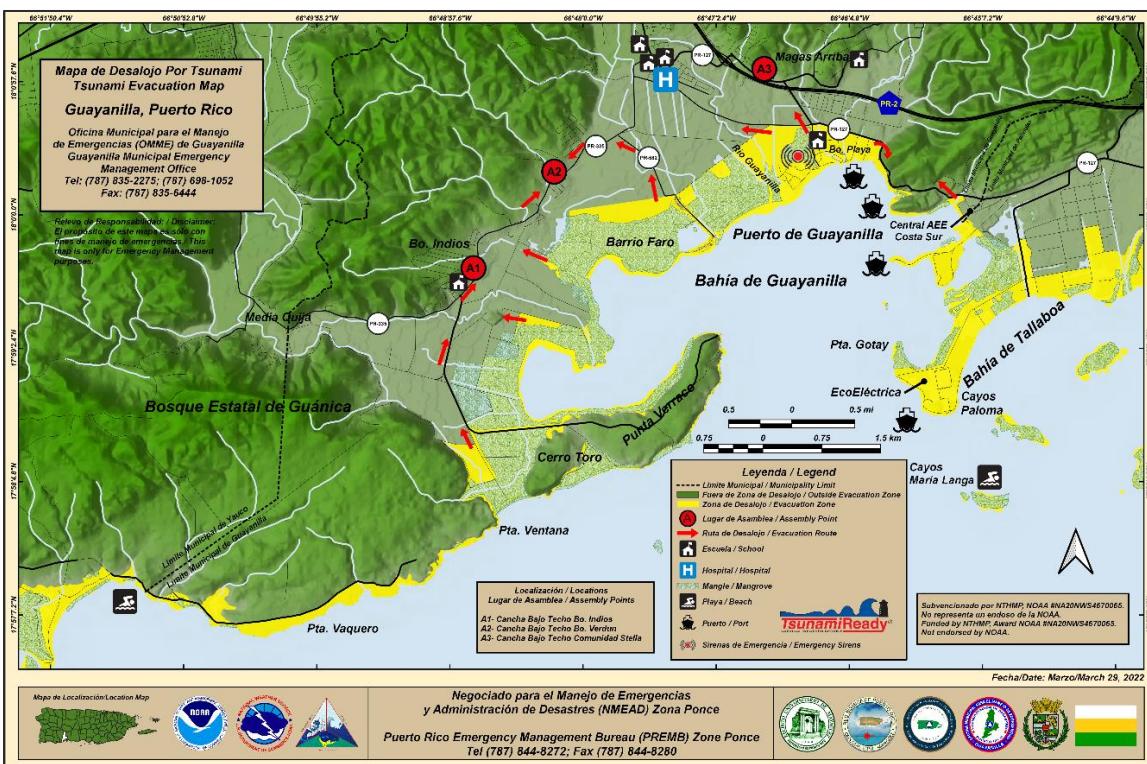


Figura 8: Ejemplo de un mapa de desalojo por tsunami (municipio de Guayanilla). La zona amarilla en el mapa representa la zona de desalojo, la zona verde representa la zona fuera del desalojo.

Utilizando la aplicación de mapas *Puerto Rico Tsunami Program Map Tool (PRTPMP)*, 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 (Página 33)**, se explica en detalle esta herramienta.

RUTAS DE DESALOJO Y LETREROS

Como parte de la preparación y capacidad TsunamiReady en Puerto Rico diferentes rutas de desalojo fueron establecidas y señalizadas (**Tabla 3**) de acuerdo con 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 expuesta a tsunamis (zona amarilla en los mapas de desalojo por tsunami)
- Reducir el tiempo que se camina por las rutas a lo largo de la costa (paralelo a esta)
- Minimizar el cruce de puentes
- Brindar mayor accesibilidad a las agencias que prestan servicios en emergencias
- Utilizar una ruta pública cuyo acceso sea libre

Cientos de letreros han sido instalados en todos los municipios costeros de Puerto Rico señalando las rutas de desalojo, las zonas de peligro y los lugares de asamblea. Cada vez que se renueva un municipio (esto es cada cuatro años) se hace un inventario de los letreros y se reemplazan aquellos letreros que desaparecen o que se hayan deteriorado. El programa TsunamiReady provee los letreros y los municipios los instalan con su personal.

LAS RUTAS DE DESALOJO OFICIALES Y ALTERNAS

Se busca que la ruta de desalojo sea pública cuyo acceso sea libre. Para eso se utilizan las mismas carreteras y caminos existentes. Hay algunas comunidades en Puerto Rico que tienen lo que se llaman “rutas alternas”. Estos son caminos o atajos que la comunidad identificó como una ruta de escape mucho más rápida pero no es una carretera oficial. Para estos casos, se le recomienda a la comunidad, y a sus líderes, que trabajen un acuerdo colaborativo entre los dueños de los terrenos y el municipio. Este acuerdo debe ser incluido dentro del plan de respuesta municipal. De otra manera, dicha ruta no podrá ser localizada dentro de los mapas de desalojo, aunque la comunidad la puede seguir utilizando como una ruta alterna de desalojo. Se recomienda dar el mantenimiento necesario a estas rutas alternas.

Las rutas oficiales aparecen en los mapas de desalojo por tsunami, mientras que las rutas alternas no. Se recomienda educar la comunidad para que conozca y practique sus rutas. Recomendamos que estas rutas se prueben durante los ejercicios anuales de terremotos y tsunamis Caribe Wave y Shakeout, en los meses de marzo y octubre respectivamente, y que se les dé mantenimiento.

Tabla 3: Tipos de letreros TsunamiReady instalados en los municipios que participan del programa.

 <p>Zona de Peligro 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>Desalojo Vertical (algunos municipios) Este letrero se coloca en aquellos edificios o estructuras que han sido identificadas para hacer un desalojo vertical.</p>
 <p>Ruta de Desalojo / Flecha 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>Lugar de asamblea 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>Entrando a zona de peligro 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>Saliendo de zona de peligro 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>

CÁLCULO DEL TIEMPO DE DESALOJO

Cálculo manual

Se puede calcular el tiempo estimado que toma a las personas desalojar. Por ejemplo, el tiempo de desalojo se puede estimar 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:

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

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 y listo. 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.

Cálculo del desalojo a pie estimado por el modelo "Pedestrian Evacuation Analyst"

Utilizando la aplicación de mapas *Puerto Rico Tsunami Map Tool* (mejor conocida como el map tool) también pueden acceder a una serie de mapas de tiempo de desalojo mejor conocido como "pedestrian" los cuales son un mapa de tiempo que ilustra 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 9**). Utilizando el mouse de su computadora o el dedo (en caso de celular o tableta) el mapa le arrojará una ventana con el tiempo en minutos. Puede consultar la sección **Aplicación de Mapas**, donde se explica en detalle esta herramienta.

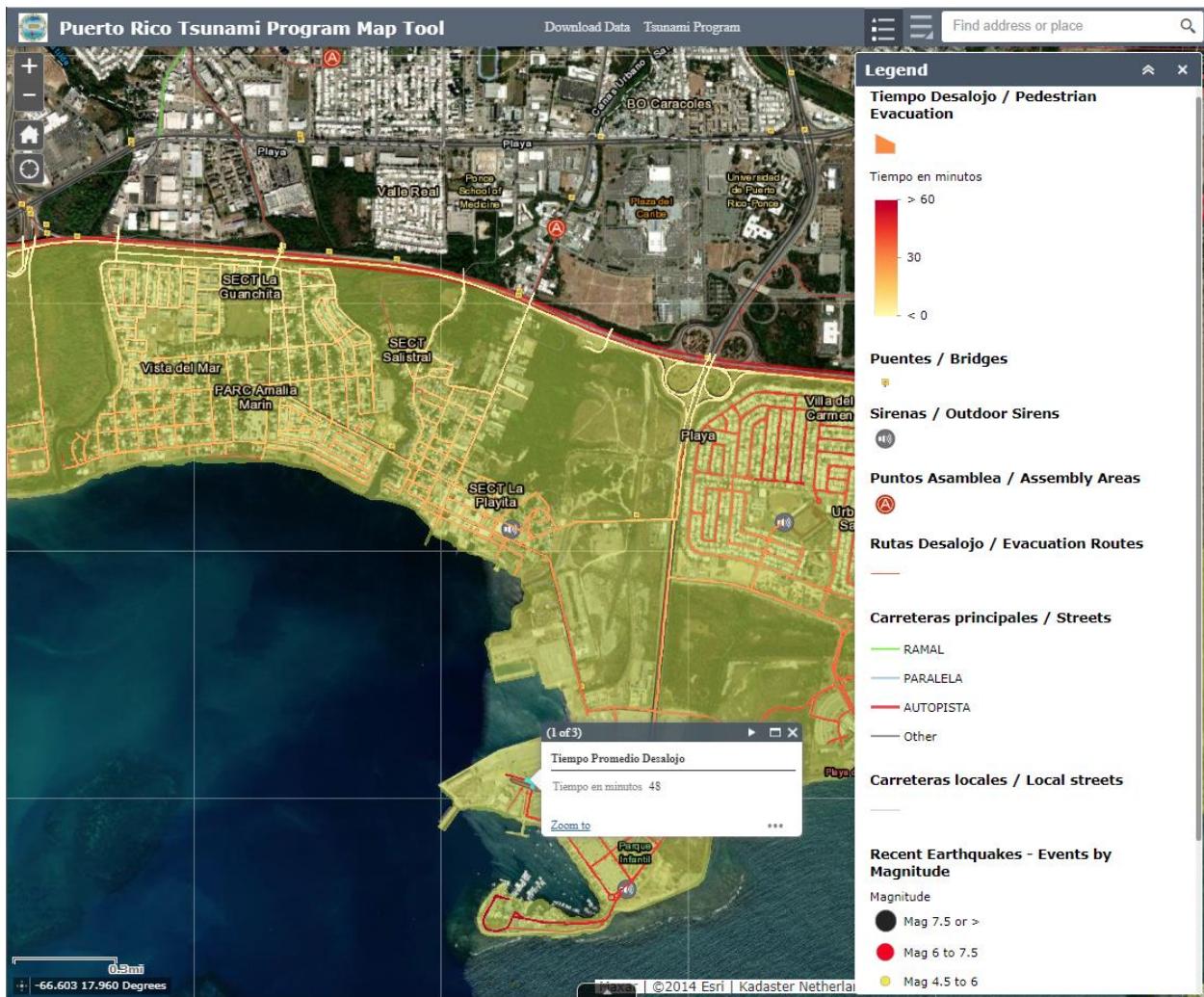


Figura 9: Mapa de tiempo de desalojo a pie (pedestrian) para el municipio de Ponce. Se ilustra los valores en el mapa de una caminata promedio entre 2.5 – 2.7 mph

PROTOCOLO DE TSUNAMIS PARA PUERTO RICO

Diferentes oficinas y agencias (federales y estatales) en Puerto Rico trabajan en coordinación para el monitoreo, detección y alerta temprana en caso de tsunamis que puedan afectar la costa

Figura 10).

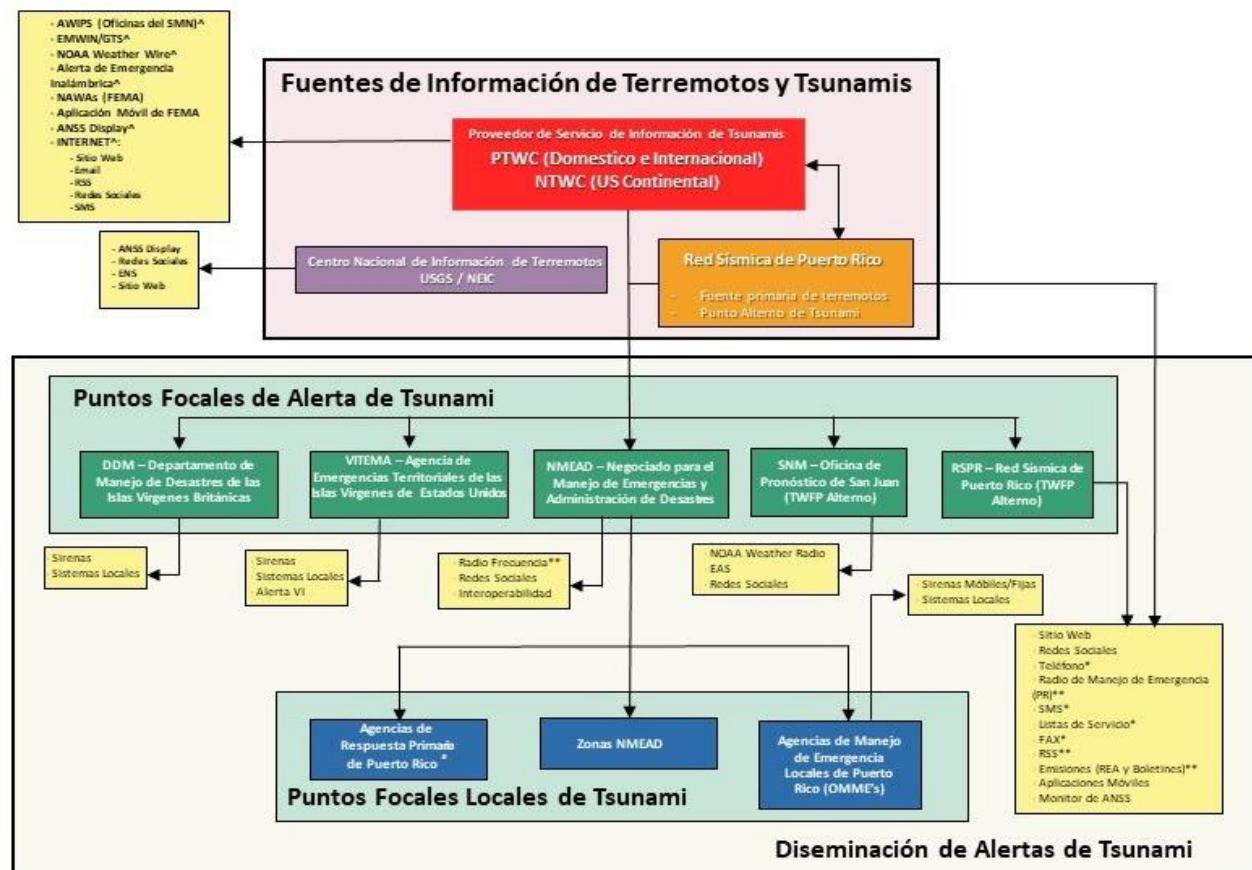
Estas oficinas son:

1. **Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico** (PTWC, por sus siglas en inglés) de la NOAA. Este se encuentra localizado en Ford Island, Hawaii y es la oficina encargada de monitorear y establecer el nivel de alerta sobre cualquier tsunami en diferentes regiones del planeta (fuera de lo que es Estados Unidos continental) y el Caribe, incluyendo a Puerto Rico e Islas Vírgenes (PR e IV). El PTWC es la oficina con mandato federal encargada de emitir los niveles de alerta de tsunami para PR e IV conocidos como "boletines domésticos". Es la fuente oficial de información de tsunamis para PR e IV. En caso de que el PTWC no pueda ejercer sus funciones, el *National Tsunami Warning Center* (NTWC, por sus siglas en inglés) en Alaska, será el centro alterno o "back-up" de donde PR e IV recibirían los mensajes.
2. **Servicio Geológico de los Estados Unidos** (USGS). Es la oficina a cargo del monitoreo, detección, análisis y diseminación de datos sísmicos para los Estados Unidos y sus territorios. Este funge como la fuente oficial de terremotos para los Estados Unidos.
3. **Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres** (NMEAD). Es la oficina adscrita al Departamento de Seguridad Pública de Puerto Rico (DSP) cuya misión es proteger a las personas en situaciones de emergencias o desastres, proveer asistencia necesaria antes, durante y después de estos eventos asegurando la protección de vida y propiedad. De igual manera, gestionar la recuperación y estabilización de los servicios necesarios a los ciudadanos, industrias, negocios y actividades gubernamentales en PR. Cuenta con oficinas regionales conocidas como "zonas", con un centro de operaciones de emergencia (COE) y un centro conjunto de comunicaciones conocido como Control Estatal. Este centro de comunicaciones cuenta con sistemas para recibir y diseminar las alertas oficiales y son los encargados del sistema de comunicaciones integradas IPAWS, el cual tiene capacidad de activar diferentes sistemas de alertas por celulares (Wireless Emergency Alert, WEA) y capacidad para activar el E.A.S. Funge como el Punto Focal de Alerta de Tsunami primario para PR.
4. **Servicio Nacional de Meteorología en San Juan** (SNM-SJU). Esta oficina es responsable de planificar y tomar las acciones necesarias cuando exista un peligro por tsunami. Estas acciones incluyen la diseminación de las alertas oficiales de tsunami emitidas por el PTWC (10). Cuentan con diversos sistemas y medios para comunicar las alertas oficiales tales como: activación del "Emergency Alert System" (E.A.S.), activación del Radio NOAA (NOAA Weather Radio), redes sociales y otros. Funge como Punto Focal Alterno en caso de tsunami para Puerto Rico.
5. **La Red Sísmica de Puerto Rico** (RSPR). Oficina adscrita al Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez (UPRM), la cual está encargada del monitoreo sísmico (detección, procesamiento y diseminación) para PR e IV y del monitoreo de tsunamis en la región del Atlántico que pudieran afectar a PR e IV. Trabaja en estrecha comunicación con el PTWC, USGS, NWS-SJU, NMEAD y

comparte información de los sensores sísmicos y del nivel del mar en tiempo real. La RSPR también funge como segundo Punto Focal Alterno de Alerta de Tsunamis para PR en caso de que Control Estatal y el SNM-SJU no puedan ejercer dichas funciones. La RSPR tiene la responsabilidad de proveer información sísmica y de tsunami al Gobierno de Puerto Rico, en especial al Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD). Es la oficina con jurisdicción sísmica para la Región de PR e IV (que incluye PR, USVI y BVI).

6. **Centro Internacional de Información de Tsunamis, Oficina del Caribe - (ITIC-CAR)**, antes conocida como el CTWP. Esta oficina es parte del SNM de la NOAA y apoya a la oficina del SNM-SJU en la concienciación sobre tsunamis y al mejoramiento del programa de tsunamis en el Caribe, el Atlántico Oeste y la región del Golfo de México (10).

NOTA: Para los diagramas de los canales de comunicación y tiempo de respuesta favor de consultar los Apéndices 3, 4, 5 y 6.



* Por suscripción

** Servicios Dedicados para Respuesta

^ Mensajes Transmitidos directamente de NWS/TWC

º Agencias de primera respuesta incluye:

- Departamento de Policía
- Departamento de Bomberos
- Servicios de Emergencias Médicas
- Guardia Nacional de Puerto Rico
- Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico

Figura 10: Protocolo actual de comunicaciones para Puerto Rico e Islas Vírgenes en caso de tsunami y terremoto (tomado de la RSPR).

PROTOCOLO DE COMUNICACIONES DE LA RSPR

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 (TWFP, por sus siglas en inglés) quienes operan 24 horas, los 7 días de la semana. Un TWFP es un centro equipado con sistemas redundantes para recibir la información de los 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.

Figura 10). 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) (11).

Para Puerto Rico e Islas Vírgenes se ha establecido un Protocolo de Comunicaciones 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 12** muestra un mapa de tiempo estimado de arribo de un tsunami.

TIEMPO DE ARRIBO DE UN TSUNAMI

El tiempo de arribo o ETA (por sus siglas en inglés) se refiere al tiempo estimado, en horas, 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 11**). 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 el distante (tres horas o más). El mayor reto en PR es que todas nuestras fallas con potencial de generar tsunami se encuentran a un tiempo de viaje de una hora o menos (**Figura 12**), 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 eso la importancia de conocer y educar a la población sobre las “señales naturales de un tsunami”.



Figura 11: Fuentes de un tsunami y sus diferencias. Tomado del portal educativo de la RSPR: "Puerto Rico Tsunami Education" (<https://www.uprm.edu/prtsunamiedu>).

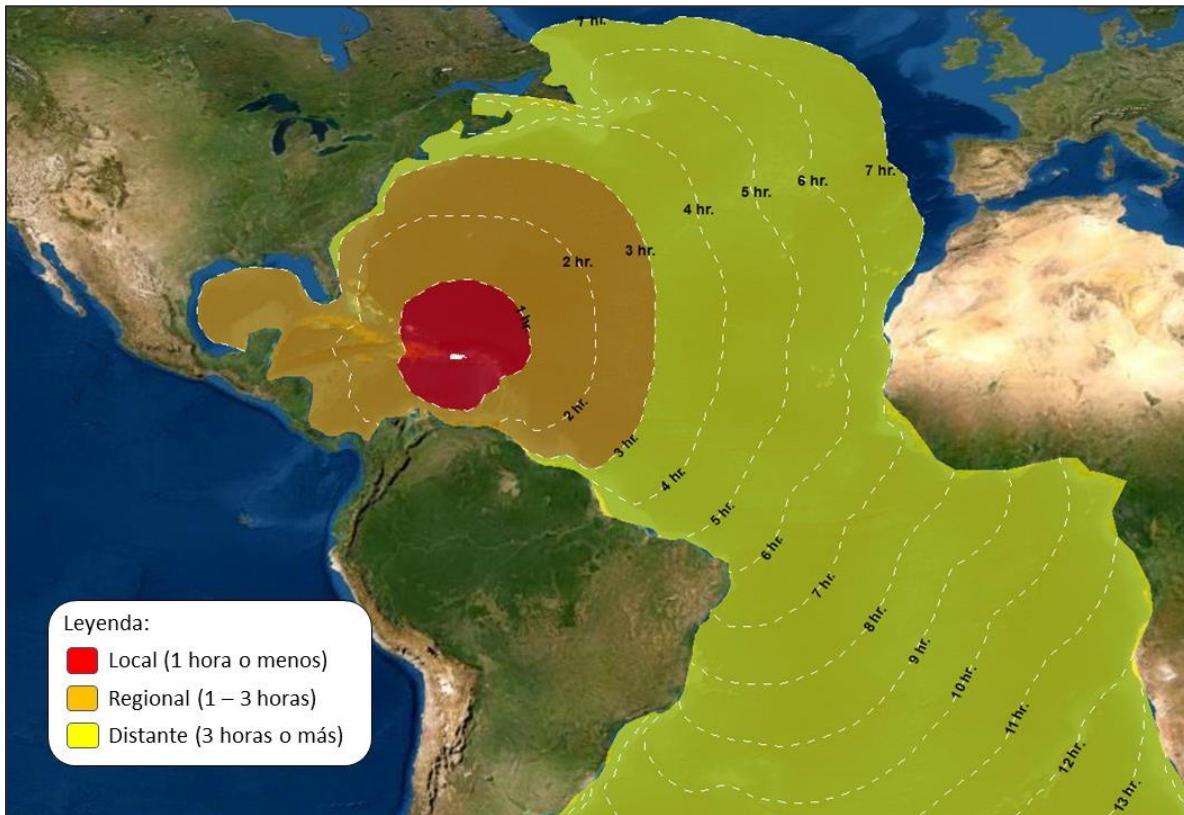


Figura 12: Mapa de tiempo estimado de arribo de un tsunami en la cuenca del Atlántico. Datos obtenidos de la herramienta Tide Tool (PTWC). Los diferentes colores muestran tres tipos de escenarios: tsunami local, regional o distante (tele-tsunami).

TIPOS DE ALERTA Y MENSAJERÍA DE TSUNAMI

LAS SEÑALES NATURALES

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 13**.

- 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 13: Tipos de alertas de tsunamis: alertas oficiales y señales naturales. Adaptado de Tsunami.gov.

ALERTAS OFICIALES Y MENSAJES DE TSUNAMI

Existen diferentes niveles de alerta de tsunami para PR e IV. Estos son: **aviso**, **advertencia**, **vigilancia** de tsunami, **boletín informativo** para Puerto Rico e Islas Vírgenes y **cancelación** (Figura 3). Las acciones que el personal ejecutará en cada nivel de alerta deben estar definidas dentro de su plan de respuesta.

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 atento a la 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 la oficina de manejo 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 las fluctuaciones del nivel del mar pueden continuar.

"All Clear" - mensaje que deberá ser emitido por el Negociado de Manejo de Emergencia (NMEAD) a la ciudadanía, en coordinación y comunicación directa con las Zonas y 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.

EL ÁRBOL DE LLAMADAS

Un árbol de llamadas es una herramienta de trabajo que se utiliza para diseminar la información de emergencia al personal a través del teléfono (**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 contacto hasta que consiga a alguien. Por esa razón, localmente el programa de tsunamis, recomienda no asignar más de tres contactos por persona.

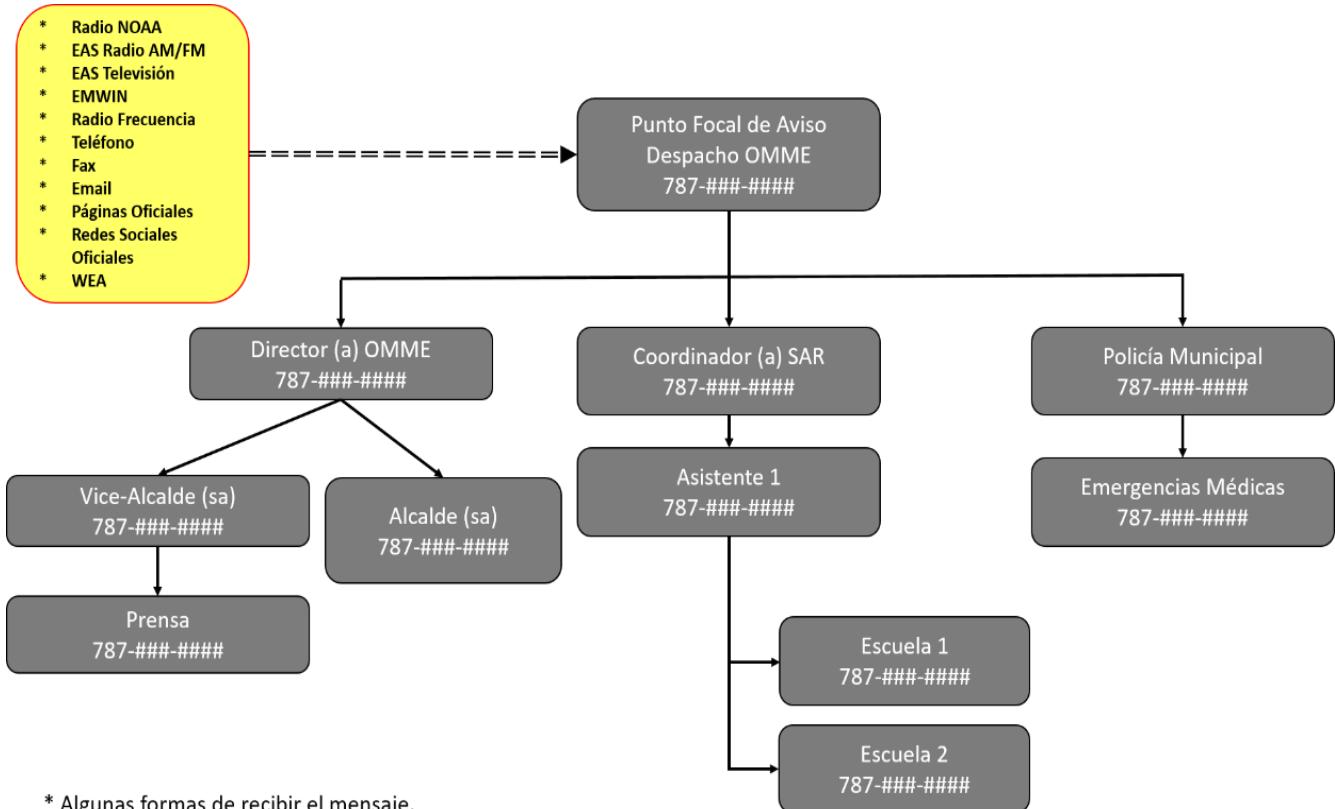


Figura 14: Ejemplo de un árbol de llamadas a nivel local.

SIRENAS FIJAS

Las sirenas fijas son sistemas de alerta pública de alta potencia para notificar a los ciudadanos que se encuentran en áreas abiertas, sobre alguna emergencia que las autoridades municipales urgenten comunicar. El sistema es activado de forma remota desde una consola en el punto focal (algunos sistemas se pueden activar por radio portátil o un sistema de computadora) que envía una señal de radio al sistema.

Estos equipos de diseminación masiva en exteriores (*outdoor sirens*) (**Figura 15** y **Figura 16**), son instalados por los municipios en diferentes puntos estratégicos. Los mismos emiten un sonido que tiene un alcance o cobertura dentro de un radio específico, dependiendo de la potencia de los altoparlantes, el viento, la altura, entre otras variables. La propagación de las ondas de sonido puede afectarse por factores como edificios altos cercanos al lugar donde está ubicada la sirena, la dirección y velocidad del viento, así como la topografía del lugar. Cada sirena debe ser instalada teniendo en consideración estos factores, después de haber hecho un estudio y una prueba acústica en el o los lugares de instalación de los equipos a utilizar. Un sistema de sirena fija se programa con tonos y mensajes particulares para ser activados durante una emergencia, incluyendo un tsunami.

Con el fin de unificar el manejo de estos sistemas el NMEAD ha desarrollado un protocolo de activación de sirenas fijas en caso de tsunami y es responsabilidad de los municipios cumplir y actualizar dicho

protocolo como parte del plan de respuesta ante un tsunami. Dicho protocolo establece los niveles de alerta en el cual se activa (aviso o advertencia), los tonos que deben utilizarse y las pruebas mensuales que se realizan. El tono para aviso de tsunami será el tono “Wail Whoop” seguido de un mensaje hablado que indique las acciones a seguir (desalojo, alejarse de la costa en el menor tiempo posible, buscar altura). En caso de una advertencia se deberá utilizar un tono diferente seguido de un mensaje hablado que indique las acciones a seguir (salga del agua, playas, puertos y marinas).

El protocolo de sirenas fijas recomienda la activación de dichos sistemas cuando se emita un aviso de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes. De otra parte, queda a discreción de los operadores (municipio, agencia o compañía) si activará el sistema con un mensaje de advertencia de tsunami. Existen municipios que en su protocolo establece activar las sirenas fijas con una advertencia de tsunami, con el fin de alertar a los residentes cuyas casas están ubicadas dentro del agua o en zonas de difícil acceso que de otra manera las sirenas móviles no pueden llegar a ellos.

Cabe mencionar que la RSPR y el SNM, no operan, ni activan estos sistemas. Los mismos son operados por los municipios y ayudan a la diseminación de la información. Muchos de estos sistemas sufrieron daños luego del paso de los huracanes Irma y María en el 2017. Desde esa fecha se han reparado muchos de estos sistemas y se han instalado nuevas sirenas en algunos municipios. El NMEAD mantiene un inventario de estos sistemas y el estatus de estos.

Pruebas mensuales:

1. **PRUEBA SILENTE:** Se recomienda al menos hacer una prueba sin sonido (silente) todas las semanas. Esta prueba **no conlleva notificación audible para el público**, se realiza para mantenimiento del sistema. Esta prueba silente se puede realizar tantas veces como sea necesario para mantenimiento y verificación del sistema.
2. **PRUEBA AUDIBLE:** Utilizando el tono “Westminster Chimes” se recomienda hacer una prueba audible al mes. Para este propósito se activará la alarma el último miércoles de cada mes comenzando a las 10:00 am, por un tiempo no menos de un minuto y no más de cinco minutos. Se debe notificar a la población antes de hacer la prueba.
3. **PRUEBA DURANTE EL EJERCICIO CARIBE WAVE:** Se recomienda hacer una prueba anual para el ejercicio de tsunamis “CARIBEWAVE”. Para esta prueba se activará la sirena luego de recibir el mensaje de AVISO DETSUNAMI del ejercicio. Es importante y necesario que, en esta activación, antes de sonar el tono “Wail Whoop”, se indique que es un ejercicio de prueba al público y a los medios de comunicación. También se utilizará este tono de ser necesario, en el caso de un ejercicio debidamente planificado e informado a la comunidad.

Para más información favor de referirse al protocolo de sirenas fijas que se incluye en el plan de respuesta a tsunami de los municipios (en caso de que operen uno de estos sistemas).



Figura 15: Ejemplo de una sirena fija costera en el municipio de Lajas (La Parguera).



Figura 16: Ejemplo de sirena fija costera, instalada en La Perla, Municipio de San Juan.

SIRENAS MÓVILES

Durante una emergencia por tsunami se pueden utilizar todos los recursos disponibles para alertar a la ciudadanía incluyendo vehículos equipados con altoparlantes o sirenas como lo son vehículos de emergencia, patrullas de la policía, camiones de bomberos, entre otros (**Figura 17**). A estos vehículos se les conoce como sirenas móviles. Estos vehículos cumplen varias funciones: alertar a la ciudadanía sobre el desalojo, diseminar información oficial y cerrar accesos y carreteras a las zonas expuestas. Algunos municipios cuentan con guaguas de sonido las cuales incluyen dentro de sus planes de respuesta.

Se debe especificar en el plan de respuesta cuántos vehículos desplegará la oficina de manejo de emergencia y de cuáles dependencias. Esto va de la mano con un plan de trabajo que se establece entre las diferentes oficinas municipales y estatales a fin de programar una respuesta coordinada que maximice los recursos.

Es importante resaltar que bajo un AVISO de tsunami no se recomienda la entrada de vehículos oficiales, rescatistas o personal a la zona de desalojo (zona amarilla en los mapas). Desde FUERA de la zona deberá asistir a las personas en el desalojo, pasar el mensaje de aviso y bloquear los accesos para que ninguna persona entre.

Bajo una ADVERTENCIA de tsunami los vehículos oficiales y sirenas móviles podrán entrar a las zonas, llegar a la costa y desde allí podrán dar la alerta y exhortar a las personas a salir del agua, playas, puertos y marinas por posibles corrientes fuertes u oleaje peligroso provocado por un tsunami. Una acción preventiva puede ser cerrar el acceso a balnearios, playas y puertos de forma preventiva velando por la seguridad de los bañistas y/o usuarios de las facilidades.



Figura 17: Ejemplo de sirena móvil. Patrulla de la Policía del Condado de Santa Cruz, California, alertando sobre la advertencia de tsunami en el Puerto de Santa Cruz durante el tsunami de Japón el 11 de marzo de 2011. Foto extraída de un video. Crédito: Matt Switzer, Mike Avilez y Guerin Myall.

SISTEMA EMWIN – EMERGENCY MANAGER WEATHER INFORMATION NETWORK

El programa de tsunami de PR, subvencionado por NOAA-NTHMP, ha podido equipar a los Puntos Focales de Alerta de Tsunamis en Puerto Rico con sistemas EMWIN's (*Emergency Management Weather Information Network*). EMWIN es un sistema capaz de recibir las alertas y boletines oficiales de la NOAA. Este sistema tiene diferentes componentes: antena y receptor satelital, decodificador y un programa de computadoras para las alertas. Este programa tiene capacidad de recibir la información por satélite o por internet. En la actualidad, debido a cambios en los satélites de NOAA y de los equipos decodificadores, los sistemas EMWINS en PR descargan sus datos por internet a través de una conexión especial llamada *NOAA Weather Wire Service (NWWs)* a los servicios de distribución (ver la **Figura 18** y **Figura 19**).

Cuando los Centros de Alerta de Tsunamis o el SNM emiten una alerta oficial (boletines) estos mensajes son recibidos por los sistemas EMWINS y notificar a los operadores. Hay dos programas que corren en una computadora EMWIN de la RSPR: el Weather Message o Wx Message y el RSS. Este sistema ha sido configurado para recibir información de: tsunamis, terremotos, condiciones del clima, huracanes, marejadas, inundaciones, tormentas, entre otras.

Los programas que componen el sistema EMWIN son:

- **Wx Message Server** – es el cerebro de todo. Esta ventana es la que filtra y envía los mensajes a las otras ventanas (client y map). El Wx Alarm es el archivo que permite hacer un filtro de los boletines de acuerdo con su codificación. Este archivo puede ser editado entrando a Wx Message Server File > Setup. Si se cierra esta ventana los mensajes no serán procesados.
- **Wx Weather Wire** – esta ventana es la conexión a los servicios de la NOAA por medio de una cuenta NOAA Weather Wire Service (NWWs). Para que esta ventana funcione la computadora debe estar conectada a internet todo el tiempo. Esta ventana no se puede cerrar. Si se cierra, el WX Server no recibe la información.
- **Wx Client** – es la ventana donde se muestran los boletines en forma de texto. Aquí es donde podrá leer la información de tsunamis, condiciones del clima, huracanes, etc. Una bombillita verde en la parte inferior derecha indicará si está conectada o no al WX Server. En la parte superior observará tres "tabs". Debe permanecer en el "tab" que dice Live para que pueda leer la información más reciente.
- **WX Map** – esta ventana muestra la información gráfica. Se muestran los pueblos para los cuales existe algún boletín. Una bombillita verde en la parte inferior derecha indicará si está conectada o no al WX Server.
- **RSS** – Un RSS (Really Simple Syndication) es un sistema de distribución de mensajería por internet. Un RSS incluye información de interés para los operadores mediante unos alimentadores (feeds) que se conectan por internet al sistema de distribución de la RSPR (Broadcast). Las EMWIN también ocupan un lector de mensajería RSS llamado RSS OWL o RSS Quite por donde la RSPR también envía mensajes de terremotos y tsunamis. Una vez al mes la RSPR envía un mensaje de prueba que debe ser respondida por los operadores en el momento que la reciben, llenando un formulario. Este programa emite una alarma cada vez que ingresa un nuevo mensaje. Los operadores deben asegurarse de que este programa esté abierto en todo momento. Lo pueden minimizar y el programa se seguirá abierto en el "background" de la computadora. Para más información de los sistemas EMWINS visita:

<https://redseismica.uprm.edu/spanish/tsunami/documentos/EMWIN/WxMesgDoc4x.pdf> - manual

https://redseismica.uprm.edu/spanish/tsunami/documentos/EMWIN/EMWIN%202016_OMME.pdf – presentación sobre el funcionamiento de este sistema.

<https://www.weathermessage.com/datasources/emwin.aspx> - Más información sobre WX Message

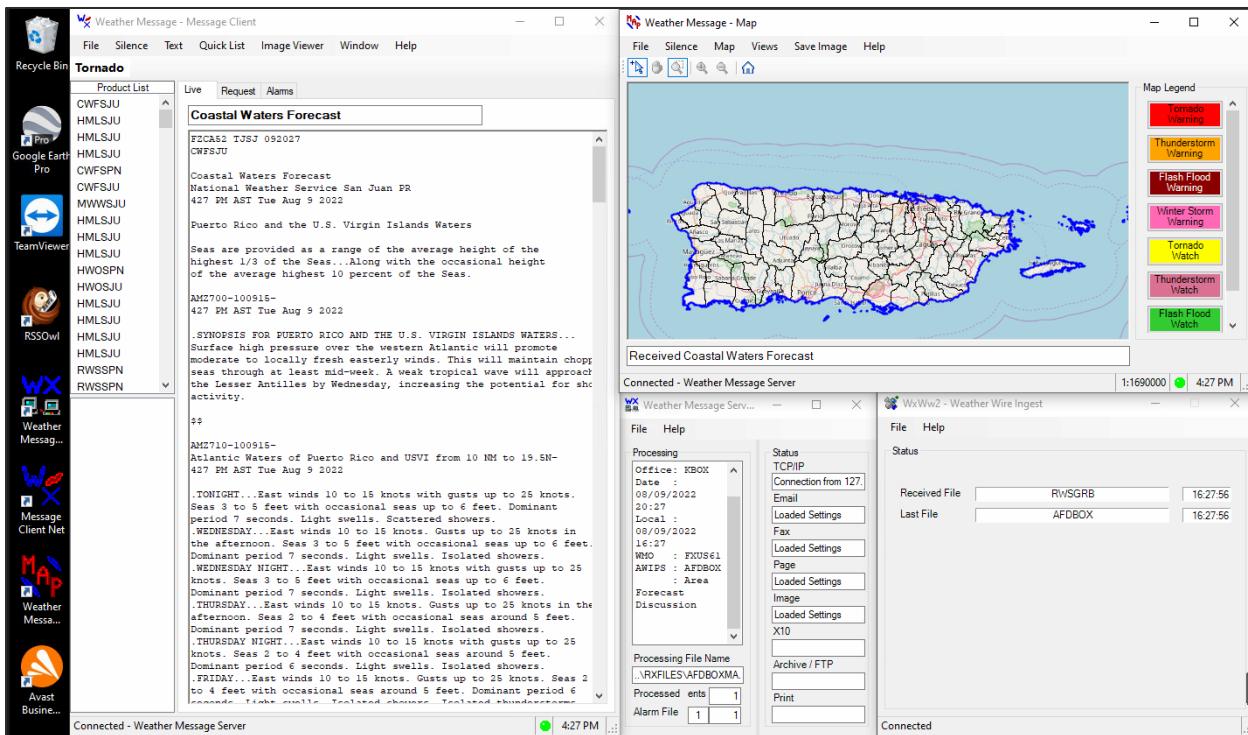


Figura 18: Sistema EMWIN funcionando. Se observan las diferentes ventanas del programa Wx Message.

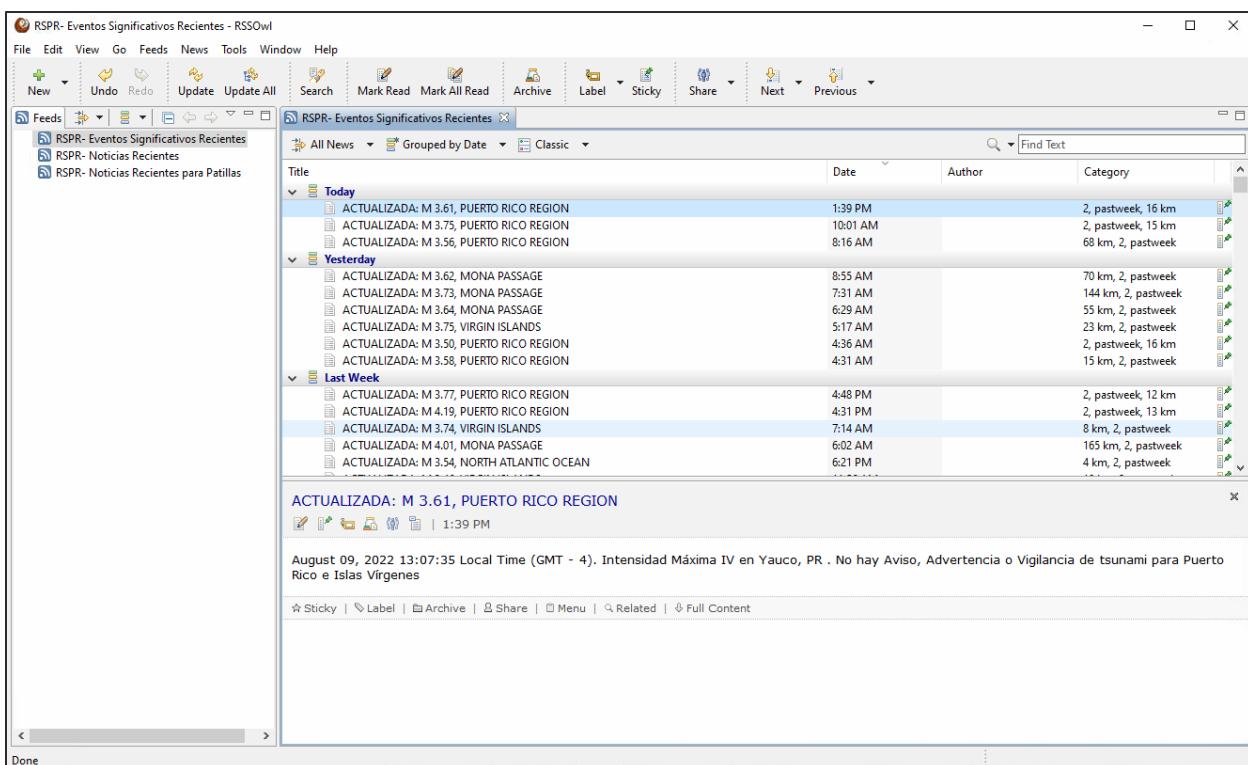


Figura 19: Programa RSS OWL. Se observan los diferentes mensajes sísmicos publicados por la RSPR.

BUENAS PRÁCTICAS EN EL PUNTO FOCAL

Como se menciona en la sección **Protocolo de Comunicación de la RSPR**, un TWFP es un centro con personal diestro y equipado con sistemas redundantes para recibir y disseminar la información del TWC a la población. Esta oficina constituye la primera línea de contacto 24/7 con los residentes de las zonas expuestas. Recibe la información de las fuentes oficiales e inicia la respuesta. Mantienen el flujo de información a los manejadores de emergencia, al COE, al personal de primera respuesta y la ciudadanía. Disemina la información en el menor tiempo posible al personal dentro del área de responsabilidad y participa de ejercicios prácticos, hace pruebas y diagnósticos frecuentes de los equipos.

Con el fin de fomentar buenas prácticas en el TWFP se recomienda lo siguiente:

- Contar con una copia del plan de respuesta a tsunamis de su oficina, municipio o entidad correspondiente
- Participar de ejercicios prácticos: Al menos dos veces al año
- Establecer un programa de educación continua para el personal
- Sostener reuniones frecuentes con el personal
- Fomentar el compañerismo, el trabajo en equipo y un ambiente profesional entre todos
- Fomentar el conocimiento de los planes requeridos
- Mantener comunicación con el personal de la Zona NMEAD, la RSPR y SNM
- Mantener al día un inventario de los equipos y sistemas de comunicación
- Mantener una bitácora con las pruebas y diagnósticos de los equipos: Radio NOAA, Radio frecuencia, CAD, televisores, árbol de llamadas, teléfonos, fax, internet, computadoras, EMWIN, sirenas, generador, vehículos, sirenas móviles, otros
- Contestar las pruebas mensuales del RSS de la RSPR y las pruebas mensuales del PTWC (Control estatal)
- Mantener y hacer buen uso del equipo EMWIN
- Maximizar y ampliar los recursos
- Involucrar otras oficinas del Municipio o secciones de la Agencia (planificación, turismo, etc.)

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 (12). 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 alterno 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.

RECURSOS EDUCATIVOS PARA EL PERSONAL

PROGRAMA EDUCATIVO Y EJERCICIOS PRÁCTICOS

Establecer un programa de educación continua al personal sobre la amenaza de tsunamis y cómo responder durante la emergencia ayudará a salvar vidas. Se debe promover actividades educativas de manera que refuerce el conocimiento de los operadores. La RSPR promueve la participación de los municipios TsunamiReady en el ejercicio anual de tsunamis **CaribeWave** que se lleva a cabo en el mes de marzo y del ejercicio de terremotos **ShakeOut** que se lleva a cabo en el mes de octubre. La RSPR y el programa de tsunami en su página web incluye presentaciones de pasados talleres, así como material educativo que ayudará en esta misión. También puede establecer un plan de trabajo donde periódicamente, según sea oportuno, puedan trabajar actividades de educación como, por ejemplo:

- Charlas educativas y talleres (los usuarios deben saber qué hacer si notan señales naturales de un tsunami)
- Reuniones periódicas con el personal donde se discuta el curso de acción caso de tsunami
- Utilizar los recursos educativos que provee la página de internet de la RSPR
- Desarrollar flujogramas informativos, grandes y accesibles
- Participar en ejercicios de práctica y simulacros anuales tales como el Caribe Wave y el ShakeOut
- Discutir los escenarios y boletines como preparación al Caribe Wave y participar de las presentaciones previas al ejercicio.
- Desarrollar sus propios ejercicios: desalojo, de mesa o a gran escala

Para las presentaciones de pasados talleres de operadores puede visitar la sección Taller de Operadores en la siguiente dirección web:

https://redseismica.uprm.edu/spanish/tsunami/documentos_tsunamiready.php

PORTAL EDUCATIVO DE TSUNAMIS: PUERTO RICO TSUNAMI EDUCATION

Hace poco más de un año, la RSPR y el programa de tsunamis crearon el portal educativo de tsunamis “*Puerto Rico Tsunami Education*” con el fin de proveer información confiable, efectiva y accesible para el público (**Figura 20**). Este portal está dirigido a líderes comunitarios, personas de la comunidad en general, manejadores de emergencia y primeros respondedores que deseen tomar estos cursos. El portal cuenta con varios módulos de enseñanza en español e inglés divididos por subtemas que las personas pueden ir completando a su ritmo. Se combina la lectura, videos y actividades en pequeñas porciones de información. Al final el usuario puede tomar un examen corto y demostrar sus conocimientos en el tema.

Por el momento, el portal cuenta con dos temas: Qué son los tsunamis y Mapas de Desalojo por tsunami. Estos temas están divididos en tres y cinco módulos respectivamente que toman entre 15 a 20 minutos, aproximadamente, para completar cada uno.

Para acceder al portal visite: <https://www.uprm.edu/prtsunamiedu/es/home/>



¿Qué es Educación de Tsunami para Puerto Rico?

Educación de Tsunami para Puerto Rico (PRTE por sus siglas en Inglés) es un portal educativo de tsunamis desarrollado por la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) del Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. La misión de este portal es apoyar a la Red Sísmica de Puerto Rico a preparar a las comunidades costeras de Puerto Rico a responder adecuadamente ante un tsunami. Como parte del portal de PRTE, existe una serie de cursos en línea gratuitos para ayudarte a entender todo sobre los tsunamis. Los cursos se enfocan en brindar destrezas y conocimiento esencial que sirven para preparar eficazmente a las comunidades ante una amenaza de tsunami.

Si te perdiste el video introductorio localizado en el encabezado, haz clic en el siguiente enlace para verlo. A continuación están los detalles claves mencionados en el video: [Video Introductorio – PR Tsunami Education](#)

Figura 20: Portal educativo de tsunamis de la RSPR: “Puerto Rico Tsunami Education”.

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 21**). 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 (mapas de tiempo de desalojo 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, 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, al acercar el 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: <http://www.prson.uprm.edu/tsunamiready>, podrá descargar un manual que le enseñará a utilizar la herramienta.

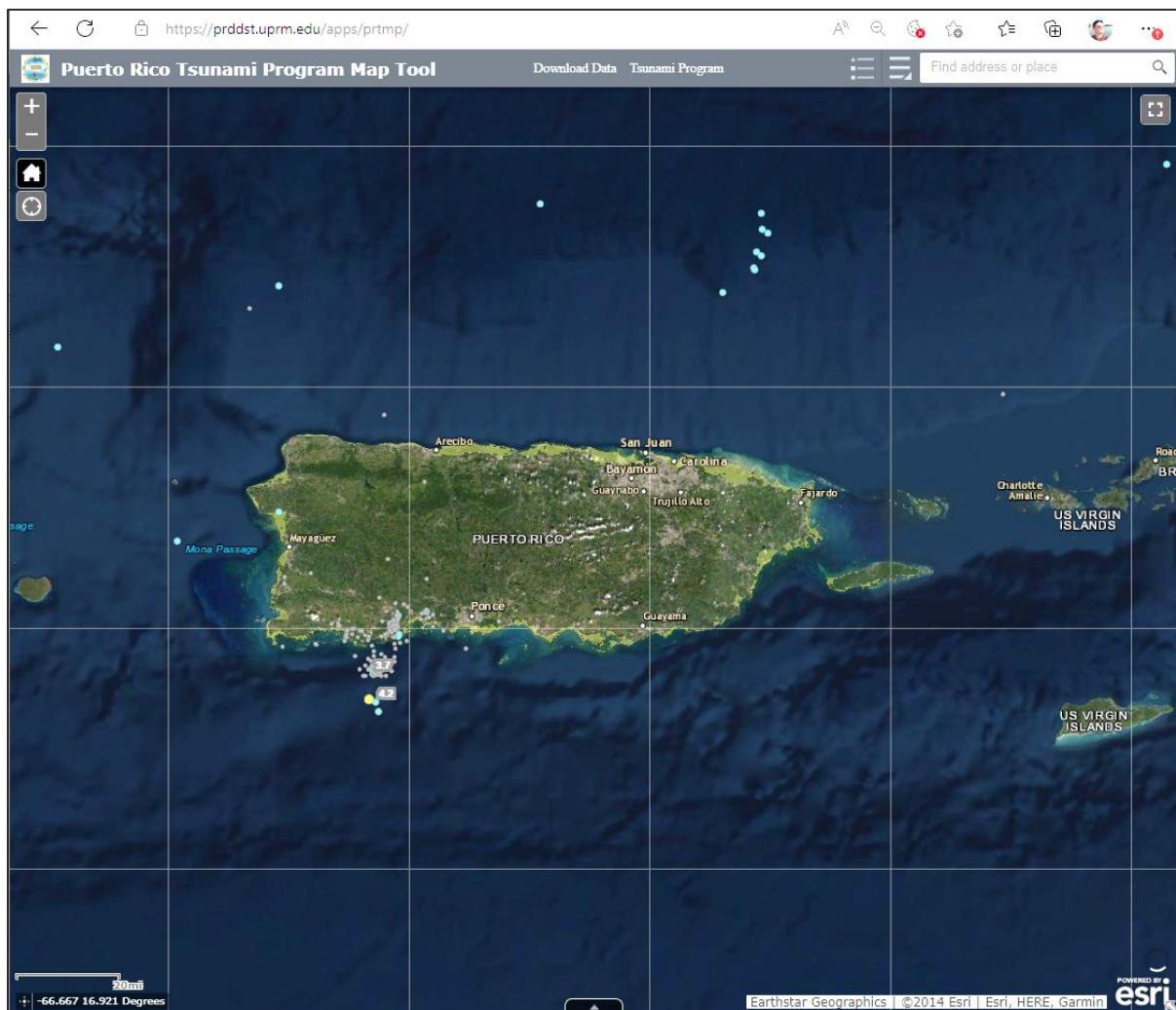


Figura 21: Puerto Rico Tsunami Program Map Tool (PRTPMT). La zona de desalojo, en color amarillo, la capa de información aparece automáticamente en el mapa. La herramienta también incluye un servicio con los eventos sísmicos recientes (7 días) publicados por el programa “*Prompt Assessment of Global Earthquakes for Response (PAGER)*” del USGS que incluye la información publicada por la RSPR.

APÉNDICE

1. EJEMPLO DE UN MENSAJE OFICIAL DEL CENTRO DE ALERTA DE TSUNAMIS

NOTA: Ejemplo de un boletín (mensaje) doméstico del PTWC para un evento en PR. Un boletín doméstico incluye el nivel de alerta por tsunami para PR&IV y se disemina en inglés (TIBCAR) y en español (TIBSP1).

[Boletín en inglés:](#)

ZCZC

WECA42 PHEB 061036

TIBCAR

TSUNAMI INFORMATION STATEMENT NUMBER 1
NWS PACIFIC TSUNAMI WARNING CENTER EWA BEACH HI
636 AM AST MON JAN 06 2020

..NO TSUNAMI THREAT FROM A NEARBY EARTHQUAKE...

AUDIENCE

* GOVERNMENT OFFICIALS... MEDIA... AND GENERAL PUBLIC OF PUERTO RICO... THE U.S. VIRGIN ISLANDS... AND THE BRITISH VIRGIN ISLANDS.

EVALUATION

* AN EARTHQUAKE WITH A PRELIMINARY MAGNITUDE OF 5.7 OCCURRED ABOUT 10 MILES SOUTH OF PUERTO RICO AT 632 AM AST ON MONDAY JANUARY 6, 2020.

* BASED ON ALL AVAILABLE DATA... THERE IS NO TSUNAMI THREAT TO PUERTO RICO... THE U.S. VIRGIN ISLANDS... OR THE BRITISH VIRGIN ISLANDS FROM THIS EARTHQUAKE.

* PEOPLE MAY HAVE EXPERIENCED SHAKING FROM THE EARTHQUAKE.

PRELIMINARY EARTHQUAKE PARAMETERS

* THE FOLLOWING PARAMETERS ARE BASED ON A PRELIMINARY RAPID

ASSESSMENT OF THE EARTHQUAKE AND CHANGES MAY OCCUR.

* MAGNITUDE 5.7
* ORIGIN TIME 632 AM AST JAN 06 2020
* COORDINATES 17.8 NORTH 66.8 WEST
* DEPTH 8 MILES / 13 KM
* LOCATION ABOUT 10 MILES SOUTH OF PUERTO RICO

RECOMMENDED ACTIONS

* NO ACTION IS REQUIRED.

IMPACTS

* NO TSUNAMI IMPACTS ARE EXPECTED.

NEXT UPDATE AND ADDITIONAL INFORMATION

* THIS WILL BE THE ONLY STATEMENT ISSUED FOR THIS EVENT UNLESS ADDITIONAL DATA ARE RECEIVED OR THE SITUATION CHANGES.

* FURTHER INFORMATION ABOUT THIS EVENT AND ANY TSUNAMI THREAT TO PUERTO RICO AND THE VIRGIN ISLANDS MAY BE FOUND ON THE INTERNET AT WWW.TSUNAMI.GOV.

* INFORMATION REGARDING ANY TSUNAMI THREAT TO US GULF OR ATLANTIC COASTS WILL BE ISSUED BY THE US NATIONAL TSUNAMI WARNING CENTER AND CAN BE FOUND ON THE INTERNET AT WWW.TSUNAMI.GOV.

* AUTHORITATIVE INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE CAN BE OBTAINED FROM THE CORRESPONDING REGIONAL SEISMIC NETWORK OR THE U.S. GEOLOGICAL SURVEY ON THE INTERNET AT EARTHQUAKE.USGS.GOV.

\$\$
NNNN

[Boletín en español](#)

ZCZC

WECA52 PHEB 061036

TIBSP1

BOLETIN INFORMATIVO DE TSUNAMI NUMERO 1

SMN CENTRO DE ALERTAS DE TSUNAMI DEL PACIFICO EWA BEACH HI

636 AM AST MON JAN 06 2020

..NO HAY PELIGRO DE TSUNAMI DEBIDO A ESTE TERREMOTO CERCANO...

AUDIENCIA

* FUNCIONARIOS GUBERNAMENTALES... MEDIOS DE PRENSA... Y EL PUBLICO EN GENERAL EN PUERTO RICO... LAS ISLAS VIRGENES DE LOS ESTADOS UNIDOS... Y LAS ISLAS VIRGENES BRITANICAS.

EVALUACION

* UN TERREMOTO CON MAGNITUD PRELIMINAR 5.7 HA OCURRIDO UNAS 10 MILLAS AL SUR DE PUERTO RICO A LAS 632 AM AST EL LUNES 6 DE ENERO DEL 2020.

* BASANDOSE EN EL ANALISIS DE TODOS LOS DATOS DISPONIBLES... NO EXISTE PELIGRO DE TSUNAMI PARA PUERTO RICO... LAS ISLAS VIRGENES DE LOS ESTADOS UNIDOS... O LAS ISLAS VIRGENES BRITANICAS DEBIDO A ESTE TERREMOTO.

* LA POBLACION PUEDE HABER SENTIDO EL TERREMOTO.

PARAMETROS PRELIMINARES DEL TERREMOTO

* LOS SIGUIENTES PARAMETROS ESTAN BASADOS EN UNA EVALUACION PRELIMINAR RAPIDA Y PUEDEN VARIAR.

* MAGNITUD 5.7

* TIEMPO DE ORIGEN 632 AM AST ENE 06 2020

* COORDENADAS 17.8 NORTE 66.8 OESTE
* PROFUNDIDAD 8 MILLAS / 13 KM
* LOCALIZACION UNAS 10 MILLAS AL SUR DE PUERTO RICO

ACCIONES RECOMENDADAS

* NO SE REQUIERE ACCION.

IMPACTOS

* NO SE ESPERAN IMPACTOS DE TSUNAMI DEBIDO A ESTE TERREMOTO.

PROXIMA ACTUALIZACION E INFORMACION ADICIONAL

* ESTE SERA EL UNICO COMUNICADO EMITIDO ACERCA DE ESTE EVENTO A NO SER QUE SE RECIBA INFORMACION ADICIONAL O LA SITUACION CAMBIE.

* MAS INFORMACION ACERCA DE ESTE EVENTO PUEDE SER ACCESADA EN INTERNET EN EL SITIO WEB WWW.TSUNAMI.GOV.

* INFORMACION ACERCA DEL PELIGRO DE TSUNAMI PARA COSTAS ESTADOUNIDENSES EN EL GOLFO DE MEXICO Y EL ATLANTICO SERA EMITIDA POR EL CENTRO NACIONAL DE ALERTAS DE TSUNAMIS Y PUEDE SER ACCESADA EN INTERNET EN EL SITIO WEB WWW.TSUNAMI.GOV.

* INFORMACION OFICIAL AUTORIZADA ACERCA DE ESTE TERREMOTO PUEDE SER PROVEIDA POR LA CORRESPONDIENTE RED SISMICA REGIONAL O EL SERVICIO GEOLOGICO DE LOS ESTADOS UNIDOS EN SU SITIO WEB EARTHQUAKE.USGS.GOV.

\$\$

NNNN

2. EJEMPLO DE UN MENSAJE DE LA RSPR

Ejemplo: Un boletín emitido por email por la RSPR para el mismo evento utilizado en el ejemplo anterior. Observará que la magnitud preliminar inicial del PTWC para este evento fue 5.7 ya que el PTWC no corrige esa magnitud inicial. Luego de la revisión final por parte de la RSPR, con los datos disponibles de las estaciones sísmicas, se actualiza la magnitud, que en este caso fue 5.8 Mwp. Más información de este evento en:

https://redseismica.uprm.edu/spanish/informe_sismo/myInfoGeneral.php?id=20200106103218



REPORTE SÍSMICO/TSUNAMI ACTUALIZADO PARA PUERTO RICO E ISLAS VIRGENES UPDATED SEISMIC/TSUNAMI REPORT FOR PUERTO RICO AND THE VIRGIN ISLANDS

Magnitud: Magnitude:	<ul style="list-style-type: none">• 5.8 Mwp
Fecha - Hora: Date - Time:	<ul style="list-style-type: none">• 2020/01/06 10:32:18 (UTC)• 2020-01-06 06:32:18 (Hora Local/Local Time)
Localización: Location:	<ul style="list-style-type: none">• Latitud/Latitude: 17.8675 °N• Longitud/Longitude: 66.8193 °W
Profundidad: Depth:	<ul style="list-style-type: none">• 6 km (4 millas/miles)
Región: Region:	<ul style="list-style-type: none">• South of Puerto Rico• South of Puerto Rico
Distancias: Distances:	<ul style="list-style-type: none">• 16.96 Km SE of Guánica, PR• 20.99 Km S-SW of Guayanilla, PR• 23.77 Km S-SE of Yauco, PR
Intensidad (MM): Intensity:	<ul style="list-style-type: none">• VII - Guánica, PR
Event ID:	<ul style="list-style-type: none">• 20200106103218
Nivel de Alerta de Tsunami: Tsunami Alert Level: Fecha y Hora de emisión: Issued at:	<ul style="list-style-type: none">• No hay Aviso, Advertencia o Vigilancia de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes• No Warning, Advisory or Watch is in effect for Puerto Rico and the Virgin Islands• 2020-01-06 11:22:16(UTC)• 2020-01-06 07:22:16 (Hora Local/Local Time)

Figura 22: Ejemplo de un boletín emitido por la RSPR y diseminado por email a los contactos en las listas de servicio.

3. DIAGRAMA CANALES DE DISEMINACIÓN DE INFORMACIÓN RSPR

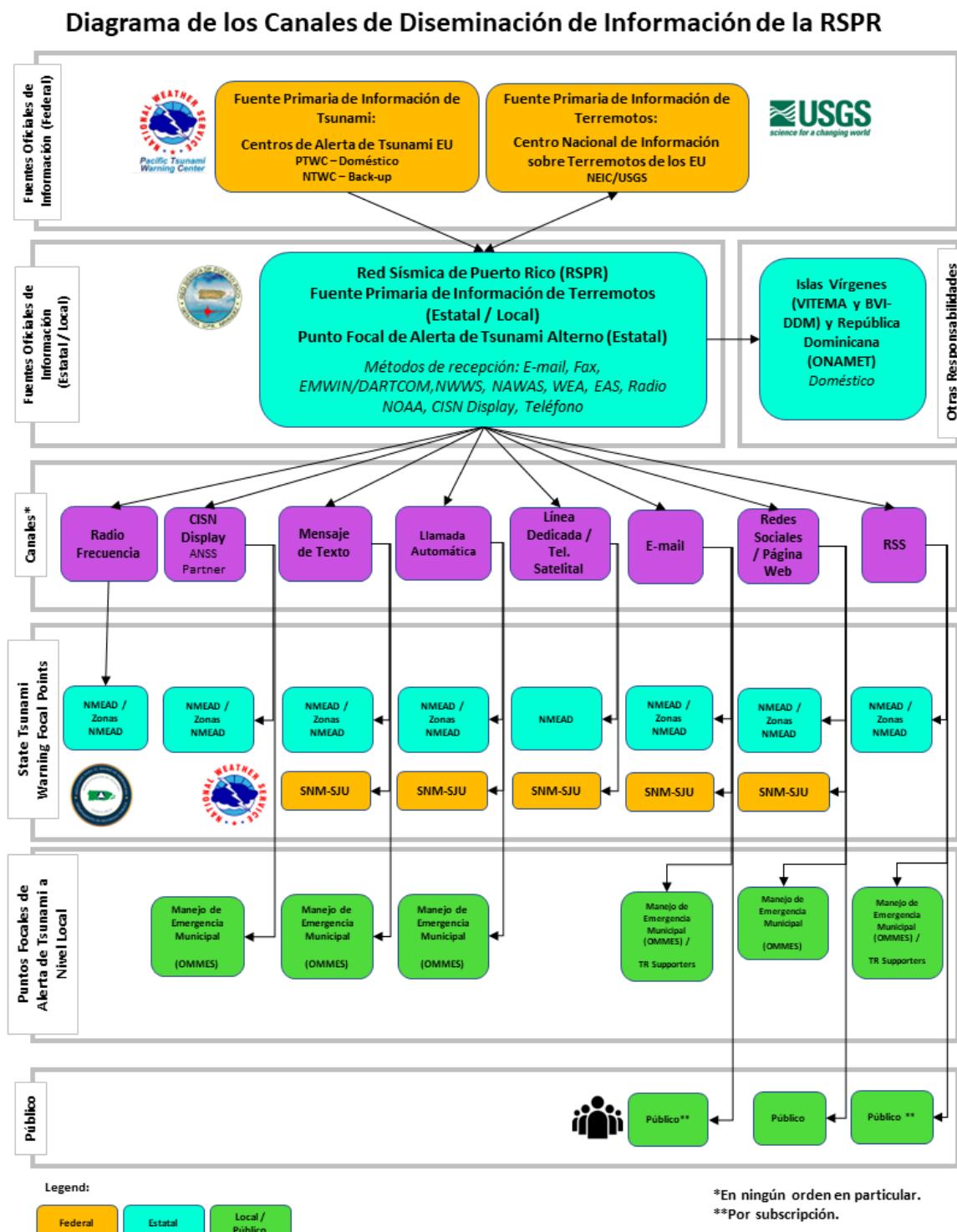


Figura 23: Diagrama de los canales de diseminación de información de la Red Sísmica de Puerto Rico. Actualizado en mayo-2024.

4. DIAGRAMA CANALES DE DISEMINACIÓN DE INFORMACIÓN SNM

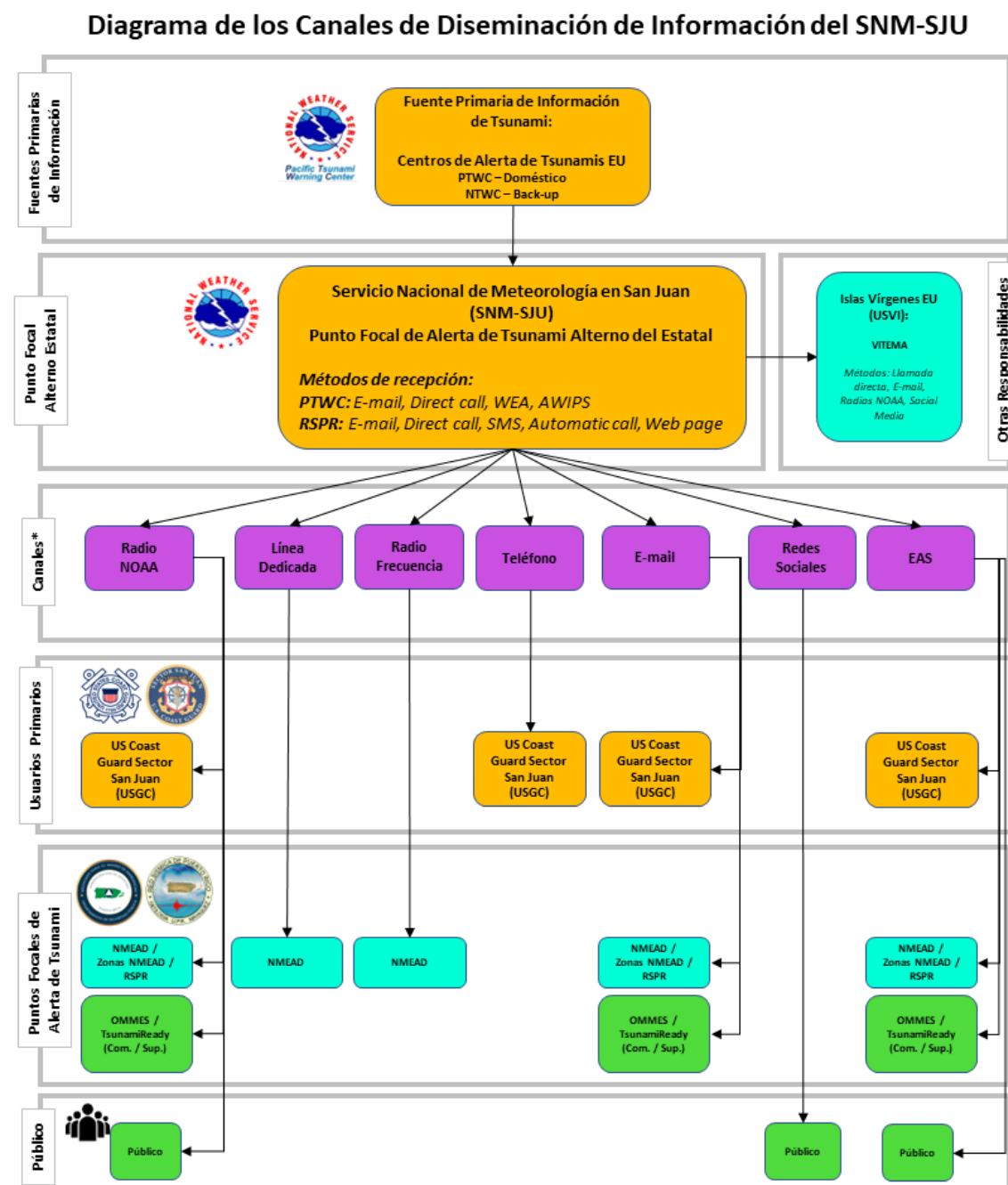


Figura 24: Diagrama de los canales de diseminación de información del Servicio Nacional de Meteorología (SNM) en San Juan. Actualizado en mayo-2024.

5. DIAGRAMA CANALES DE DISEMINACIÓN DE INFORMACIÓN NMEAD

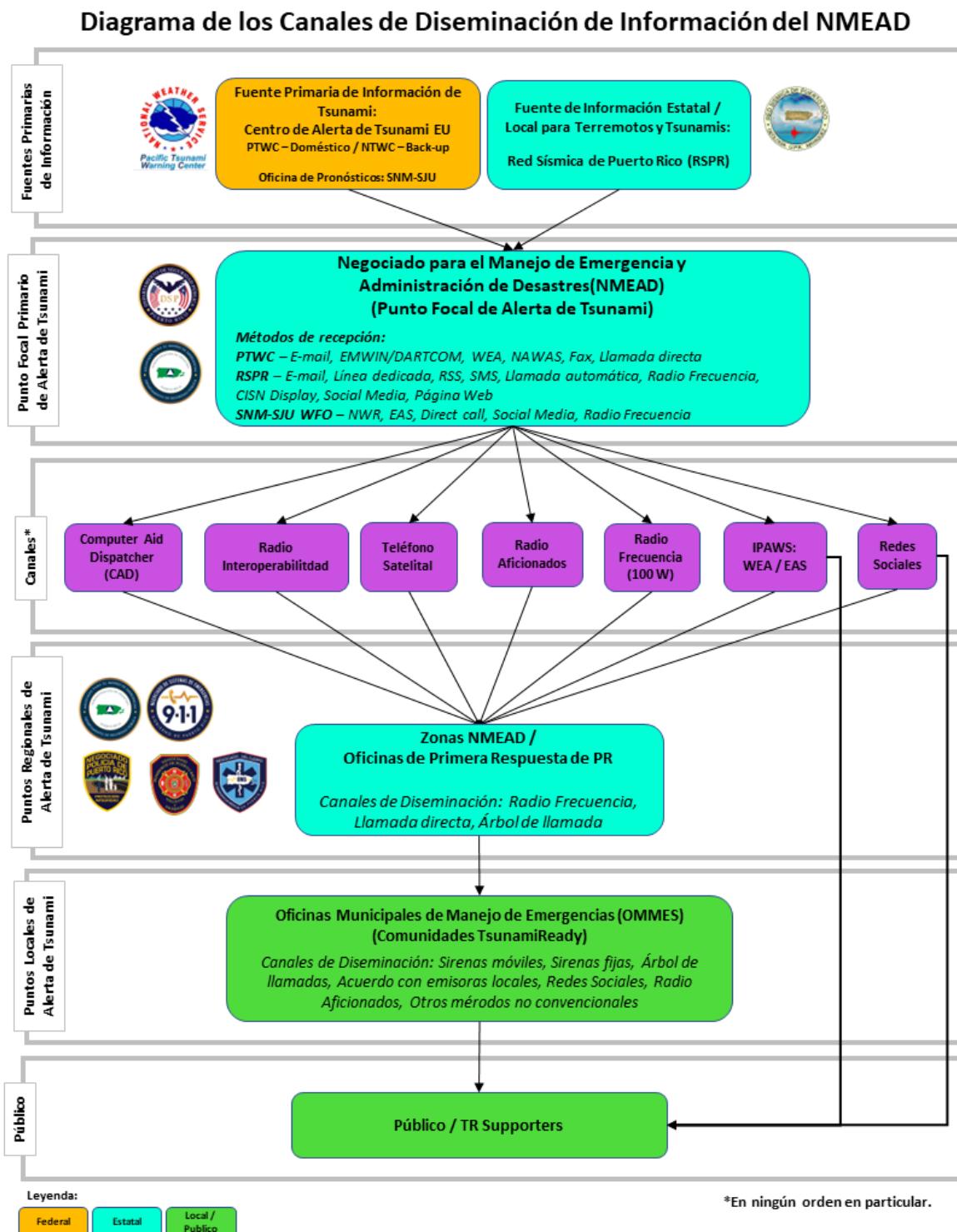


Figura 25: Diagrama de los canales de diseminación de información del Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD). Actualizado en mayo-2024.

6. LINEA DE TIEMPO DE RESPUESTA ESPERADO EN NMEA

Tiempo de diseminación de alerta de tsunami esperado en NMEA tras un terremoto

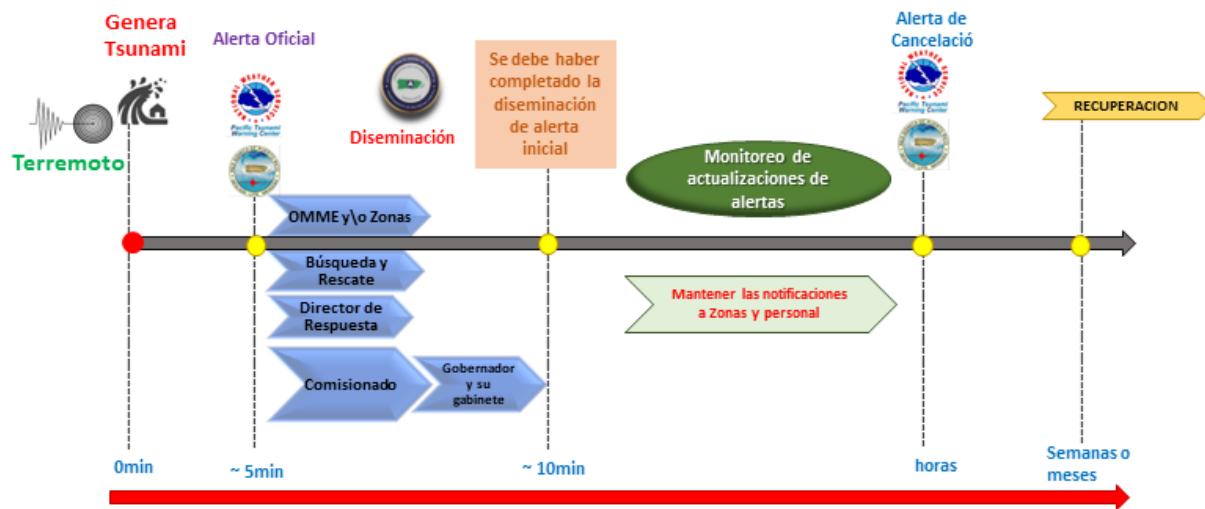


Figura 26: Tiempo de diseminación de alerta de tsunami esperado en NMEA tras un terremoto. Actualizado en mayo-2024.

CONTACTO DE PERSONAL EXPERTO

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.huergano@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

Centro Internacional de Información de Tsunamis
Oficina 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

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@prsn.uprm.edu

Wildaomaris González

Gerente - Programa de Tsunamis
Negociado para el Manejo de Emergencias
y Administración de Desastres (NMEAD)
Departamento de Seguridad Pública
de Puerto Rico (DSP)

wgonzalez@dsp.pr.gov

Roy Ruiz Vélez

Coordinador - Programa Tsunamis
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

Coordinadora - 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

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

INFORMACIÓN ADICIONAL

Programa TsunamiReady y TsunamiReady Supporters

<https://redsismica.uprm.edu/spanish/tsunami/>

<https://www.weather.gov/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_hoteles.docx

Descargar mapas de desalojo por tsunami para Puerto Rico

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

Descargar manual del usuario del PTWC (en inglés) para productos domésticos PR&VI

<https://www.weather.gov/media/ctwp/PDF/PRVI%20User's%20Guide%20-%20Version%201.1.pdf>

Portal educativo de Tsunamis de la RSPR

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

Información sobre tsunamis y boletines

<https://tsunami.gov/>

Ejercicio de comunicaciones Caribe Wave

<http://caribewave.uprm.edu/>

<https://www.tsunamizone.org/>

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

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

REFERENCIAS

1. **UNESCO-IOC.** *Manuals and Guidelines: Tsunami Preparedness Information Guide for Disaster Planners*. January 2008.
2. **NTHMP.** *National Tsunami Hazard Mitigation Program Tsunami Information Guide*. s.l. : NTHMP, 2019.
3. *Observation and modeling of tsunami-induces currents in port and harbors*. **Lynett, Borrero, Weiss, Son, Greer, Renteria**. 2012, Elsevier, pp. 68-74.
4. **Castro Correa, Carmen Paz**. Curso: "Vulnerabilidades ante desastres sconaturales". *Materiales del curso*. Chile : UAbierta, Universidad de Chile., 2017.
5. **(FEMA), Federal Emergency Management Agency.** Comprehensive Preparedness Guide (CPG) 101. *Developing and Mantaining Emergency Operations Plans*. s.l. : FEMA, 2021. Vol. 3.0.
6. **P. Blaikie, T. Cannon, I. Davis, and B. Wisner.** *At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters, second edition*. London : Routledge, 2013.
7. **Comas, M.** Vulnerabilidad de las cadenas de suministros, el cambio climático y el desarrollo de estrategias de adaptación: El caso de las cadenas de suministros de alimento de Puerto Rico. s.l. : Universidad de Puerto Rico, Río Piedras (UPR-RP), 2009.
8. **Estrada López, Emmanuel.** Diálogo UPR. [Online] abril 22, 2016. [Cited: mayo 15, 2017.] <http://dialogoupr.com/hacia-una-seguridad-alimentaria-en-puerto-rico/>.
9. **Mercado, A.** Presentation: Tsunami FLood Map Development for Puerto Rico. San Juan : UPRM, 2012.
10. **NWS, NOAA.** *National Weather Service Southern Region Supplement 04-2007: Southern Region Tsunami Program Operations for WFO San Juan and the Southeast River Forecast Center*. 2007.
11. **PTWC. NOAA/NWS Pacific Tsunami Warning Center Users' Guide Tsunami Warning Products for Puerto Rico, U.S. Virgin Islands, and British Virgin Islands**. s.l. : NOAA/NWS, 2017. Version 1.1.
12. **FEMA.** FEMA Planning & Templates. [Online] October 17, 2016. [Cited: mayo 19, 2017.] <https://www.fema.gov/planning-templates>.
13. **Stair, R and Reynolds, G.** *Principles of Information Systems*. Boston : Course Technology, 2001.
14. **Kroenke, D. and Auer, D.** *Database Concepts*. New Jersey : Prentice Hall, 2009.
15. **NOAA.** Reading Nautical Charts. [Online] 2016. [Cited: mayo 5, 2017.] <http://noaa.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=fe2d889c35794f0999811b66cd5ffbe7>.
16. **UNESCO.** *Glosario de Tsunamis 2016, serie técnica 85*. s.l. : Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 2016.
17. *Assessment of the tsunami-induced current hazard*. **Lynett, P. J., J. Borrero, S. Son, R. Wilson**. doi:10.1002/, 2014, AGU Geophysical Research Letters, Vols. Res. Lett., 41, pp. 2048-2055.
18. **Wilson, Lynett, Miller and others.** *Maritime Tsunami Response Playbooks: Background Information and Guidance for Response and Hazard Mitigation Use*. s.l. : California Geological Survey, 2016.
19. **FEMA.** Federal Emergency Management Agency Community Coastal Resilience. 2013.

GLOSARIO

ANSS – Advance National Seismic System del National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP, por sus siglas en inglés)

AOR (siglas en inglés) – El área de responsabilidad sísmica (**ADR**) de la RSPR comprende a Puerto Rico, Islas Vírgenes Estadounidenses, Islas Vírgenes Británicas y el este de la República Dominicana. Es conocida como la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Esta zona es parte del área de responsabilidad del PTWC.

Boletín doméstico - se refiere a los boletines del PTWC desarrollados y emitidos para Puerto Rico e Islas Vírgenes.

BVI-DDM (siglas en inglés) – Departamento de Manejo de Emergencias de las Islas Vírgenes Británicas. (*British Virgin Islands- Department of Disaster Management*)

ETA (siglas en inglés) – Tiempo de Llegada Estimado, cálculo del tiempo aproximado de arribo del tsunami a diferentes costas donde hay un mareógrafo. (*Estimated Time of Arrival*)

EAS (siglas en inglés) – Sistema de Alerta de Emergencias. (*Emergency Alert System*)

Intensidad - La intensidad de un terremoto es la medida de los efectos de la sacudida en estructuras y en la naturaleza en un lugar particular, anotando los efectos que produce la sacudida en objetos, edificios, personas y en el terreno mismo. La escala que se usa generalmente, en especial en el hemisferio occidental, se llama Escala de Intensidad Mercalli Modificada (MMI). Esta escala va desde I (no sentido) al XII (destrucción total).

Mareógrafo (tide gauge) – Estación de monitoreo el nivel del mar instalados en la costa.

MSL (siglas en inglés) - Promedio de la elevación del nivel del mar tomado sobre un período de 19 años. (*Mean Sea Level*)

Mw (Magnitud de momento) - mide la energía liberada por un terremoto en base al área de ruptura de la falla y el promedio de la cantidad de desplazamiento. Es indicativo del tamaño y características de la ruptura de la falla.

NCEI (siglas en inglés) – Centro Nacional de Información Ambiental, NOAA. (*National Center for Environment Information*)

NEIC (siglas en inglés) - Centro Nacional de Información de Terremotos de los Estados Unidos del USGS. (*National Earthquake Information Center*)

NOAA (siglas en inglés) – Administración Nacional Oceánica y Atmosférica. (*National Oceanic and Atmospheric Administration*)

NTWC (siglas en inglés) – Centro Nacional de Alerta de Tsunamis. (*National Tsunami Warning Center*)

NWS (siglas en inglés) – Servicio Nacional de Meteorología. (*National Weather Service*)

PREMB (siglas en inglés) - Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres de Puerto Rico (NMEAD). (*Puerto Rico Emergency Management Bureau*)

PRSN (siglas en inglés) – Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) del Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez (UPRM). (*Puerto Rico Seismic Network*)

PTWC (siglas en inglés) – Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (*Pacific Tsunami Warning Center*). Proveedor de Servicios de Tsunami (*Tsunami Service Provider*, en inglés) para Puerto Rico e Islas Vírgenes.

Punto focal de alerta de tsunami – se le conoce a la oficina que opera 24/7, equipada con sistemas redundantes de comunicación para recibir y disseminar las alertas de los centros de alertas de tsunami. (*Tsunami Warning Focal Point, TWFP*)

REA - término en inglés para Rapid Earthquake Alert. Se refiere a la información preliminar sísmica que se emite inmediatamente después de un evento. Este mensaje contiene únicamente información sísmica.

RSS – término en inglés para referirse a Real Simple Sindication. Esto es un mensaje de actualización que se envía a través de un programa lector de RSS. La RSPR lo utiliza como uno de los métodos de diseminación de información de terremotos y tsunamis.

Terremoto Fuerte – Este es un terremoto de una intensidad igual o mayor a VII, según la Escala Mercalli Modificada. Durante un terremoto de esta clasificación se presentaría dificultad para mantenerse en pie, daños mínimos en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras bien construidas; considerable en las mal construidas. Sería sentido por los conductores.

Tsunami – la palabra “tsunami” es una palabra japonesa que significa “ola de puerto”. Un tsunami es una serie de olas creadas por un disturbio que desplaza una gran cantidad de agua.

Tsunami cercano - tsunami cuya fuente (lugar donde se genera) es cercana al lugar donde primero pudiera impactar la costa. El tiempo puede variar desde minutos a horas. El PTWC clasifica un tsunami cercano como aquel cuyo tiempo de viaje es menor o igual a tres horas. Estos tsunamis tienen el potencial de ser los más perjudiciales pues en algunos casos contaremos con solo minutos para responder, lo que representaría el peor de los escenarios.

Tsunami distante - tsunami cuya fuente (lugar donde se origina) es lejana al lugar donde primero puede impactar la costa. El PTWC clasifica un tsunami lejano como aquel cuyo tiempo de viaje es mayor a tres horas. Cuando el tsunami es muy distante de nuestra área, se puede utilizar el término tele-tsunami. En este caso se contaría con mayor tiempo para recibir las alertas y ejecutar una respuesta coordinada de parte de las agencias de manejo de emergencia.

VITEMA (siglas en inglés) – Agencia Territorial para el Manejo de Emergencias de las Islas Vírgenes Americanas. (*Virgin Island Territorial Emergency Management Agency*)