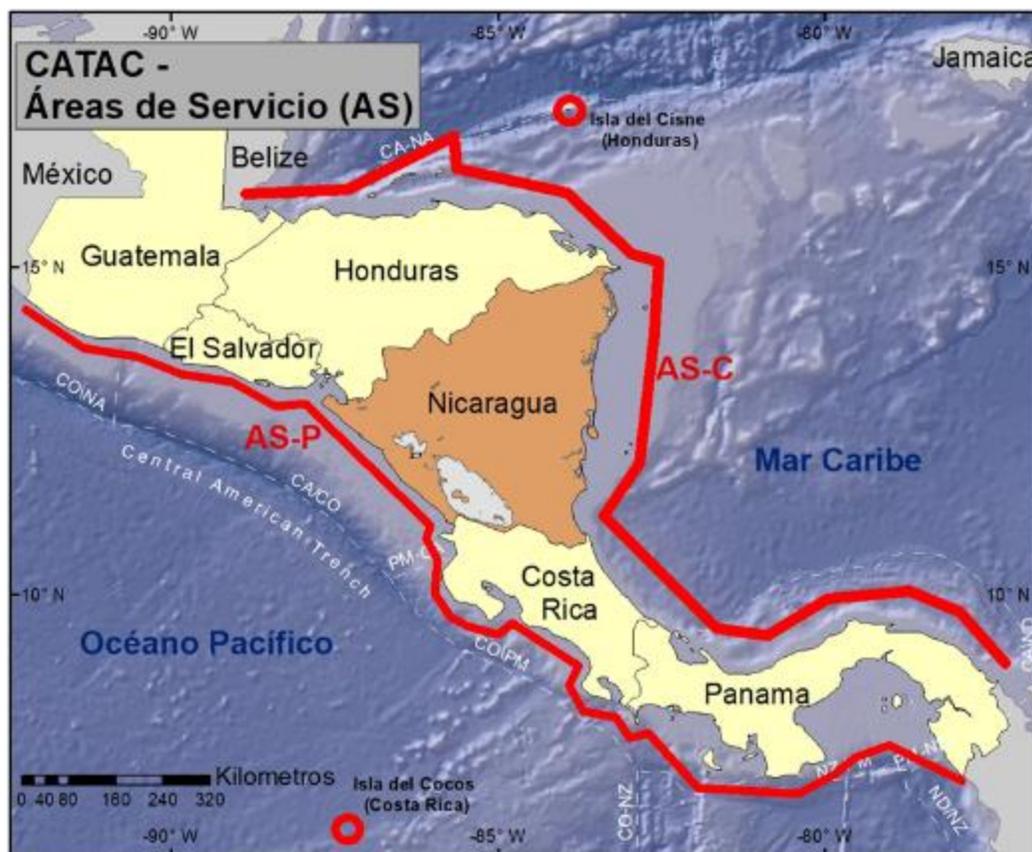




**Guía de Usuario del
Centro de Asesoramiento de Tsunamis para América Central (CATAC)
establecido en el INETER/Nicaragua
- versión 2021, finalizada la fase experimental -
Borrador vs. 20211125 -**



**Managua, Nicaragua
Noviembre de 2021**

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)
Centro de Asesoramiento de Tsunamis para América Central

Guía de Usuario del Centro de Asesoramiento de Tsunamis para América Central (CATAC) establecido en el INETER/Nicaragua - Versión 2021, finalizada la fase experimental – Borrador vs. 20211127 -

Elaborado: Wilfried Strauch, con aportes del equipo CATAC

Fecha: 27/11/2021

Managua, Nicaragua



Foto 1. Equipo del CATAC, 2019

Nota: Favor, enviar observaciones y correcciones a wilfried.strauch@yahoo.com

Esta Guía del usuario se ha redactado tomando como referencia la Guía del Usuario para los productos mejorados del Centro de Alerta de Tsunami del Pacífico (PTWS), IOC Technical Series No 1 05, edición revisada. UNESCO / COI 2014 (inglés; español) y la Guía de Usuarios operativos para el Centro de alerta y mitigación de tsunamis en el Pacífico (PTWS). IOC Technical Series No 87, Segunda Edición. UNESCO / COI 2009, las Guías de Usuarios para el NTWAC (2018), y la Guía del SCSTAC (2019).

Contenido

RESUMEN	6
<u>1. VISIÓN GENERAL</u>	<u>7</u>
1.1 SITUACIÓN DE LA AMENAZA POR TSUNAMI	7
1.2 SURGIMIENTO DE LA PROPUESTA DEL CATAC	9
1.3 ÁREAS DE SERVICIO Y DE MONITOREO Y CRITERIOS GEOGRÁFICOS DE EMISIÓN	10
<u>2. GOBERNANZA Y APROBACIÓN.....</u>	<u>11</u>
2.1 ESTABLECIMIENTO DEL CATAC	11
2.2 BASE INSTITUCIONAL DEL CATAC	13
2.3 MISIÓN Y DEBERES DEL CATAC.....	14
2.4 LÍNEA DE TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN.....	15
2.5 AVANCES DEL CATAC EN LA FASE EXPERIMENTAL DE OPERACIONES DE 2019 A 2021	16
<u>3. BASE CIENTÍFICO-TÉCNICA E INSTRUMENTAL DEL CATAC.....</u>	<u>20</u>
3.1 RED DE ESTACIONES SÍSMICAS UTILIZADAS POR EL CATAC.....	20
3.2 REDES MAREOGRÁFICAS UTILIZADAS	23
3.4 REDES GPS/GNSS.....	24
3.5 FACILIDADES DEL CATAC.....	24
3.6 PERSONAL DEL CATAC	26
<u>4. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES</u>	<u>26</u>
4.1 INDICADORES DE DESEMPEÑO DEL CATAC	27
4.2 TIPOS DE MENSAJES Y CRITERIOS	28
<u>5. PRINCIPALES SISTEMAS DE APOYO A LA DECISIÓN PARA LAS OPERACIONES DEL CATAC.....</u>	<u>30</u>
5.1 PAQUETE SEISCOMP.....	30
5.2 PROCESAMIENTO SISMOLÓGICO	32
5.2.1 CONTROL DE CALIDAD	32

5.2.2 PROCESAMIENTO ESTÁNDAR SISMOLÓGICO AUTOMÁTICO Y MANUAL	32
5.2.3 CÁLCULO DEL TENSOR DE MOMENTO AUTOMÁTICO E INTERACTIVO.....	33
5.2.4 APROVECHAMIENTO DE RESULTADOS DE LA ALERTA TEMPRANA DE TERREMOTOS (ATT).....	34
5.2.5 ESCENARIOS DEL IMPACTO DEL TERREMOTO, SHAKEMAPS	35
5.3 MODELOS DE PRONÓSTICO DE TSUNAMI.....	36
5.3.1 BASE DE DATOS DE PRONÓSTICOS DE TSUNAMIS.....	36
5.3.2 MODELO DE PRONÓSTICO DE TSUNAMI EN TIEMPO REAL.....	39
5.4 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA BASE DE DATOS Y DEL MODELO	41
<u>6. PRODUCTOS DE ASESORAMIENTO DE TSUNAMI DEL CATAC</u>	<u>42</u>
6.1 BOLETÍN DE TEXTO	43
6.2 PUNTOS DE PRONÓSTICO COSTEROS	43
6.3 MAPA DE ENERGÍA DE TSUNAMI	43
6.4 MAPA DE PREDICCIÓN COSTERA	44
<u>7. DISEMINACIÓN Y SERVICIOS</u>	<u>44</u>
7.1 BASE INFORMÁTICA.....	44
7.2 SITIO WEB DEL CATAC	45
<u>8. PRODUCTOS DEL CATAC</u>	<u>45</u>
8.1 ESQUEMA DE LOS PRODUCTOS CATAC	46
8.2 POLÍTICA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS PRODUCTOS.....	46
8.3 ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS	47
8.3.1 PRODUCTOS DE TEXTO	47
8.3.2 ESTIMACIÓN DE LA AMPLITUD DEL TSUNAMI ESTIMADA Y SU HORA DE LLEGADA.	49
8.3.4 OBSERVACIÓN DE TSUNAMI.....	49
8.3.5 LIMITACIONES DE LOS PRODUCTOS DEL CATAC.....	50
8.3.6 LÍNEA DE TIEMPO DE LA EMISIÓN DEL PRODUCTO	51
<u>9. INTERCAMBIO DE PRODUCTOS DEL CATAC CON EL PTWC, LOS NTWC Y OTROS PROVEEDORES DE TSUNAMI.....</u>	<u>52</u>
<u>REFERENCIAS</u>	<u>54</u>

ANEXOS.....	58
ANEXO 1. DETALLES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LOS PRODUCTOS CATAAC.....	58
ANEXO 2. EJEMPLOS DE PRODUCTOS CATAAC	61
ANEXO 2.1 PRIMER PRODUCTO DE TEXTO (CUANDO SE ESPERAN TSUNAMIS COSTEROS CON ALTURAS DE 0.3 M O MÁS)	61
ANEXO 2.2 PRIMER PRODUCTO DE TEXTO (CUANDO NO SE ESPERAN TSUNAMIS COSTEROS CON ALTURAS DE 0,3 M O MÁS)	62
ANEXO 2.3 PRIMER PRODUCTO DE TEXTO (CUANDO LA PROFUNDIDAD ES DE 100 KM O MÁS)	63
ANEXO 2.4 SEGUNDO PRODUCTO DE TEXTO (CON OBSERVACIONES DE TSUNAMI).....	63
ANEXO 2.5 TERCER PRODUCTO DE TEXTO DESPUÉS DE CORREGIR UBICACIÓN Y MAGNITUD DEL TERREMOTO USANDO RESULTADOS DEL CMT	65
ANEXO 3. EJEMPLOS DE PRODUCTOS GRÁFICOS DEL CATAAC.....	69
ANEXO 4. REALIZACIÓN DE EJERCICIOS REGIONALES DE TSUNAMI	71
ANEXO 5. NTWC Y TWFP EN AMÉRICA CENTRAL	73
ANEXO 6. LISTADO DE PERSONAL DEL CATAAC, NOVIEMBRE DE 2021.....	74
ANEXO 7. EJEMPLO DE MENSAJE DE PRUEBA GENERADO POR TOAST EN EL CATAAC	75
ANEXO 8. LISTADO DE PUNTOS DE PRONÓSTICO	77

Resumen

En 2016, se ha establecido el Centro de Asesoramiento de Tsunamis para América Central (CATAC). El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales en Managua, Nicaragua ha implementado los servicios de Asesoría de Tsunamis para América Central en su papel de Proveedor de Servicios de Tsunami subregional (TSP) para el Sistema de Alerta de Tsunami y Mitigación de sus Efectos en el Pacífico (PTWS) y el Sistema de Alerta de Tsunami en el Caribe (CARIBE TWS). El CATAC después estaba en desarrollo de 2016-2019 por medio de proyectos que el INETER estaba ejecutando para su reforzamiento en cooperación con JICA/Japan y COI/UNESCO. Tras el lanzamiento exitoso de los Productos Mejorados del Centro de Advertencia de Tsunamis del Pacífico (PTWC) y una serie de recomendaciones de ICG / PTWS, el CATAC homologó sus productos en 2019 para brindar a los países receptores la mayor utilidad a través de evaluaciones detalladas de amenazas de tsunami para áreas costeras locales. Tras la aprobación del ICG/PTWS XVIII (04/2019) y la confirmación por la 30^{va} Asamblea General de la COI (06/2019), CATAC inicia la emisión de los productos en una fase experimental a partir de las 18:00 UT del 22 de agosto de 2019 por correo electrónico, Whatsapp y TELEGRAM, y con su sitio Web catac.ineter.gob.ni. El período experimental de introducción y familiarización de unos 2 años de duración estaba destinado a: 1) Aumentar la capacidad del CATAC para el procesamiento de sismos y tsunamis y especialmente la capacitación de 8 sismólogos que INETER asignó adicionalmente para el servicio 24x7; 2) Respalda la capacitación sobre los productos y la implementación de las actualizaciones necesarias del Procedimiento Operativo Estándar (SOP) en los países receptores e América Central; 3) Para mejorar la capacidad instrumental de las redes sísmicas en la región por medio del proyecto para la Alerta de Terremotos en Nicaragua y América Central (EWARNICA) con la cooperación suiza. En noviembre de 2021, CATAC propone al Grupo de Trabajo de América Central iniciar con el modo de trabajo pleno y rutinario.

Esta Guía del Usuario describe los productos del CATAC y proporciona ejemplos relacionados. Además de los productos basados en texto, también están disponibles productos gráficos adicionales con más información y niveles de detalle. Estos incluyen mapas que muestran pronósticos de amplitud de tsunami en el océano profundo, pronósticos de tiempo de viaje de tsunami y amplitudes de onda máximas esperadas en áreas costeras.

1. Visión General

1.1 Situación de la amenaza por tsunami

La Costa del Pacífico de América Central es muy propensa a los y los tsunamis (Figura 1) debido a la alta sismicidad (figura 2) en los márgenes de las placas tectónicas Cocos y Caribe; mientras la Costa del Mar Caribe de esta región tiene una amenaza de tsunami considerablemente menor (Molina, 1996; Fernández et al., 2001; COI 2018). La mayor afectación por tsunami conocida en la historia causó el evento del 1 de septiembre de 1992 en la costa del Pacífico de Nicaragua con runup de hasta 10 metros.

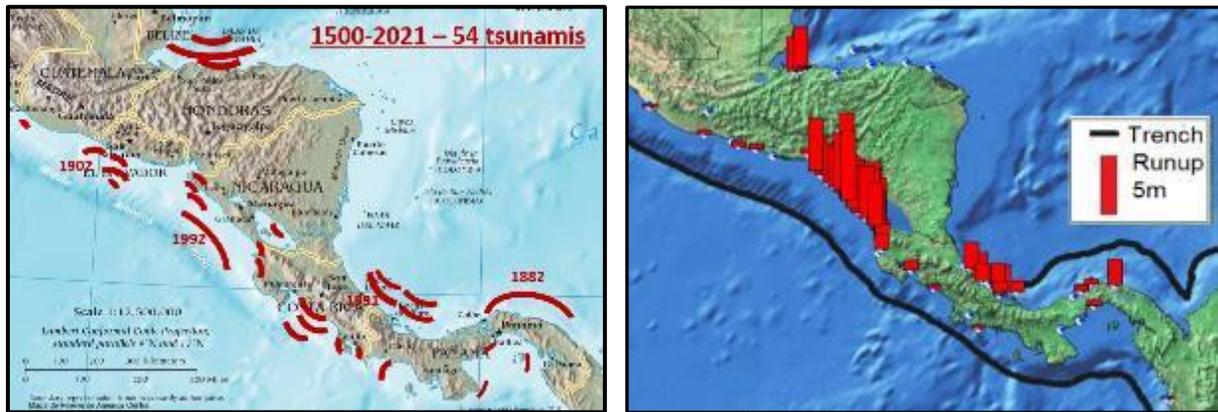


Figura 2. a) Sismicidad en América Central según NEIC/EEUU (Izq.) y b) Mayores fuentes contribuyentes al peligro de tsunami para América Central (der., rectángulos rojos). Según COI (2018), COI (2020)

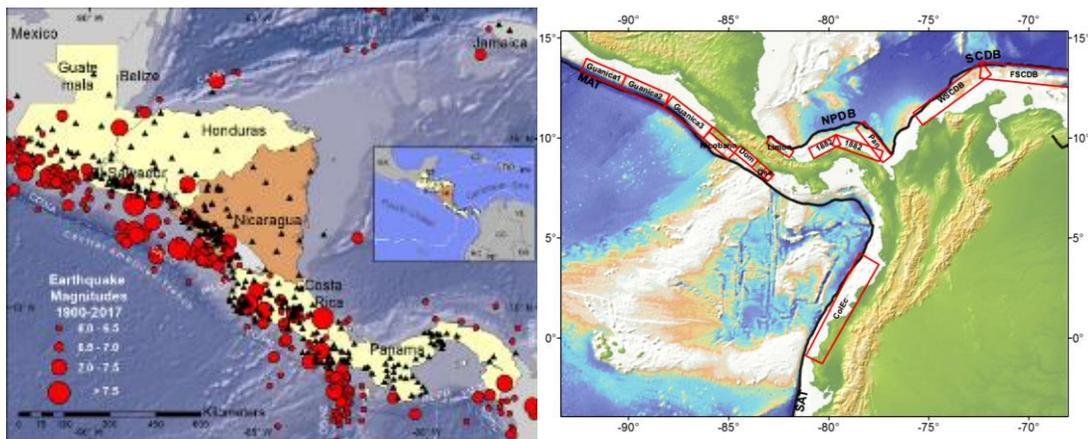


Figura 3. Ubicación de tsunamis (izquierda) y runup (derecha) en América Central a partir de 1500. Fuente: Molina, 1996; Fernández et al.,2000); NGDC/WDS, 2015; modificado

En el Pacífico, Guatemala, El Salvador y Nicaragua desponen de una plataforma continental muy amplia con poca profundidad el mar lo que reduce la velocidad de las olas y aumenta el tiempo que los tsunamis necesitan para llegar a la costa. En estas

costas los tsunamis entrarían dentro de unos 30 a 60 minutos después del terremoto local.

No obstante, en algunas zonas en las costas el tiempo mínimo el impacto de tsunamis locales es muy reducido lo que obliga al CATAC de enviar los mensajes de alerta dentro de pocos minutos.



Zonas con tiempo reducido para el impacto de tsunami existen donde

- 1) La zona fuente está muy cerca de la costa: Islas del Cisne en Honduras, Nicoya y Osa en Costa Rica; Golfo Chiriquí, Azuero y Darién en Panamá)
 - 2) El fallamiento fuente entra en la costa: Norte de Guatemala, San Juan del Norte en Nicaragua, El Limón en Costa Rica)
 - 3) Entre la costa y la zona fuente existen aguas muy profundas, (Golfo de Chiriquí en Panamá)
 - 4) Existe un canal de mayor profundidad del mar que conecta la zona fuente con la costa (Sur de Guatemala)
- O. Combinado.

Figura 3. Zonas en América Central con un tiempo reducido del primer impacto de tsunamis locales, de menos de 10 minutos

1.2 Surgimiento de la propuesta del CATAC

Los servicios de asesoramiento sobre tsunamis para ambas costas de América Central son actualmente proporcionados por el Centro de Alerta de Tsunami para el Pacífico (PTWC). La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO adoptó la Resolución EC-XLI.6, para que los Estados Miembros alrededor de los mares regionales, según proceda, promuevan activamente el desarrollo, establecimiento y operación sostenida de Sistemas Nacionales y Subregionales de Alerta contra Tsunamis y su Mitigación. Los seis países de América Central y el Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), durante una reunión celebrada en Managua, Nicaragua el 3 de septiembre de 2003, decidieron iniciar el desarrollo de un Sistema Regional de Alerta contra los Tsunamis, y solicitaron al Grupo Internacional de Coordinación del Sistema de Alerta de Tsunami en el Pacífico (en 2003: ICG/ITSU, hoy: ICG/PTWS) que brinde apoyo al respecto.

Actualmente, Nicaragua, El Salvador y Costa Rica ya operan Sistemas Nacionales de Alerta (NTWS) contra los Tsunamis. Pero, otros países en la región han tenido un avance más lento, aunque se han producido mejoras considerables en cuanto a las capacidades aplicables a los requerimientos de un sistema regional de alerta de tsunamis como el intercambio de datos sísmicos en tiempo real entre los países, la disponibilidad de datos sobre el nivel del mar, la cartografía de la amenaza de tsunamis y la capacitación del personal. Por eso, Nicaragua propuso, en 2015, establecer el CATAC en Nicaragua cubriendo tanto las costas del Pacífico como el Caribe en el marco de PTWS y CARIBE-EWS.

El funcionamiento del CATAC, así como su perfeccionamiento, es un proceso complejo y en curso que implica la participación activa y los compromisos de los Estados Miembros a través de sus respectivos organismos e instituciones. La provisión de los productos de asesoramiento del tsunami del CATAC tiene como objetivo permitir a los países destinatarios (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) que tomen acciones apropiadas contra las amenazas locales y regionales, en colaboración con el servicio proveído por el PTWC para todo el Pacífico. El desarrollo de productos de asesoramiento sobre tsunamis que tengan en cuenta las características regionales y los requisitos particulares de los Estados Miembros del CATAC es crucial para un eficaz sistema regional de alerta y mitigación de los tsunamis. En este sentido, es muy

importante la participación intensa de todos los Estados Miembros en el desarrollo de los productos regionales del CATAC durante el período de diseño.

Los productos de asesoramiento del tsunami de la CATAC incorporan las habilidades de pronóstico más avanzadas, como la base de datos de escenarios de tsunamis, así como el modelado numérico en tiempo real basado en la rápida solución sismológica CMT. El punto de referencia del modelo numérico y la validación de los resultados de la predicción son esenciales. Los productos de asesoramiento del tsunami del CATAC sirven de base para el funcionamiento del CATAC a partir de 2019.

1.3 Áreas de Servicio y de Monitoreo y criterios geográficos de emisión

CATAC tiene como objetivo apoyar a los países de América Central en la prevención y mitigación de desastres por tsunami. Por lo tanto, las áreas de servicio (AS) para las cuales CATAC emite productos son las costas de los países de América Central y de las islas de estos países en el Océano Pacífico (Área de Servicio del Pacífico, AS-P) y en el Mar Caribe (Área de Servicio del Caribe, AS-C), ver mapa en figura 3.



Figura 4. CATAC – Áreas de Servicio para Océano Pacífico y Mar Caribe



Figura 5. CATAC – Áreas de Monitoreo en el Océano Pacífico y el Mar Caribe

La información de la Asesoría de CATAC se emite cuando CATAC detecta un terremoto de magnitud 6.5 o mayor en su Áreas de Monitoreo (AM) (ver Figura 4).

Para cumplir con su deber CATAC debe monitorear no solamente las áreas cerca de las costas de América Central sino también zonas más remotas. Como las Áreas de

Monitoreo (AM) de CATAAC se caracterizan aquellas zonas que contienen fuentes de tsunami desde donde las olas pueden alcanzar algún punto en las Áreas de Servicio (AS), es decir las costas de América Central, dentro de un tiempo de una hora después de ser generadas, ver figura 2. Estas áreas son:

1) La parte del Pacífico (Área de Monitoreo del Pacífico, AM-P) que consiste en la Costa Sur de México, Costa del Pacífico de América Central, la Costa Pacífica de Colombia y Ecuador al Norte de América del Sur.

2) La parte del Caribe (Área de Monitoreo del Caribe, AM-C), que consiste en el área entre la Costa de Yucatán (México) y Belize, la Costa del Caribe de América Central, la costa Caribe noroccidental de América del Sur, el Mar Caribe occidental al sur de Cuba y de Haití y República Dominicana.

2. Gobernanza y Aprobación

2.1 Establecimiento del CATAAC

El Grupo Intergubernamental de Coordinación para el Sistema de Alerta y Mitigación de Tsunami en el Pacífico (ICG/PTWS) en su reunión XIX decidió ayudar a los países centroamericanos en este proceso y estableció para este fin el Grupo de Trabajo Regional sobre el Sistema de Alerta y Mitigación contra los Tsunamis en la Costa del Pacífico de América Central (WG-CA). ICG/PTWS-XXV.1 recomendó determinar si El Salvador o Nicaragua (o ambos países en cooperación) podrían establecer un Centro Provisional de Advertencia de Tsunamis para difundir alertas a todos los países centroamericanos y la implementación de un Comité Técnico para el Desarrollo de un Sistema Regional de Alerta y Mitigación de Tsunamis.

Las siguientes reuniones del ICG/PTWS-WG-CA han desarrollado la idea para un Centro Regional de Asesoramiento de Tsunami para América Central (CATAAC): La primera reunión, celebrada en Managua, Nicaragua, 04-06/11/2009; La segunda, celebrada en San Salvador, El Salvador, 28-30/09/2011; La tercera, celebrada en Managua, Nicaragua, 29/11/2014; La cuarta reunión realizada en Managua, Nicaragua, 11/02/2019. Los esfuerzos para el establecimiento de una Red Sísmica Regional Centroamericana se documentan en la Tercera Reunión del ICG/PTWS-WG-CA.

El Centro para la Coordinación de la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC) es el organismo correspondiente para la prevención de

desastres dentro del Sistema de Integración Centroamericana (SICA). El Consejo de Representantes de CEPREDENAC en su reunión del 6 de febrero de 2015, decidió "reconocer dentro de las prioridades de CEPREDENAC el desarrollo del Centro de Alerta de Tsunamis en América Central (CATAC) y la creación de una Red Sísmica Regional a establecerse en la República de Nicaragua y elevarla al SICA".

Nicaragua oficializó en PTWS-XXVI, en 2015, la propuesta de establecer el CATAC en Nicaragua y de cubrir tanto las costas del Pacífico como el Caribe en el marco de PTWS y CARIBE-EWS. Reconociendo los notables avances de Nicaragua en su Sistema Nacional de Alerta y Mitigación de Tsunamis y tomando nota del ofrecimiento de Nicaragua de acoger y desarrollar el CATAC en el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en Managua, Nicaragua, ICG/PTWS - mediante la Recomendación ICG/PTWS-XXVI.2. - aceptó el ofrecimiento de Nicaragua de hospedar y desarrollar CATAC bajo la guía del ICG/PTWS-WG-CA, dentro del marco de ICG/PTWS, ICG/CARIBE-EWS y TOWS-WG,

En el Apéndice I de la Recomendación ICG / PTWS-XXVI.2 se definen los Términos de Referencia para un Grupo de Trabajo Subregional de América Central sobre el Establecimiento de un Centro de Asesoramiento sobre Tsunamis para América Central (TT-CATAC) con el propósito de "Asistir El Grupo de Trabajo Centroamericano en el establecimiento del CATAC hasta que tenga la capacidad de prestar servicios operacionales y el mandato "Bajo la orientación del ICG/PTWS-WG-CA, el equipo de trabajo fortalecerá la coordinación y cooperación entre los países de la CA para Establecer el CATAC ".

El Grupo Intergubernamental de Coordinación del Sistema de Alerta contra los Tsunamis y otros Riesgos Costeros para el Caribe y Regiones Adyacentes (ICG/CARIBE-EWS) aceptó también, en 2015, el ofrecimiento de Nicaragua de hospedar y desarrollar el CATAC como Servicio Subregional de Tsunami (TSP) bajo la dirección del Grupo de Trabajo Regional del PTWS para Centroamérica Costa del Pacífico y dentro del marco de ICG/PTWS, ICG/CARIBE-EWS y TOWS-WG.

La 28ª Asamblea General de la UNESCO/COI, en 2015, tomó nota del ofrecimiento de Nicaragua de acoger y desarrollar un Centro de Asesoramiento sobre Tsunamis para Centroamérica (CATAC) bajo la guía del TT-CATAC del ICG/PTWS, ICG/ CARIBE-EWS y TOWS-WG.

Nicaragua solicitó apoyo técnico al Japón para el desarrollo del CATAC y en marzo de 2015 JICA entregó el informe final de un análisis detallado sobre la situación de la amenaza de tsunami y de las capacidades del monitoreo sismológico y la alerta de tsunami en América Central con propuestas concretas para la implementación del CATAC, (JICA, 2015). Después de recibir luz verde de las diferentes agencias de la IOC/UNESCO e instituciones nacionales y regionales involucradas de América Central, Nicaragua firmó, en 2015, un acuerdo con Japón sobre asistencia técnica de 3 años para el fortalecimiento del CATAC, incluyendo capacitación de personal, transferencia de experiencia y conocimiento y la adquisición de equipo como estaciones sísmicas, equipo de cómputo y software sismológico. La ejecución del proyecto comenzó en octubre de 2016 y terminó en octubre de 2019, exitosamente.

En 2016, Nicaragua firmó un acuerdo con Suiza sobre el desarrollo a mediano plazo de un programa para el desarrollo de la alerta temprana de terremotos para Nicaragua y Centroamérica, incluyendo mejoras de las redes sísmicas y métodos para la estimación rápida de magnitudes de fuertes terremotos que es importante para la alerta de tsunami. La primera etapa del programa se realizó en 2016-2017, la segunda etapa se ejecutó en 2018-2021, y la tercera se ejecutará en 2022-2024.

2.2 Base institucional del CATAC

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), ubicado en Managua, Nicaragua, es la institución responsable para la operación del CATAC. Para cumplir con los requisitos operativos y organizativos necesarios para establecer y mantener un centro subregional, el INETER concentró esfuerzos en su Dirección de Sismología y asignó a partir de 2016 una cantidad importante de presupuesto para apoyar el aumento de los recursos de observación, el personal de servicio y las instalaciones operacionales. INETER también ha solicitado apoyo internacional y ha establecido cooperación con Japón, Estados Unidos, Suiza y Alemania en relación con la alerta de tsunamis y otros temas relacionados. CATAC se beneficia en gran medida de la larga e intensa cooperación de los países centroamericanos en sismología y el intercambio de datos sísmicos. Para apoyar el fortalecimiento de la capacidad de alerta y mitigación de tsunamis en la región del CATAC, INETER también se centra en la colaboración regional y la capacitación mediante la organización de talleres de capacitación sobre modelos de tsunami y evaluación de riesgos y procedimientos operativos normalizados.

El funcionamiento del CATAC está incluido en el presupuesto del INETER, y en sus planes de desarrollo.

Las partes más importantes del sistema de operación del CATAC están duplicados para el caso de mal funcionamiento parcial. Sin embargo, la posibilidad de una falla catastrófica no puede ser eliminada inclusive por un terremoto gigante que afecta las instalaciones del CATAC. Si los productos A-CATAC no se emiten en una emergencia, los países/organizaciones usuarios de CATAC deben tomar las medidas apropiadas con referencia a los productos PTWC y/o usar sus propios medios o medios alternos para estimar los efectos de un fuerte terremoto posiblemente tsunami generador.

2.3 Misión y deberes del CATAC

Misión

La principal misión del CATAC es proporcionar oportunamente avisos sobre tsunamis potencialmente destructivos a los Centros Nacionales de Advertencia de Tsunamis (CNAT) y a los Puntos Focales de Advertencia de Tsunamis de los Estados Miembros del WG-AC a 24 horas por día, 7 días por semana. Para cumplir con esta misión, el CATAC está preparado para recibir y procesar continuamente datos sísmicos y del monitoreo del nivel del mar desde la región y de afuera de ella y evaluar amenazas de tsunami para los países miembros del CATAC.

Deberes

Más específicamente, los deberes del CATAC consisten en los siguientes elementos:

1. Adquirir continuamente los registros sísmicos continuos de múltiples fuentes en tiempo real; Detectar y localizar y determinar la magnitud de todos los sismos detectables en el Área de Monitoreo y sus alrededores.
2. Caracterizar los parámetros de la fuente del terremoto mediante procesos automáticos e interactivos;
3. Decidir en base de la información sismológica si el sismo pudo haber generado un tsunami peligroso para América Central
4. Calcular el tiempo estimado de llegada (ETA) y las amplitudes de los tsunamis para los puntos de pronóstico designados que definieron los países de América Central;
5. Difundir mensajes sismológicos y de tsunami y boletines a los NTWC y los NTFP;

4. Recibir datos de monitoreo del nivel del mar en tiempo real de múltiples fuentes para confirmar la generación de un tsunami y su gravedad;
6. Realizar pruebas de comunicación de rutina y sin previo aviso con los NTWC y NTFP;
7. Proporcionar oportunidades para actividades de educación, extensión y capacitación en la región;
8. Preparar un informe de síntesis cada vez que se produzca un tsunami destructivo y se emitan avisos; También preparar un informe anual sobre las actividades del CATAC para el WG-CATAC; preparar publicaciones en los boletines mensuales y anuales de sismología del INETER. Desarrollar y mantener el sitio web catac.ineter.gob.ni.

2.4 Línea de tiempo de implementación.

Tabla 1. Actividades realizadas

Fecha		Actividad
2015	ICG/PTWS	acepta la propuesta de Nicaragua para establecer el CATAC en INETER
2016	Gobierno Nicaragua	Se establece el CATAC en INETER/Managua
2016 Nov	Gobiernos Japón y Nicaragua	Comienza el proyecto de cooperación para el reforzamiento del CATAC
2015-2016	Universidad UNAN/ INETER	Curso de posgrado en sismología de 1 año para 30 participantes
	JICA/ INETER	
2017-2019	INETER	Medidas de reforzamiento de la base instrumental/computacional/software
2019 Abr	ICG/PTWS XXVIII	Visto bueno para el funcionamiento experimental del CATAC
2019 Abr	ICG/CARIBE EWS	Visto bueno para el funcionamiento experimental del CATAC
2019 Jun	COI 30	confirma al CATAC como proveedor regional de servicios de tsunami
2019-Ago	INETER	Inicio del funcionamiento experimental del CATAC
2019-Ago	CATAC	Primer Ejercicio regional del CATAC
2019-Sep	CATAC	Evaluación del primer ejercicio regional
2019-Oct	INETER/ JICA	Finalización del proyecto con JICA

2019-Nov	INETER	Aumenta a 2 el número de sismólogos de turno 24x7 del CATAC
2019-Nov	CATAC	Comienza la capacitación de 8 personas para este trabajo
2019-2021	CATAC	Participación en ejercicios del PTWS y Caribe TWS
2020-Feb	CATAC	Segundo Ejercicio regional realizado
2020-Feb	CATAC	Evaluación del Segundo Ejercicio regional del CATAC
2021-Feb-Nov	EWARNICA	Instalación de 70 acelerógrafos en Centroamérica
2020-21	INETER-EWARNICA-JICA	Desarrollo de facilidades para enviar mensajes de alerta de terremotos y tsunamis por medio de la Televisión digital en los países de Centroamérica
2021-Nov a Ene-2022	INETER/CATAC	Experimento masivo para el uso de la TV digital para el envío de mensajes de alerta a la población
2021-Nov-15	ICG/PTWS-WG-CA	Reunión del Grupo de Trabajo Regional de América Central. Discusión sobre el avance del CATAC en la fase experimental y recomendaciones sobre el comienzo del funcionamiento pleno.
2021-Dic-1-8	ICG/PTWS XXIX	Reunión del ICG/PTWS. Discusión sobre el avance del CATAC en la fase experimental y decisiones sobre el comienzo del funcionamiento pleno.

2.5 Avances del CATAC en la fase experimental de operaciones de 2019 a 2021

Se realizó un período experimental de introducción y familiarización de unos 2 años de duración, 2019-2021. En este tiempo se enviaron de forma rutinaria únicamente los mensajes sismológicos. El asesoramiento de tsunami se realizó de una forma menos formal por medio de comunicaciones por redes sociales con los destinatarios de alerta en la región inmediatamente después del terremoto.

En la fase experimental, CATAC logró los siguientes avances:

1. Se aumentó al doble el personal del turno 24x7 empleando 2 personas por turno. Se capacitó el personal, especialmente las 8 nuevas personas en el turno que INETER asignó adicionalmente para el servicio 24x7.
2. Se mejoró la precisión y la rapidez del procesamiento de sismos y tsunamis en general. Se ganó experiencia con el procesamiento de terremotos fuertes ocurridos en la región: 5 terremotos con magnitudes mayores que $M=7$; 8 terremotos con magnitudes entre 6.5 y 7, y una gran cantidad de sismos con M menor de 6.5.
3. En Centroamérica, la mayor amenaza de tsunami proviene de las fuentes locales y regionales, además se identificaron en las costas de Centroamérica zonas en que los tsunamis pueden impactar en menos de 10 minutos después del terremoto tsunami generador. Por eso el CATAC se dedicó a acelerar el procesamiento de sismos y tsunamis. Para reducir el tiempo de procesamiento y mejorar la confiabilidad de los productos se tomaron una serie de medidas concretas, que se detallan en lo siguiente.
4. Se densificaron por mucho las redes sísmicas en Nicaragua, El Salvador, y Guatemala por medio del proyecto EARNICA con Suiza, a la vez mejorando la precisión de las localizaciones de sismos. Con los métodos de la alerta temprana de terremotos CATAC obtiene una primera ubicación y magnitud de los terremotos ocurridos en América Central en pocos segundos después del inicio del evento y también se aceleraron los cálculos del Tensor Momento y de la magnitud M_w .
5. CATAC finalizó la elaboración de la base de datos de tsunamis, que arroja parámetros de tsunami dentro de pocos segundos después de establecer los parámetros del terremoto.
6. En Centroamérica pueden ocurrir terremotos lentos lo que significa que los métodos convencionales de determinar la magnitud del sismo no son confiables. Por eso CATAC introdujo el uso rutinario del cálculo del CMT para determinar la magnitud M_w . Se optimizó la configuración de los módulos para el cálculo del Tensor Momento (con los módulos SCAUTOMT y SCMTV del SeisComP), permitiendo el uso de datos de estaciones acelerográficas que no se saturan por las sacudidas fuertes cercano al epicentro. Así se puede obtener en menos de 10 minutos los parámetros focales del terremoto y la magnitud M_w , lo que acelera la simulación de tsunami en tiempo real y la generación de productos tsunamis.

7. CATAC optimizó la configuración del módulo TOAST para la simulación de tsunami en su sistema SeisComP.
8. CATAC también trabajó para mejorar la diseminación rápida de los productos en Nicaragua y los demás países de América Central. Se cooperó con diversas instituciones extranjeras (especialmente Suiza, Japón, países de Centroamérica) y nacionales y trabajó intensamente para desarrollar e introducir en la práctica métodos para la diseminación masiva de mensajes de alerta de terremotos y tsunamis. En Nicaragua ya se comenzó con la diseminación de mensajes por medio de la televisión digital. Por medio del proyecto EWARNICA CATAC fomentó también para que se aplicara este método en otros países de la región en los próximos años.
9. En Nicaragua se instalaron 40 sirenas adicionales en las comunidades de la costa del Caribe. Juntos con las 60 sirenas ya existentes desde 2015 Nicaragua tiene ahora un total de 100 de estos dispositivos para la alerta de tsunamis y otras emergencias. Así, la gran mayoría de toda la población bajo peligro de tsunamis puede recibir las alertas del CATAC por este medio. También en los demás países de América Central se comenzó con la instalación de sirenas.

13. Como el CATAC puede ser afectado temporalmente por circunstancias adversas y perder su capacidad de trabajar parcial o completamente, se comenzó a desarrollar un estrechamiento de la cooperación con MARN/El Salvador con el objetivo de que el MARN funge como respaldo de CATAC.
14. CATAC con otras instituciones sismológicas de América Central esta preparando el nuevo proyecto KUK-AHPAN juntos con Universidades de España. El proyecto pretende investigar en los próximos años la amenaza sísmica y la estructura de la corteza en el Norte de Centroamérica. Se propusieron estudios particulares que tendrán resultados beneficiosos a medio plazo para la temática de la alerta de tsunami como por ejemplo: un modelo regional de velocidades sísmicas, mejoramiento del monitoreo sísmico de Honduras.
15. CATAC inició el uso de los GPS/GNSS en el proceso del monitoreo sismológico y la caracterización de terremotos grandes. En 2021, se estableció en Nicaragua se la transmisión en tiempo real de los datos con alta frecuencia de tomar muestras de 25 estaciones de GPS/GNSS al CATAC, se retransmiten estos datos a UNAVCO y se está trabajando para implementar los software que permite usar los datos rutinariamente.

3. Base científico-técnica e instrumental del CATAC

3.1 Red de estaciones sísmicas utilizadas por el CATAC

El CATAC utiliza actualmente (2021) las 140 estaciones sísmicas propias del INETER/ Nicaragua y la siguiente cantidad de estaciones proporcionadas por los países de la región: 60 del MARN/El Salvador, 18 del INSIVUMEH/Guatemala, 14 de COPECO/Honduras, 5 del OVSICORI y 22 de la UCR de Costa Rica, 1 de A. Rodríguez/Panamá y 9 del Canal de Panamá. Además, recibe directamente datos de 14 estaciones de la UNAM/México, 22 de la Red Sísmica del Servicio Geológico Colombiano. Estos datos por la transmisión directa se caracterizan por una gran rapidez de la transmisión de datos de la estación al CATAC, en normalmente menos de 10 segundos. Otros datos sísmicos de Suramérica, Norteamérica y del Caribe entran por medio del IRIS/EEUU.

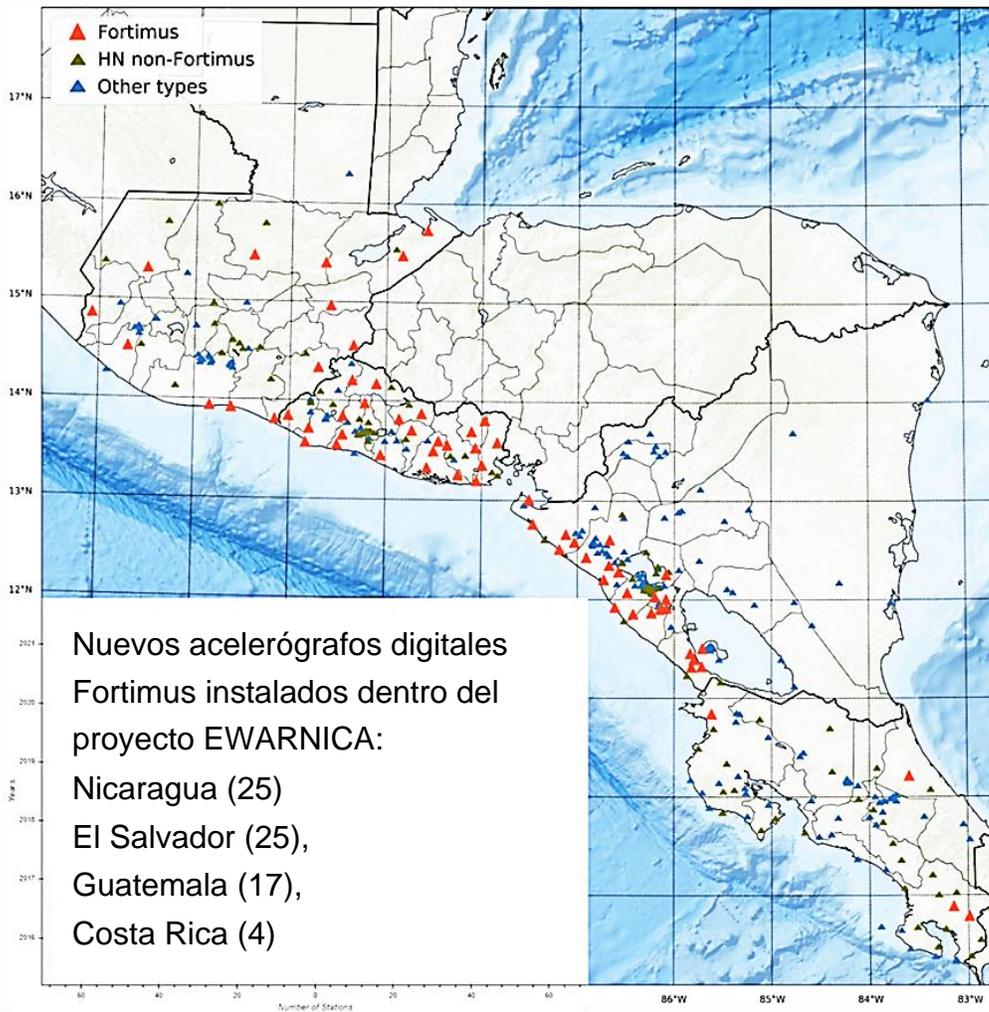


Figura 8. Ubicación de estaciones acelerográficas nuevas instaladas en 2021 para la alerta temprana de terremotos y para la alerta de tsunami (triángulos rojos)

CATAC mantiene otro sistema SeisComP para el monitoreo global de terremotos. Este sistema facilita ubicaciones y magnitudes de terremotos con magnitudes encima de 5.5 en todo el mundo. Este sistema es útil cuando se registran en Centroamérica ondas sísmicas emitidas por estos sismos. También facilita una consciencia global de la sismicidad y de zonas cercanas a los areas de monitoreo del CATAC, como América del Sur, Este del Caribe.

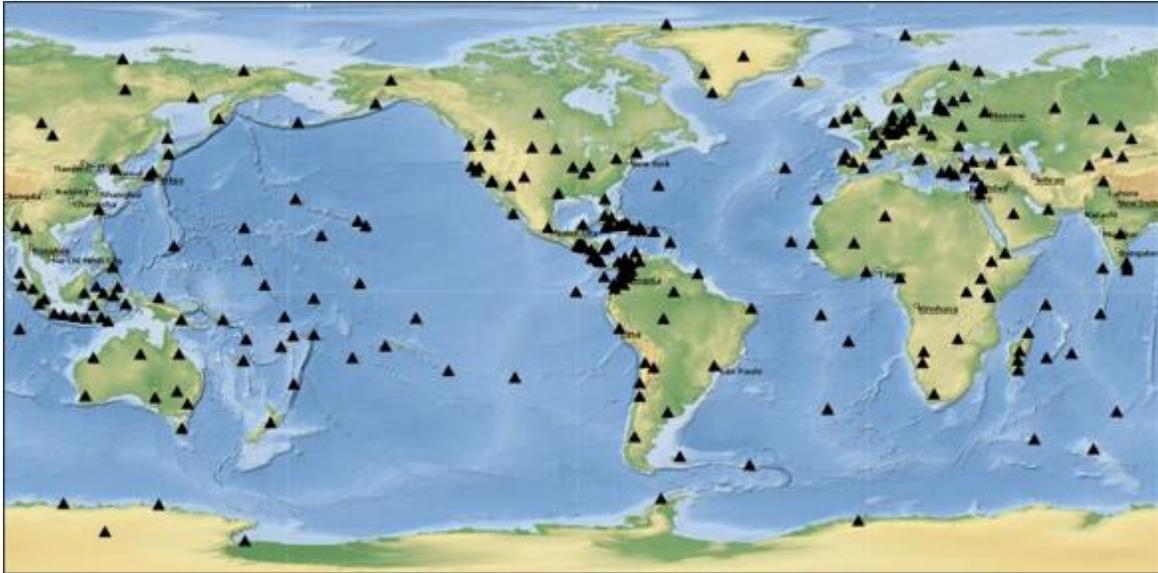


Figura 9. Ubicación de las estaciones de la red sísmica internacional utilizadas por el localizador global del CATAC

3.2 Redes mareográficas utilizadas

Si el tsunami es generado por un terremoto puede ser confirmado por las estaciones mareográficas o las boyas de tsunami en aguas profundas. INETER dispone de 5 estaciones mareográficas en la costa del Océano Pacífico de Nicaragua y 3 en la costa del Caribe. Por medio de Internet (<http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/map.php>) se reciben

datos de México (4), El Salvador (3), Costa Rica (2), Colombia (3), Ecuador (3), Perú (1) ubicados en las costas del Pacífico. Del marSe reciben datos mareográficos y de México (1), Belize (2), Guatemala (1), Honduras (3), Cayman Island (1), Jamaica (1) Haití (1) Costa Rica (1), Dominican Republic (1), Panama (2), Colombia (3), Aruba (1), Curacao (1). Los datos se reciben por medio de SeisComp3. Se reciben datos mareográficos también vía TideTool.



Figura 10. Mareógrafos en América Central y alrededores registrados por CATAC

3.4 Redes GPS/GNSS

INETER cuenta con 25 estaciones GPS/GNSS con registro continuo y en línea en Nicaragua y CATAC pretende desarrollar la metodología para utilizar los datos en tiempo real para el asesoramiento sobre tsunamis. Los datos con una frecuencia de tomar muestras de 1 Hz entran en tiempo real y se traspasan a UNAVCO. INETER mantiene un espejo sistema regional para acceder estaciones GPS de UNAVCO en Centroamérica y el Caribe.



Figura 8. Estaciones GPS de UNAVCO en América Central y el Caribe que se registran en INETER

3.5 Facilidades del CATAC

Dentro del INETER, el CATAC forma parte de la Dirección de Sismología que maneja el Centro de Monitoreo y Alerta para Fenómenos Geológicos (terremotos, tsunamis, fenómenos volcánicos, deslizamientos de tierra). Esta unidad ocupa un área de 250 metros cuadrados equipada con servidores de cómputo de alto rendimiento, estaciones de trabajo, hardware de comunicación, así como sistemas de soporte de decisión (DSS), facilidades para el desarrollo y mantenimiento de equipos en la central y en las estaciones de monitoreo en toda Nicaragua. Equipos e instalaciones críticos tienen múltiple redundancia de seguridad en caso de fallo fatal. La mayor parte de los servidores se encuentra en un espacio de unos 40 metros cuadrados en el sótano del edificio.



Foto 2. CATAAC, Sala de Procesamiento y Alerta



Foto 3. CATAAC, Sala de situación y reuniones



Foto 4. Los sismólogos del servicio 24x7 realizan el procesamiento manual y deben publicar los resultados dentro de 2 minutos después de ocurrir el sismo.

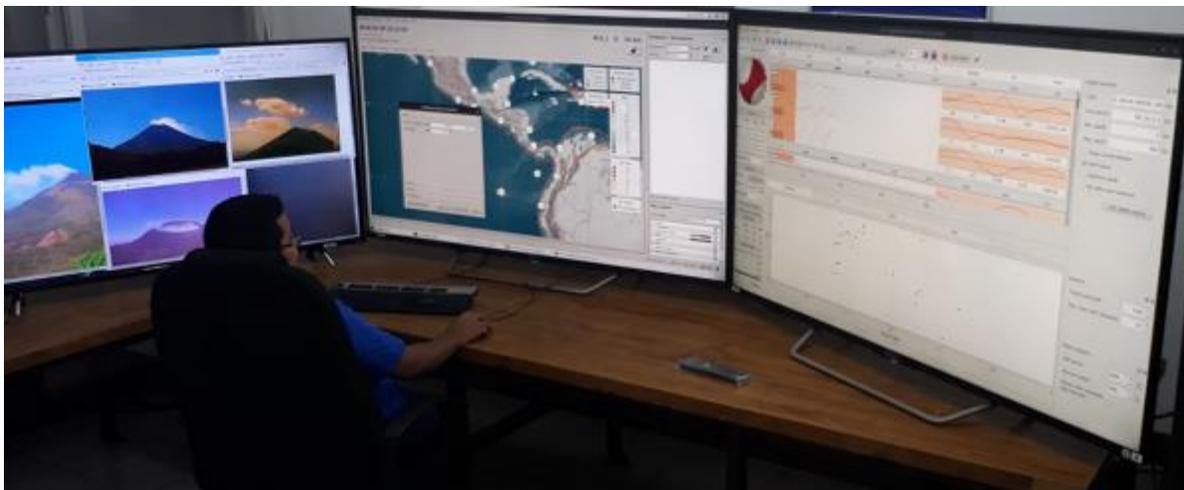


Foto 5. El cálculo de Tensor Momento y la simulación numérica de tsunami son tareas importantes del sismólogo de turno del CATAC

3.6 Personal del CATAC

INETER/Sismología cuenta actualmente con un equipo de 20 personas (ver lista en anexo 6) para apoyar los turnos operacionales 24/7 del CATAC y monitoreo y alerta para los otros fenómenos, con 2 turnos de 12 horas en un día. CATAC desde noviembre de 2019 está realmente obligado a tener dos personas de servicio en todo momento. El personal se ha capacitado en 2017-2021. El responsable de vigilancia líder está restringido a la sala de servicio, y el personal de apoyo debe permanecer en el mismo edificio en caso de emergencia. Se designaron cuatro puestos clave, a saber, el Coordinador del CATAC, el Director del CATAC, la Directora del Centro de Monitoreo y Alerta y el Especialista en Informática del CATAC, que son los responsables del desarrollo del SOP, las herramientas de detección / previsión y la organización del seguimiento y la alerta. Para apoyar una operación sostenida, la División de Computación y Red de INETER proporciona al CATAC cierto soporte técnico en computadoras, cable e INTERNET cuando la capacidad del CATAC no es suficiente.

A fin de mejorar la colaboración regional, se alienta firmemente a los Estados miembros del CATAC a que designen sismólogos o especialistas en tsunamis para que sean asignados al CATAC, temporalmente. Así pues, se puede llevar a cabo una cooperación bilateral para facilitar el intercambio de personal.

4. Procedimientos Operacionales

4.1 Indicadores de desempeño del CATAC

En su reunión (Managua, marzo de 2017), el WG-CATAC aprobó los indicadores clave de rendimiento (KPI) del CATAC y sus valores objetivos en su fase inicial de operación. De acuerdo con las últimas redes de monitoreo que CATAC tiene acceso (septiembre de 2016), los valores objetivo de KPI pueden ser mejorados de manera consistente en un futuro próximo mediante la actualización de SOP y las instalaciones de advertencia.

Tabla 2. Indicadores de Desempeño del CATAC y los valores a alcanzar en su fase de operación inicial/experimental y en la fase completamente implementada

Indicadores de desempeño	Valores a alcanzar durante las operaciones preliminares	Valores a alcanzar después de la implementación final
1. Tiempo transcurrido desde el terremoto hasta la emisión de productos iniciales del tsunami con parámetros preliminares del terremoto	5 minutos	2 minutos
2. Probabilidad de detección de terremotos con magnitudes $M_w \geq 6.0$	100%	100%
3. Precisión de los parámetros preliminares del terremoto en: ubicación del hipocentro/magnitud/ profundidad	0.3degree/0.3/<30 km	0.2degree/0.2/<20km
5. Precisión del Tiempo Estimado de Llegada en caso de que se desencadene un tsunami	10% del tiempo de viaje	10% del tiempo de viaje
6. Porcentaje de Estados Miembros que reciben productos expedidos por CATAC	100%	100%
7. Porcentaje de tiempo que el CATAC está operando y es capaz de responder a un evento de tsunami	100%	100%
8. Frecuencia de las pruebas de comunicación regulares	Dos veces al año	Cuatro veces al año

4.2 Tipos de mensajes y criterios

En la reunión 25 del ICG/PTWS celebrado del 11 al 13 de septiembre de 2013, todos los Estados miembros acordaron cambiar los productos del PTWC y establecer los Productos Nuevos Mejorados (New Enhanced Products) desde el 1 de octubre de 2014. Dado que cada Estado miembro es soberano y responsable de tomar medidas para garantizar la seguridad de su población, los PTWC Productos Nuevos Mejorados ya no usan niveles de alerta (por ejemplo, vigilancia y advertencia) para definir los boletines de tsunami sino, en cambio, proporcionan niveles de amenaza basados en modelos numéricos. Los niveles de amenaza ahora se proporcionan como las amplitudes máximas esperadas de la ola de tsunami con respecto a la marea dentro de cuatro categorías que son: 1) menos de 0.3 m, 2) 0.3 a menos de 1 m, 3) 1 m a 3 m, y 4) mayor de 3 m.

Los Productos de Asesoramiento de Tsunami de la CATAC se adhieren a la práctica de PTWC para proporcionar una evaluación cuantitativa de amenaza de tsunami a los receptores, en lugar de advertir niveles de alerta que son más significativos para las advertencias domésticas. Según estudios numéricos realizados en la región CATAC, los tsunamis locales desencadenados en la costa del Pacífico de América Central impactarán en la costa más cercana en 30 minutos en el caso de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y con mucho menos tiempo en el caso de Costa Rica y Panamá, donde las olas llegan en sólo 5-10 minutos después del terremoto. Por lo tanto, no queda mucho tiempo para la respuesta de emergencia. Básicamente, el CATAC enviará el Boletín Inicial tan pronto como sea posible, basado principalmente en los parámetros preliminares del terremoto, como la ubicación, la magnitud y la profundidad focal. El hecho de que una parte de la costa de un Estado Miembro sea puesto en el "área de amenaza" depende de la salida relativamente conservadora de 1) la base de datos de escenarios de tsunamis o 2) del resultado de la simulación numérica en tiempo real.

El Tensor del Momento Centroide (CMT - módulo SCMTV en SeisComP) normalmente está disponible en el CATAC alrededor de 5-10 minutos después del terremoto para activar el modelo numérico. Es importante que ahora la CMT puede producir una condición inicial más precisa lo que es crítico para el resultado de modelaje. Es especialmente importante para identificar a los terremotos lentos que pueden ocurrir en América Central. Si bien el análisis del CMT es apropiado para los tsunamis lejanos, para

los tsunamis regionales y locales en la región de la CATAC, en ciertas situaciones como terremotos gigantes de magnitudes encima de 8 podría tomar demasiado tiempo proporcionar los pronósticos cuantitativos utilizando esta técnica. Por lo tanto, se adoptó también una base de datos de escenarios de tsunamis basada en los parámetros preliminares del terremoto, en combinación con modelos rápidos de tsunami, para evaluar cuantitativamente los niveles de amenaza costera en el boletín subsiguiente que aparece 3-5 minutos después del primero. Después de eso, los boletines suplementarios pueden ser emitidos cuando se produzca una importante revisión de la magnitud del terremoto. CATAC también ejecutará el modelo regional de alta resolución cuando el análisis de WCMT esté disponible, sin embargo, el propósito principal es actualizar y validar los resultados de pronóstico anteriores.

Tabla 3. Criterios adoptados por CATAC

Tipo de Boletín		Criterios	Contenido	Tiempo
Información de Tsunami	Solo un boletín	Magnitudes 6.0-6.4; o debajo tierra; o profundidad ≥ 100 km	Parámetros del terremoto EQ y la declaración 'Ningún peligro de tsunami'	1-5 min
	Solo un boletín si no se observan olas menores que se deben reportar	Magnitudes 6.5-7.0	Parámetros del terremoto y la declaración 'Ningun peligro de tsunami'	5-10 min
Mensaje de peligro de Tsunami	Boletín con predicción cuantitativa	7.1 y arriba	Parámetros del terremoto y predicción cuantitativa del nivel de la amenaza y el tiempo de arribo estimado (ETA)	3-5 min
	Suplementario		Parámetros del terremoto, predicción	Cuando exista una revisión

	con observaciones		cuantitativa y observaciones mareográficas	del terremoto o predicción de tsunamis, o de observaciones
	Boletín final		Declaración de 'Tsunami no confirmado o amenaza terminada'	Ondas peligrosas han pasado o no hay observaciones significativas de tsunamis

En la Información sobre Tsunami o Mensaje de Amenaza de Tsunami, el potencial tsunamigénico se proporciona basándose en parámetros preliminares del terremoto como sigue:

Tabla 4. Potencial Tsunami génico adoptado por CATAC

Magnitud (M_w)	Descripción del Potencial de Tsunami
$4.5 \leq M_w \leq 7.0$	No hay amenaza de tsunami por este terremoto
$7.1 \leq M_w \leq 7.5$	Posibilidad de un tsunami local destructivo confinado a distancias de 100-300 km del epicentro
$M_w \geq 7.6$	Posibilidad de un tsunami destructivo en toda la costa

5. Principales Sistemas de Apoyo a la Decisión para las Operaciones del CATAC

5.1 Paquete SeisComP

Origen

CATAC emplea el software SeisComP (GFZ/Potsdam, GEMPA) en la variante PRO tanto en tiempo real como para el post procesamiento de datos sísmicos. El SeisComP fue inicialmente desarrollado para la red GEOFON y ampliado en el proyecto MEREDIAN bajo la dirección de GEOFON/GFZ-Potsdam y ORFEUS. SeisComP fue diseñado como una herramienta de procesamiento de datos en tiempo real y de adquisición de datos

completamente automática, incluyendo control de calidad, detección de eventos y ubicación, así como difusión de alertas de eventos. También, se implementaron funcionalidades adicionales para cumplir con los requisitos de los centros de alerta temprana 24/7. Actualmente el SeisComP está desarrollado por la Empresa GEMPA establecida en Potsdam, Alemania.

SeisComP como sistema de apoyo a la toma de decisiones adaptado para CATAC

Los procedimientos de asesoramiento sobre tsunamis comienzan con una transmisión y un proceso rápidos de flujos de datos de observación de la Tierra, y finalizan con una difusión exitosa de los productos de asesoramiento a los receptores. Todos los procedimientos requieren la incorporación de datos sísmicos y de nivel del mar, catálogos históricos de terremotos, base de datos de escenarios de tsunamis, modelos numéricos y módulo de procesamiento de texto en un software de análisis fácil de usar para ayudar a los observadores a tomar decisiones rápidas y producir productos precisos y concisos. Un sistema eficaz de apoyo a la toma de decisiones debe adaptarse a los requisitos de los procedimientos operativos y los recursos disponibles de TSP.

Básicamente, un Sistema de Apoyo a la Decisión debe lograr las siguientes funciones (módulos):

1. Recopilación, archivo, procesamiento y visualización de datos sísmicos y de nivel del mar, productos internacionales de terremotos y tsunamis en tiempo real;
2. Calcular automáticamente o interactivamente los parámetros del terremoto que podrían derivarse de los datos observados y activar la alarma en caso de superar los umbrales de los criterios;
3. Recuperación y visualización de la base de datos histórica y de escenarios para informar al vigilante de una decisión o acción apropiada;
4. Producir y difundir textos y productos gráficos a los TWFP y los NTWC.

Desde 2014, INETER estaba desarrollando continuamente paquetes de software para ayudar a los observadores a trabajar a través de toda la cadena de advertencia de una manera eficaz y eficiente. El sistema está diseñado para que el vigilante tome decisiones en términos de Procedimientos Operativos Estándar y criterios de advertencia. Los boletines de texto CATAC y los productos gráficos pueden ser

finalmente generados a través de una serie de módulos funcionales que incluyen: módulo sísmico, módulo de observación de tsunamis, módulo de modelado de tsunami y base de datos de tsunamis.

El sistema recolecta información de terremotos de múltiples recursos y ayuda al tomador de decisiones a elegir los parámetros más adecuados mediante la incorporación de los modelos de modelo Slab 1.0 y de Harvard CMT de 50 años. El sistema también es capaz de visualizar datos del nivel del mar global para confirmar rápidamente la generación de tsunami. El sistema se basa en una base de datos de escenarios pre-calculada y un soporte de decisión basado en reglas que se entrega al observador a través de sofisticadas interfaces gráficas de usuario.

5.2 Procesamiento sísmológico

5.2.1 Control de calidad

Otros módulos de importancia son *SCQCV* con que se vigila la calidad de los datos sísmicos,

5.2.2 Procesamiento estándar sísmológico automático y manual

Procesamiento automático

El procesamiento sísmológico automático estándar incluye la detección de ondas sísmicas generadas por sismos con el módulo *SCAUTOPICK* del *SeisComP*. El módulo *SCEVENT* agrupa fases picadas en eventos que se localizan con *SCAUTOLOC* y/o *SCANLOC*. *SC*

Magnitud

El procesamiento automático arroja resultados iniciales dentro de unos 30 segundos y mejora después las soluciones cuando aparecen nuevos datos de las diferentes estaciones sísmicas.

Procesamiento manual

Los sismólogos de turno revisan inmediatamente los resultados del procesamiento automático con programas interactivos que permiten ver los sismogramas y los resultados preliminares en las pantallas gráficas de las estaciones de trabajo.

Un módulo interactivo clave de SeisComp3 es *SCOLV*, una interfaz gráfica de usuario que permite: Interacción con el catálogo de eventos y gestión de él; Acceso a todos los orígenes que comprende cada evento; Re-Picado manual de fases; Reubicación manual de eventos; Revisión de magnitud utilizando las formas de onda procesadas; visualización rápida de la solución, como ploteo de residuos de tiempo de cada estación, las curvas de desplazamiento y los gráficos de polaridad. Existen otras GUI que muestran resúmenes de eventos más recientes, formas de onda en tiempo real y resúmenes de calidad de datos.

5.2.3 Cálculo del Tensor de Momento automático e interactivo

El Tensor Momento es una descripción física del proceso de la ruptura de la falla que genera el desplazamiento de los bloques debajo del fondo del mar que causan el tsunami y que emiten las ondas sísmicas que se registran remotamente y que permiten realizar la detección del sismo y la predicción del tsunami antes de que llegue a la costa. La determinación del Tensor Momento permite también determinar la magnitud del sismo M_w con una precisión superior que la que permiten los métodos sencillos que utilizan el valor amplitud de ciertas ondas sísmicas para estimar la magnitud M_L , M_b con ciertas fórmulas.

Cálculo automático del Tensor de Momento

Después de detectar y localizar los sismos automáticamente el Módulo *SCAUTOMT* evalúa las formas de ondas sísmicas registradas en las diferentes estaciones y las compara con las formas simuladas numéricamente con un cierto modelo del mecanismo focal del sismo. Probando una gran cantidad de posibilidades para la profundidad de hipocentro y variando la ubicación y los parámetros de la falla llega a un resultado en que los datos registrados coinciden óptimamente con el modelo. El módulo *SCAUTOMT* está configurado para incluir estaciones cercanas y lejanas en el procesamiento. Las estaciones lejanas tienen la ventaja que no se saturan sus registros lo que haría imposible la determinación del Tensor Momento.

Cálculo automático del Tensor de Momento

El módulo *SCMTV* se emplea para el cálculo interactivo del Tensor Momento. El operador puede adaptar el programa a la situación específica del evento. Limitando la distancia de las estaciones que participan en el procesamiento, se puede acelerar el trabajo.

Los módulos *SCAUTOMT* y *SCMTV* del *SeisComP PRO* utiliza las formas de las ondas P, S, Ondas superficiales y Ondas W para determinar el Tensor Momento. *CATAC* antes utilizaba para este proceso únicamente registros de estaciones sísmicas de banda ancha. Pero, los registros de las banda ancha ubicadas cerca del epicentro frecuentemente se saturan por las altas amplitudes de las ondas sísmicas y no se pueden usar para los cálculos de la magnitud y Tensor Momento. Por eso *CATAC* usa en gran escala también las estaciones acelerográficas de alta calidad ubicadas en Centroamérica para estos fines.

La fase W es una fase de largo periodo que llega antes de la onda S. Debido a la velocidad de grupo rápida de la fase W, la mayor parte de la energía de la fase W está contenida dentro de una ventana de tiempo corta después de la llegada de la onda P. La amplitud de las ondas de largo período representa mejor el potencial de tsunami de un terremoto. Al extraer la fase W del componente vertical de las ondas sísmicas, la magnitud M_w y el mecanismo de la fuente pueden deducirse para grandes terremotos mediante el algoritmo de inversión lineal. Estudios previos (e.g. Argüello, 2016; Argüello et al, 2018)) muestran que la inversión de la fase W produce soluciones confiables y consistentes de CMT que son necesarias para el modelaje numérico de tsunamis. Con las actuales redes sísmicas mejoradas por iniciativa del *CATAC* en América Central, la solución inicial se puede producir dentro de 5-8 minutos después de la ocurrencia de terremotos de magnitud superior a 5.5 incluyendo datos de estaciones hasta 1000 kilómetros de distancia epicentral. Centroamérica es una región muy estrecha y a veces pueden ocurrir problemas de estabilidad de soluciones debido a la cobertura azimutal insuficiente. En este caso se puede aumentar la distancia de estaciones hasta 1500 o 2000 km y repetir el cálculo (Cabrera et al., 2021).

5.2.4 Aprovechamiento de resultados de la Alerta Temprana de Terremotos (ATT)

Desde 2016, INETER/Sismología desarrolla juntos con el Servicio Sismológico de Suiza (SED) en la Universidad ETH de Zurich un sistema de alerta temprana de terremotos (Earthquake Early Warning - EEW) para Nicaragua. Este proyecto se amplió a partir de 2018 también a otros países de Centroamérica y apoyó en gran medida en el desarrollo del CATAC (Massin et al, 2018).

Un objetivo principal para EEW es la estimación inmediata de la ubicación y de la magnitud del evento sísmico en cuestión de segundos después de o inclusive durante la rotura de la falla sísmica. Los algoritmos para la rápida estimación de la magnitud creados para EEW pueden ser útiles para la Alerta de Tsunami. También la localización rápida del evento sísmico proporcionado por EEW es importante para el la temática de los tsunamis, especialmente en aquellas regiones costeras donde los tsunamis pueden llegar unos minutos después de que el proceso de ruptura de la corteza termine.

Los esfuerzos de mitigación de tsunamis pueden ser seriamente afectados por el impacto sísmico del terremoto que generó las olas. Las instituciones de la NTWC y de Protección Civil deberían tener una estimación del nivel de afectación o destrucción, tan pronto como sea posible, para adaptar las medidas de mitigación (por ejemplo, evacuación), en consecuencia. La ATT requiere de métodos muy rápidos para alertar grandes cantidades de personas sobre el impacto inminente por un terremoto y los mismos métodos sirven a la alerta de tsunami.

CATAC seguirá investigando la utilidad del ATT para la alerta de tsunami en Centroamérica y promoviendo su aplicación para la alerta de tsunami.

5.2.5 Escenarios del Impacto del Terremoto, Shakemaps

En el mencionado proyecto EEW con SED / ETH, también se instalaron, en marzo de 2017, los procedimientos para generar y distribuir Shakemaps en tiempo casi real para Nicaragua y Centroamérica (Cauzzi et al, 2018). Cuando se planea la respuesta a un tsunami, es importante tener en cuenta el potencial impacto sísmico en áreas cercanas a la fuente, ya que estos impactos pueden afectar la respuesta al tsunami y aumentar el impacto del tsunami al obstaculizar la evacuación y contribuir a que los escombros sean transportados por las olas. Para el impacto del terremoto, el USGS ha desarrollado ShakeMap y la evaluación rápida de los terremotos globales para la respuesta (PAGER). El propósito principal de ShakeMap es mostrar los niveles de vibración del terreno

producidos por el terremoto. Los niveles de eventos de agitación en la región se estudian en función de la magnitud del terremoto, la distancia a la fuente del terremoto, el comportamiento de la roca y del suelo en la región y la propagación de las ondas sísmicas a través de la corteza terrestre. Sobre la base de la producción de ShakeMap, PAGER estima que la población expuesta a temblores de terremoto, muertes y pérdidas económicas.

El CATAC crea Shakemaps in pocos minutos después del impacto del terremoto y los proporciona por medio de su página Web a los NTWC y TWFP de América Central

5.3 Modelos de Pronóstico de Tsunami

CATAC utiliza para advertencias cuantitativas de tsunamis -

- 1) Una base pre calculada de pronósticos de tsunamis; junto con
- 2) Una técnica de simulación numérica en tiempo real.

5.3.1 Base de datos de pronósticos de tsunamis

Se elaboró la base de datos de escenarios de tsunamis que cubre las regiones de monitoreo del Pacífico y del Caribe con el objetivo de utilizar los parámetros preliminares del terremoto para recuperar escenarios pre-calculados y proporcionar pronóstico en tiempo real de la amplitud del tsunami cerca de la playa (González, Acosta, Strauch; 2021).

Cada escenario cubre todo el área de monitoreo en el Pacífico y el Caribe, respectivamente. La longitud de simulación es de 8 horas. Se adoptó la ecuación de momento lineal que no es adecuada para aguas muy poco profundas. Por lo tanto, los puntos de pronóstico costero se seleccionan a lo largo de la isobata 200 metros, y las amplitudes costeras a lo largo de la isobata de 5, 10, 20 y 50 metros son escaladas por la Ley de Green. Cada punto de pronóstico costero está espaciado con un intervalo de 12 minutos (aproximadamente 20 km) que cubre los países del borde del CATAC. La amplitud de onda máxima, ETA en cada punto de pronóstico costero se almacenan en la base de datos para su recuperación rápida. Cada vez que ocurre un terremoto, los escenarios más cercanos al evento se extraen de la base de datos y luego se interpolan para obtener una predicción de amplitud costera.

Los escenarios de propagación de tsunamis basados en varios tipos de fallas / ubicaciones se simularon de antemano, y los datos sobre los tiempos calculados de llegada y amplitud de tsunamis se almacenaron en una base de datos junto con información sobre magnitudes y ubicaciones de hipocentro. Las supuestas ubicaciones del epicentro se muestran en la Figura 2. Para cada una, se determinan fallas con cuatro magnitudes (M8.5, 8.0, 7.5 y 7.0) y seis profundidades (0, 20, 40, 60, 80 y 100 km). Una vez que se produce un terremoto y se determina su hipocentro y su magnitud, se recupera el escenario más cercano para la formulación de los asesoramientos de CATAC. Específicamente, se selecciona el escenario con la ubicación de falla más cercana y las amplitudes de tsunami se estiman mediante interpolación o extrapolación relacionada con la magnitud y la profundidad. Para la simulación de propagación de tsunamis, se utiliza el modelo descrito en 8.2.

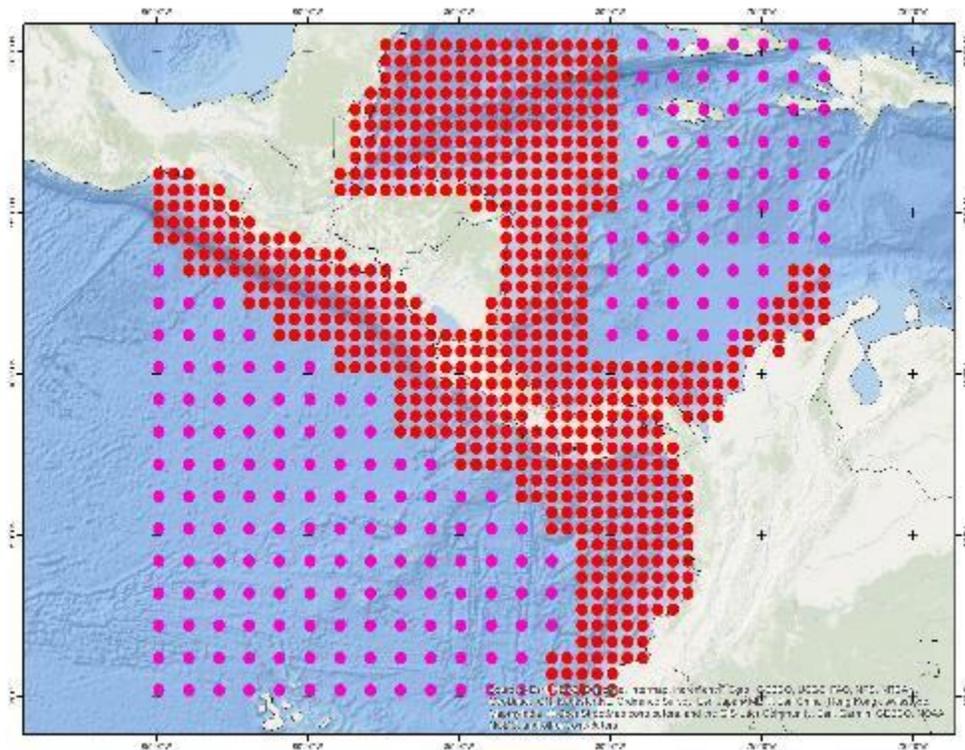


Figura 11. Ubicaciones de fallas asumidas para la base pre calculada de datos de pronóstico de tsunamis CATAC.

Esta base contiene para 829 ubicaciones de fallas en el Océano Pacífico y el Mar Caribe en separación de 0.5 o 1 grado un total de 16,580 casos de simulación con 4 Magnitudes (6.5, 7.0, 7.5, 8.0) y 5 profundidades (10, 30, 60, 80, 100km). El rumbo (strike) a partir de base de datos de sismos ocurridos en la zona. El buzamiento (dip) es de 45 grados, el ángulo de deslizamiento (rake) es de 90 grados. Si ocurre un

terremoto con magnitud mayor de 8 se realiza una extrapolación en base de los valores existentes en la base.

En el cálculo de la propagación de tsunamis para la información de la base de datos de pronósticos de tsunamis y los pronósticos en tiempo real, CATAC utiliza un modelo numérico de simulación de tsunamis basado en la teoría no lineal de onda larga. Este modelo incorpora los efectos de la fuerza de Coriolis y la fricción del fondo marino, y tiene una resolución de rejilla de 1 arco-min (por ejemplo, Satake (2002)).

La teoría de la onda larga se puede aplicar cuando se considera que la longitud de onda de un tsunami excede significativamente la profundidad del mar y cuando se considera que la amplitud de la onda es mucho menor que la profundidad del mar. Sin embargo, estas condiciones no son aplicables para tsunamis que se dirigen hacia áreas costeras en aguas poco profundas. Por lo tanto, la estimación de las amplitudes de los tsunamis en los puntos costeros se basa en el valor simulado para un punto costa afuera correspondiente de varias a varias decenas de kilómetros costa afuera usando la Ley de Green (por ejemplo, Satake (2002)). La profundidad del océano costero se establece en 1 m.

Mientras tanto, el tiempo de llegada del tsunami al punto costero determinado a partir de la simulación numérica se considera como el punto costero correspondiente sin conversión. El tiempo de llegada se define como el punto en el que la amplitud estimada inicialmente supera los 5 cm.

Cabe señalar que los tiempos de llegada y las amplitudes reales de los tsunamis pueden diferir de los datos predictivos según la topografía costera y del lecho marino, especialmente en áreas costeras donde los datos batimétricos de malla fina no se utilizan en la simulación numérica de los tsunamis. En consecuencia, aunque los tiempos de llegada estimados para cada punto de pronóstico se dan al minuto más cercano, los datos no son necesariamente precisos en el orden de un minuto. Los tsunamis pueden llegar algo antes o después de los tiempos estimados de A-CATAC.

Tiempos de viaje de tsunami.

El cálculo de los tiempos de viaje del tsunami que se muestran en los mapas de tiempo de viaje del tsunami se basa en la teoría de la onda larga, lo que significa que la

velocidad de la onda se calcula a partir de la raíz cuadrada de la cantidad de profundidad del agua multiplicada por la aceleración de la gravedad. En consecuencia, los tiempos que se muestran en estos mapas pueden no coincidir con precisión con los tiempos en los mensajes de texto del asesoramiento de Tsunami del CATAC.

5.3.2 Modelo de pronóstico de tsunami en tiempo real

El SEISCOMP PRO, el paquete de software sismológico utilizado en CATAC para la detección de terremotos, localización y determinación de magnitudes dispone también de un modelo de pronóstico de tsunamis en tiempo real basado en el módulo *TOAST* (Terminal de Observación y Simulación de Tsunami; GEMPA, <https://www.gempa.de/products/toast/>). *TOAST* es un software para la simulación y verificación de tsunamis que permite una evaluación rápida de peligros. Los resultados pueden ser verificados por sensores oceanográficos como mareógrafos o boyas. *TOAST* es el complemento para SeisComP3 para la implementación de un sistema de alerta de tsunami completamente funcional. Adicional a esta simulación de simulación en vuelo el interface de *TOAST* para la simulación flexible también permite la integración de bases de datos de escenarios pre-calculados existentes.

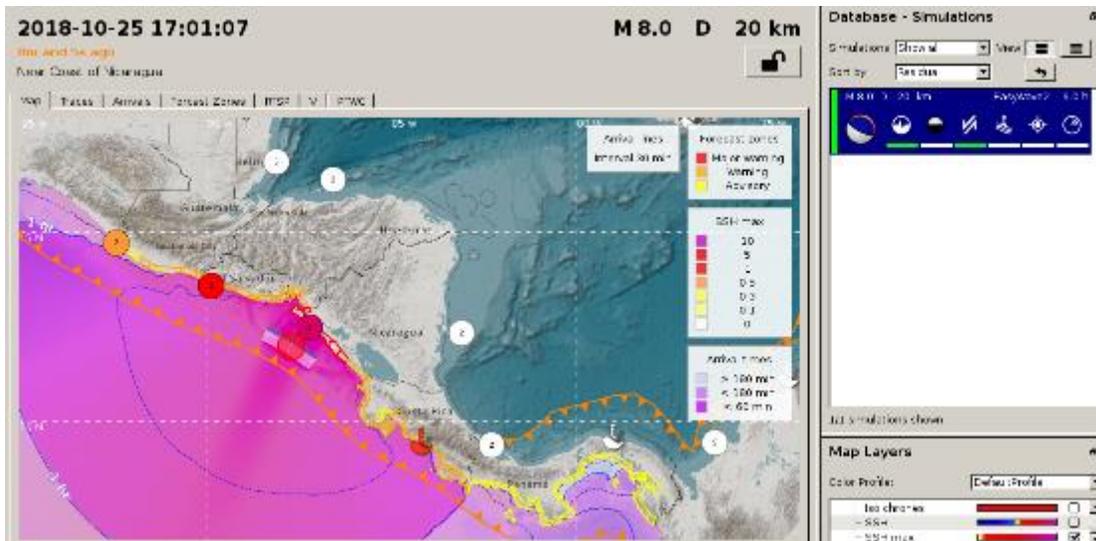


Figura 12 Simulación de la propagación del tsunami de un evento de magnitud 8.0 frente al Golfo de Fonseca, entre El Salvador y Nicaragua, realizada con TOAST

Flujo de trabajo del módulo TOAST

TOAST se conecta al sistema SeisComP3 y escucha los mensajes internos del sistema con parámetros del terremoto entrante. En caso de que llegue un hipocentro y magnitud, TOAST utiliza una fórmula de Wells & Coppersmith (1984) para generar el tamaño de ruptura basado en la magnitud. Por defecto, el área de ruptura está centrada alrededor del epicentro, y la información de strike y dip se derivan de información de falla preconfigurada. Una vez generado el área de ruptura, se activan los complementos de simulación.

Aplicación EasyWave para la simulación de tsunami

Por defecto TOAST utiliza el programa EasyWave (<https://gitext.gfz-potsdam.de/id2/geoperil/easyWave>) una aplicación que se utiliza para simular numéricamente la generación y propagación de tsunamis en el contexto de la alerta temprana (Babeyko, 2012). Hace uso de Unidades de Procesamiento Gráfico (GPU) para acelerar considerablemente los cálculos. El área de ruptura puede colocarse en varias posiciones preconfiguradas con respecto al hipocentro y las simulaciones para varias posiciones se pueden calcular al vuelo en paralelo. A medida que la información del terremoto está cambiando con el tiempo, con cada actualización relevante nuevas simulaciones se activan automáticamente. Pero las áreas de ruptura también se pueden generar manualmente y se pueden iniciar simulaciones utilizando estas.

TOAST proporciona diferentes perspectivas que muestran los resultados de la simulación. Se muestran las siguientes características:

- Simulado en función del tiempo Altura de la superficie del mar
- Altura simulada de la superficie del mar
- Isócronas simuladas
- Tiempos simulados de viaje por tsunami
- Llegadas estimadas de tsunamis
- Estimación de la altura de las olas costeras del tsunami
- Observaciones de la llegada de tsunamis a través de picado de inicio manual
- Observaciones de alturas/períodos de olas del tsunami mediante picado manual
- Puntos de interés y sensores oceanográficos
- Información sobre fallas

- Área de ruptura
- Parámetros sísmicos
- Progreso de la simulación
- Calidad de simulación
- Boletín

Para verificar los resultados de la simulación, *TOAST* proporciona un selector manual de inicio de tsunami, que permite seleccionar los arribos, amplitudes y períodos basados en observaciones de mareógrafo en tiempo real. La información observada se utiliza entonces para calcular la calidad de un escenario que representa la concordancia entre los valores simulado y observado.

Por ejemplo, la calidad de los sensores oceanográficos está indicada por el color del símbolo de mareógrafos en el widget de simulación. El widget de simulación muestra estos parámetros de calidad no sólo para los datos del mareógrafo, sino también para la ubicación del epicentro, profundidad, magnitud, comparación con mecanismos de ruptura preconfigurados y tensores de momento existentes. La información de calidad puede cambiar con el tiempo, ya que compara la información de simulación con la información real

5.4 Interpretación de los resultados de la base de datos y del modelo

Las incertidumbres asociadas con la base de datos del escenario de propagación del tsunami y los modelos numéricos provienen de la solución CMT, la interpolación entre escenarios vecinos, el modelado numérico de la propagación, así como de la extrapolación de la ley de Green. Cada incertidumbre puede resultar en errores grandes. Por ejemplo, los pronósticos numéricos pueden variar fácilmente por un factor de dos debido a las incertidumbres en la magnitud del terremoto, profundidad y mecanismo asumido; La Ley de Green es muy sensible a la topografía local ya la batimetría, la amplitud costera podría ser sobre o subestimada por un factor de 2-3 dependiendo de las características costeras; El efecto de la dispersión de la ola es significativo para la propagación distante del tsunami.

Por lo tanto, la capacidad de comprender los pronósticos numéricos es muy importante para los receptores nacionales para reconocer correctamente las amenazas de tsunami.

Básicamente, los principales proveedores de servicios de tsunami como PTWC y NWPTAC interpretan los resultados numéricos clasificándolos en varias categorías. El NWPTAC categoriza la amplitud del tsunami en 0,5 m; 1 m; 2 m; 3 m; 4 m; 6 m; 8 m; y sobre 10 m. En el PTWC Nuevos Productos Mejorados, la previsión de amplitud costera en cada punto de pronóstico se clasifica en cuatro niveles de amenaza de <0,3 m; 0,3-1 m, 1-3 m y por encima de 3 m, que se ilustran con diferentes colores a lo largo de las costas.

Las incertidumbres asociadas con la base de datos del escenario de propagación del tsunami y los modelos numéricos provienen de la solución CMT, la interpolación entre escenarios vecinos, el modelaje numérico de la propagación, así como la extrapolación de la ley de Green. Cada incertidumbre puede resultar en errores grandes. Por ejemplo, los pronósticos numéricos pueden variar fácilmente por un factor de dos debido a las incertidumbres en la magnitud del terremoto, profundidad y mecanismo asumido; La Ley de Green es muy sensible a la topografía local y la batimetría, la amplitud costera podría ser sobre o subestimada por un factor de 2-3 dependiendo de las características costeras; El efecto de la dispersión de la onda no es despreciable para la propagación distante de la onda del tsunami.

Por lo tanto, la forma de comprender los pronósticos numéricos es muy importante para los receptores nacionales para reconocer correctamente las amenazas de tsunami. Básicamente, el CATAC interpreta los resultados numéricos clasificándolos en varias categorías. En los Productos de Asesoramiento de Tsunami del CATAC, la previsión de amplitud costera en cada punto de pronóstico se clasifica en cuatro niveles de amenaza de <0.3 m; 0,3-1 m, 1-3 m y por encima de 3 m, que se ilustran con diferentes colores a lo largo de las costas. La práctica es exactamente la misma como la de los Nuevos Productos Mejorados del PTWC.

6. Productos de Asesoramiento de Tsunami del CATAC

Los productos de asesoramiento del tsunami del CATAC se emiten cuando se detecta un terremoto con magnitud de momento 4.5 o mayor en uno de los Áreas de Monitoreo del CATAC.

6.1 Boletín de texto

El boletín de Texto está a disposición del público y de los NTWC. Típicamente, el producto de texto del CATAC contiene parámetros de terremoto, potencial tsunami génico, amplitud de tsunami y pronósticos ETA para los Puntos de Pronóstico Costeros, observaciones de tsunamis y acciones recomendadas.

6.2 Puntos de Pronóstico Costeros

La amplitud del tsunami y el tiempo estimado de llegada (ETA) se proporcionan para los puntos de pronóstico costeros en la región CATAC. Estos puntos de previsión costera son puntos elegidos por los Estados Miembros del CATAC. Corresponden a las ciudades costeras y a los sitios de las estaciones mareográficas. En el mensaje de amenaza de tsunami, todos los puntos de pronóstico con amplitud máxima superior a 0,3 metros se enumeran en grupos según los Estados Miembros. Las estimaciones de la amplitud del tsunami se agrupan en cuatro grupos de <0,3 m; 0,3 a menos de 1 m; 1 a 3 m y más de 3 m.

6.3 Mapa de Energía de Tsunami

El mapa de energía del tsunami da la distribución de la a amplitud máxima de tsunami en la región CATAC codificado con colores. La dirección del haz de energía del tsunami y las áreas amenazadas se pueden identificar fácilmente por la escala de color diferente. El los contornos del tiempo de viaje de tsunami (TTT) se muestra en líneas de color gris claro y se superponen en el mapa de energía del tsunami.

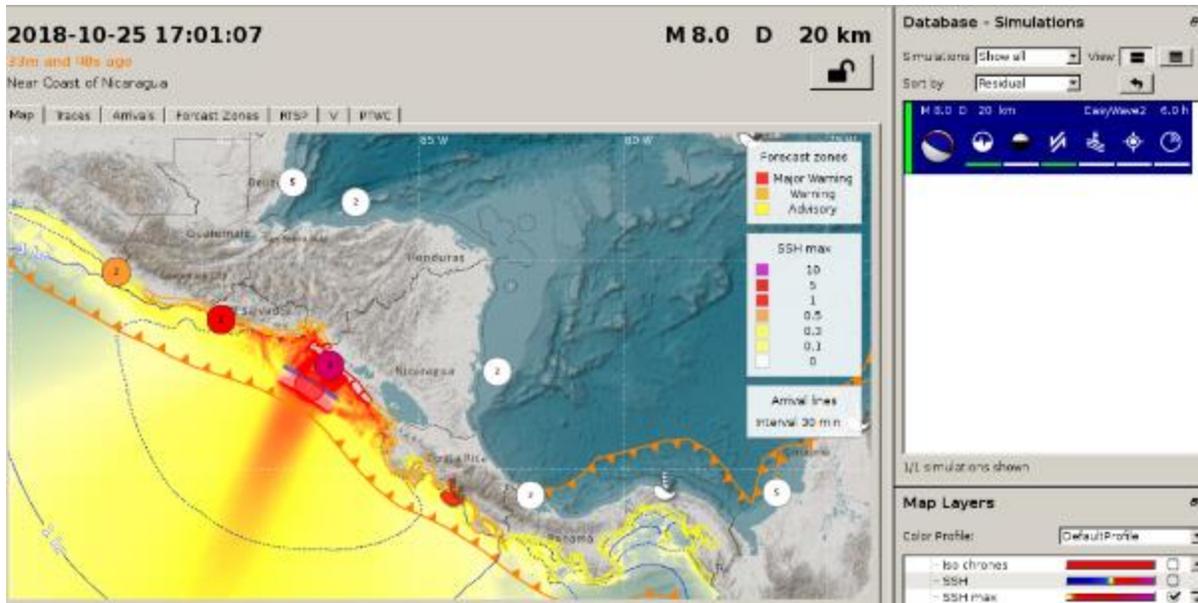


Figura 13. Radiación de energía de tsunami de un evento simulado de magnitud 8.0 frente al Golfo de Fonseca, entre El Salvador y Nicaragua, realizada con TOAST

6.4 Mapa de Predicción Costera

El mapa de previsión costera ofrece una visión detallada de la amenaza de tsunami en las costas de la región CATAC. Divide las líneas costeras del CATAC en una serie de sitios de salida del modelaje. Cada sitio se colorea de acuerdo con la amplitud del tsunami correspondiente a los puntos de la rejilla del modelo más cercanos al sitio. El mapa de energía del tsunami también está superpuesto en el estilo de sombreado gris con efecto iluminado y además hay líneas de contorno TTT colocadas.

7. Diseminación y Servicios

7.1 Base Informática

Los mensajes son generados con *GDS*, *QuakeLink and GIS*, que son módulos de SeisComP3 que recogen información sobre los eventos y difunden mensajes basados en plantillas a través de diversos canales de comunicación como SMS, correo electrónico, fax y web. Utilizando una tecnología plug-in, importan y filtran la información sísmica de diferentes fuentes antes de su difusión. *GDS*, *QuakeLink y GIS* complementan las funcionalidades de SeisComP y *TOAST* en el ámbito de la difusión de notificaciones y alertas.

- Los mensajes de texto y productos gráficos que incluyen mapas de energía de tsunami, mapas de pronóstico costeros se envían a los NTWC/TWFP de América Central a través de correo electrónico, SMS, Whatsapp y el sitio web del CATAC protegido por contraseña.
- Cortos mensajes de texto se diseminan en Nicaragua por medio del sistema EWBS de la TV digital a muchas instituciones y al público en general, a partir de diciembre de 2021. En los demás países de la región los TWFP podrían seguir este ejemplo.
- Los mensajes se difunden adicionalmente también con una aplicación para Apple / Android (todavía en desarrollo).
- Los mensajes de texto se publican en la página web del CATAC para el público en general, juntos con material gráfico sobre el terremoto tsunami generador

7.2 Sitio Web del CATAC

El sitio web de CATAC www.catac.ineter.gob.ni (en desarrollo desde 2019) está diseñado tanto para los NTWC/TWFP de América Central como para el público en general. Para el público, sólo se puede acceder al boletín informativo y de texto básico sobre terremotos, mientras que los NTWC/TWFP, pueden obtener con acceso restringido información más especializada sobre parámetros sísmicos (soluciones CMT), productos gráficos de asesoramiento sobre tsunamis y datos en tiempo real. Se pueden desarrollar más coberturas a petición de los Estados Miembros del WG-CA. A largo plazo, el sitio web del CATAC puede servir como un protocolo subregional de fortalecimiento de la capacidad para ejercicios de tsunamis, la capacitación y la mitigación del riesgo de tsunamis.

8. Productos del CATAC

El lanzamiento exitoso de los Productos Mejorados del Centro de Advertencia de Tsunamis del Pacífico (PTWC) en octubre de 2014 demostró la capacidad madura de los Estados Miembros para utilizar productos gráficos avanzados.

En reconocimiento de la importancia de proporcionar mensajes de texto convencionales, concisos y fáciles de entender, que contengan información sobre amplitudes de pronóstico para puntos de pronóstico individuales (PF) seleccionados, CATAC decidió también emitir sus productos de texto junto con productos gráficos.

El Apéndice II enumera los PF para los cuales se informan datos en productos CATAC. La lista se ha elaborado teniendo en cuenta los utilizados para los productos de PTWC y las solicitudes de los países de América Central.

Para evitar la confusión pública, los productos CATAC se proporcionan exclusivamente a las autoridades nacionales responsables de las alertas de tsunamis nacionales en el Área de Servicio (AoS) de CATAC.

Los mensajes de texto e información sismológica se publica en la pagina del CATAC catac.ineter.gob.ni.

8.1 Esquema de los productos CATAC

Los productos del CATAC se diferencian en productos sismológicos y productos de tsunami.

Los productos sismológicos consisten de datos sismológicos como tiempo de origen, ubicación, profundidad del hipocentro, magnitud del sismo, mecanismo focal, Tensor Momento.

- 1) Información sismológica inmediata automática generada con el sistema de alerta temprana de terremotos, enviada unos 10 segundos después del comienzo de sismos con magnitudes encima de 4.5
- 2) Información sismológica inmediata de sismos con magnitudes encima de 4.5 ocurridos en la zona de monitoreo confirmados manualmente.

Los productos de CATAC-tsunami consisten en mensajes de texto iniciales compilados

- 1) Evaluación de tsunami inicial basándose únicamente en un esquema de ubicación, profundidad y magnitud del terremoto.
- 2) Evaluación de tsunami basándose en la simulación de tsunami accediendo inmediatamente una base de datos de simulación de tsunami preestablecida;
- 3) Información de tsunami basándose una simulación numérica con el programa TOAST corriendo en tiempo real,

8.2 Política de distribución de los productos

El CATAC sigue al ejemplo del PTWC y publica los mensajes de texto sismológicos y de tsunami en su sitio web catac.ineter.gob.ni. Los mensajes contienen mensajes de texto subsiguientes acompañados de productos gráficos.

Los productos serán distribuidos exclusivamente a las autoridades nacionales de los países usuarios.

8.3 Especificaciones de los productos

8.3.1 Productos de texto

- Método de pronóstico.
 - Primer mensaje (y segundo mensaje en el caso de una actualización del parámetro de un terremoto) de 1) la base de datos de pronóstico de tsunamis utilizando un hipocentro determinado preliminar y una magnitud; ó 2) pronóstico de tsunami basado en simulación numérica en tiempo real
 - Mensajes subsiguientes de simulación en tiempo real utilizando la solución CMT.
- Contenido
 - Parámetros del terremoto (tiempo de origen, ubicación, magnitud).
 - Potencial tsunamigénico
 - Bloques costeros.
 - Amplitud de previsión y hora de llegada.
 - Amplitud observada y hora de llegada.
- Canales de distribución.
 - e-mail, TELEGRAM, (Aplicación para celulares en preparación),
 - TV digital EWBS

b. Productos gráficos (mapas).

- Método de pronóstico
 - Simulación en tiempo real.
- Contenido
 - Mapa de predicción de la amplitud del tsunami en alta mar.
 - Mapa del tiempo de viaje del Tsunami.
 - Mapa de predicción de amplitud de tsunami costero.
- Canales de distribución.
 - E-mail, TELEGRAM, (Aplicación para celulares en preparación), Web

El apéndice I se proporcionan ejemplos de productos mejorados CATAC.

Detalles sismológicos de los mensajes de texto.

Información del terremoto.

- a. Tiempo de origen.
- b. Coordenadas del epicentro (latitud y longitud).
- c. Ubicación (zona geográfica).
- d. Profundidad
- e. Magnitud (de momento)

Potencial Tsunamigénico.

El potencial tsunami génico se evalúa inicialmente a partir de la magnitud M del terremoto, y de ubicación y profundidad del hipocentro.

M	Probabilidad y Afectación
6.5-7.0	Muy pequeña posibilidad de tsunami local destructivo
7.1-7.5	Posibilidad de tsunami local destructivo dentro de 100 km del epicentro
7.6-7.8	Posibilidad de tsunami regional destructivo dentro de 1.000 km del epicentro
7.9-	Posibilidad de tsunami destructivo en todo el Océano

Ningún potencial tsunami génico está asociado con terremotos con epicentros muy interior de tierra firme o a profundidades de 100 km o más.

8.3.2 Estimación de la amplitud del tsunami estimada y su hora de llegada.

Puntos de pronóstico PP

A lo largo de las costas del Pacífico y del Caribe las instituciones científicas relevantes de los países en cooperación con el CATAC han definido puntos de pronóstico PP para los cuales se estiman el tiempo y la amplitud del tsunami y de llegada - con los siguientes criterios:

1. Ubicación de estaciones mareográficas,
2. Puntos para en bloques costeros que reflejan límites políticos y administrativos,
2. Comunidades bajo riesgos en la costa,
3. Accidentes topográficos,
4. Puntos a partir de los cuales la velocidad aparente del tsunami en la costa varía mucho. Es decir entrada en una bahía, comienzo de una zona de baja velocidad del mar, etc..

Se estima una amplitud de tsunami y un tiempo de llegada para cada punto de pronóstico en áreas costeras (Apéndice II). Esta información se incluye en los mensajes de asesoramiento de CATAC con los nombres de los puntos de pronóstico y sus latitudes / longitudes en grupos de bloques costeros.

Aquí, **la amplitud se define como la distancia máxima entre las crestas de las olas del tsunami y el nivel del mar sin perturbaciones.** La amplitud de tsunami estimada se muestra solo para los puntos de pronóstico que se espera experimenten tsunami con alturas 0.3 m o más. **Las clasificaciones son 0.3 - 1 m, 1 - 3 m, más de 3 metros.** Si no se espera un tsunami con una amplitud de 0.3 m o más para cualquier punto de pronóstico, el mensaje A-CATAC dice "Estimación de los puntos de pronóstico: no se esperan olas de tsunami con una amplitud de 0.3 metros o más en cualquier punto de pronóstico".

8.3.4 Observación de Tsunami

La información sobre la amplitud de la ola más grande (hasta los 0.1 m más cercanos) y otros datos sobre las olas de tsunami observados en las estaciones de mareas con enlaces telemétricos a CATAC se proporcionan según sea necesario.

8.3.5 Limitaciones de los productos del CATAC

a) Mapa del tiempo de viaje del tsunami.

Esto muestra el tiempo estimado de viaje según la ubicación del terremoto (hipocentro o centroide) y la magnitud determinada.

Limitaciones:

Los tiempos reales de llegada pueden diferir de los tiempos previstos por razones que incluyen:

- Incertidumbre de la fuente del tsunami (el área de deformación del fondo marino se asume a partir de la ubicación y magnitud del terremoto.)
- Incertidumbre de la batimetría alrededor del punto de observación y en otros lugares.
- Efectos no lineales en la propagación del tsunami que no se consideran en la estimación del tiempo de viaje (tales efectos pueden ser más significativos en aguas poco profundas.)
- Dificultad para determinar los tiempos de llegada de la primera ola a partir de los datos de observación del nivel del mar.

b) Mapa de pronóstico de amplitud de tsunami costero.

Esto muestra los puntos costeros individuales con colores basados en la amplitud pronosticada del tsunami en cada punto.

La mayor de las dos amplitudes de pronóstico basadas en un conjunto de fallas conjugadas determinadas a través del análisis de CMT se usa para cada punto.

Limitaciones:

Las amplitudes costeras reales pueden diferir de los pronósticos por razones que incluyen:

- Incertidumbres de la fuente del tsunami (se asumen dos fallas rectangulares del análisis de CMT).
- Incertidumbres con respecto a la interacción tsunami / costera (la Ley de Green se usa como una aproximación general).

Los resultados pueden variar fácilmente por un factor de dos debido a estas incertidumbres.

c) Mapa de pronóstico de amplitud de tsunamis en alta mar

Este mapa muestra la máxima amplitud del tsunami en cada lugar en el océano profundo.

Muestra cómo el tsunami 1) se propaga de forma direccional de la fuente del tsunami; 2) es enfocado y desenfocado por la forma del fondo marino, y 3) es disipado debido a la distancia.

Se proporcionan dos mapas basados en un conjunto de fallas conjugadas determinado a través del análisis de CMT.

Limitaciones:

Las amplitudes reales de los tsunamis en el océano profundo pueden diferir de los pronósticos debido a las incertidumbres de la fuente del tsunami (se asumen dos fallas rectangulares a partir del análisis de CMT) y otros factores.

Este mapa no debe utilizarse para estimar las amplitudes o los impactos de los tsunamis costeros.

8.3.6 Línea de tiempo de la emisión del producto

El cronograma de emisión de A-CATAC, que se muestra a continuación, es típico pero aproximado y conservador.

Tiempo/ minutos	Ocurrencia / Acción
----------------------------	----------------------------

00	Un terremoto ocurre en las Áreas de Monitoreo del CATAC
0.5	Un mensaje automático con información sismológica se envía a los destinatarios
3	<u>El primer producto de texto CATAC</u> basado en información de una base de datos de pronósticos de tsunamis o la simulación en tiempo real se emite junto con datos sobre parámetros preliminares de terremoto.
	Se emite otro producto de texto A-CATAC si se actualizan los parámetros del terremoto.
8	Se obtiene la solución CMT y recalcula la simulación en tiempo real.
9	Se completa la simulación en tiempo real.
10	Se emite el segundo producto de texto A-CATAC y productos gráficos basados en simulación numérica en tiempo real.
10	CATAC recibe un producto de texto inicial de PTWC.

Prueba de Comunicaciones

CATAC realiza pruebas de comunicación o simulacros aproximadamente dos veces al año en enlaces a organizaciones de usuarios. El aviso anticipado de la prueba se proporciona a través de una Carta Circular de la COI. En la prueba, se les pide a los usuarios que acusen recibo de un mensaje de prueba utilizando un formulario de informe provisto con la Circular.

9. Intercambio de productos del CATAC con el PTWC, los NTWC y otros proveedores de tsunamis

A partir de 2022, el CATAC enviará sus productos también por el GTS lo que permitiría que el PTWS, NWPTAC y otros centros de servicios de tsunamis los reciban. De esta forma el CATAC apoya para que estos centros y los destinatarios de sus productos reciban información rápida sobre terremotos y tsunamis ocurridos en América Central

Terremotos ocurridos en las costas de México y Colombia pueden causar tsunamis que llegan en una hora o menos a América Central. Por eso, es importante para el CATAC de recibir los productos de los NTWC de estos países. Los resultados sismológicos y de tsunami obtenidos en estos países pueden ayudar de evitar graves errores en la

evaluación de peligro sísmico y de tsunami por el CATAC. El CATAC se comunicó con los NTWC de estos países y acordó un intercambio rutinario de información. A partir de 2020 el CATAC recibe los productos del Centro de Alerta de Tsunami de Mexico y partir de 2022 enviará sus productos oficiales a este centro. Igualmente, el CATAC pretende intercambiar sus productos con el NTWC de Colombia.

Los Productos de Asesoramiento del CATAC se proporcionan a los países de América Central en paralelo con los productos de tsunami de PTWC para ayudar a los países usuarios a tomar medidas oportunas y apropiadas contra las amenazas de tsunami. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los productos son recomendaciones para respaldar los esfuerzos propios que hacen los países de América Central para alertar a las personas sobre los peligros; la emisión de los avisos de evacuación es responsabilidad de los propios países.

La precisión de los tiempos de estimación de la llegada / amplitud del tsunami y el tiempo de la emisión del pronóstico dependen de cantidad y calidad de los datos sísmicos y mareográficos que los propios países proporcionan al CATAC y de la tecnología utilizada para la determinación del hipocentro / del CMT y del pronóstico cuantitativo del tsunami. En consecuencia, se recomienda encarecidamente a los países de América Central que mejoren y/o amplíen sus redes sísmicas, faciliten datos suficientes y usen los productos CATAC con una consideración cuidadosa de los antecedentes tecnológicos descritos en esta Guía del usuario.

CATAC hace todo lo posible para proporcionar sus productos lo más rápido posible. Sin embargo, es posible que se deba alertar a las personas antes de la emisión de la A-CATAC en el caso de grandes terremotos en las zonas costeras, ya que los tsunamis pueden llegar a tierra rápidamente.

Los productos de asesoramiento del CATAC no incluyen explícitamente la cancelación de advertencias en los números subsiguientes porque CATAC no emite advertencias. Las autoridades de los países interesados deberían publicarlas y cancelarlas oficialmente, ya que las características del tsunami dependen del terreno costero. Para facilitar este proceso, CATAC después entregar las primeras alertas, realizará simulaciones de tsunami para las próximas 8 a 12 horas después del terremoto y facilitará los resultados a los países.

En el caso de cualquier diferencia en la evaluación de la severidad del tsunami entre los productos PTWC y CATAC, se debe adoptar la más severa.

REFERENCIAS

Gerzon Gonzalez, Norwin Acosta Wilfried Strauch (2021) Una aplicación en tiempo real para la alerta de tsunamis y la información sobre las vías de evacuación en las zonas costeras del Pacífico de Nicaragua, INETER y cooperación técnica del Taiwan, Managua, Nicaragua

JICA (2015) Data Collection Survey on the Observation Capacity of Earthquakes and Tsunami In Central America, Final Report, March 2015, Japan International Cooperation Agency, Oriental Consultants Global Co., Ltd., Japan Meteorological Business Support Center

Satake, K. 2002. Tsunamis. Manual Internacional de Sismología de Terremotos e Ingeniería, Parte A, III-28. Prensa academica.

UNESCO-COI (2009) Series Técnicas No. 87 "Guía de Usuarios Operacionales para el Sistema de Alerta y Mitigación de Tsunamis en el Pacífico (PTWS)", Segunda Edición, Anexo II, 2011.

UNESCO-COI (2014) Guía del Usuario para los productos mejorados del Centro de Alerta de Tsunami del Pacífico (PTWS), IOC Technical Series No 105, edición revisada. UNESCO / COI 2014 (inglés; español)

UNESCO/IOC. 2019. User's Guide for the South China Sea Tsunami Advisory Center (SCSTAC) products for the South China Sea Tsunami Warning and Mitigation System. Paris, UNESCO, IOC Technical Series No 149. (English).

Intergovernmental Oceanographic Commission. 2018. Tsunami Hazard in Central America: Historical Events and Potential Sources. San Jose, Costa Rica, June 23 and 24, 2016. Paris, UNESCO, 50 pp (IOC/2018/WR/278).

Freundt, Armin , Kutterolf, Steffen , Wehrmann, Heidi, Schmincke, Hans-Ulrich and Strauch, W. (2004) Tsunami in Lake Managua, Nicaragua, triggered by a compositionally zoned plinian eruption. [Talk] In: IAVCEI Generally Assembly. , 14.-20.11, Pucon, Chile

Armin Freundt, Wilfried Strauch, Steffen Kutterolf, and Hans-Ulrich Schmincke (2007) Volcanogenic Tsunamis in Lakes: Examples from Nicaragua and General Implications, Pure appl. geophys. 164 (2007) 527–545, 0033–4553/07/030527–19
DOI 10.1007/s00024-006-0178-z

Strauch, Wilfried (2019) EJERCICIO TSUNAMI-CA 19. Un simulacro de un Mega tsunami para Centroamérica - 19 de agosto de 2019, Colección técnica de COI/UNESCO #148, CATAC-INETER

Strauch, Wilfried (2020) EJERCICIO TSUNAMI-CA-20. Ejercicio de Tsunami para América Central - 11 de noviembre de 2020 – Un terremoto lento y tsunami frente al Golfo de Fonseca. Manual para Participantes, Colección técnica de COI/UNESCO #XXX, Centro de Asesoramiento de Tsunami para América Central (CATAC/INETER), Managua, Nicaragua

Greyving J. Arguello M., Yuichiro Tanioka, Wilfried Strauch (2018) Reliability of the W-Phase Inversion for earthquakes with MW > 6.0 to be used by the Central American Tsunami Advisory Center [CATAC], Abstract, Joint Conference of the Latin American and Caribbean Seismological Commission [LACSC] and the Seismological Society of America [SSA], 14-17 May 2018, Miami, Florida

Strauch W. and Weber B (2018) New SeisComP3 Installation for Tsunami Early Warning at the Central American Tsunami Advisory Center [CATAC] in Managua, Nicaragua, Abstract, IOC/UNESCO SYMPOSIUM on Advances in Tsunami Warning to Enhance Community Responses, Paris, 12 – 14, February 2018, IOC Brochure 2018-1

Nobuo Furukawa, Yu Kumagai, Wilfried Strauch, Emilio Talavera, Virginia Tenorio, Javier Ramírez, Greyving Argüello, Martha Herrera, Norwin Acosta, Allan Morales (2018) Project for Strengthening the Capacity of the Central American Tsunami Advisory Center [CATAC], Abstract, IOC/UNESCO SYMPOSIUM on Advances in Tsunami Warning to Enhance Community Responses, Paris, 12 – 14 February 2018, IOC Brochure 2018-1 [IOC/BRO/2018/1 Add]

Wilfried Strauch, Bernd Weber, Marit Moeller, Faustino Blanco, Javiér Ramirez, Emilio Talavera (2018) First Experience with SeisComP3 Based tsunami software for the Central American Tsunami Advisory Center [CATAC] at INETER, Nicaragua, Joint Conference of the Latin American and Caribbean Seismological Commission [LACSC] and the Seismological Society of America [SSA], 14-17 May 2018, Miami, Florida

Carlo Cauzzi, John Clinton, Frédérick Massin, Wilfried Strauch and Javier Ramirez (2018) ShakeMaps for Nicaragua and Central America based on SeisComP3 at INETER, Joint conference of the Latin American and Caribbean Seismological Commission [LACSC] and the Seismological Society of America [SSA], 14-17 May 2018, Miami, Florida

Massin F., Strauch W., Clinton J.F., Ramirez J. (2018) Building EEW in Nicaragua: Performance and Perspectives, Joint conference of the Latin American and Caribbean Seismological Commission [LACSC] and the Seismological Society of America [SSA], 14-17 May 2018, Miami, Florida

Strauch W. , Clinton J. , Massin F., Ramirez J. (2018) Towards Earthquake Early Warning in Central America, Joint Conference of the Latin American and Caribbean Seismological Commission [LACSC] and the Seismological Society of America [SSA], 14-17 May 2018, Miami, Florida

Javier Ramirez and Wilfried Strauch (2018) Coconet mirror data center at INETER, Nicaragua, and Early Warning in Central America, Joint Conference of the Latin American and Caribbean Seismological Commission [LACSC] and the Seismological Society of America [SSA], 14-17 May 2018, Miami, Florida

A. G. Cabrera R. (2017). Tsunami Characteristics of Outer-Rise Earthquakes Along the Pacific Coast of Nicaragua - A Case Study for the 2016 Nicaragua Event, Master Thesis, GRIPS/ IISEE/ BRI, Tsukuba/TokyoJapan, August 2017

Massin, F., J. Clinton, and W. Strauch (2017). Project proposal to COSUDE, Managua: Earthquake Early Warning in Nicaragua and Central America [EWARNICA]—Phase II, Zurich and Managua, 4 October 2017.

Lindholm, C.; Strauch, W.; Fernández, M. (2017). Tsunami hazard in Central America: history and future, Geological Society, London, Special Publications, 456, SP456. 2, Geological Society of London

Namendi, D. (2017). Rapid Magnitude Determination for Tsunami Warning Using Local Data in and Around Nicaragua, Master Thesis, GRIPS/ IISEE/ BRI, Tsukuba/Tokyo Japan, August 2017

Y. Tanioka, G. J. Arguello Miranda, A. R. Gusman, Y. Fujii (2017) Method to Determine Appropriate Source Models of Large Earthquakes Including Tsunami Earthquakes for Tsunami Early Warning in Central America, Pure and Applied Geophysics, August 2017, Volume 174, Issue 8, pp 3237-3248,

Wilfried Strauch (2017) Report on the Progress in the Development of the Central American Tsunami Advisory Center [CATAC], Meeting of the ICG/PTWS-XXVII, Tahiti France, 2-31 March, 2017

Wilfried Strauch (2017) Progress in the Establishment of the Central American Tsunami Advisory Center CATAC) at INETER, Nicaragua, Presentation, Meeting of the ICG/CARIBE EWS-XII, Punta Leona, Costa Rica, 10-12 May 2017

G.J. Argüello M. (2016). W Phase Inversion Analysis and Tsunami Simulation for Tsunami Warning for Large Earthquake [$M_w > 7.0$] in Nicaragua, Master Thesis, GRIPS/ IISEE/ BRI, Tsukuba/Tokyo Japan, Japan August 2016

Herrera, M. V. J. (2016). Tsunami modeling of the 2012 El Salvador earthquake along the Pacific Coast of El Salvador and Nicaragua, Master Thesis, GRIPS/IISEE/BRI, Tsukuba/Tokyo, Japan

Massin, F; Clinton, JF; Behr, Y; Strauch, W; Cauzzi, C; Boese, M; Talavera, E; Tenorio, V; Ramirez, J (2016). Assessing the Applicability of Earthquake Early Warning in Nicaragua, AGU Fall Meeting Abstracts, 2016

Talavera, E. (2015) Tsunami Simulation for the 1992 Nicaragua Earthquake, Master Thesis, GRIPS/IISEE/BRI, Tsukuba/Tokyo Japan, August 2015

Strauch, W. (2014) Automatic Seismic Datacenters and Tsunami Warning in Central America [in Spanish], GEO-NETWORK OF LATINAMERICAN-GERMAN ALUMNI [GOAL], Newsletter No 1 March 2014

Strauch, Wilfried (2013) Fase 1 - Análisis y Modelación de Datos Geofísicos, Sismológicos e Hidrometeorológicos para la Implementación de Sistemas Automatizados de Gestión de Riesgos que Fortalezcan al OSOP y el Sistema de Prevención de Desastres de Panamá. OSOP/Senacyt, Volcán, Panamá

Flores, P. (2013). Moment Tensor Analysis of Middle and Large Earthquakes in Nicaragua, Master Thesis, NGIPS/BRI, Tsukuba/Tokyo, Japan, September 2013

Tenorio, Virginia; Strauch, Wilfried (2012) Evaluación del terremoto del 26 de agosto, 2012, en el Océano Pacífico entre El Salvador y Nicaragua, in: Editor V. Tenorio, Boletín Mensual Sismos y Volcanes de Nicaragua, año 2012 mes agosto, pp. 22-48

Strauch, Wilfried (2012) Guía para la implementación y sostenibilidad de Sistemas de Alerta Temprana ante Deslizamientos [SATD] en América Central, Proyecto Fortalecimiento de los Sistemas de Alerta Temprana en América Central, UNESCO Oficina San José para Centroamérica y México

Strauch, Wilfried; Norwin, Acosta (2010) Mapas de peligro de tsunami para el Golfo de Fonseca - El Salvador, Honduras, Nicaragua; Proyecto de Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR, Managua,

Strauch, Wilfried (2010) Análisis de desempeño del SAT Tsunami Chileno en el Terremoto y Tsunami de 2010 - Diagnostico de brechas sobre el Sistema de Alerta Temprana, Monitoreo, Procedimientos y Protocolos para Transmisión de Datos y Emisión / Activación de las Alertas, ONEMI/BID, Santiago de Chile

Strauch, Wilfried; Norwin, Acosta (2010) Mapas de peligro de tsunami para el Golfo de Fonseca El Salvador, Honduras, Nicaragua Proyecto de Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR, Managua,

Strauch, Wilfried (2010) Geo-Amenazas y Geo-Riesgos en Centroamérica, en: Manual para la Evaluación de la Exposición al Riesgo frente a Amenazas Naturales en Centroamérica - El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, 121 páginas, 26 imágenes, 44 tablas, 35, Proyecto de Cooperación Técnica - Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica, BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR, Hannover, Managua,

N., Acosta; W, Strauch; A., Castellón; A., Larreynaga; G., Funes (2009) GIS based Tsunami Hazard Mapping in Nicaragua, El Salvador and Honduras and Application to Disaster Prevention Measures, Lateinamerika-Kolloquium, Gottingen, Germany, 07- 09 April, 2009

ANEXOS

ANEXO 1. Detalles de la construcción de los productos CATAC

1. Potencial tsunamigénico

La evaluación del potencial tsunami génico de terremotos ubicados en el Área de Monitoreo del CATAC se basa en la ubicación, profundidad y magnitud del terremoto de la siguiente manera:

Tabla 6. Criterios de CATAC para la evaluación del potencial tsunamigénico

Criterios	Potencial tsunami génico
- Epicentro bien en Tierra firme - Epicentro submarino profundo (mayor de 100 km)	No hay posibilidad de un tsunami
- Sismo submarino poco profundo, - M6.5 - 7.0	Muy pequeña posibilidad de un destructivo tsunami local
- Sismo submarino poco profundo. - M7.1 - 7.5	Posibilidad de un tsunami local destructivo cerca del epicentro
- Sismo submarino poco profundo - M7.6 - 7.8	Posibilidad de un tsunami destructivo regional.
- Sismo submarino poco profundo. - M mayor de 7.9	Posibilidad de un tsunami destructivo en todo el océano.

Los mensajes iniciales del CATAC se basan en esta evaluación que requiere únicamente la ubicación y la magnitud del terremoto.

2. Bloques costeros

Si se espera un tsunami con una amplitud de 0.3 m o mayor para cualquier Punto de Pronóstico PP, en esta parte se muestran los **Bloques Costeros** que contienen los PP relevantes. Si no se espera un tsunami de esta escala en ningún PP, el informe dice:

"Estimación en puntos de pronóstico: no se esperan olas de tsunami con una amplitud de 0.3 metros o más en ningún punto de pronóstico". (Adición), (Revisión) o (Cancelación) se especifica como descrito a continuación (Sección 7.6) en la información subsiguiente emitida debido a las actualizaciones de los parámetros del terremoto o la observación de un tsunami inesperadamente significativo.

3. Pronóstico de amplitud y hora de llegada.

La amplitud del tsunami y el tiempo de llegada se estiman para cada PP costero. Las amplitudes estimadas (AMPL en metros) y los tiempos de llegada (**hhmm DD MMM en Hora local de Centroamérica o de Panamá**) se enumeran con los nombres (**FP1-1**, etc.) para cada PP junto con su latitud y longitud en grupos de bloques costeros.

Aquí, **la amplitud se define como la distancia máxima entre las crestas de las olas del tsunami y el nivel del mar sin perturbaciones**. Se estima en categorías de 0,3-1 m, 1-3 m, mayor de 3 metros, y se muestra solo para los PP que se espera que experimenten tsunamis con alturas de 0.3 m o más. Si no se espera un tsunami de esta escala en ningún PP, esta parte no aparece en el mensaje.

Si es necesario agregar nuevos PP o la hora de llegada / amplitud esperada del tsunami debe cambiarse en un problema revisado debido a las actualizaciones de los parámetros del terremoto u observación de un tsunami inesperadamente significativo, se especifica (Adición) o (Revisión) en la línea de los PP relevantes. Para las PF que aparecieron en el mensaje A-CATAC anterior, pero deben eliminarse debido a la revisión, se indica (Cancelación) en la publicación revisada.

3. Mensajes con Observación del Tsunami.

La información sobre las olas de tsunami registradas en las estaciones del nivel del mar con enlaces telemétricos al **CATAC** se proporciona según sea necesario. La amplitud (**AMPL** en metros) de la ola más grande a los 0.1 m más cercanos y el tiempo de llegada (**hhmmZ DD MMM**) se enumeran junto con el nombre de la estación (ESTACIÓN-1, etc.) y su latitud y longitud (**LL.L [N] [S] LLL.L [E] [W]**).

Para minimizar la confusión entre los países / organizaciones usuarios, CATAC generalmente adopta los valores de Altura Máxima de Tsunami (medida con respecto al nivel de marea normal) para los productos de PTWC en correspondencia con los de la amplitud máxima de las olas de tsunami en los productos CATAC.

4. Expresiones cualitativas para terremotos gigantes.

En el caso de un terremoto gigante (M mayor de 8) cerca de América Central, los términos cualitativos "Gigante", "Grande" o "----" y la expresión de magnitud "MAG MAYOR 8" se pueden usar en las Asesoramientos CATAC. Dichas expresiones se pueden mostrar cuando A-CATAC el terremoto es tan masivo que no es práctico estimar el valor de magnitud apropiado en los pocos minutos disponibles hasta que se emitan las advertencias de tsunamis nacionales. En tales casos, la estimación de la escala del tsunami se basa en una magnitud máxima posible predefinida.

Los valores de M_w generalmente se pueden determinar dentro de aproximadamente 8 minutos de un terremoto a tiempo para la emisión inicial de A-CATAC. De lo contrario, CATAC emite mensajes iniciales utilizando expresiones cualitativas con una nota que especifica que el aviso se basa en valores de magnitud predefinidos.

ANEXO 2. Ejemplos de Productos CATAC

Anexo 2.1 Primer producto de texto (cuando se esperan tsunamis costeros con alturas de 0.3 m o más)

CATAC - Centro de Asesoramiento de Tsunami para América Central

AVISO : Este mensaje se publica únicamente a título informativo como apoyo a los países de América Central. Las autoridades nacionales son responsables de determinar el nivel de alerta y efectuar las medidas adecuadas para su país.

Boletín sobre tsunami N° 01

*Publicado 2019-08-19 10:03:00 Hora de Centroamérica
2019-08-19 11:03:00 Hora de Panamá*

Un terremoto ha ocurrido con los siguientes estos parámetros preliminares:

*Magnitud : 7.5
Fecha : 08/19/2019
Hora : 10:00:00 Hora Centroamérica, 11:00:00 Hora Panamá
Latitud : 13.26 Norte
Longitud : 90.51 Oeste
Profundidad : 20 Km
Ubicación : Cerca de las costas del Pacífico de Guatemala*

Evaluación:

Existe una alta posibilidad de tsunami considerando la magnitud, la profundidad del hipocentro y la ubicación del terremoto.

Acciones recomendadas:

Se urge tomar acciones inmediatas para la protección de la población en las costas del Pacífico de Guatemala y El Salvador.

Se proveerá mayor información en los próximos minutos.

Anexo 2.2 Primer producto de texto (cuando no se esperan tsunamis costeros con alturas de 0,3 m o más)

CATAC - Centro de Asesoramiento de Tsunami para América Central

AVISO : Este mensaje se publica únicamente a título informativo como apoyo a los países de América Central. Las autoridades nacionales son responsables de determinar el nivel de alerta y efectuar las medidas adecuadas para su país.

Boletín sobre tsunami N° 01

*Publicado 2019-08-19 10:03:00 Hora de Centroamérica
2019-08-19 11:03:00 Hora de Panamá*

Un terremoto ha ocurrido con los siguientes estos parámetros preliminares:

*Magnitud : 6.3
Fecha : 08/19/2019
Hora : 10:00:00 Hora Centroamérica, 11:00:00 Hora Panamá
Latitud : 13.26 Norte
Longitud : 90.51 Oeste
Profundidad : 20 Km
Ubicación : Cerca de las costas del Pacífico de Guatemala*

Evaluación:

Existe una alta posibilidad de tsunami considerando la magnitud, la profundidad del hipocentro y la ubicación del terremoto.

Acciones recomendadas:

Acorde su ubicación, y magnitud este sismo no causará un tsunami con olas peligrosas encima de 0.3 metros.

Se recomienda observar el comportamiento del Océano en las zonas cercanas al epicentro.

Se proveerá mayor información en los próximos minutos.

Anexo 2.3 Primer producto de texto (cuando la profundidad es de 100 km o más)

CATAC - Centro de Asesoramiento de Tsunami para América Central

AVISO : Este mensaje se publica únicamente a título informativo como apoyo a los países de América Central. Las autoridades nacionales son responsables de determinar el nivel de alerta y efectuar las medidas adecuadas para su país.

Boletín sobre tsunامي N° 01

*Publicado 2019-08-19 10:03:00 Hora de Centroamérica
2019-08-19 11:03:00 Hora de Panamá*

Un terremoto ha ocurrido con los siguientes estos parámetros preliminares:

*Magnitud : 7.3
Fecha : 08/19/2019
Hora : 10:00:00 Hora Centroamérica, 11:00:00 Hora Panamá
Latitud : 13.26 Norte
Longitud : 90.51 Oeste
Profundidad : 110 Km
Ubicación : Cerca de las costas del Pacífico de Guatemala*

Evaluación:

No existe posibilidad de tsunami considerando la gran profundidad del hipocentro.

Acciones recomendadas:

Se recomienda observar el comportamiento del Océano en las zonas cercanas al epicentro.

Se proveerá mayor información en los próximos minutos.

Anexo 2.4 Segundo producto de texto (con observaciones de tsunami)

Centro de Asesoramiento de Tsunami para América Central - CATAC

AVISO :

Este mensaje se publica únicamente a título informativo como apoyo a los países de América Central. Las autoridades nacionales son responsables de determinar el nivel de alerta y efectuar las medidas adecuadas para su país.

Boletín sobre tsunami N° 02

*Publicado: 2019-08-19 10:05:00 Hora de Centroamérica
2019-08-19 11:05:00 Hora de Panamá*

Una advertencia de tsunami está en efecto para las zonas costeras de los países de América Central

Un terremoto ha ocurrido con los siguientes parámetros:

*Magnitud : 7.5
Fecha : 2019-08-19
Hora : 10:00:00 Centroamérica, 11:00:00 Panamá
Epicentro : 13.26 N 90.51 O
Profundidad : 20 Km
Ubicación : 68 Km al suroeste de Las Brisas, Guatemala*

Evaluación:

Por magnitud, profundidad y ubicación del terremoto existe la posibilidad de que se haya producido un tsunami que afectaría con mayor intensidad a las costas más cercanas, a unos cien kilómetros del epicentro del terremoto.

Las autoridades deben tomar acciones correspondientes a sus planes de respuestas.

Resultados de la simulación de tsunami:

Estimados de Tiempos de Arribo (ETA), en hora local y Altura Máxima (AM) del tsunami en diferentes puntos de pronóstico:

<i>Sitio</i>	<i>País</i>	<i>ETA</i>	<i>Amenaza(m)</i>
<i>Santa Rosa</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:31</i>	<i>0.93</i>
<i>Jutiapa</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:37</i>	<i>1.52</i>
<i>Sonsonate</i>	<i>El Salvador</i>	<i>2019-08-19 10:39</i>	<i>0.84</i>
<i>Achuapán</i>	<i>El Salvador</i>	<i>2019-08-19 10:42</i>	<i>1.77</i>

La Libertad	El Salvador	2019-08-19 11:11	0.84
La Paz	El Salvador	2019-08-19 11:32	0.62

Resultado gráfico:

Revise en el archivo adjunto a este mensaje, las zonas de pronóstico codificados con colores según el peligro, para las zonas costeras del Océano Pacífico de América Central.

Actualizaciones:

Se proveerá más información en los próximos minutos.

Los países podrían recibir adicionalmente, mensajes del Centro de Alerta de Tsunami para el Pacífico (PTWC). En caso de diferencias entre los resultados de CATAC y del PTWC, recomendamos preferir de manera conservativa las estimaciones que corresponden a un mayor peligro.

Información adicional

Información detallada del sismo y tsunami se encuentra en el sitio web www.catac.ineter.gob.ni

Anexo 2.5 Tercer producto de texto después de corregir ubicación y magnitud del terremoto usando resultados del CMT

Centro de Asesoramiento de Tsunami para América Central - CATAC

AVISO :

Este mensaje se publica únicamente a título informativo como apoyo a los países de América Central. Las autoridades nacionales son responsables de determinar el nivel de alerta y efectuar las medidas adecuadas para cada país.

Boletín sobre tsunami N° 03

*Publicado: 2019-08-19 10:09:00 Hora de Centroamérica
2019-08-19 11:09:00 Hora de Panamá*

Una advertencia de tsunami está en efecto para las costas del Pacífico de los países de América Central.

Un terremoto ha ocurrido con los siguientes parámetros:

*Magnitud : 8.6
Fecha : 2019-08-19
Hora : 10:01:00 Centroamérica, 11:01:00 Panamá
Centroide : 12.10 N 88.23 O
Profundidad : 20 Km
Ubicación Centroide : Frente al Golfo de Fonseca*

Evaluación: Se determinó el Centroide, que representa el punto de mayor liberación de energía sísmica durante la ruptura que origina el terremoto.

Por magnitud, profundidad y ubicación del terremoto existe la posibilidad de que se haya producido un tsunami que afectaría con mayor intensidad a las costas más cercanas.

Se prevé afectación severa para Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

Hay también peligros para las costas del Pacífico de Panamá.

También hay posibilidad de tsunamis/ seiches en el Lago de Managua y el Lago de Nicaragua.

Las autoridades deben tomar acciones correspondientes a sus planes de respuestas.

Resultados de la simulación de tsunami:

Estimados de Tiempo de Arribo (ETA) y Altura Máxima (AM) del tsunami en diferentes puntos de pronóstico:

<i>ZONAS</i>	<i>PAÍS</i>	<i>Hora Centroamérica</i> <i>ETA</i>	<i>AM(metros)</i>
<i>Escuintla</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:28</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>Santa Rosa</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:30</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>San Marcos</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:36</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>Suchitepequez</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:35</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>Champerico</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:35</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>Jutiapa</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:36</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>Retalhuleu</i>	<i>Guatemala</i>	<i>2019-08-19 10:36</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>Sonsonate</i>	<i>El Salvador</i>	<i>2019-08-19 10:36</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>Ahuachapan</i>	<i>El Salvador</i>	<i>2019-08-19 10:36</i>	<i>mayor de 3</i>
<i>La Libertad</i>	<i>El Salvador</i>	<i>2019-08-19 10:44</i>	<i>mayor de 3</i>

San Vicente	El Salvador	2019-08-19 10:49	mayor de 3
La Paz	El Salvador	2019-08-19 10:48	mayor de 3
Rusulutlan	El Salvador	2019-08-19 10:53	mayor de 3
San Miguel	El Salvador	2019-08-19 10:56	mayor de 3
La Union	El Salvador	2019-08-19 10:57	mayor de 3
Conchaguaita	El Salvador	2019-08-19 11:19	mayor de 3
Meanguera del Golfo	El Salvador	2019-08-19 11:29	mayor de 3
Isla del Tigre	Honduras	2019-08-19 11:29	mayor de 3
Choluteca	Honduras	2019-08-19 11:46	mayor de 3
Managua	Nicaragua	2019-08-19 10:40	mayor de 3
Carazo	Nicaragua	2019-08-19 10:42	mayor de 3
Leon	Nicaragua	2019-08-19 10:46	mayor de 3
Chinandega	Nicaragua	2019-08-19 11:05	mayor de 3
Rivas	Nicaragua	2019-08-19 11:06	mayor de 3
Farallones Cosiguina	Nicaragua	2019-08-19 11:10	mayor de 3
Guanacaste	Costa Rica	2019-08-19 10:34	mayor de 3
Puntarenas Norte	Costa Rica	2019-08-19 10:23	mayor de 3
Puntarenas Sur	Costa Rica	2019-08-19 15:31	mayor de 3
Isla Tortuga	Costa Rica	2019-08-19 10:41	1 a 3
Isla de Cano	Costa Rica	2019-08-19 10:39	1 a 3
Isla del Coco	Costa Rica	2019-08-19 10:52	1 a 3

Hora Panamá

Isla de Coiba	Panamá	2019-08-19 12:14	1 a 3
Veraguas-Pacífico	Panamá	2019-08-19 12:24	1 a 3
Darien	Panamá	2019-08-19 12:54	1 a 3
Chiriquí	Panamá	2019-08-19 16:33	mayor de 3
Los Santos	Panamá	2019-08-19 17:08	1 a 3
Isla del Rey	Panamá	2019-08-19 19:59	1 a 3
Coclé	Panamá	2019-08-19 20:25	1 a 3
Isla Tobaguilla	Panamá	2019-08-19 20:31	0.5 a 1
Panamá	Panamá	2019-08-19 20:33	1 a 3
Herrera	Panamá	2019-08-19 21:27	1 a 3

Resultado gráfico: Revise en archivo adjunto a este mensaje, las zonas de pronóstico codificados con colores según el peligro, para las zonas costeras del Océano Pacífico de América Central.

Actualizaciones: Se proveerá más información en los próximos minutos.

Mensajes del PTWC: Los países podrían recibir adicionalmente, mensajes del Centro de Alerta de Tsunami para el Pacífico (PTWC). En caso de diferencias entre los resultados de CATAAC y del PTWC, recomendamos preferir de manera conservativa las estimaciones que corresponden a un mayor peligro.

Información adicional: Información detallada del sismo y tsunami se encuentra en el sitio web www.catac.ineter.gob.ni

ANEXO 3. Ejemplos de Productos gráficos del CATAAC

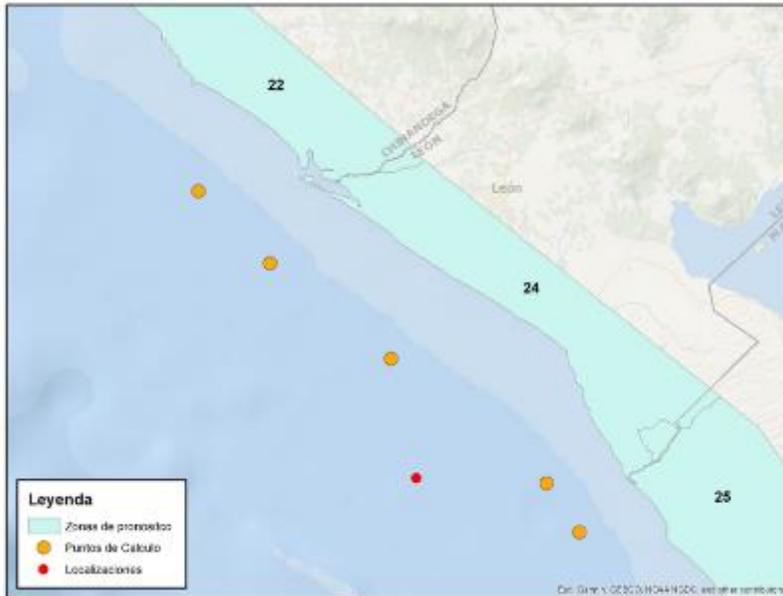


Figura 16. Bloques costeros y Puntos de Pronóstico en la costa. Puntos de pronóstico a 50 m de profundidad. Definición de zonas de pronóstico a nivel de departamental. Obtención de Máximos valores para 70 zonas de pronóstico. Para 130 puntos de pronóstico en costa del Pacífico y del Caribe.

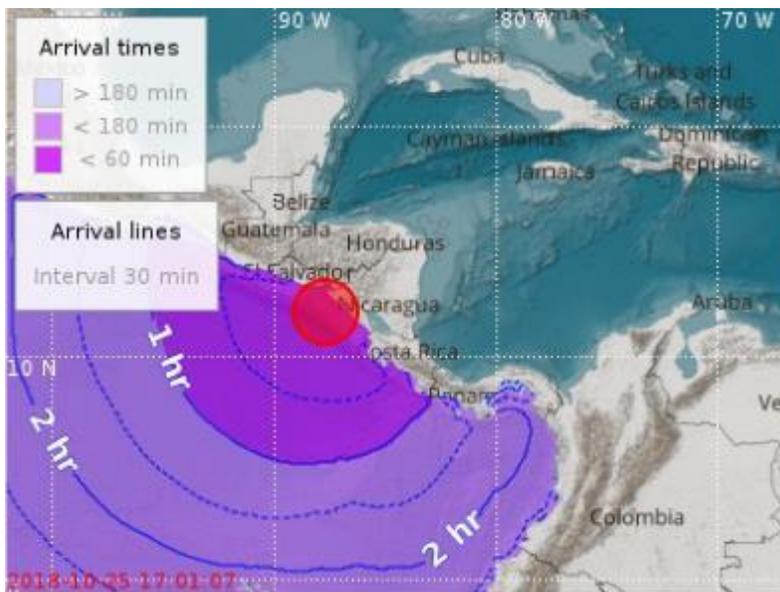


Figura 17. CATAAC Pronóstico de tiempo de arribo del tsunami

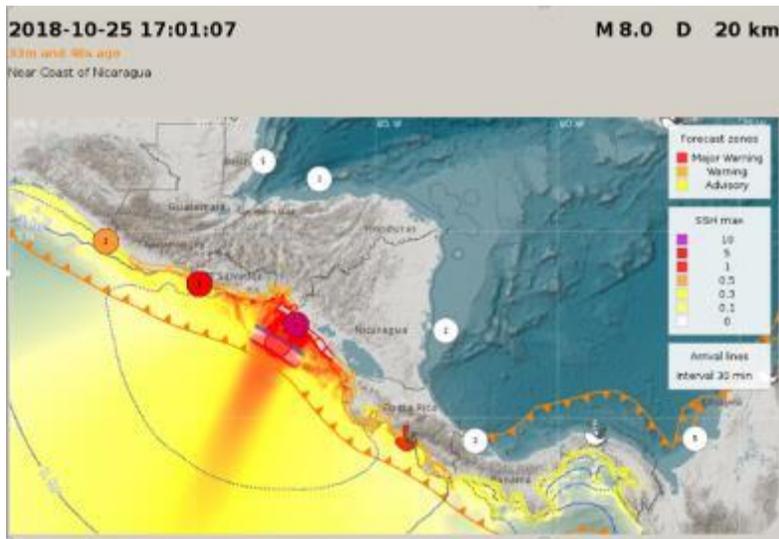


Figura 18. CATAC Pronóstico de amplitud costera de tsunami

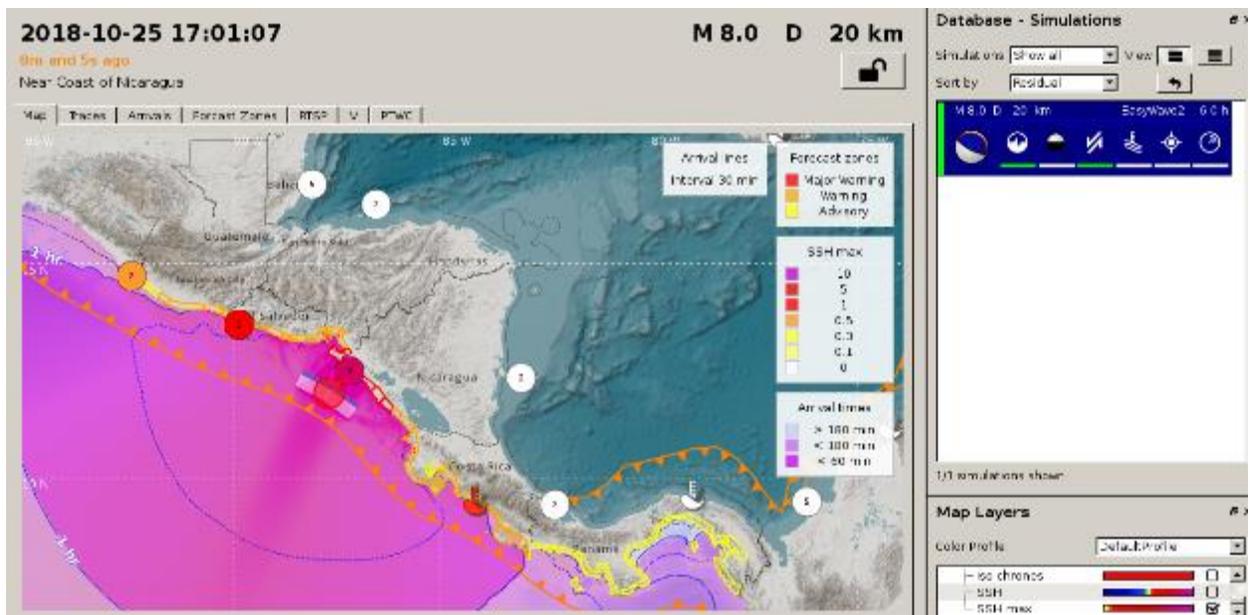


Figura 19. CATAC Pronóstico de amplitud de tsunami en el mar profundo

ANEXO 4. Realización de Ejercicios regionales de tsunami

En la fase experimental el CATAC realizó dos ejercicios para los países de América Central:

1. Mega terremoto en la zona de subducción entre Guatemala, El Salvador y Nicaragua

Fecha del ejercicio 1: 19/08/2019

Parámetros del terremoto:

Magnitud 8.6, con fuente compleja que generaría tsunami máximo posible en América Central de más de 20 m de altura.

El modelaje se realizó con SeisComP TOAST, en “tiempo real”

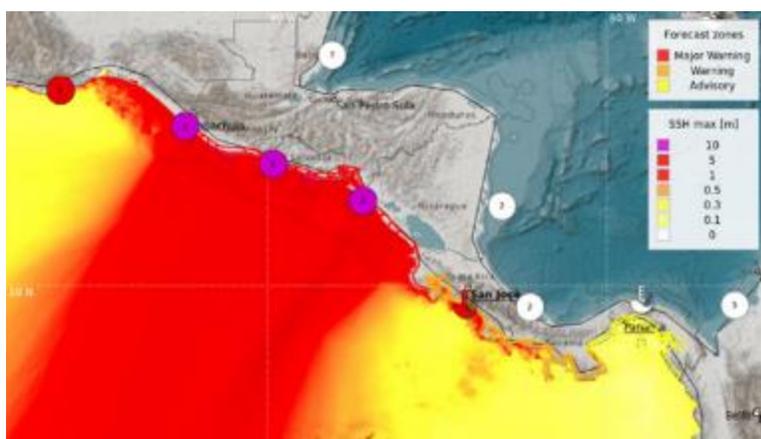


Figura 14. Mapa del tsunami del ejercicio 1

2 Terremoto lento de magnitud 7.6 frente al Golfo de Fonseca

Fecha de ejercicio 2: 11/11/2020

Parámetros del terremoto

M 7.6, terremoto lento y tsunami que impacta en El Salvador, Honduras y Nicaragua, Honduras, Nicaragua)

Modelaje con SeisComP TOAST

Este ejercicio se realizó bajo condiciones del COVID-2019.

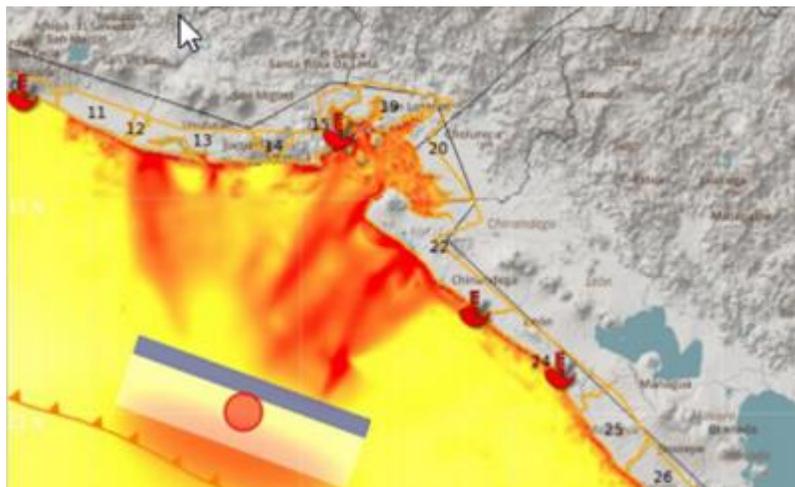


Figura 15. Mapa del tsunami del ejercicio 2

Otros 2 ejercicios programados no se realizaron debido a las condiciones de COVID-2019

ANEXO 5. NTWC y TWFP en América Central

NTWC o Instituciones responsables para el monitoreo científico

1) Nicaragua: INETER, CATAC/Dirección de Sismología

Para Nicaragua, el CATAC funge como NTWC emitiendo mensajes al Gobierno de Nicaragua, al Centro de Operaciones de Emergencias (CODE) del Sistema Nacional para la Prevención Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED) y de Defensa Civil del Ejército de Nicaragua acorde los SOP nacionales de Nicaragua. A partir de 2022, INETER envía directamente mensajes de Terremotos y Tsunamis a la población.

2) El Salvador: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Dirección General del Observatorio Ambiental (MARN-DGOA)

3) Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)

4) Honduras: Comisión Permanente de Contingencias (COPECO). En Honduras no existe una institución científica con la capacidad de evaluar la amenaza de tsunami. COPECO mantiene la red sísmica del país.

5) Costa Rica: Sala de Monitoreo de Tsunamis de la Universidad Nacional (SINAMOT)

6) Panamá: Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá (IGC-UPA)

TWFP u Organizaciones encargadas de emitir Alertas de Tsunami a la población:

1) Nicaragua: Sistema Nacional para la Prevención Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED) / Defensa Civil del Ejército de Nicaragua.

Se pretende que, a partir de 2022, INETER envíe directamente mensajes de Terremotos y Tsunamis a la población.

2) El Salvador: Ministerio de Gobernación, Dirección General de Protección Civil y Prevención y Mitigación de Desastres (DGPC)

3) Guatemala: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED)

4) Honduras: Comisión Permanente de Contingencias (COPECO)

5) Costa Rica: Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE)

6) Panamá: Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC)

Institución regional de protección civil

1) CEPREDENAC; Centro de Prevención de Desastres en América Central

ANEXO 6. Listado de personal del CATAC, Noviembre de 2021

#	Nombre y apellido	24x7	Función / experiencia
1	Dr. Wilfried Strauch	-	Asesor INETER, Coordinador CATAC
2	MSc Emilio Talavera	X	Director Sismología/CATAC
3	Lic. Virginia Tenorio	-	Directora de la Central de Monitoreo, sismología, tsunami, sismología volcánica
4	Ing. Miguel Flores	X	Informático, sistemas digitales, Sismología, Tsunami
5	Ing. Norwin Acosta	-	Modelaje Tsunami, SIG
6	MSc Greyving Argüello	X	Sismología, Geofísica, Tsunami
7	MSc Amilcar Cabrera	X	Sismología, Matemática, Tsunami
8	MSc Petronila Flores	X	Sismología, Geología, Tsunami,
9	MSc Martha Herrera	X	Sismología, Electrónica, Tsunami, Comunicación Digital, Sismometría
10	MSc Domingo J. Namendi	X	Sismología, Electrónica, Tsunami, Comunicación Digital, Sismometría
11	MSc Ulbert Grillo	X	Sismología, Tsunami, Electrónica, Comunicación Digital, Sismometría
12	Ing. Fernando García	X	Sismología, Tsunami, Electrónica, Comunicación Digital, Sismometría
13	Ing. Jaqueline Sánchez	X	Sismología, Tsunami, Informática
14	Ing. Juan Carlos Guzmán	X	Sismología, Tsunami, Informática
15	Tec. Allan Morales	X	Sismometría, Tsunami, Electrónica
16	Tec. Antonio Acosta	X	Sismometría, Tsunami, Electrónica
17	Ing. Ana Rodríguez	X	Sismología, Tsunami, SIG
18	Ing. Milton Espinoza	X	Sismología, Tsunami, SIG
19	Lic. Wesly Rodríguez	X	Geofísica, Sismología, Tsunami

X – se desempeña como sismólogo de turno 24x7

Además: Consultor: Ing. Gerzon González (programación, IT)

ANEXO 7. Ejemplo de Mensaje de prueba generado por TOAST en el CATAC

Magnitud : 8.0 SR
Fecha : 10/25/2018
Hora : 17:01:07 UTC
Latitud : 11.98 N
Longitud : 87.69 W
Profundidad : 20 Km
ID evento : toast2018vamnlx M
Location : Near Coast of Nicaragua

Evaluacion:

Existe Posibilidad de Tsunami en las Siguietes Áreas:

T2 T1 T3 T4 Estatus Altura

PAÍS UBICACIÓN

2018-10-25 17:46:37 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 17:54:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 5.08m
NICARAGUA LEON
2018-10-25 17:47:37 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 21:44:37 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 3.49m
NICARAGUA CARAZO
2018-10-25 17:50:37 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 20:28:37 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 3.03m
NICARAGUA MANAGUA
2018-10-25 17:52:07 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 18:06:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 3.03m
NICARAGUA CHINANDEGA
2018-10-25 17:55:07 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 20:05:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 2.51m
NICARAGUA RIVAS
2018-10-25 18:55:07 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 22:53:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 2.24m
HONDURAS ISLA DEL TIGRE
2018-10-25 18:19:37 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 18:46:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 2.13m
EL SALVADORCONCHAGUITA
2018-10-25 18:32:37 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 19:19:37 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 2.11m
EL SALVADORLA UNION
2018-10-25 17:42:37 2018-10-25 17:20:29 2018-10-25 21:16:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 2.08m
COSTA RICA GUANACASTE
2018-10-25 19:22:37 2018-10-25 17:08:23 2018-10-25 19:54:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 2.01m
HONDURAS VALLE
2018-10-25 18:04:07 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 19:53:37 2018-10-25 22:37:07 Tsunami 1.97m
EL SALVADORUSULUTLAN

2018-10-25 18:20:37 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 18:50:07 2018-10-25 22:45:37 Tsunami 1.95m
EL SALVADORMEANGUERA DEL GOLFO

2018-10-25 17:53:37 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 21:43:37 2018-10-25 22:52:37 Tsunami 1.92m
EL SALVADORSAN MIGUEL

2018-10-25 18:08:07 2018-10-25 17:04:07 2018-10-25 18:15:07 2018-10-25 22:57:37 Tsunami 1.90m
EL SALVADORSAN VICENTE

2018-10-25 18:11:07 2018-10-25 17:12:35 2018-10-25 22:41:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 1.90m
EL SALVADORLA PAZ

2018-10-25 19:24:37 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 22:27:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 1.87m
HONDURAS CHOLUTECA

2018-10-25 18:34:07 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 18:39:37 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 1.62m
EL SALVADORISLA PUNTA ZACATE

2018-10-25 18:12:07 2018-10-25 17:01:07 2018-10-25 18:57:37 2018-10-25 22:54:07 Tsunami 1.48m
NICARAGUA FARALLONES DE COSIGUINA

2018-10-25 18:00:37 2018-10-25 17:35:43 2018-10-25 22:08:37 2018-10-25 22:51:07 Tsunami 1.45m
EL SALVADORLA LIBERTAD

2018-10-25 19:46:07 2018-10-25 17:48:29 2018-10-25 21:32:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 1.25m
GUATEMALA SANTA ROSA

2018-10-25 18:10:37 2018-10-25 17:59:35 2018-10-25 18:17:37 2018-10-25 22:48:37 Tsunami 1.16m
GUATEMALA JUTIAPA

2018-10-25 18:11:37 2018-10-25 17:57:59 2018-10-25 18:15:07 2018-10-25 22:03:07 Tsunami 1.04m
EL SALVADORAHUACHAPAN

2018-10-25 20:25:37 2018-10-25 18:13:05 2018-10-25 20:17:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 1.03m
GUATEMALA SUCHITEPEQUEZ

2018-10-25 18:00:07 2018-10-25 17:48:44 2018-10-25 22:46:37 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 1.00m
EL SALVADORSONSONATE

2018-10-25 18:20:07 2018-10-25 17:48:13 2018-10-25 22:56:37 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 0.71m
GUATEMALA ESCUINTLA

2018-10-25 18:12:37 2018-10-25 17:58:53 2018-10-25 18:43:37 2018-10-25 21:18:07 Tsunami 0.64m
COSTA RICA ISLA DEL COCO

2018-10-25 17:44:37 2018-10-25 17:35:17 2018-10-25 20:37:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 0.64m
COSTA RICA PUNTARENAS

2018-10-25 22:49:37 2018-10-25 18:15:35 2018-10-25 22:57:37 2018-10-25 22:54:37 Tsunami 0.58m
GUATEMALA SAN MARCOS

2018-10-25 22:22:07 2018-10-25 17:47:29 2018-10-25 22:51:07 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 0.56m
COSTA RICA PUNTARENAS

2018-10-25 20:02:37 2018-10-25 17:49:13 2018-10-25 22:36:37 2018-10-25 23:01:07 Tsunami 0.54m
COSTA RICA ISLA TORTUGA

ANEXO 8. Listado de Puntos de Pronóstico

Costa Rica Abangaritos 10.1167 -85.0167 4	Costa Rica Puerto Coyote 9.7833 -85.2667 4	Guatemala La Pimienta 15.8333 -88.4667 4
Costa Rica Agua Buena 8.4167 -83.3833 4	Costa Rica Puerto Jimenez 8.5333 -83.3000 4	Guatemala La Romana 15.7167 -88.6000 4
Costa Rica Agujas 9.7167 -84.6500 4	Costa Rica Puerto Limon 9.9833 -83.0333 3	Guatemala La Verde 14.1833 -91.7500 4
Costa Rica Ballena 9.1000 -83.7000 4	Costa Rica Puerto Manzanillo 9.6333 -82.6500 4	Guatemala Las Escobas 15.6833 -88.6333 4
Costa Rica Bananito Sur 9.8667 -83.0000 4	Costa Rica Puerto Quepos 9.4167 -84.1500 4	Guatemala Las Lagunas 13.9833 -91.3500 4
Costa Rica Barmouth Este 10.1167 -83.2333 4	Costa Rica Puerto Thiel 10.0333 -85.2000 4	Guatemala Las Lisas 13.8000 -90.2667 4
Costa Rica Bonifacio 9.7833 -82.9167 4	Costa Rica Puerto Viejo 9.6333 -82.7500 4	Guatemala Las Quechas 13.9000 -90.5167 4
Costa Rica Brasilito 10.4167 -85.7833 4	Costa Rica Puerto Viejo 10.3833 -85.8167 4	Guatemala Livingston 15.8167 -88.7500 4
Costa Rica Brasilito 10.9833 -85.6833 4	Costa Rica Punta Trinidad 10.0333 -85.7500 4	Guatemala Machacas 15.7667 -88.5333 4
Costa Rica Cabo Blanco 9.9333 -85.0000 4	Costa Rica Puntarenas 9.9667 -84.8500 3	Guatemala Macho Creek 15.7667 -88.7167 4
Costa Rica Cabuya 9.6000 -85.0833 4	Costa Rica Quebrada Nando 9.7667 -85.2333 4	Guatemala Manglar 15.8833 -88.5000 4
Costa Rica Cahuita 9.7333 -82.8500 4	Costa Rica Quebrada Seca 9.8500 -85.3500 4	Guatemala Nueva Venecia 14.0500 -91.5333 4
Costa Rica Carrillo 9.8333 -85.3333 4	Costa Rica Quepos 9.4500 -84.1500 4	Guatemala Papaturo 13.9333 -90.6000 4
Costa Rica Catorce Millas 10.0833 -83.2000 4	Costa Rica Refundores 10.3333 -85.8500 4	Guatemala Pato Creek 15.9167 -88.6000 4
Costa Rica Coco 10.5500 -85.7000 4	Costa Rica Rincon 8.6833 -83.4833 4	Guatemala Pioquinto 15.7833 -88.5667 4
Costa Rica Colorado 10.1833 -85.1167 4	Costa Rica Rio Grande 9.6833 -85.0333 4	Guatemala Puerto Barrios 15.7167 -88.6000 3
Costa Rica Colorado 10.7833 -83.6000 4	Costa Rica Rio Madre 10.0000 -83.1500 4	Guatemala Puerto San Jose 13.9333 -90.8333 4
Costa Rica Comadre 9.7167 -82.8333 4	Costa Rica San Andres 9.8500 -82.9667 4	Guatemala Puerto Viejo 13.9333 -90.7000 4
Costa Rica Conventillos 11.0833 -85.6833 4	Costa Rica San Pedro 9.9667 -85.1500 4	Guatemala Punta del Cabo 15.9500 -88.5667 4
Costa Rica Coronado 9.0500 -83.6167 4	Costa Rica San Rafael 10.2167 -83.3333 4	Guatemala Punta Herreria 15.8167 -88.7333 4
Costa Rica Corozal 9.9833 -85.1667 4	Costa Rica San Vicenta 9.7333 -85.0167 4	Guatemala Quehueche 15.8500 -88.7833 4
Costa Rica Corralillo 9.8833 -84.7167 4	Costa Rica Santa Marta 9.9667 -85.6667 4	Guatemala Rio Blanco 15.8167 -88.7667 4
Costa Rica Culebre 10.6500 -85.6500 4	Costa Rica Santa Teresa 9.6500 -85.1833 4	Guatemala Rio Salado 15.8000 -88.7167 4
Costa Rica Curu 9.7833 -84.9333 4	Costa Rica Santiago 9.6667 -85.1833 4	Guatemala Rio San Carlos 15.7333 -88.6833 4
Costa Rica Dominical 9.2500 -83.8667 4	Costa Rica Tarcoles 9.7667 -84.6167 4	Guatemala San Francisco Madre Vieja 14.0333 -91.4500 4
Costa Rica El Tigre 10.7167 -85.6167 4	Costa Rica Tigre 8.5500 -83.3667 4	Guatemala San Francisco del Mar 15.8333 -88.4167 4
Costa Rica Esterillos Este 9.5167 -84.5167 4	Costa Rica Tuba Creek 9.7667 -82.9000 4	Guatemala San Jose Buena Vista 13.8167 -90.3167 4
Costa Rica Garza 9.9000 -85.6500 4	Costa Rica Uvita 9.1500 -83.7500 4	Guatemala San Jose Rama Blanca 13.9333 -91.2333 4
Costa Rica Golfito 8.6333 -83.1667 4	Costa Rica Venado 10.1667 -85.8167 4	Guatemala San Juan 15.8500 -88.8833 4
Costa Rica Goschen 10.1667 -83.3167 4	Costa Rica Villalta 9.7333 -85.2000 4	Guatemala San Manuel 15.7000 -88.5833 4
Costa Rica Guerra 8.7667 -83.6167 4	Costa Rica Zancudo 8.5333 -83.1333 4	Guatemala San Pedro 13.8167 -90.2833 4
Costa Rica Hacienda Santa Elena 10.9333 -85.8333 4	Costa Rica Zapotal 10.5000 -85.8000 4	Guatemala Santa Maria 15.7833 -88.6833 4
Costa Rica Hatillo 9.3000 -83.9000 4	Costa Rica Parismina 10.3156 -83.3515 0	Guatemala Santa Rose 13.9333 -90.8000 4
Costa Rica Islita 9.8500 -85.4000 4	Costa Rica Limon 9.9969 -83.0237 0	Guatemala Sarstun 15.8833 -88.9167 4
Costa Rica Jabilla 9.8167 -85.3000 4	Costa Rica Puerto Viejo de Talamanca 9.6589 -82.7532 0	Guatemala Sipacate 13.9333 -91.1500 4
Costa Rica Jaco 9.6167 -84.6333 4	Costa Rica Manzanillo 9.6340 -82.6625 0	Guatemala Tahuexco 14.1000 -91.6167 4
Costa Rica La Abuela 9.7000 -85.0167 4	Guatemala Agua Caliente 15.6833 -88.5833 4	Guatemala Tecojate 13.9667 -91.3500 4
Costa Rica La Palma 8.6667 -83.4667 4	Guatemala Astillero 13.8500 -90.3500 4	Guatemala Tulate 14.1500 -91.7000 4
Costa Rica Las Mantas 9.7000 -84.6667 4	Guatemala Barra de la Gabina 13.7667 -90.1833 4	Guatemala Livingston 15.7453 -88.6172 0
Costa Rica Lepanto 9.9333 -85.0333 4	Guatemala Barra del Jiote 13.7833 -90.2167 4	Guatemala Puerto Barrios 15.7453 -88.6172 0
Costa Rica Los Organos 9.8167 -84.9000 4	Guatemala Barra Madre Vieja 14.0167 -91.4333 4	Guatemala Punta de Manabique 15.7453 -88.6172 0
Costa Rica Madrigal 8.4500 -83.5167 4	Guatemala Cabeza de Vaca 15.8833 -88.9500 4	Honduras Agua Dulce 15.7833 -86.6333 4
Costa Rica Mal Pais 9.6167 -85.1500 4	Guatemala Cambalache 15.9167 -88.5667 4	Honduras Alligator Nose 16.4333 -86.2833 4
Costa Rica Manzanillo 9.7000 -85.2000 4	Guatemala Champerico 14.2833 -91.9167 3	Honduras Amalapa 13.2667 -87.6500 4
Costa Rica Marbella 10.0833 -85.7667 4	Guatemala Chapeton 13.8333 -90.3333 4	Honduras Amapala 15.8500 -85.5500 4
Costa Rica Matapalo 9.3333 -83.9667 4	Guatemala Chicago 14.0833 -91.6000 4	Honduras Auaspani 15.2333 -84.8667 4
Costa Rica Mexico 9.9833 -83.1333 4	Guatemala Churirin 14.1167 -91.6667 4	Honduras Auasta 15.2667 -84.8167 4
Costa Rica Moin 10.0000 -83.0833 4	Guatemala El Arrenal 13.9167 -90.5833 4	Honduras Aurata 15.4000 -84.1500 4
Costa Rica Montezuma 9.6500 -85.0667 4	Guatemala El Carrizal 13.9167 -90.9667 4	Honduras Awijjaratora 15.2500 -84.6000 4
Costa Rica Muneco 9.5500 -84.5500 4	Guatemala El China 14.4167 -92.0500 4	Honduras Baja Mar 15.8833 -87.8500 4
Costa Rica Naranjo 9.9333 -84.9667 4	Guatemala El Gariton 13.9167 -90.6000 4	Honduras Balfate 15.7667 -86.3833 4
Costa Rica New Castle 9.9167 -83.0500 4	Guatemala El Pumpo 13.9000 -90.5000 4	Honduras Banda del Norte 16.0167 -85.9333 4
Costa Rica Nuevo Colon 10.5167 -85.7333 4	Guatemala El Semillero Barra Nahual. 14.0500 -91.5167 4	Honduras Barra 15.3833 -83.7167 4
Costa Rica Palo Seco 8.6000 -83.4167 4	Guatemala Estero Lagarto 15.9333 -88.6000 4	Honduras Barra de Aguan 15.9667 -85.7500 4
Costa Rica Paquera 9.8167 -84.9333 4	Guatemala Hawaii 13.8667 -90.4000 4	Honduras Barra del Cruta 15.2333 -83.4167 4
Costa Rica Paraiso 10.1833 -85.8000 4	Guatemala La Barrita 13.9167 -90.9167 4	Honduras Barra del Motagua 15.7000 -88.2333 4
Costa Rica Parismina 10.3000 -83.3500 4	Guatemala La Barrita 13.7667 -90.1667 4	Honduras Barra Patuca 15.8000 -84.2833 4
Costa Rica Pigres 9.7833 -84.6333 4	Guatemala La Graciosa 15.8667 -88.5333 4	Honduras Barra Ulua 15.9167 -87.7167 4
Costa Rica Pital 9.7333 -84.6333 4	Guatemala La Isla 13.9167 -90.5167 4	Honduras Boca Cerrada 15.7667 -87.2000 4
Costa Rica Pochotal 9.5833 -84.6167 4	Guatemala La Muerte 13.8500 -90.3667 4	
Costa Rica Pochota 9.7500 -85.0000 4		
Costa Rica Pochote 10.1500 -85.2833 4		
Costa Rica Puerto Carazo 10.2167 -85.2500 4		

Honduras Boca del Toro 15.7500 -87.0500 4
 Honduras Bruner 15.9500 -84.9500 4
 Honduras Bruner 15.9333 -84.9000 4
 Honduras Burgoc 15.7500 -86.9667 4
 Honduras Cabo de Homos 15.7667 -86.8167 4
 Honduras Casautara 15.0333 -83.2167 4
 Honduras Cauquira 15.3167 -83.5833 4
 Honduras Cayos Arriba 16.4833 -85.8667 4
 Honduras Cedeno 13.1667 -87.4333 4
 Honduras Chachagua 15.7167 -88.1000 4
 Honduras Claura 15.6167 -84.0833 4
 Honduras Clubquimuna 15.0333 -83.2667 4
 Honduras Cocal Tusi 15.8333 -84.5500 4
 Honduras Cocobila 15.9000 -84.8000 4
 Honduras Colorado 15.8167 -87.3000 4
 Honduras Cuero 15.7500 -87.1167 4
 Honduras Dapat 15.3333 -83.6167 4
 Honduras Diamond Rock 16.4167 -86.3000 4
 Honduras Dixon's Cove 16.3500 -86.5000 4
 Honduras El Benk 15.1000 -83.3167 4
 Honduras El Cacao 15.7833 -86.5333 4
 Honduras El Naranjo 13.3833 -87.7333 4
 Honduras El Ojochalito 13.1333 -87.3667 4
 Honduras El Paraiso 15.7500 -87.6500 4
 Honduras El Peru 15.7833 -86.7500 4
 Honduras El Porvenir 15.8333 -87.9333 4
 Honduras El Saldado 16.4833 -85.9167 4
 Honduras El Triunfo de la Cruz 15.7667 -87.4333 4
 Honduras El Zapone 15.8000 -86.5500 4
 Honduras El Zapone 15.8667 -86.9000 4
 Honduras First Bight 16.3833 -86.4000 4
 Honduras Flowers Bay 16.2833 -86.6167 4
 Honduras Gallinero 13.3167 -87.7500 4
 Honduras Guanaja 16.4500 -85.8833 4
 Honduras Guasita 15.5333 -83.5333 4
 Honduras Guipo 13.1167 -87.4000 4
 Honduras Huarta 15.8500 -84.6167 4
 Honduras Iriona 15.8833 -85.2167 4
 Honduras Ivas 15.8500 -84.8500 4
 Honduras Jonesville 16.4000 -86.3667 4
 Honduras Kanko 15.2000 -83.3667 4
 Honduras Karasunta 15.1000 -83.3167 4
 Honduras Kaski 15.3667 -83.6833 4
 Honduras Kiaskira 15.3500 -83.7167 4
 Honduras Kokota 15.2833 -84.8500 4
 Honduras La Auencia 15.7333 -86.8833 4
 Honduras La Ceiba 15.7833 -86.8000 3
 Honduras La Laguna 15.9500 -85.9167 4
 Honduras La Laguna 16.4667 -85.9167 4
 Honduras La Negra 13.3667 -87.6000 4
 Honduras La Virgen 15.2833 -83.5000 4
 Honduras Landa 15.8667 -85.5833 4
 Honduras Las Palmas 13.4500 -87.5833 4
 Honduras Liano Largo 13.3833 -87.7500 4
 Honduras Limon 15.8500 -85.4667 4
 Honduras Masca 15.6667 -88.1333 4
 Honduras Middgeton 16.4000 -86.4333 4
 Honduras Miranda 15.8333 -86.2333 4
 Honduras Mokobila 15.8167 -84.4333 4
 Honduras Mud Hole 16.3333 -86.5667 4
 Honduras Nakunta 15.2000 -84.7833 4
 Honduras Nuevo Armenia 15.8000 -86.5167 4
 Honduras Oak Ridge 16.4000 -86.3500 4
 Honduras Omoa 15.7667 -88.0333 4
 Honduras Pakwi 15.1333 -83.3500 4
 Honduras Palkaka 15.3167 -84.8667 4
 Honduras Palmerson Point 16.4000 -86.4500 4
 Honduras Palmira 15.7333 -86.9000 4
 Honduras Paro 15.9000 -84.8167 4
 Honduras Pital 15.9000 -86.0333 4
 Honduras Prumnitara 15.3333 -83.6667 4
 Honduras Pueblo Nuevo 15.9667 -84.9833 4
 Honduras Puerto Castilla 16.0167 -86.0333 4
 Honduras Puerto Cortes 15.8500 -87.9500 3
 Honduras Puerto Lempira 15.2500 -84.7833 3
 Honduras Pulpito 16.4167 -86.2333 4
 Honduras Punta Blanca 16.4333 -86.3500 4
 Honduras Pusuya 15.4333 -83.8500 4
 Honduras Quiancan 15.3000 -83.5667 4
 Honduras Quienquita 15.7500 -86.9167 4
 Honduras Ras 15.8667 -84.7000 4
 Honduras Ratlaya 15.5333 -83.9833 4
 Honduras Raya 15.0667 -83.3000 4
 Honduras Roatan 16.3333 -86.5167 3
 Honduras Salado Barra 15.7500 -87.0333 4
 Honduras Salatu 15.7667 -86.4500 4
 Honduras San Juan 15.7333 -87.5000 4
 Honduras San Lorenzo 13.4165 -87.4500 4
 Honduras San Luis 15.0000 -83.2167 4
 Honduras Sandy Bay 16.3500 -86.5833 4
 Honduras Santa Rosa de Aguan 15.9500 -85.7167 4
 Honduras Tawuanta 15.3000 -84.8500 4
 Honduras Tela 15.7667 -87.4667 3
 Honduras Titi 15.0833 -83.3167 4
 Honduras Tocamacho 15.9833 -85.0167 4
 Honduras Tomabe 15.7500 -87.5500 4
 Honduras Travesia 15.8667 -87.9000 4
 Honduras Trujillo 15.9167 -85.9667 3
 Honduras Tusidaksa 15.1167 -83.3333 4
 Honduras Twimawala 15.2833 -83.4833 4
 Honduras Uhibila 15.4833 -83.9167 4
 Honduras Usibila 15.2167 -83.3667 4
 Honduras Venus 15.7833 -86.5167 4
 Honduras Veracruz 15.6833 -88.1167 4
 Honduras Viena 15.9333 -85.8500 4
 Honduras Vuelta Grande 15.9500 -85.7667 4
 Honduras Walpatara 15.2167 -83.4000 4
 Honduras West End 16.3000 -86.6137 4
 Honduras Yahurabila 15.4000 -83.8000 4
 Honduras Yamanta 15.2667 -83.4333 4
 Honduras Zacate 15.7500 -86.9833 4
 Honduras Omoa 15.7814 -88.0511 0
 Honduras Puerto Cortez 15.8232 -87.9403 0
 Honduras Tela 15.7841 -87.4807 0
 Honduras El Triunfo de La Cruz 15.7841 -87.4807 0
 Honduras La Ceiba 15.7841 -87.4807 0
 Honduras Isla Utila/Pumpkin Hill 16.1229 -86.8825 0
 Honduras Isla Utila/Utila 16.0968 -86.8968 0
 Honduras Isla Roatan/West Bay 16.2767 -86.6003 0
 Honduras Isla Roatan/Roatan 16.2767 -86.6003 0
 Honduras Isla Roatan/Sandy Bay 16.3317 -86.5673 0
 Honduras Isla Roatan/Punta Gorda 16.4164 -86.3658 0
 Honduras Isla Roatan/Oakridge 16.3900 -86.3533 0
 Honduras Isla Roatan/Camp Bay Beach 16.4293 -86.2907 0
 Honduras Isla Roatan/Isla Barbareta 16.4303 -86.1425 0
 Honduras Isla Guanaja/Jim Bodden 16.4532 -85.9162 0
 Honduras Isla Guanaja/Aeropuerto 16.4532 -85.9162 0
 Honduras Isla Bonacca 16.4420 -85.8857 0
 Honduras Isla Guanaja/ Mangrove B. 16.5008 -85.8685 0
 Honduras Isla Guanaja/ Savannah B. 16.4841 -85.8444 0
 Honduras Isla del Cisne 17.4014 -83.9436 0
 Honduras Cayos Cochino Grande 15.9702 -86.4718 0
 Honduras Trujillo 15.9349 -85.9652 0
 Honduras Limón 15.8675 -85.5006 0
 Honduras Punta Piedra 15.8891 -85.2406 0
 Honduras Iriona 15.8891 -85.2406 0
 Honduras Lempira(Kaski) 15.3796 -83.6849 0
 Nicaragua Amerisco 11.1833 -83.8667 0
 Nicaragua Aposentillo 12.6333 -87.3667 0
 Nicaragua Ariswatla 13.4000 -83.5833 0
 Nicaragua Auastara 14.3833 -83.2333 0
 Nicaragua Banco Brown Abajo 12.4500 -83.7333 0
 Nicaragua Barra de Wawa 13.8833 -83.4667 0
 Nicaragua Barra del Rio 11.2833 -83.8833 0
 Nicaragua Bismuna Tara 14.7500 -83.4167 0
 Nicaragua Bluefields 12.0167 -83.7667 0
 Nicaragua Bluefields 12.0400 -83.7700 0
 Nicaragua Brito 11.3500 -85.9667 0
 Nicaragua Cabo Gracias a dios 14.9833 -83.1667 0
 Nicaragua Cayos Misquitos 14.3665 -82.7433 0
 Nicaragua Cano Mocho 12.1167 -83.8167 0
 Nicaragua Casares 11.6500 -86.3500 0
 Nicaragua Corinto 12.4833 -87.1833 0
 Nicaragua Corn Island 12.1766 -83.0317 0
 Nicaragua Little Corn Island 12.2898 -82.9759 0
 Nicaragua Dakura 14.4000 -83.2167 0
 Nicaragua El Carmen 12.3500 -86.9667 0
 Nicaragua El Chaparral 12.2833 -86.8833 0
 Nicaragua El Corali 12.0167 -83.8167 0
 Nicaragua El Naranjo 11.0833 -85.7167 0
 Nicaragua El Ostional 11.1000 -85.7667 0
 Nicaragua El Porvenir 14.9833 -83.2000 0
 Nicaragua El Realejo 12.5333 -87.2000 0
 Nicaragua El Socorro 11.2167 -85.8167 0
 Nicaragua El Transito 12.0500 -86.7000 0
 Nicaragua Escameca 11.1667 -85.8000 0
 Nicaragua Fatima 12.5667 -87.2333 0
 Nicaragua Greystown 14.4500 -83.2833 0
 Nicaragua Haulover 13.7000 -83.5167 0
 Nicaragua Haulover 12.3167 -83.6667 0
 Nicaragua Jiquiillito 12.7333 -87.4333 0
 Nicaragua Kakabila 12.4000 -83.7333 0
 Nicaragua Karawala 12.8833 -83.5833 0
 Nicaragua Krukira 14.1667 -83.3167 0
 Nicaragua Kuanwalta 13.3167 -83.6000 0
 Nicaragua Kukra Hill 12.1333 -83.7000 0
 Nicaragua La Aldina 11.4667 -86.1167 0
 Nicaragua La Barra 12.9000 -83.5333 0
 Nicaragua La Fe 12.4667 -83.7500 0
 Nicaragua La Flor 11.1333 -85.7833 0
 Nicaragua Laguna de Perlas 12.3333 -83.6833 0
 Nicaragua Lamlaya 14.0167 -83.4167 0
 Nicaragua Li-Dakira 14.4667 -83.2667 0
 Nicaragua Linda Vista 12.4500 -87.1667 0
 Nicaragua Maderas Negras 12.5833 -87.2833 0
 Nicaragua Masachapa 11.7833 -86.5167 0

Nicaragua Mokey Point 11.6000 -83.6667 0
Nicaragua Nandairne 11.2667 -85.8667 0
Nicaragua Ninayeri 14.4667 -83.2833 0
Nicaragua Orinoco 12.5500 -83.7167 0
Nicaragua Pahara 14.3833 -83.3000 0
Nicaragua Paredones 12.5500 -87.2333 0
Nicaragua Playa Grande 12.2167 -86.7333 0
Nicaragua Petacaltepe 12.7000 -87.3833 0
Nicaragua Pochomil 11.7667 -86.5000 0
Nicaragua Potosi 13.0167 -87.5333 0
Nicaragua Prinzapolka 13.3167 -83.6167 0
Nicaragua Puerto Arturo 12.8500 -87.5000 0
Nicaragua Puerto Cabezas 14.0333 -83.3833 0
Nicaragua Puerto Cabezas 14.0800 -83.3800 0
Nicaragua Puerto Isabel 13.3667 -83.5667 0
Nicaragua Punta Gorda 11.4667 -83.8833 0
Nicaragua Punta Marshall 12.5667 -83.7000 0
Nicaragua Salinas Grandes 12.2500 -86.8500 0
Nicaragua San Antonio 12.0667 -83.8833 0
Nicaragua San Juan de Nicaragua 10.9167 -83.7167 0
Nicaragua San Juan del Sur 11.2500 -85.8667 0
Nicaragua San Luis 11.8833 -86.5833 0
Nicaragua San Miguel 12.5833 -87.2667 0
Nicaragua Sandy Bay Sirpi 12.9667 -83.5333 0
Nicaragua Santa Emilia 11.4500 -86.0667 0
Nicaragua Set Net 12.4333 -83.5000 0
Nicaragua Tasbapauini 12.6833 -83.5500 0
Nicaragua Tawantara 13.3833 -83.5667 0
Nicaragua Tuapi 14.1000 -83.3333 0
Nicaragua Tupilapa 11.6167 -86.3333 0
Nicaragua Waingka Laya 14.4500 -83.3167 0
Nicaragua Walpa 12.9333 -83.5333 0
Nicaragua Walpasiksa 13.4667 -83.5500 0
Nicaragua Wankluma 13.2167 -83.5833 0
Nicaragua Wounta 13.5500 -83.5500 4
Nicaragua Uskira 14.4833 -83.2833 0
Panama Aguadilla 7.4500 -78.1167 4
Panama Alligator Creek 8.8333 -81.5667 4
Panama Almirante 9.2833 -82.4000 4
Panama Anachukuna 8.7000 -77.5500 4
Panama Ancon 8.7833 -79.5500 4
Panama Armila 8.6667 -77.4667 4
Panama Bahía Azul 9.1667 -81.9000 4
Panama Bajo del Pueblo 8.4333 -80.0333 4
Panama Bajo Grande 8.3833 -78.1500 4
Panama Balboa 8.9333 -79.5500 4
Panama Batipa 8.3167 -82.2500 4
Panama Belen 8.8667 -80.8667 4
Panama Bella Vista 9.2167 -82.3000 4
Panama Berlanga 8.6833 -79.7833 4
Panama Big Creek 9.3667 -82.2500 4
Panama Bique 8.9000 -79.6667 4
Panama Boca de Daria 8.9500 -82.0167 4
Panama Boca de Parita 8.0167 -80.4500 4
Panama Boca del Drango 9.4167 -82.3167 4
Panama Bocas del Toro 9.3333 -82.2500 3
Panama Boquita 8.2833 -82.3333 4
Panama Brujas 8.5667 -78.5167 4
Panama Buena Vista 9.2000 -82.1333 4
Panama Buena Vista 8.3833 -78.2333 4
Panama Buenaventura 9.5333 -79.6667 4
Panama Cacique 9.6000 -79.6167 4
Panama Calabacito 7.5500 -81.2167 4
Panama Can Can 9.5167 -79.6833 4
Panama Cana Blanca 8.1500 -82.9000 4
Panama Cana Brava 7.7167 -81.1167 4
Panama Cana Chiriquico 8.9833 -82.1500 4
Panama Cangrejal 8.3167 -82.2000 4
Panama Carreto 8.7833 -77.5833 4
Panama Carrizales 8.3167 -82.6333 4
Panama Cascajal 8.6667 -77.4000 4
Panama Cativa 9.3500 -79.8500 4
Panama Cayo de Coco 9.2833 -82.2667 4
Panama Chepillo 8.3833 -78.8500 4
Panama Chiman 8.7000 -78.6167 4
Panama Chiriqui Grande 8.9500 -82.1333 4
Panama Cilico Creek 9.0667 -82.2833 4
Panama Chuchecal 8.2167 -82.1667 4
Panama Cocalito 7.3167 -77.9833 4
Panama Colon 9.3667 -79.9000 4
Panama Concholon 8.2333 -78.9167 4
Panama Corocita 7.7333 -81.4833 4
Panama Cruceras 8.7167 -79.7500 4
Panama Cusapin 9.1667 -81.8833 4
Panama Don Bernardo 8.4000 -79.0833 4
Panama El Atrocho 8.1000 -82.8833 4
Panama El Barquito 8.3000 -78.9500 4
Panama El Cano 8.9333 -81.9833 4
Panama El Cedro 8.2333 -82.2333 4
Panama El Chacarero 8.1333 -81.7167 4
Panama El Charco 8.9667 -79.0167 4
Panama El Chumico 7.4333 -80.1000 4
Panama El Coco 7.7833 -81.2167 4
Panama El Espino 8.4000 -80.1000 4
Panama El Nance 8.5167 -79.9333 4
Panama El Peru 8.1000 -81.6833 4
Panama El Porvenir 9.5500 -78.9833 4
Panama El Rompio 7.9667 -80.3500 4
Panama El Salto 7.4333 -80.9000 4
Panama El Tapao 9.1000 -82.2833 4
Panama El Torno 8.0000 -81.6000 4
Panama El Trapiche 7.4833 -81.7333 4
Panama El Suspiro 8.3500 -78.9500 4
Panama El Viejito 9.1500 -80.2500 4
Panama Finca Pino 8.3333 -82.7667 4
Panama Finca Sesenta y Uno 9.4500 -82.4833 4
Panama Finca Uno 9.4667 -82.5000 4
Panama Fish Creek 9.0167 -82.2667 4
Panama Fuerte Kobbe 8.9167 -79.5833 4
Panama Garachine 8.0667 -78.3667 4
Panama Garza 9.1167 -82.3000 4
Panama Gonzalo Vasquez 8.4167 -78.4500 4
Panama Goyo Diaz 8.7000 -78.6000 4
Panama Guacalito 8.2333 -82.2000 4
Panama Guanabano 8.2500 -82.9000 4
Panama Guerra 8.6000 -78.5167 4
Panama Hope Well 9.1833 -82.2333 4
Panama Icacal 9.2000 -80.1500 4
Panama Isla Grande 9.6333 -79.5667 4
Panama Isla Mamey 8.4333 -78.8667 4
Panama Isla Tigre 9.4333 -78.5500 4
Panama Jaque 7.5167 -78.1667 4
Panama Jim Creek 9.3000 -82.1167 4
Panama Juan Franco 8.9833 -79.5167 4
Panama Jutica 9.3333 -82.1667 4
Panama Kuba 8.9167 -77.7167 4
Panama La Albina 8.3333 -80.1833 4
Panama La Arena 7.9167 -81.5833 4
Panama La Barqueta 8.3000 -82.5667 4
Panama La Boca de Chame 8.6000 -79.7667 4
Panama La Boca de Rio Viejo 9.4167 -79.8000 4
Panama La Calzada 7.8333 -80.3167 4
Panama La Candelaria 7.7333 -80.1500 4
Panama La Carretera 9.3667 -82.2667 4
Panama La Catina 8.3833 -78.3833 4
Panama La Chumicosa 8.4333 -80.0167 4
Panama La Concepcion 7.6667 -80.1000 4
Panama La Concepcion 9.5667 -79.0667 4
Panama La Corocita 7.7333 -81.1333 4
Panama La Esmeralda 8.2667 -78.9333 4
Panama La Estancia 7.9500 -81.5833 4
Panama La Garita 7.5167 -80.0000 4
Panama La Isleta de Esteban 8.6833 -78.6167 4
Panama La Josefa 8.3667 -78.3833 4
Panama La Miel 7.4333 -80.0833 4
Panama La Miel 8.6667 -77.3833 4
Panama La Mina 8.4833 -79.0000 4
Panama La Palma 8.4000 -78.1500 4
Panama La Paz 8.4000 -78.3667 4
Panama La Playa 8.1667 -81.8333 4
Panama La Playa 7.4333 -80.8333 4
Panama La Quebrada 8.4833 -78.1667 4
Panama La Seca 7.3333 -80.8833 4
Panama Lagarto 7.4667 -78.1500 4
Panama Laguna 8.3667 -78.1667 4
Panama Las Cucharitas 7.8000 -80.2333 4
Panama Lima 9.6167 -79.5667 4
Panama Limoncito 7.3833 -80.4000 4
Panama Limones 7.6167 -80.9500 4
Panama Loma Mojica 8.8500 -79.7667 4
Panama Loma Partida 9.1500 -82.1833 4
Panama Los Alpes 9.3500 -82.2667 4
Panama Los Chiricanos 8.9667 -82.2167 4
Panama Los Guabitos 7.8167 -81.0167 4
Panama Los Hatillos 8.8000 -79.7833 4
Panama Los Llanos 8.5167 -79.9500 4
Panama Los Ranchitos 7.3000 -80.8833 4
Panama Macca Bite 9.2500 -82.1500 4
Panama Maguegandi 9.3500 -78.4167 4
Panama Majagual 8.3167 -82.7667 4
Panama Maje 8.6667 -78.5833 4
Panama Mamey 7.7667 -81.4833 4
Panama Mamey 8.4000 -78.9667 4
Panama Mamimulo 8.9833 -77.7833 4
Panama Mamitupo 9.1833 -77.9833 4
Panama Man Creek 8.9167 -82.0667 4
Panama Mandinga 9.4500 -79.0667 4
Panama Mansukum 9.0333 -77.8167 4
Panama Maranon 8.2833 -82.1667 4
Panama Maria Chiquita 9.4500 -79.7500 4
Panama Maria Grande 9.4500 -79.7667 4
Panama Mariabe 7.5833 -80.0667 4
Panama Marzo 8.3667 -78.8500 4
Panama Mateo 7.4833 -80.0167 4
Panama Medina del Este 8.4000 -78.8667 4
Panama Mellicita 8.1667 -82.9000 4
Panama Miguel de la Borda 9.1500 -80.3167 4
Panama Mimitimbi Bluff 9.4333 -82.2833 4
Panama Miramar 9.0000 -82.2500 4
Panama Mogocenegra 8.3167 -78.1667 4
Panama Muturi 9.1167 -81.9167 4
Panama Navagandi 9.0167 -77.8000 4
Panama New Guinea 9.3167 -82.1667 4
Panama No Tolente 8.9333 -81.9000 4
Panama Nuevo Chagres 9.2333 -80.0833 4
Panama Nuri 8.9167 -81.8167 4
Panama Otoque Oriente 8.6000 -79.6000 4
Panama Paja Verde 8.3167 -80.4000 4
Panama Pajonal 8.6167 -79.8667 4
Panama Palenque 9.5833 -79.3667 4
Panama Palo Grande 8.8667 -79.2167 4
Panama Panama 8.9700 -79.5300 0
Panama Patino 8.2500 -78.2833 4

Panama Paunch 9.3833 -82.2500 4
Panama Pedasi 7.5333 -80.0333 4
Panama Pena Blanca 8.8967 -79.7833 4
Panama Perrecenega 8.3500 -78.1667 4
Panama Pigeon Creek 9.2500 -82.2667 4
Panama Pilon 9.1833 -80.2000 4
Panama Piloncito 9.1833 -80.2167 4
Panama Pito 8.6833 -77.5333 4
Panama Pitshis Creek 9.1833 -82.3333 4
Panama Pixvae 7.8333 -81.5833 4
Panama Playa Bugori 9.1167 -81.9000 4
Panama Playa Colorada 9.0500 -81.7667 4
Panama Playa Colorada 8.6667 -78.6167 4
Panama Playa Floral 8.4167 -78.9667 4
Panama Playa Gallinaza 9.1333 -81.9167 4
Panama Playa Mananti 8.9500 -82.0000 4
Panama Playon Chico 9.3000 -78.2333 4
Panama Portobelo 9.5500 -79.6500 4
Panama Porvenir 9.3500 -82.2333 4
Panama Pueblo Viejo 9.1833 -80.1833 4
Panama Puerto Armuelles 8.2833 -82.8667 3
Panama Puerto Barrero 7.8833 -81.1500 4
Panama Puerto Escondido 8.0167 -78.4167 4
Panama Puerto Escondido 8.9833 -81.7667 4
Panama Puerto Mariato 7.6667 -81.0000 4
Panama Puerto Naranjo 7.2667 -80.9167 4
Panama Puerto Obaldia 8.6667 -77.4167 4
Panama Puerto Pilon 9.3667 -79.7833 4
Panama Puerto Pina 7.5833 -78.1833 4
Panama Puerto Ventura 9.4500 -82.4500 4
Panama Punta Alegre 8.2833 -78.2500 4
Panama Punta Chame 8.6500 -79.7000 4
Panama Punta de Burica 8.0333 -82.8833 4
Panama Punta del Medio 9.2500 -80.0667 4
Panama Punta Laurel 9.1500 -82.1333 4
Panama Punta Mala 7.4667 -80.0000 4
Panama Punta Robalo 9.0333 -82.2500 4
Panama Quebrada de Tallo 8.0833 -82.8833 4

Panama Quebrada Grande 9.1333 -80.3667 4
Panama Quebrada la Yeguada 7.6833 -80.1167 4
Panama Rafaelito 8.2500 -78.9167 4
Panama Rio Alejandro 9.3833 -79.7833 4
Panama Rio Azucar 9.4333 -78.6333 4
Panama Rio Canaveral 9.0167 -81.7167 4
Panama Rosarito 7.8500 -81.5667 4
Panama Saboga 8.6167 -79.0667 4
Panama San Carlos 8.4833 -79.9667 4
Panama San Buenaventura 8.5000 -78.5000 4
Panama San Miguel 8.4500 -78.9333 4
Panama San Miquelito 9.0333 -79.5000 2
Panama Santa Ana Arriba 7.9333 -80.3667 4
Panama Santa Catalina 7.6333 -81.2667 4
Panama Santa Catalina 8.7667 -81.3333 4
Panama Santa Clara 8.3833 -80.1167 4
Panama Santa Isabel 9.5333 -79.1833 4
Panama Secretario 9.0500 -81.8500 4
Panama Senon 8.4167 -78.1500 4
Panama Sevilla 8.2500 -82.4000 4
Panama Shark Hole 9.2167 -82.2167 4
Panama Short Cut 9.3333 -82.1833 4
Panama Sukunya 8.8333 -77.6333 4
Panama Taimati 8.1500 -78.2333 4
Panama Tarascon 9.2500 -80.0500 4
Panama Tembladera 8.6833 -79.7667 4
Panama Terminal del Plan 9.1833 -80.2000 4
Panama Ticantiqui 9.4000 -78.4667 4
Panama Tubuala Numero Uno 8.9167 -77.7333 4
Panama Ustupo 9.1333 -77.9333 4
Panama Ustupo Yantupo 9.1167 -77.9333 4
Panama Varadero 7.2833 -80.9000 4
Panama Veraguas 8.8667 -80.9000 4
Panama Viento Frio 9.5833 -79.4000 4
Panama Playa Boca del Drago 9.4178 -82.3322 0
Panama Bocas del Toro 9.4178 -82.3322 0

Panama Kusapin 9.1834 -81.8866 0
Panama Veraguas 8.8735 -80.9050 0
Panama Cocle del Norte 9.0784 -80.5715 0
Panama Palmas Bellas 9.2333 -80.0880 0
Panama Colon 9.3558 -79.9068 0
Panama Puertobelo 9.5553 -79.6570 0
Panama Isla Grande 9.6369 -79.5635 0
Panama Viento Frio 9.5857 -79.4073 0
Panama Palenque 9.5742 -79.3603 0
Panama El Porvenir 9.5597 -78.9477 0
Panama Islas de Porvenir 9.6056 -78.7000 0
Panama Isla Tigre 9.4345 -78.5211 0
Panama Playon Chico 9.3098 -78.2328 0
Panama Achutupu 9.2001 -77.9875 0
Panama Ustupo 9.1370 -77.9249 0
El Salvador Acajutla 13.5833 -89.8333 3
El Salvador Conchaguila 13.2333 -87.7667 4
El Salvador Condadillo 13.2000 -87.9333 4
El Salvador El Limon 13.2500 -88.4167 4
El Salvador El Majahual 13.5000 -89.3667 4
El Salvador El Naranjo 13.1833 -88.2500 4
El Salvador El Porvenir 13.7167 -90.0500 4
El Salvador El Sunzal 13.5000 -89.3833 4
El Salvador Garita Palmera 13.7333 -90.0833 4
El Salvador La Libertad 13.8167 -89.3333 3
El Salvador La Union 13.3333 -87.8500 3
El Salvador Las Piedras 13.5333 -89.6333 4
El Salvador Los Jotes 13.4500 -87.8500 4
El Salvador Mejicanos 13.7333 -89.2000 2
El Salvador Metalio 13.6167 -89.8833 4
El Salvador Monte Verde 13.4167 -87.8833 4
El Salvador Montecristo 13.2500 -88.8000 4
El Salvador Punta Remedios 13.5333 -89.8000 4
El Salvador Salinas de Sisiguayo 13.2833 -88.6833 4
El Salvador Sitio de Santa Lucia 13.2833 -88.5500 4