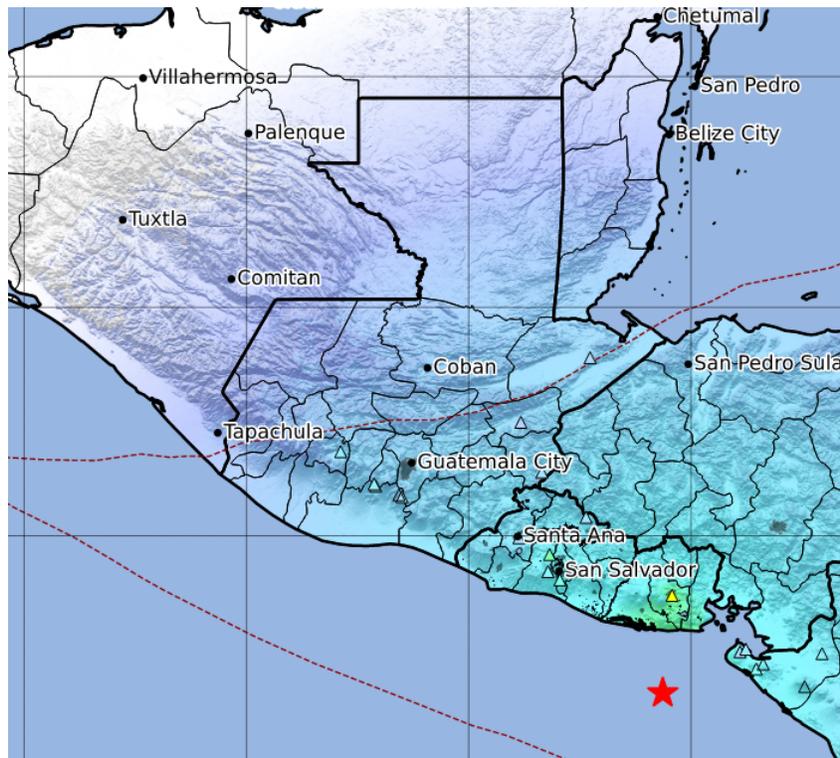


Sismo de Mw 6.5 del 18 de julio de 2023 en las costas de El Salvador

INS-DG-SS-RT-2023-04



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS
GEOFÍSICOS

SECCIÓN DE SISMOLOGÍA

19 DE JULIO DE 2023

INSIVUMEH
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS
GEOFÍSICOS

SECCIÓN DE SISMOLOGÍA

JEFE DEL DEPARTAMENTO:
Lic. Robin Onelio Yani Quiyuch

COORDINADOR DE SISMOLOGÍA
Ing. Diego Andrés Castro Rojas

MONITOREO SÍSMICO:
Lic. José Antonio Tojil Jiménez
Brando Leonel Coc Chen
Carlos Enrique Pérez Tórtola
Dulce Pamela Calán Chon
Helen Marina Morán Chen
Irene Almadaly Ligorria Sierra
Juan Fernando Tobar Castro
Luis Alberto Arriola
Nancy Gabriela Xol Castellanos

INSTRUMENTACIÓN Y COMPUTACIÓN:
Ing. Oscar Anibal Chamalé Grijalva
Joshua David Paz García
Williams Alexander Juárez Jiménez
Walter René Pérez Morales
Pablo Roberto Castellanos Diéguez

Si utiliza datos de este reporte por favor cite a la Red Sismológica Nacional como:

- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). (1976). Red Sismológica Nacional [Data set]. International Federation of Digital Seismograph Networks. <https://doi.org/10.7914/SN/GI>

Índice

1. Introducción	4
2. Marco tectónico	5
3. Caracterización del Sismo	7
4. Procesamiento de registros sísmico	8
4.1. Sistema de alerta temprana EEWS	8
4.2. Procesamiento en tiempo real	9
4.3. Localización global	10
4.4. Localización Manual	13
5. Análisis instrumental de intensidades sísmicas	15
6. <i>ShakeMap</i>	20
7. Inversión de fase W	22
8. Conclusiones	25
9. Agradecimientos	26
10. Anexos	27

1. Introducción

El 18 de julio de 2023 a las 18:22 h (local) se registró un sismo de magnitud $M_w=6.5$ ubicado en el Océano Pacífico, frente a las costas de El Salvador, cercano al Golfo de Fonseca.

Este evento está asociado a la subducción entre las placas de Cocos y El Caribe, en una región donde históricamente han ocurrido eventos de gran magnitud, como el del 2 de septiembre de 1992. Este evento se localizó a un poco más de 100 km al Sureste del epicentro actual y tuvo una magnitud $M=7.7$, y ocasionó daños y pérdida de vidas humanas, en su mayoría debido olas de tsunami con alturas máximas de 8 m.

El Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos del INSIVUMEH, comprometido por sus funciones elabora este informe para conocimiento público y con la intención de que se entiendan mejor los procesos tectónicos que afectan directa o indirectamente a la región y a Guatemala. Esperamos que los términos técnicos usados sean cada vez más familiares a la población, de tal forma que la sismología no sea motivo de alarma infundada y sirva para una mejor preparación en caso de un sismo de gran magnitud. Así mismo se espera que la información sea útil para referencia más especializada.

Los registros sísmicos de la Red Sismológica Nacional (RSN) utilizados en este reporte se pueden descargar en el siguiente enlace:
<http://geo.insivumeh.gob.gt/RT2023-07-18/>

2. Marco tectónico

Al sur de Guatemala a lo largo de la costa del pacífico se encuentra la *zona de subducción*, zona que es sísmicamente activa debido a que es el límite de placa de Cocos y la placa del Caribe. Históricamente se han registrado terremotos de gran magnitud en esta región, los cuales han causado daños importantes a lo largo de la sección de 200 km desde San Salvador hasta la ciudad de Guatemala.

La sismicidad alrededor del suroeste de Guatemala y Centroamérica está generalmente asociada a dos grandes estructuras tectónicas (Figura 1). La primera es la placa de Cocos, que está siendo subducida por debajo de las placas del Caribe y Norteamérica, esta zona está definida por una zona de sismicidad de fuerte buzamiento que se extiende hasta una profundidad de unos 300 km por debajo de Centroamérica. Por encima, y como resultado de la placa en subducción, un arco de volcanes andesíticos activos forma una cadena montañosa que se extiende hacia el noroeste hasta México y hacia el sureste hasta El Salvador. La segunda gran estructura es el gran sistema de fallas Motagua-Polochic, que se extiende desde el mar Caribe hasta la frontera mexicana y separa las placas norteamericana y caribeña atravesando Guatemala (Villagran et al., 1996).

La zona de subducción representa la fuente de los terremotos históricos más grandes en Centroamérica, (Rojas et al., 1993), y es la única fuente con dimensiones laterales suficientes para generar terremotos con magnitudes mayores a 8. Por el contrario, los eventos someros de la corteza terrestre dentro de la cadena volcánica y los terremotos de profundidad somera a intermedia a lo largo del límite de la placa Norteamericana-Caribeña (fallas Motagua-Polochic), han demostrado ser destructivas incluso con magnitudes inferiores a Mw 5,5 (Villagran et al., 1996).

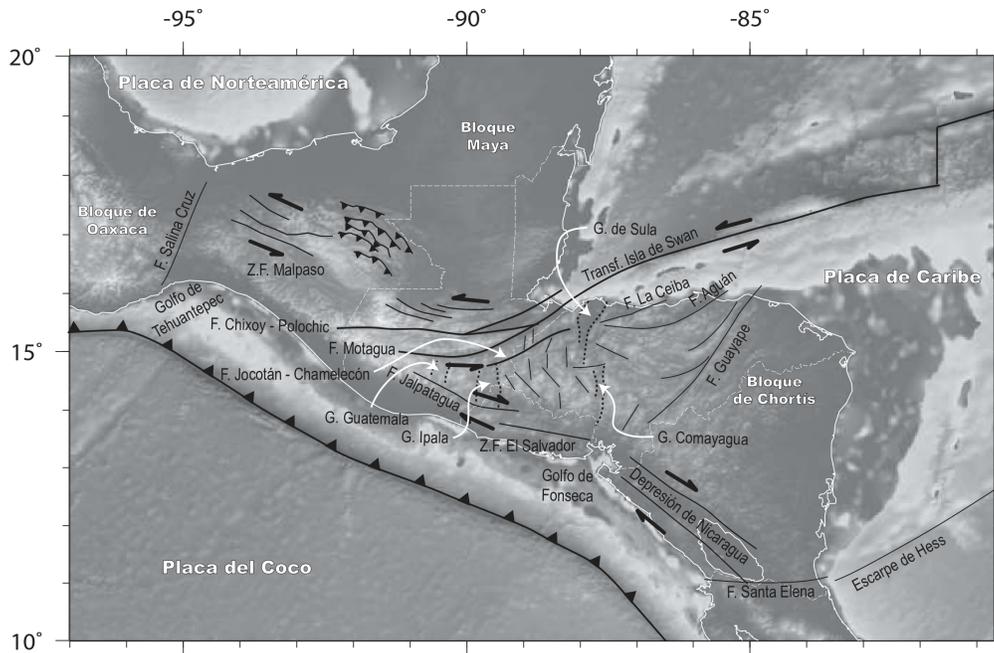


Figura 1: Elementos estructurales de América Central y Guatemala. Los triángulos sólidos y abiertos indican fallas de empuje en la zona de subducción y colisión. Las flechas son los vectores de movimiento de la placa transformante. Imagen tomada de (Álvarez Gómez, 2009).

3. Caracterización del Sismo

Ante la ocurrencia de un evento sísmico, el personal de la Sección de Sismología del Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos del INSIVUMEH, realiza una serie de procedimientos automáticos y manuales, para poder informar sobre las características del mismo en el menor tiempo posible. Esta información sirve para diversos objetivos, entre los más importantes están la toma de decisiones para la atención de emergencias y la comprensión de las fuentes sísmicas que representan un peligro para la población.

La Figura 2, muestra la cronología de las acciones realizadas para la caracterización de este evento con los tiempos aproximados empleados para la obtención de resultados, preliminares y revisados. Cada una de las etapas que aquí se muestran, son explicadas en los siguientes capítulos.

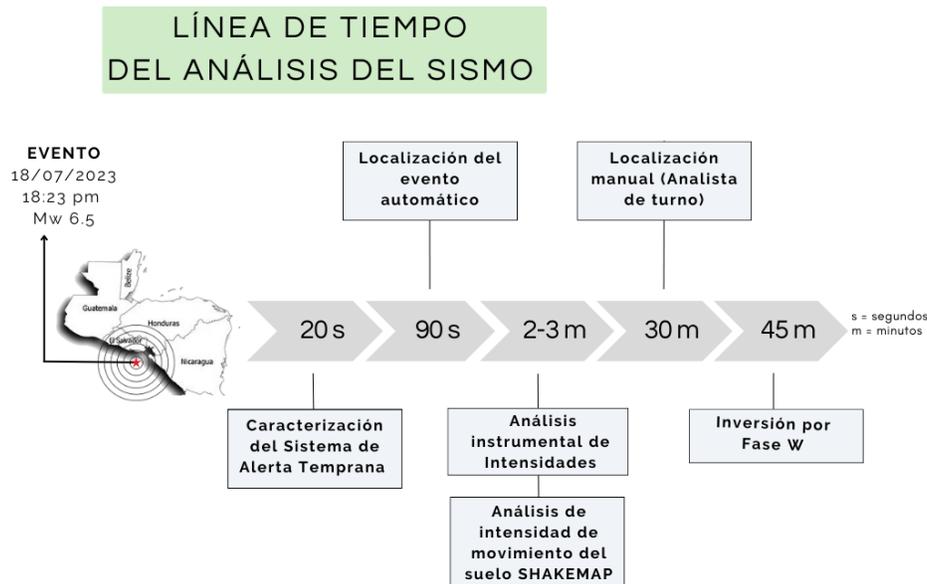


Figura 2: Cronología del proceso de caracterización del evento sísmico del 18 de junio del 2023. Puede notarse los productos automáticos, revisiones manuales y análisis posteriores de las características de la fuente sísmica.

4. Procesamiento de registros sísmico

La descripción inicial de las características del sismo se obtiene mediante la utilización de sensores sísmicos en el territorio nacional y países vecinos como México, El Salvador, Honduras y Nicaragua. En este capítulo se describen los productos obtenidos a través del análisis de dicha información.

4.1. Sistema de alerta temprana EEWS

Actualmente se está desarrollando en conjunto con el Servicio Sismológico Suizo (SED-ETHZ) y agencias sismológicas de la región centroamericana un sistema de Alerta Temprana de Terremotos (Alerta Temprana de Terremotos en América Central -ATTAC-).

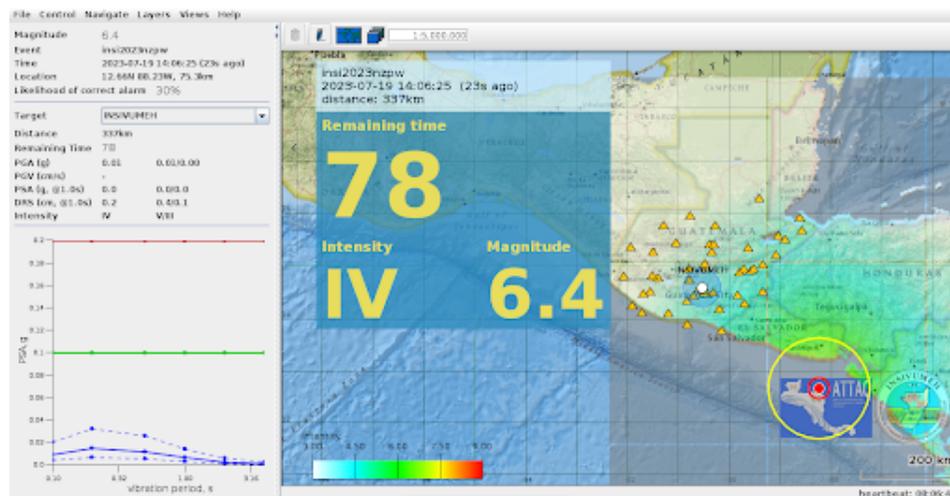


Figura 3: Pantalla del sistema de alerta temprana de terremotos, en el recuadro puede observarse el tiempo de alertamiento y la intensidad sísmica esperada para la Ciudad de Guatemala y la magnitud preliminar.

Los programas para la ATTAC, llevan aproximadamente 1 año en operación, actualmente se encuentran en fase de prueba en el INSIVUMEH. Sin embargo, durante este periodo ha dado resultados prometedores, como en el caso de este sismo, donde la primera localización hipocentral y la estimación de la magnitud se obtuvo a los 19 s permitiendo un tiempo de 78 segundos

de alerta para la Ciudad Capital, tal como se muestra en la Figura 3, que representa una pantalla de despliegue de alerta (EEWD, por sus siglas en inglés), la cual se encuentra instalada en distintos centros de operaciones de socios estratégicos, también en fase de prueba. Otro de los métodos de disseminación de alertas es a través de una aplicación para teléfono celular, que cuenta actualmente con alrededor de 70 usuarios, la cual se encuentra en fase de pruebas para evaluar su funcionalidad.

4.2. Procesamiento en tiempo real

Uno de los softwares de utilidad para la localización de sismos es SeisComp, cuya característica principal es el procesamiento de gran cantidad de señales sísmicas en un corto período de tiempo, cuya función es caracterizar un evento sísmico de forma automática y actualizar los resultados a medida que arriban más señales sísmicas.

La primera automática localización del sismo fue creada en un lapso de 1 minuto, utilizando 9 fases; 1 minuto y 15 segundos después se habían generado 10 nuevas re-localizaciones. La última de éstas soluciones utilizó 81 fases (P) la cual fue compartida en boletín sísmológico como la localización preliminar ya que contaba con los parámetros mínimos del control de calidad. En total se obtuvieron 24 localizaciones automáticas, en un período de 10 minutos.

Cuadro 1: Resumen de la información de la primera localización (preliminar)

Tiempo de Origen	2023-07-18 18:22:07 UTC-06:00
Profundidad	9 km \pm 4 km
Latitud	12,70° N \pm 4 km
Longitud	88,19 W \pm 2 km
Fases	81
RMS	0.8 s

La localización preliminar se muestra en la figura 4, en la cual los círculos marcados de colores blanco y tonos rojos indican las estaciones sísmicas en donde el software SeisComp localizó de forma automática una fase P.

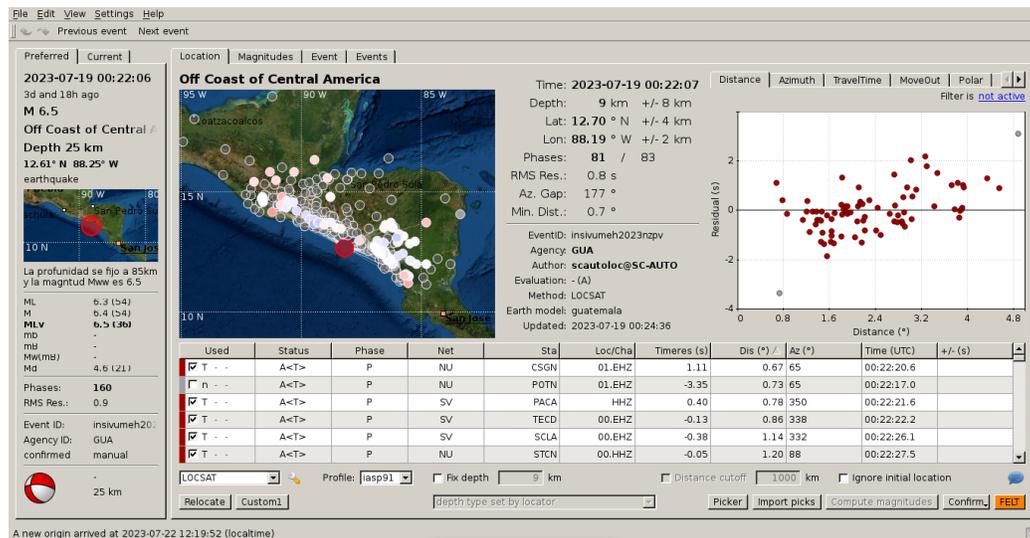


Figura 4: Localización automática realizada por Seiscomp, utilizando 81 fases captadas en las distintas redes sísmicas, tales como El Salvador, México, Nicaragua y Guatemala.

4.3. Localización global

Utilizando estaciones lejanas de la red global, se llevó a cabo una localización preliminar pasados **tres minutos** desde el momento inicial del evento sísmico. Durante esta fase, se lograron obtener algunas fases sísmicas relevantes que permitieron realizar una estimación de la ubicación preliminar del sismo. Sin embargo, fue necesario esperar **ocho minutos** adicionales para obtener una localización completa y más precisa. Durante este período, se registraron un total de 224 fases sísmicas (ondas P), lo que proporcionó una buena localización del hipocentro y permitió una estimación de la magnitud de 6.5 mB, siendo igual a la magnitud final del sismo (ver sección 5.3). Este procesamiento obtuvo un total de 52 relocalizaciones automáticas, registrando la última actualización 1 hora y 45 minutos después de ocurrido el evento sísmico.

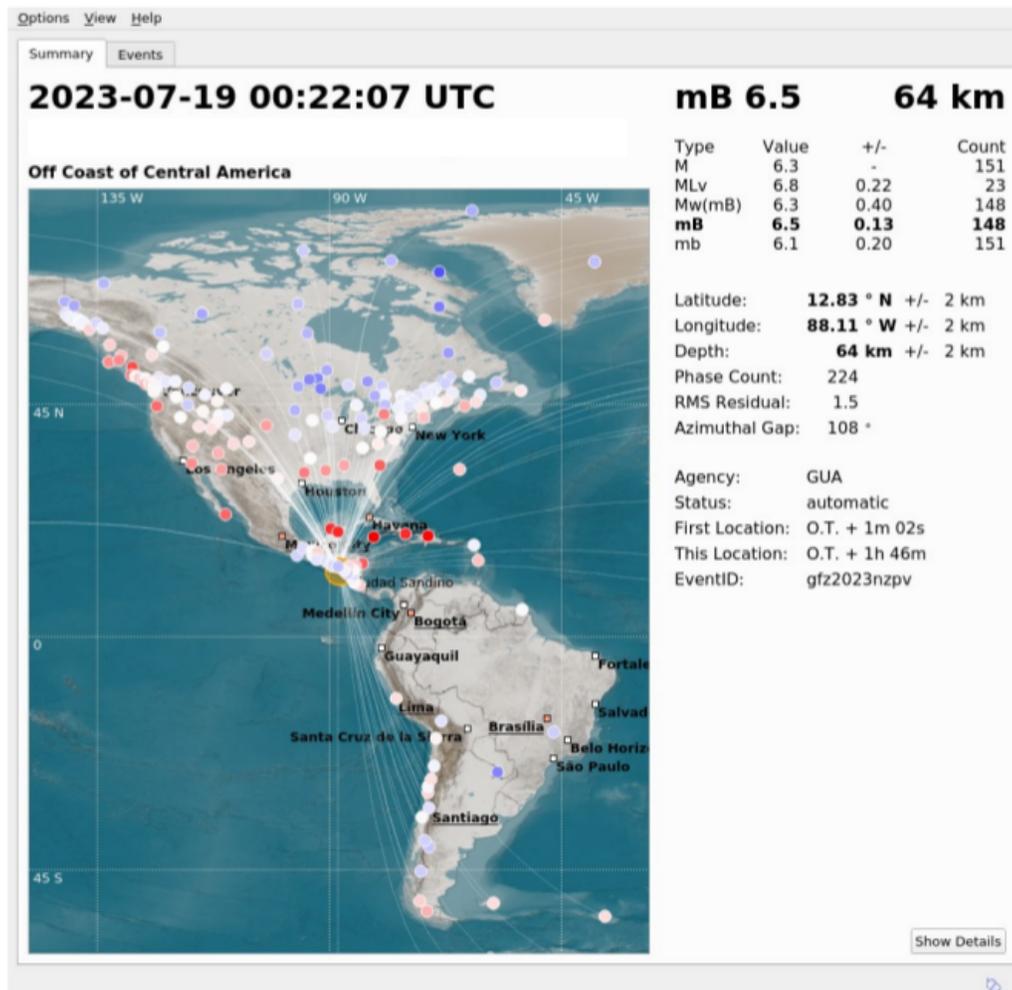


Figura 5

La magnitud sísmica mB, también conocida como magnitud de ondas de cuerpo, es una medida utilizada para evaluar la energía liberada durante un sismo y su amplitud registrada en estaciones sísmicas de banda ancha. A diferencia de la magnitud MLv (magnitud local), que se basa en las ondas de movimiento vertical registradas en estaciones locales (y regionales), la magnitud mB se calcula utilizando las ondas de cuerpo registradas en estaciones sísmicas **regionales** y **globales** (Stein and Wysession, 2003).

La magnitud sísmica mB es especialmente útil para sismos de magnitud mo-

derada a grande y es más adecuada para grandes distancias desde el epicentro, su cálculo implica medir la amplitud máxima de las ondas de cuerpo registradas y ajustarlas en función de la distancia epicentral y otras características del sismo.

Cuadro 2: Resumen de la información de la localización automática global.

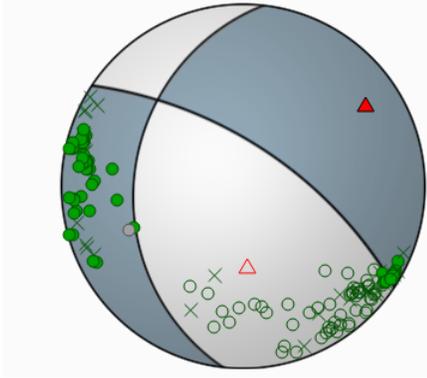
Profundidad	64 km \pm 2 km
Latitud	12,83° N \pm 4 km
Longitud	88,11° W \pm 2 km
Fases	224
RMS	1.5 s

Notar que el cuadro 2 muestra una mayor cantidad de fases respecto a la localización automática local (224 fases). Cabe aclarar que para que este registro de muchas fases exista en Seiscomp es necesario un rango de tiempo largo, de al menos 30 minutos para que las ondas sísmicas generadas se propaguen en la mayor parte del globo terrestre.

4.4. Localización Manual

Para refinar el análisis de la localización automática, luego de la información preliminar se realizó el procesamiento manual por parte del operador, donde se analizaron aproximadamente 160 fases, localizando llegadas P y S y polaridad de la onda P. A continuación se muestran los siguientes datos del sismo:

Cuadro 3: Resultados de la localización manual.

Tiempo de origen	2023-07-18 18:22:08 UTC-06:00
Profundidad	70 km (fijado)
Latitud	12,73° N \pm 2 km
Longitud	88,19° W \pm 1 km
Fases	182
RMS	1.3 s
Mecanismo Focal	

El sismo y la distribución de las estaciones usadas para la localización se muestran en la Figura 6

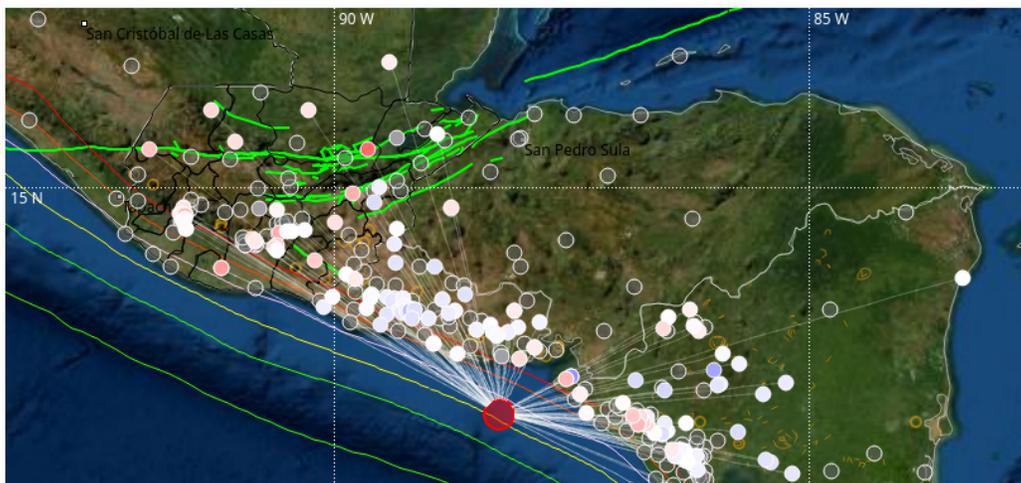


Figura 6: Mapa donde se muestra la localización del sismo y las estaciones usadas para el análisis, estas cib círculos blancos.

5. Análisis instrumental de intensidades sísmicas

El análisis instrumental de intensidades sísmicas, es un procesamiento que la sección de sismología realiza de forma automática en un período cercano al tiempo real, posterior a la ocurrencia de un evento sísmico.

Este procesamiento se aplicó a las estaciones de la RSN distribuidas dentro del territorio nacional, el cual tomó entre 2 a 3 minutos posterior al sismo. Este procedimiento consiste en remover la respuesta instrumental del sensor sísmico y luego obtener el valor máximo de aceleración y velocidad registrados. Los resultados se muestran en el cuadro 4, puede observarse que se alcanzaron intensidades sísmicas de II-III en la escala de Mercalli Modificada (IMM), para algunas ubicaciones. Con esta información se procede a realizar un mapa de IMM discreto que da una idea del nivel de sacudida en distintos puntos del territorio nacional (ver figura 7), útil para las acciones de respuesta de la CONRED y otros organismos nacionales. Es necesario resaltar que al contar con un mayor número de estaciones (p. ej. uno por municipio) se podría tener una mejor resolución, como es el caso del Departamento de Guatemala, mostrado en la figura 8.

Por otra parte, esta información de intensidades instrumentales también es útil para la generación o validación de modelos de predicción del movimiento del suelo (GMPE, por sus siglas en inglés) que son utilidad para diversos objetivos, entre ellos el sistema de alerta temprana de terremotos.

Cuadro 4: Valores de velocidad y aceleración instrumental y su relación con la intensidad sísmica según (Wald et al., 1999)

Departamento	Ubicación	Código	Dist	PGV	PGA	IMM
Jutiapa	Comapa	JUT5	239	0.352	0.463	II-III
Chiquimula	Esquipulas	CQES	245	0.403	0.246	II-III
Jutiapa	Asuncion Mita	JUAM	247	0.649	0.296	II-III
Santa Rosa	Oratorio	SROR	276	1.043	0.570	II-III
Chiquimula	Chiquimula	TUCH	285	0.182	0.188	II-III
Jalapa	Jalapa	TUJJ	292	0.200	0.217	II-III
Zacapa	Estanzuela	ZAES	297	1.442	0.765	II-III
Zacapa	Zacapa	TUZZ	297	0.075	0.100	I
Zacapa	Cabañas	TUZC	306	0.173	0.227	II-III
Guatemala	San Jose Pinula	GUSP	309	0.263	0.132	I
Guatemala	Colegio Julio Verne	GUJV	318	0.199	0.161	II-III
Guatemala	Villa Canales	GUVC	322	0.316	0.196	II-III
Guatemala	COVITGSS Villa Nueva	GVN02	328	0.212	0.222	II-III
Guatemala	INSIVUMEH	GCG4	329	0.232	0.230	II-III
Guatemala	MuniGuateZ06	GGU06	330	0.320	0.179	II-III
Guatemala	MuniGuatez07	GGU07	333	0.424	0.197	II-III
Izabal	Aldea Buenos Aires	IZLV	333	0.237	0.167	II-III
Guatemala	Lo de Coy - Mixco	GUMI	337	0.491	0.236	II-III
Izabal	El Estor	TUIE	342	0.130	0.097	II-III
Alta Verapaz	Panzos	TUAP	342	0.073	0.060	I
Alta Verapaz	La Tinta	TUAL	346	0.140	0.106	II-III
Izabal	Puerto Barrios	IZPB	346	1.117	0.184	II-III
Guatemala	San Raymundo	TUGR	347	0.171	0.137	II-III
Chimaltenango	San Martin Jilotepeque	CMSM	364	0.223	0.158	I
Quiché	Joyabaj	TUQJ	381	0.094	0.124	II-III
Alta Verapaz	Coban	TUAC	390	0.059	0.078	I
Retalhuleu	San Andres Villa Seca	RESA	412	0.265	0.175	II-III
Alta Verapaz	Chisec	AVCS	416	0.078	0.019	I
Suchitepequez	Cuyotenango	SUCU	417	0.133	0.177	II-III
Petén	Poptún	PEPO	429	0.025	0.020	I
Quetzaltenango	Labor Ovalle	QTQT	432	1.126	1.038	II-III
Quiche	Chajul	QCCJ	438	0.095	0.057	I

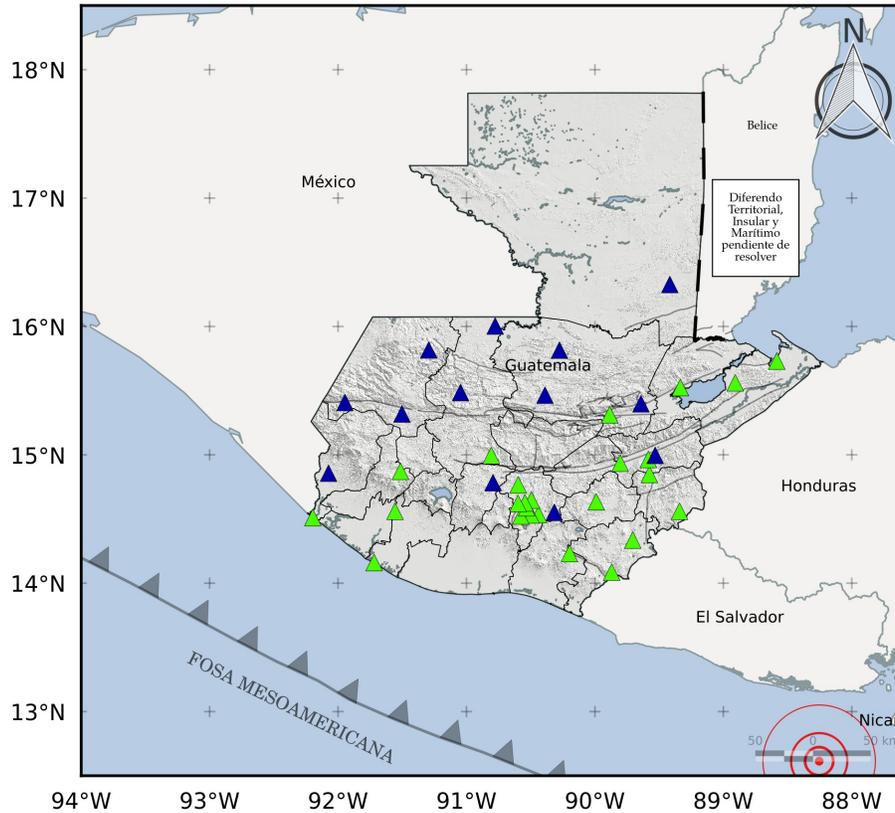
continúa en la siguiente página...

Departamento	Ubicación	Código	Dist	PGV	PGA	IMM
Huehuetenango	Huehuetenango	HUHU	461	0.176	0.107	I
Quiché	Ixcán	QCIX	463	0.239	0.076	I
San Marcos	Ocos	SMOC	475	1.067	0.313	II-III
San Marcos	Catarina	SMCA	482	1.996	0.117	I
Huehuetenango	Santa Cruz Barillas	HUBA	483	0.107	0.029	I
Huehuetenango	Cuilco	HUCU	504	0.100	0.073	I

(fin del cuadro)

Donde:

Código	Código que identifica la estación en la red sísmica nacional.
Dist	Distancia epicentral a la estación sísmica en km.
PGV	Valor de velocidad pico del suelo en m/s.
PGA	Valor de aceleración pico del suelo en % de g.
IMM	Valor de la intensidad sísmica según la escala de Mercalli modificada.



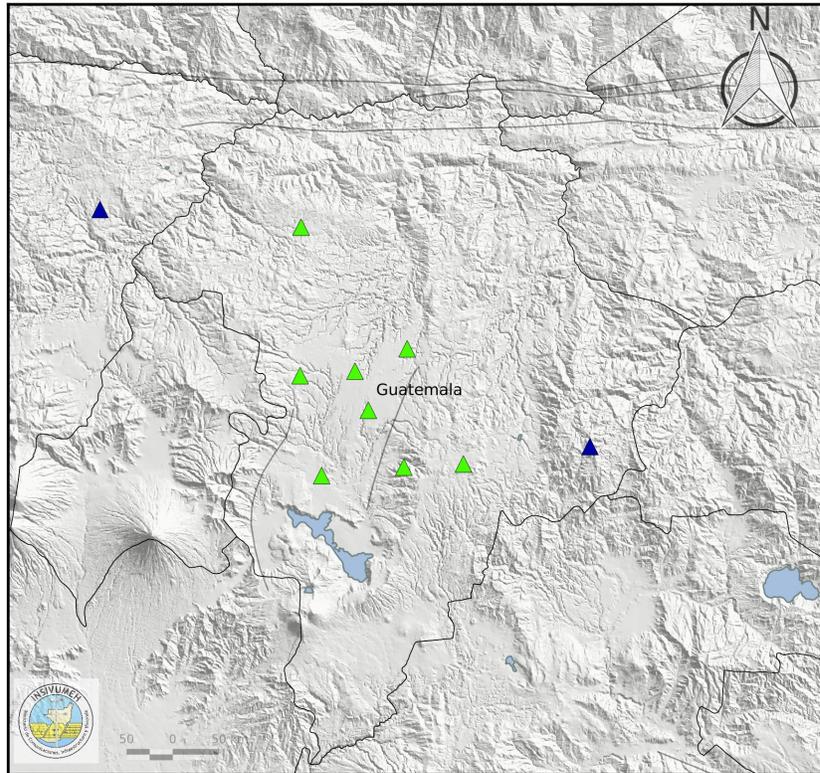
INFORMACIÓN DEL EVENTO SÍSMICO

Tiempo de origen (hora local)	Latitud (N)	Longitud (O)	Profundidad (km)	Magnitud
2023-07-18 18:22:06	12.61272717	-88.25401306	24.6	6.5

Relación de Sacudida percibida e intensidad de la escala de Mercalli Modificada, según Wald, et al (1999)

- ▲ I (no percibido)
- ▲ IV (suave)
- ▲ VI (fuerte)
- ▲ VIII (severo)
- ▲ X (extremo)
- ▲ II-III (debil)
- ▲ V (moderado)
- ▲ VII (muy fuerte)
- ▲ IX (violento)

Figura 7: Mapa de Guatemala con la distribución espacial de las estaciones de la RSN. Cada estación se muestra con un color que hace referencia al movimiento de suelo de acuerdo a su aceleración y velocidad pico registrados, propuesto por (Wald et al., 1999)



INFORMACIÓN DEL EVENTO SÍSMICO

Tiempo de origen (hora local)	Latitud (N)	Longitud (O)	Profundidad (km)	Magnitud
2023-07-18 18:22:06	12.61272717	-88.25401306	24.6	6.5

Relación de Sacudida percibida e intensidad de la escala de Mercali Modificada, según Wald, et al (1999)

Sacudida percibida	No sentido	Débil	Suave	Moderado	Fuerte	Muy fuerte	Severo	Violento	Extremo
IMM	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X-XI

Figura 8: Mapa del departamento de Guatemala donde se muestra que una mayor densidad de estaciones sísmicas permite conocer con mayor detalle espacial la sacudida del suelo.

6. *ShakeMap*

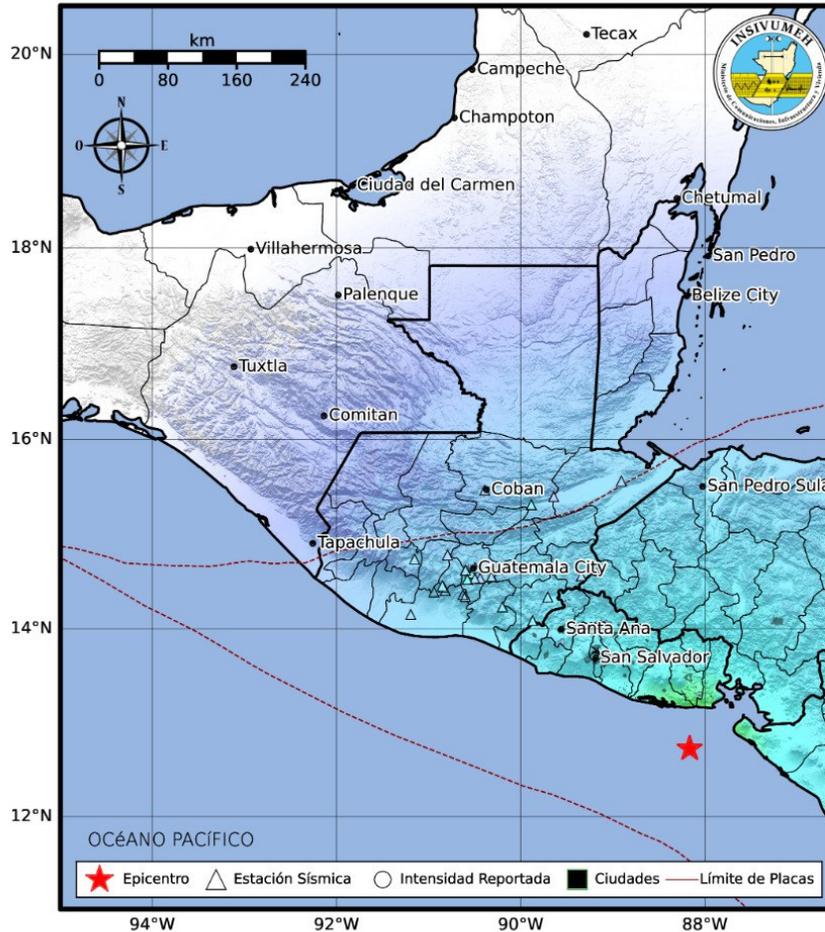
El ShakeMap Worden et al. (2020) o mapa de sacudidas es un mapa de color que muestra la distribución espacial de la intensidad de movimiento del suelo que produce un sismo en una región.

Para generar este producto se utilizan datos de aceleración del suelo registrados por la Red Sismológica Nacional -RSN- y socios locales, así como de otros centros sismológicos de países vecinos. Usando estos datos, y modelos que aproximan cómo sería la intensidad del movimiento del suelo en los sitios en los que no se cuenta con estaciones, se elabora un mapa continuo de intensidades. Estas intensidades se miden en la escala de Mercali Modificada -IMM-.

ShakeMap es una herramienta de gran utilidad porque permite tener una idea rápida y visual de las áreas del país más afectadas por un sismo. «Esta información es fundamental para medir la extensión de las áreas afectadas, determinar qué áreas son potencialmente más afectadas y permitir una estimación rápida de las pérdidas» Worden et al. (2020). Es de gran utilidad para informar a la población y ayudar a las personas a entender la gravedad del evento sísmico y tomar precauciones adecuadas.

El mapa de sacudidas (ShakeMap) que se realizó para el sismo de M_w 6.5 ocurrido el pasado 18 de julio en las costas de El Salvador, registró intensidades de hasta V en escala de Mercali Modificada para El Salvador, mientras que para Guatemala se registraron intensidades máximas de III en escala de Mercali Modificada.

Mapa de Intensidad Instrumental
 Fecha: martes, 18 de julio de 2023 | Hora Local: 18:22:08
 Magnitud: 6.3 | Latitud N: 12.726 | Longitud O: -88.166 | Prof.: 25.0km |
 ID:temp



MOVIMIENTO	No Sentido	Débil	Suave	Moderado	Fuerte	Muy Fuerte	Severo	Violento	Extremo
DAÑO	Ninguno	Ninguno	Muy Poco	Poco	Moderado	Moderado/Mucho	Mucho	Severo	Desastroso
PGA(%g)	<0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>139
PGV(cm/s)	<0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>178
INTENSIDAD	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Escala por Worden et al. (2012)

Versión 1: Procesado 2023-07-19T00:51:53Z



© Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala, C.A. (INSIVUMEH 2023.)

Figura 9: Mapa de Guatemala con la distribución espacial de las intensidades. El degradado de colores hace referencia a la intensidad de movimiento del suelo en escala de Mercali Modificada, de acuerdo a su aceleración y velocidad pico registrados, propuesto por (Worden et al., 2012)



7. Inversión de fase W

La fase W es una onda de largo período que arriba antes de la llegada de la onda S. Los rangos de velocidad de la fase W se encuentran entre 4.5 a 9.0 km/s y el rango de períodos entre 100 a 1 000 s. Debido a ello no se ve muy afectada por las heterogeneidades en el interior de la Tierra (Kanamori and Rivera, 2008) y resulta relativamente sencillo modelarla con gran precisión. Es posible realizar esta inversión con sismogramas saturados por el arribo de las ondas superficiales, debido a que la fase W se encuentra antes de la llegada de la onda S, por lo que se pueden utilizar estaciones locales, regionales y globales.

Actualmente el INSIVUMEH obtiene soluciones estables usando el método de inversión de fase W, para sismos con magnitudes arriba de M_w 5.8. Para sismos de menor magnitud es posible utilizar un método de campo cercano como FMNEAR (Delouis, 2014).

Para la inversión se utiliza el software *W-phase* (Kanamori and Rivera, 2008; Hayes et al., 2009; Duputel et al., 2012), ejecutado de forma manual, con él se obtiene una descripción del tensor de momento, el momento sísmico, la magnitud de momento (M_w , magnitud de momento basado en la fase W), información de los planos nodales, parámetros de ajuste, entre otros (ver Figuras 10 y 11). La magnitud obtenida para el sismo analizado en el presente reporte, mediante esta inversión fue de M_w 6.47, que ha sido calculada como la magnitud correcta para este sismo por otras agencias sismológicas internacionales. Los planos nodales encontrados con *W-phase* se muestran a continuación:

Método	PN1(°)	PN2 (°)	M_w	Prof (km)	MF
WPHASE	187.2/37.1/-31.6	303.3/71.5/-122.8	6.52	63.6	

Cuadro 5: Datos obtenidos por el método de inversión de Fase W.

Actualmente se trabaja en automatizar este proceso y poder obtener soluciones en el menor tiempo posible, ya que estas pueden ser de utilidad para la identificación de sismos con posibilidad de generar tsunamis y una elección apropiada de modelos de atenuación o de predicción del movimiento del suelo, para generar mapas de intensidad sísmica, entre otros.

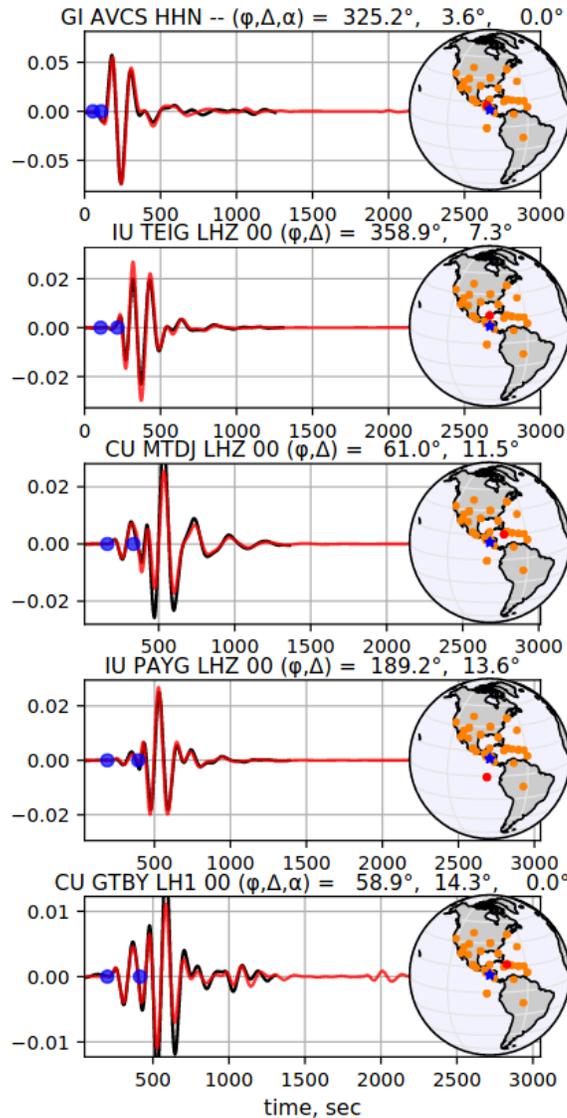


Figura 11: Imagen donde se muestra el ajuste del sismograma registrado (negro) y el sismograma sintético (rojo) en algunas de las estaciones sísmicas utilizadas. Los puntos azules sobre el sismograma delimitan la ventana de tiempo donde se modela la fase W. En cada mapa inserto se observan las estaciones sísmicas utilizadas para la inversión (el punto rojo indica la ubicación de la estación al que corresponden los sismogramas).

8. Conclusiones

El sismo del 18 de julio de 2023 a las 18:22 h (hora local), tuvo una magnitud final de Mw 6.5, con epicentro en el Océano Pacífico frente a las costas del Salvador en la subducción que ocurre en la placa de Cocos y la placa Caribe. En esta región han ocurrido eventos de magnitud considerable arriba de 6 los cuales ha causado daños importantes y que por lo tanto son de interés para el catálogo histórico de nuestra región.

La estimación de los parámetros básicos que describen el sismo (ubicación, profundidad, tiempo de origen y magnitud), se obtuvieron satisfactoriamente de forma automática en alrededor de 60 segundos, siendo compartidos de forma oportuna a la SE-CONRED, instituciones de respuesta y público en general, sin embargo siempre son necesarias las técnicas manuales del analista de turno.

La elaboración del *Shake Map* o mapa de sacudidas recientemente implementado entre las rutinas de monitoreo sísmico en el INSIVUMEH, mostró valores de intensidad de II-III en la escala de Intensidad de Mercalli Modificada en algunas localidades del país, esto es consistente con las mediciones instrumentales automáticas mostradas en el mapa discreto de Intensidad Sísmica Instrumental.

El análisis realizado de la Red Sismológica Nacional y de la red global, permitió obtener información más sofisticada de la fuente sísmica como la dirección de planos nodales, mecanismo focal y momento sísmico. Para esta serie de análisis se utilizó el método de inversión utilizando el software *W-phase* Duputel et al. (2012), que está siendo implementado satisfactoriamente en los procesos automáticos y semi-automáticos del INSIVUMEH.

La ocurrencia de este sismo ha demostrado la importancia del intercambio de registros sísmicos entre agencias sismológicas de la región y socios locales, permitiendo la obtención de características más apropiadas de la fuente sísmica y la demostración de la efectividad de la alerta temprana de terremotos para Guatemala. Esto significa un paso importante para la comprensión las amenazas sísmicas que afectan al país.

9. Agradecimientos

Para generar la información incluida en este reporte, además de la utilización de los registros sísmicos de la Red Sismológica Nacional (RSN) operada por el INSIVUMEH, se utilizó información del Servicio Sismológico de México (SSN), del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en el Salvador, del Comité Permanente de Contingencias (COPECO) de Honduras y del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). También se han integrado a la RSN estaciones sismológicas de socios locales: Municipalidad de Guatemala y Colegio Julio Verne. Además, para los análisis con registros telesísmicos se utilizaron registros sísmicos obtenidos a través de la plataforma Wilber 3, del consorcio EarthScope, con el que el INSIVUMEH intercambia información de forma permanente.

Por otro lado la cooperación internacional ha significado un fortalecimiento de la RSN y en consecuencia en la calidad de la información sismológica generada por el INSIVUMEH, entre los que cabe destacar el Proyecto de Alerta Temprana de Terremotos para América Central (ATTAC), con el apoyo del ETHZ/COSUDE. El Programa de Asistencia para Desastres Volcánicos (VDAP, por sus siglas en inglés) del Servicio Sismológico de los Estados Unidos y del proyecto Aumentando la Resiliencia ante Amenazas Naturales en Guatemala, con la Universidad de Tulsa, Oklahoma y Geocientíficos Sin Fronteras. Un especial agradecimiento a la Msc. Griselda Marroquin y al Msc. Ing Luis Mixco personal del MARN quienes en el marco del proyecto ATTAC no han apoyado en la implementación del ShakeMap.

También resaltamos el apoyo de la SE-CONRED, quienes comunican al INSIVUMEH los reportes de la población a través de sus delegados en todo el territorio nacional.

10. Anexos

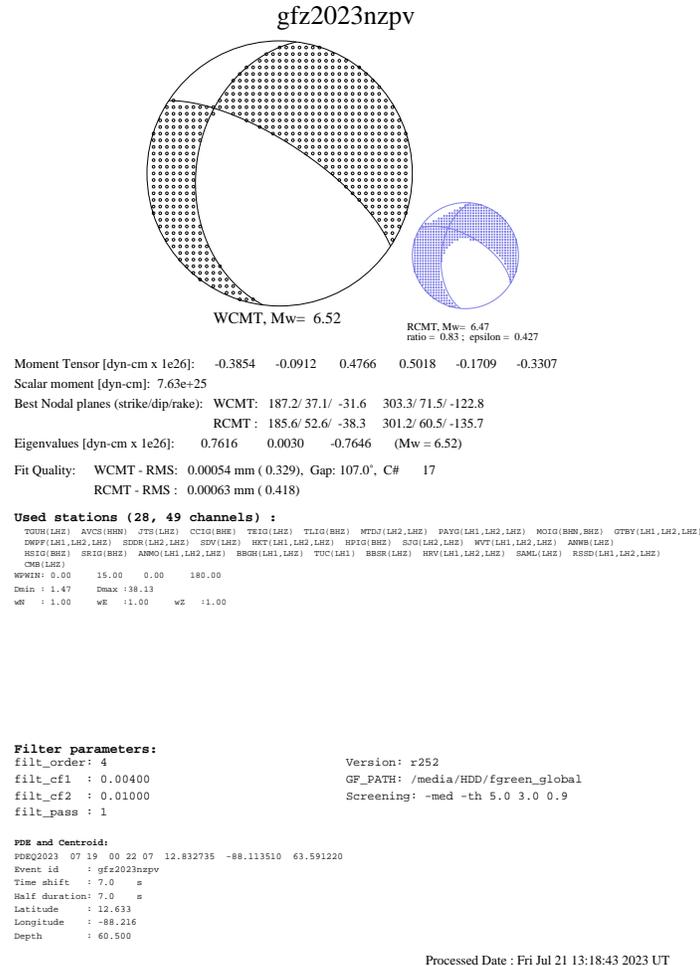


Figura 12: Solución obtenida con el software *W-phase*, para la inversión con registros regionales y globales.

Datos e imágenes de utilidad disponibles en el siguiente link: http://geo.insivumeh.gov.gt/RT_2023-07-18/

Referencias

- José Antonio Álvarez Gómez. Tectónica activa y geodinámica en el norte de centroamérica. -, 2009.
- Bertrand Delouis. Fmnear: Determination of focal mechanism and first estimate of rupture directivity using near-source records and a linear distribution of point sources. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 104:1479–1500, 06 2014. doi: 10.1785/0120130151.
- Z. Duputel, L. Rivera, H. Kanamori, and G. Hayes. W phase source inversion for moderate to large earthquakes (1990–2010). *Geophysical Journal International*, 189:1125–1147, May 2012. doi: 10.1111/j.1365-246X.2012.05419.x. URL <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2012.05419.x>.
- G. Hayes, L. Rivera, and H. Kanamori. Source Inversion of the W-Phase: Real-time Implementation and Extension to Low Magnitudes. *Seismological Research Letters*, 80(5):817–822, September 2009. doi: 10.1785/gssrl.80.5.817. URL <https://doi.org/10.1785/gssrl.80.5.817>.
- H. Kanamori and L. Rivera. Source inversion of Wphase: speeding up seismic tsunami warning. *Geophysical Journal International*, 175:222–238, October 2008. doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03887.x. URL <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2008.03887.x>.
- W Rojas, H Bungum, and C Lindholm. A catalog of historical and recent earthquakes in central america.-77 págs. *Project Reduction of Natural disasters in Central America, NOR SAR, Norway [Reporte técnico No. 2-7]*, 1993.
- Seth Stein and M Wyssession. *Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Blackwell Publishing, 2003.
- M Villagran, C Lindholm, A Dahle, H Cowan, and H Bungum. Seismic hazard assessment for guatemala city. *Natural hazards*, 14:189–205, 1996.
- David J Wald, Vincent Quitariano, Thomas H Heaton, and Hiroo Kanamori. Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity, and modified mercalli intensity in california. *Earthquake spectra*, 15(3):557–564, 1999.

Worden, C.B., E. M. Thompson, M. Hearne, and D.J. Wald. Shakemap manual online: technical manual, user's guide, and software guide, 2020. URL <https://doi.org/10.5066/F7D21VPQ>.

C. B. Worden, M. C. Gerstenberger, D. A. Rhoades, and D. J. Wald. Probabilistic Relationships between Ground-Motion Parameters and Modified Mercalli Intensity in California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102(1):204–221, 02 2012. ISSN 0037-1106. doi: 10.1785/0120110156. URL <https://doi.org/10.1785/0120110156>.