



## Sismo de magnitud ML 5.3 del 23 de julio de 2023 en el Departamento de Huehuetenango

INS-DG-SS-RT-2023-04



## Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos

### Sección de Sismología

03 de agosto 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 Ligorría 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   2.1. Falla de Ixcán   2.2. Sismicidad Histórica	<b>5</b> 5
3.	Caracterización del Sismo	8
4.	Procesamiento de datos sísmico4.1. Sistema de alerta temprana EEWS4.2. Procesamiento en tiempo real en el campo cercano4.3. Localización Manual4.4. Secuencia sísmica posterior al sismo principal	<b>9</b> 9 10 12 13
5.	Análisis instrumental de intensidades sísmicas	15
6.	<b>ShakeMap</b> 6.1. Inversión de la forma de onda en el campo cercano con <b>FMNEA</b>	<b>20</b> 8 22
7.	Conclusiones	<b>24</b>
8.	Agradecimientos	25
9.	Anexos	27







### 1. Introducción

El 23 de julio de 2023 a las 9:29 h (local) se registró un evento de magnitud M=4.2, el cual fue sensible en la región norte de Guatemala. Este evento fue disparador de una secuencia de sismos con más de 45 eventos identificados en la estación sísmica más cercana. Las magnitudes de estos eventos han variado entre M=1.4 y M=5.3 (evento registrado a las 12:23 del día 23); las profundidades de los hipocentros son de características superficiales (menores a 10 km), por lo que pueden asociarse a sistemas de fallas locales.

La geología del área está definida por la interacción de las placas de Norteamérica y del Caribe, demarcada por dos grandes sistemas de fallas: Chixoy-Polochic y Motagua. A su vez, estos procesos tectónicos producen fallas más pequeñas, entre las cuales está la falla de Ixcán, que ha producido sismos de magnitud importante en años anteriores -descritos más adelante-.

Esperamos que este reporte permita comprender mejor el origen de esta actividad y familiarice a la población con la terminología contenida. De igual forma se espera que la información sea útil para referencia más especializada. El Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos del INSIVUMEH con este y otros informes intenta preparar al público para que estemos todos conscientes de que **los sismos no avisan**.

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/RT2023-07-23/



## 2. Marco tectónico

#### 2.1. Falla de Ixcán

En límite de placas entre las placas de Norteamérica y del Caribe ocurren fallas laterales izquierdas de desplazamiento de rumbo (Ixcán, Concordia y fallas de desplazamiento de rumbo del sureste de México), así como estructuras transpresivas (Chicomuselo y Altos Cuchumatanes anticlinoria y provincia de Reverse-Faults; ver Figura 1).

La falla de Ixcán nombrada así en el trabajo de Guzmán-Speziale (2010), está situada justo al norte de la falla del Polochic, a unos 80 km de ella (Figura 1). Topográficamente, la falla sigue el frente de la Sierra de Chamá y la Sierra de Santa Cruz, en un arco cóncavo hacia el noreste, con una longitud de unos 200 km. Varias fallas menores corren paralelas a la falla de Ixcán, hacia el ENE. También hay pequeñas fallas situadas entre las fallas de Polochic e Ixcan, junto al límite entre México y Guatemala (Figura 1).

A lo largo del sistema de fallas Motagua-Polochic hay desplazamiento por deslizamiento de rumbo; al norte de éste, el sistema Ixcán también es sísmicamente activo, con eventos laterales izquierdos de deslizamiento de rumbo. Entre las fallas Polochic e Ixcán, los Altos Cuchumatanes actúan como un escalón de falla transpresivo. La Provincia de Fallas Inversas actúa como un escalón de fallas entre el sistema Ixcán y las fallas de desplazamiento de rumbo (que también muestran movimiento lateral izquierdo).

#### 2.2. Sismicidad Histórica

La falla de Ixcán es sísmicamente activa, registrados históricamente terremotos de gran magnitud, el mayor de los cuales fue el 12 de octubre de 1971 (M = 5,7), el 26 de agosto de 1974 con una magnitud M = 5,1, el del 16 de agosto de 2005 con una magnitud de 5,0. Otros tres terremotos tienen magnitudes inferiores a 5,0,. Guzmán-Speziale et al. (1989), recopilaron mecanismos para esta región los cuales para Ixcán corresponden: 29 de enero de 1966, 12 de octubre de 1971 y 26 de agosto de 1974. Todos muestran un mecanismo lateral izquierdo, con una orientación NW-SE a NNW-SSE, aunque





el evento de 1974 muestra un componente significativo de fallamiento inverso. Guzmán-Speziale (2010), recopilo información de siete eventos reportados con epicentros en la región del Ixcán, el mayor de los cuales es el evento de 1959.



Figura 1: Mapa estructural generalizado del sureste de México y norte de Centroamérica. Adaptado de Meneses-Rocha (1985) y Weyl (1980). AC -Anticlinorio de los Altos Cuchumatanes CH - Anticlinorio Chicomuselo; R -Provincia de fallas inversas; SS - Provincia de fallas de deslizamiento. Modificado de Guzmán-Speziale 2010.

En los registros de INSIVUMEH se han obtenido mecanismos para la secuencia de julio de 2019 con un mecanismo transcurrente y para julio del mismo año un mecanismo inverso (Figura 2).





STERIO DE





Figura 2: Mapa de registro de la actividad sísmica para la falla de Ixcán del 2019 y 2020. INSIVUMEH.







### 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 3, 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 3: Cronología del proceso de caracterización del evento sísmico del 23 de julio del 2023. Puede notarse los productos automáticos, revisiones manuales y análisis posteriores para la características de la fuente sísmica.







### 4. Procesamiento de datos 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 (ATTAC).



Figura 4: 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. El color rojo en este caso se debió a valores altos de incertidumbre iniciales.

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 16 s permitiendo un tiempo de 36 segundos







de alerta para la Ciudad Capital, tal como se muestra en la Figura 4, 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 diseminación 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 en el campo cercano

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 periodo cercano al tiempo real, el cual consiste en la localización y caracterización de un eventos sísmico y esta se va actualizando con el arribo de más señales sísmicas.

La primera localización del sismo fue creada en un lapso de 1 minuto y 2 segundos, utilizando 8 fases; 4 minutos después se generó 16 nuevas relocalizaciones. La ultima de éstas soluciones utilizó 27 fases (P), la cual fue seccionada como preliminar ya que contaba con los parámetros mínimos del control de calidad. En total se obtuvieron 20 localizaciones automáticas, en un período no mayor de una hora y media.

Tiempo	2023-07-23 18:23:05 UTC-06:00
Profundidad	25 km (fijado)
Latitud	16,66° N $\pm$ 40 km
Longitud	91,33° W $\pm$ 13 km
Fases	8
RMS	0.7 s

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

La localización preliminar se muestra en la figura 5, 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, donde el circulo rojo representa el epicentro del sismo analizado.

Number of the second se







Figura 5: Localización automática realizada por Seiscomp, utilizando 8 fases captadas por la red sísmica de Guatemala.

11





GOBIERNO de GUATEMALA

Y VIVIENDA



#### 4.3. 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 76 fases, localizando llegadas P y S y polaridad de la onda P para el evento sísmico principal de magnitud 5.3. A continuación se muestra los siguientes datos del sismo:

Tiempo	2023-07-23 18:23:10 UTC-06:00		
Profundidad	7 km (fijado)		
Latitud	$16,07^{\circ} \text{ N} \pm 1 \text{ km}$		
Longitud	$91,25^{\circ} \text{ W} \pm 1 \text{ km}$		
Fases	76		
RMS	1.3 s		
Mecanismo Focal			

Cuadro 2: Resultados de importancia en la localización manual.

El sismo y la distribución de las estaciones usadas para la localización se muestran en la Figura6







Figura 6: Mapa donde se muestra la localización del sismo, las estaciones usadas para el análisis y el tiempo de viaje para las fases P y S.

#### 4.4. Secuencia sísmica posterior al sismo principal

En el monitoreo sísmico posterior al evento principal se realizó el reporte de una secuencia sísmica en curso, donde el operador de turno reporto hasta 20 formas de onda con característica asociadas a sismos de menor magnitud. siendo un total de 5 sismos localizados durante el turno del día domingo 23 de julio por la tarde. Para su estudió y caracterización posterior, se realizó un estimado de sismos asociados a esta fuente sísmica por medio del software Swarm, obteniendo con ello un total de 15 sismos pendientes a caracterizar debido a su buena resolución de forma de onda en al menos 3 sensores sísmicos de la -RSN-, y 46 sismos vistos únicamente por la estación más cercana a la secuencia siendo la estación HUBA (Barillas, Huehuetenago), asociados a la sísmicidad local de la placa tectónica. Se resalta que la visibilidad de los eventos sísmicos, así como su intensidad dependen de la cantidad de energía liberada por las placas tectónicas. Este estudió se detalla en la siguiente figura 7, donde los círculos rojos indican aquellos sismos que fueron captados por al menos 3 sensores sísmicos y los círculos verdes sismos locales y cercanos a la estación HUBA:









Figura 7: Determinación de los eventos sísmicos asociados a una secuencia de la falla por medio del Helicorder de HUBA. En círculos verdes los eventos asociados a sismicidad local en Barillas, Huehuetenango y en círculos rojos los eventos sísmicos a caracterizar en un estudio mas detallado en corto plazo.



## 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 el 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 3, 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 8), 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 9.

Por otra parte, contar con esta información de intensidades instrumentales (actual e histórica) representa un valor agregado para la generación o validación de modelos de predicción del movimiento del suelo (GMPE, por sus siglas en inglés) que son también parte importante del sistema de alerta temprana de terremotos.



Cuadro 3: Valores de velocidad y aceleración instrumental y su relación con la intensidad sísmica según (Wald et al., 1999)

Santa Cruz Barillas   25 km   0.823   3.013   IV   suave     Ixcán   50 km   0.149   0.210   II-III   débil     Chajul   65 km   0.231   0.945   II-III   débil     Huehuetenango   85 km   0.191   0.562   II-III   débil     Cuilco   103 km   0.122   0.377   II-III   débil     Chisec   106 km   0.052   0.210   II-III   débil     Coban   111 km   0.157   0.318   II-III   débil     Joyabaj   125 km   0.135   0.346   II-III   débil     Labor Ovalle   133 km   0.164   0.313   II-III   débil     San Martin Jilotepeque   147 km   0.101   0.138   I   no percibido     Gatarina   158 km   1.799   0.094   I   no percibido     Cuyotenango   167 km   0.017   0.18   I   no percibido     MuniGuateZO7   174 km   0.08	Departamento	Ubicación	Código	Dist	PGV	PGA
Ixcán   50 km   0.149   0.210   II-III   débil     Chajul   65 km   0.231   0.945   II-III   débil     Huehuetenango   85 km   0.191   0.562   II-III   débil     Cuilco   103 km   0.122   0.377   II-III   débil     Chisec   106 km   0.052   0.210   II-III   débil     Coban   111 km   0.157   0.318   II-III   débil     Jayabaj   125 km   0.135   0.346   II-III   débil     Labor Ovalle   133 km   0.552   1.567   IV   suave     Rabinal   133 km   0.146   0.313   II-III   débil     San Martin Jilotepeque   147 km   0.101   0.138   I   no percibido     Catarina   158 km   1.799   0.094   I   no percibido     Cuyotenango   167 km   0.017   0.017   I   no percibido     MuniGuateZ07   174 km   0.087	Santa Cruz Barillas	$25 \mathrm{km}$	0.823	3.013	IV	suave
Chajul   65 km   0.231   0.945   II-III   débil     Huehuetenango   85 km   0.191   0.562   II-III   débil     Cuilco   103 km   0.122   0.377   II-III   débil     Chisec   106 km   0.052   0.210   II-III   débil     Coban   111 km   0.157   0.318   II-III   débil     Joyabaj   125 km   0.135   0.346   II-III   débil     Labor Ovalle   133 km   0.552   1.567   IV   suave     Rabinal   133 km   0.146   0.313   II-III   débil     San Martin Jilotepeque   147 km   0.117   0.138   I   no percibido     San Raymundo   157 km   0.175   0.291   II-III   débil     Cuyotenango   167 km   0.175   0.252   II-III   débil     Cuyotenango   167 km   0.017   0.17   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.037<	Ixcán	$50 \mathrm{km}$	0.149	0.210	II-III	débil
Huehuetenango $85 \ km$ $0.191$ $0.562$ II-IIIdébilCuilco $103 \ km$ $0.122$ $0.377$ II-IIIdébilChisec $106 \ km$ $0.052$ $0.210$ II-IIIdébilCoban $111 \ km$ $0.157$ $0.318$ II-IIIdébilJoyabaj $125 \ km$ $0.135$ $0.346$ II-IIIdébilLabor Ovalle $133 \ km$ $0.552$ $1.567$ IVsuaveRabinal $133 \ km$ $0.146$ $0.313$ II-IIIdébilSan Martin Jilotepeque $147 \ km$ $0.101$ $0.138$ Ino percibidoSan Raymundo $157 \ km$ $0.175$ $0.291$ II-IIIdébilCatarina $158 \ km$ $1.799$ $0.094$ Ino percibidoLa Tinta $166 \ km$ $0.175$ $0.107$ Ino percibidoLo de Coy - Mixco $172 \ km$ $0.085$ $0.108$ Ino percibidoMuniGuatezO7 $174 \ km$ $0.037$ $0.109$ Ino percibidoMuniGuateZO6 $174 \ km$ $0.077$ $0.083$ Ino percibidoCOVITGSS Villa Nueva $183 \ km$ $0.077$ $0.083$ Ino percibidoVilla Canales $185 \ km$ $0.077$ $0.083$ Ino percibidoColegio Julio Verne $188 \ km$ $0.030$ $0.047$ Ino percibidoColegio Julio Verne $188 \ km$ $0.030$ $0.047$ Ino percibidoColegio Julio Verne $192$	Chajul	$65 \mathrm{km}$	0.231	0.945	II-III	débil
Cuilco   103 km   0.122   0.377   II-III   débil     Chisec   106 km   0.052   0.210   II-III   débil     Coban   111 km   0.157   0.318   II-III   débil     Joyabaj   125 km   0.135   0.346   II-III   débil     Labor Ovalle   133 km   0.552   1.567   IV   suave     Rabinal   133 km   0.146   0.313   II-III   débil     San Martin Jilotepeque   147 km   0.101   0.138   I   no percibido     San Raymundo   157 km   0.175   0.291   II-III   débil     Catarina   158 km   1.799   0.094   I   no percibido     La Tinta   166 km   0.154   0.252   II-III   débil     Cuyotenango   167 km   0.017   0.017   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.087   0.142   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0	Huehuetenango	$85 \mathrm{km}$	0.191	0.562	II-III	débil
Chisec   106 km   0.052   0.210   II-III   débil     Coban   111 km   0.157   0.318   II-III   débil     Joyabaj   125 km   0.135   0.346   II-III   débil     Labor Ovalle   133 km   0.552   1.567   IV   suave     Rabinal   133 km   0.146   0.313   II-III   débil     San Martin Jilotepeque   147 km   0.101   0.138   I   no percibido     San Raymundo   157 km   0.175   0.291   II-III   débil     Catarina   158 km   1.799   0.094   I   no percibido     La Tinta   166 km   0.154   0.252   II-III   débil     Cuyotenango   167 km   0.017   0.017   I   no percibido     MuniGuateZ07   174 km   0.085   0.108   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.037   0.28   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km <td>Cuilco</td> <td><math>103 \mathrm{~km}</math></td> <td>0.122</td> <td>0.377</td> <td>II-III</td> <td>débil</td>	Cuilco	$103 \mathrm{~km}$	0.122	0.377	II-III	débil
Coban   111 km   0.157   0.318   II-III   débil     Joyabaj   125 km   0.135   0.346   II-III   débil     Labor Ovalle   133 km   0.552   1.567   IV   suave     Rabinal   133 km   0.146   0.313   II-III   débil     San Martin Jilotepeque   147 km   0.101   0.138   I   no percibido     San Raymundo   157 km   0.175   0.291   II-III   débil     Catarina   158 km   1.799   0.094   I   no percibido     La Tinta   166 km   0.154   0.252   II-III   débil     Cuyotenango   167 km   0.017   0.017   I   no percibido     MuniGuate207   174 km   0.085   0.108   I   no percibido     MuniGuate206   174 km   0.037   0.028   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.077   0.083   I   no percibido     Colegio Julio Verne	Chisec	$106 \mathrm{km}$	0.052	0.210	II-III	débil
Joyabaj125 km0.1350.346II-IIdébilLabor Ovalle133 km0.5521.567IVsuaveRabinal133 km0.1460.313II-IIIdébilSan Martin Jilotepeque147 km0.1010.138Ino percibidoSan Raymundo157 km0.1750.291II-IIIdébilCatarina158 km1.7990.094Ino percibidoLa Tinta166 km0.1540.252II-IIIdébilCuyotenango167 km0.0170.017Ino percibidoLo de Coy - Mixco172 km0.0850.108Ino percibidoMuniGuateZ07174 km0.0370.109Ino percibidoMuniGuateZ06174 km0.0370.028Ino percibidoRetalhuleu175 km0.0370.028Ino percibidoCOVITGSS Villa Nueva183 km0.0700.092Ino percibidoVilla Canales186 km0.0300.047Ino percibidoSan Jose Pinula192 km0.1390.034Ino percibidoCabañas197 km0.0510.046Ino percibidoJalapa206 km0.0310.047Ino percibidoGebra198 km0.0540.075Ino percibidoGabañas197 km0.0540.046Ino percibidoGabañas197 km0.0540.046Ino percibido	Coban	111 km	0.157	0.318	II-III	débil
Labor Ovalle   133 km   0.552   1.567   IV   suave     Rabinal   133 km   0.146   0.313   II-III   débil     San Martin Jilotepeque   147 km   0.101   0.138   I   no percibido     San Raymundo   157 km   0.175   0.291   II-III   débil     Catarina   158 km   1.799   0.094   I   no percibido     La Tinta   166 km   0.154   0.252   II-III   débil     Cuyotenango   167 km   0.017   0.017   I   no percibido     MuniGuatez07   174 km   0.085   0.108   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.073   0.109   I   no percibido     Retalhuleu   175 km   0.037   0.028   I   no percibido     INSIVUMEH   178 km   0.037   0.028   I   no percibido     Quigta State   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     Colegio Julio Verne	Joyabaj	$125 \mathrm{~km}$	0.135	0.346	II-III	débil
Rabinal133 km0.1460.313II-IIIdébilSan Martin Jilotepeque147 km0.1010.138Ino percibidoSan Raymundo157 km0.1750.291II-IIIdébilCatarina158 km1.7990.094Ino percibidoLa Tinta166 km0.1540.252II-IIIdébilCuyotenango167 km0.0170.017Ino percibidoLo de Coy - Mixco172 km0.0850.108Ino percibidoMuniGuatez07174 km0.0870.142Ino percibidoMuniGuateZ06174 km0.0370.028Ino percibidoRetalhuleu175 km0.0370.028Ino percibidoINSIVUMEH178 km0.0520.075Ino percibidoCOVITGSS Villa Nueva183 km0.0700.092Ino percibidoVilla Canales185 km0.0370.083Ino percibidoSan Jose Pinula192 km0.1390.034Ino percibidoGabañas197 km0.0660.237Ino percibidoGabañas197 km0.0540.075Ino percibidoGabañas197 km0.0540.075Ino percibidoGabañas197 km0.0540.075Ino percibidoGabañas197 km0.0540.075Ino percibidoGabañas197 km0.0540.075Ino perci	Labor Ovalle	$133 \mathrm{~km}$	0.552	1.567	IV	suave
San Martin Jilotepeque $147 \text{ km}$ $0.101$ $0.138$ Ino percibidoSan Raymundo $157 \text{ km}$ $0.175$ $0.291$ II-IIIdébilCatarina $158 \text{ km}$ $1.799$ $0.094$ Ino percibidoLa Tinta $166 \text{ km}$ $0.154$ $0.252$ II-IIIdébilCuyotenango $167 \text{ km}$ $0.017$ $0.017$ Ino percibidoLo de Coy - Mixco $172 \text{ km}$ $0.085$ $0.108$ Ino percibidoMuniGuatez07 $174 \text{ km}$ $0.087$ $0.142$ Ino percibidoMuniGuateZ06 $174 \text{ km}$ $0.037$ $0.028$ Ino percibidoRetalhuleu $175 \text{ km}$ $0.037$ $0.028$ Ino percibidoINSIVUMEH $178 \text{ km}$ $0.052$ $0.075$ Ino percibidoCOVITGSS Villa Nueva $183 \text{ km}$ $0.070$ $0.092$ Ino percibidoPanzos $186 \text{ km}$ $0.034$ Ino percibidoColegio Julio Verne $188 \text{ km}$ $0.030$ $0.047$ Ino percibidoGabañas $197 \text{ km}$ $0.034$ Ino percibidoGabañas $197 \text{ km}$ $0.034$ Ino percibidoJalapa $206 \text{ km}$ $0.031$ $0.047$ Ino percibidoGebañas $197 \text{ km}$ $0.054$ $0.075$ Ino percibidoGabañas $197 \text{ km}$ $0.054$ $0.045$ Ino percibidoGocs $198 \text{ km}$ $0.054$ <td>Rabinal</td> <td><math>133 \mathrm{~km}</math></td> <td>0.146</td> <td>0.313</td> <td>II-III</td> <td>débil</td>	Rabinal	$133 \mathrm{~km}$	0.146	0.313	II-III	débil
San Raymundo   157 km   0.175   0.291   II-III   débil     Catarina   158 km   1.799   0.094   I   no percibido     La Tinta   166 km   0.154   0.252   II-III   débil     Cuyotenango   167 km   0.017   0.017   I   no percibido     Lo de Coy - Mixco   172 km   0.085   0.108   I   no percibido     MuniGuatez07   174 km   0.087   0.142   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.073   0.109   I   no percibido     Retalhuleu   175 km   0.037   0.028   I   no percibido     INSIVUMEH   178 km   0.052   0.075   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.070   0.083   I   no percibido     Panzos   186 km   0.054   0.185   I   no percibido     Colegio Julio Verne   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     Gasañas <td>San Martin Jilotepeque</td> <td><math>147 \mathrm{~km}</math></td> <td>0.101</td> <td>0.138</td> <td>Ι</td> <td>no percibido</td>	San Martin Jilotepeque	$147 \mathrm{~km}$	0.101	0.138	Ι	no percibido
Catarina158 km1.7990.094Ino percibidoLa Tinta166 km0.1540.252II-IIIdébilCuyotenango167 km0.0170.017Ino percibidoLo de Coy - Mixco172 km0.0850.108Ino percibidoMuniGuatez07174 km0.0870.142Ino percibidoMuniGuateZ06174 km0.0730.109Ino percibidoRetalhuleu175 km0.0370.028Ino percibidoINSIVUMEH178 km0.0520.075Ino percibidoCOVITGSS Villa Nueva183 km0.0700.092Ino percibidoVilla Canales185 km0.0770.083Ino percibidoColegio Julio Verne188 km0.0300.047Ino percibidoSan Jose Pinula192 km0.1390.046Ino percibidoGocos198 km0.0510.046Ino percibidoJalapa206 km0.0310.047Ino percibidoEstanzuela214 km0.1950.182II-IIIdébilSan Andres Villa Seca214 km0.0350.015Ino percibido	San Raymundo	$157 \mathrm{~km}$	0.175	0.291	II-III	débil
La Tinta   166 km   0.154   0.252   II-III   débil     Cuyotenango   167 km   0.017   0.017   I   no percibido     Lo de Coy - Mixco   172 km   0.085   0.108   I   no percibido     MuniGuatez07   174 km   0.087   0.142   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.073   0.109   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.037   0.028   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.037   0.028   I   no percibido     Retalhuleu   175 km   0.037   0.028   I   no percibido     INSIVUMEH   178 km   0.052   0.075   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.070   0.092   I   no percibido     Panzos   186 km   0.054   0.185   I   no percibido     Colegio Julio Verne   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     Cabañ	Catarina	$158 \mathrm{~km}$	1.799	0.094	Ι	no percibido
Cuyotenango   167 km   0.017   0.017   I   no percibido     Lo de Coy - Mixco   172 km   0.085   0.108   I   no percibido     MuniGuatez07   174 km   0.087   0.142   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.073   0.109   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.037   0.028   I   no percibido     Retalhuleu   175 km   0.037   0.028   I   no percibido     INSIVUMEH   178 km   0.052   0.075   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.070   0.083   I   no percibido     Villa Canales   185 km   0.077   0.083   I   no percibido     Colegio Julio Verne   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     San Jose Pinula   192 km   0.139   0.034   I   no percibido     Qcos   198 km   0.951   0.046   I   no percibido     <	La Tinta	$166 \mathrm{~km}$	0.154	0.252	II-III	débil
Lo de Coy - Mixco   172 km   0.085   0.108   I   no percibido     MuniGuatez07   174 km   0.087   0.142   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.073   0.109   I   no percibido     Retalhuleu   175 km   0.037   0.028   I   no percibido     INSIVUMEH   178 km   0.052   0.075   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.070   0.092   I   no percibido     Villa Canales   185 km   0.077   0.083   I   no percibido     Colegio Julio Verne   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     San Jose Pinula   192 km   0.139   0.034   I   no percibido     Ocos   198 km   0.951   0.046   I   no percibido     Jalapa   206 km   0.031   0.047   I   no percibido     El Estor   212 km   0.054   0.075   I   no percibido     El Est	Cuyotenango	$167 \mathrm{~km}$	0.017	0.017	Ι	no percibido
MuniGuatez07   174 km   0.087   0.142   I   no percibido     MuniGuateZ06   174 km   0.073   0.109   I   no percibido     Retalhuleu   175 km   0.037   0.028   I   no percibido     INSIVUMEH   178 km   0.052   0.075   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.070   0.092   I   no percibido     Villa Canales   185 km   0.077   0.083   I   no percibido     Panzos   186 km   0.030   0.047   I   no percibido     Colegio Julio Verne   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     San Jose Pinula   192 km   0.139   0.034   I   no percibido     Ocos   198 km   0.951   0.046   I   no percibido     Jalapa   206 km   0.031   0.047   I   no percibido     El Estor   212 km   0.054   0.075   I   no percibido     El Estanzuela <td>Lo de Coy - Mixco</td> <td><math>172 \mathrm{~km}</math></td> <td>0.085</td> <td>0.108</td> <td>Ι</td> <td>no percibido</td>	Lo de Coy - Mixco	$172 \mathrm{~km}$	0.085	0.108	Ι	no percibido
MuniGuateZ06   174 km   0.073   0.109   I   no percibido     Retalhuleu   175 km   0.037   0.028   I   no percibido     INSIVUMEH   178 km   0.052   0.075   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.070   0.092   I   no percibido     Villa Canales   185 km   0.077   0.083   I   no percibido     Panzos   186 km   0.054   0.185   I   no percibido     Colegio Julio Verne   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     San Jose Pinula   192 km   0.139   0.034   I   no percibido     Ocos   198 km   0.951   0.046   I   no percibido     Jalapa   206 km   0.031   0.047   I   no percibido     El Estor   212 km   0.054   0.075   I   no percibido     El Estor   212 km   0.054   0.075   I   no percibido     San Andres Villa Seca	MuniGuatez07	$174 \mathrm{km}$	0.087	0.142	Ι	no percibido
Retalhuleu175 km0.0370.028Ino percibidoINSIVUMEH178 km0.0520.075Ino percibidoCOVITGSS Villa Nueva183 km0.0700.092Ino percibidoVilla Canales185 km0.0770.083Ino percibidoPanzos186 km0.0540.185Ino percibidoColegio Julio Verne188 km0.0300.047Ino percibidoSan Jose Pinula192 km0.1390.034Ino percibidoCabañas197 km0.0660.237Ino percibidoJalapa206 km0.0310.047Ino percibidoEstanzuela214 km0.1950.182II-IIIdébilSan Andres Villa Seca214 km0.0150.028Ino percibido	MuniGuateZ06	$174 \mathrm{~km}$	0.073	0.109	Ι	no percibido
INSIVUMEH   178 km   0.052   0.075   I   no percibido     COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.070   0.092   I   no percibido     Villa Canales   185 km   0.077   0.083   I   no percibido     Panzos   186 km   0.054   0.185   I   no percibido     Colegio Julio Verne   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     San Jose Pinula   192 km   0.139   0.034   I   no percibido     Cobañas   197 km   0.066   0.237   I   no percibido     Jalapa   206 km   0.951   0.046   I   no percibido     El Estor   212 km   0.054   0.075   I   no percibido     Estanzuela   214 km   0.195   0.182   II-III   débil     San Andres Villa Seca   214 km   0.035   0.015   I   no percibido	Retalhuleu	$175 \mathrm{~km}$	0.037	0.028	Ι	no percibido
COVITGSS Villa Nueva   183 km   0.070   0.092   I   no percibido     Villa Canales   185 km   0.077   0.083   I   no percibido     Panzos   186 km   0.054   0.185   I   no percibido     Colegio Julio Verne   188 km   0.030   0.047   I   no percibido     San Jose Pinula   192 km   0.139   0.034   I   no percibido     Cabañas   197 km   0.066   0.237   I   no percibido     Ocos   198 km   0.951   0.046   I   no percibido     Jalapa   206 km   0.031   0.047   I   no percibido     El Estor   212 km   0.054   0.075   I   no percibido     Estanzuela   214 km   0.195   0.182   II-III   débil     San Andres Villa Seca   214 km   0.035   0.015   I   no percibido	INSIVUMEH	$178 \mathrm{~km}$	0.052	0.075	Ι	no percibido
Villa Canales185 km0.0770.083Ino percibidoPanzos186 km0.0540.185Ino percibidoColegio Julio Verne188 km0.0300.047Ino percibidoSan Jose Pinula192 km0.1390.034Ino percibidoCabañas197 km0.0660.237Ino percibidoOcos198 km0.9510.046Ino percibidoJalapa206 km0.0310.047Ino percibidoEstanzuela212 km0.0540.075Ino percibidoSan Andres Villa Seca214 km0.0350.015Ino percibidoZacapa217 km0.0150.028Ino percibido	COVITGSS Villa Nueva	$183 \mathrm{~km}$	0.070	0.092	Ι	no percibido
Panzos186 km0.0540.185Ino percibidoColegio Julio Verne188 km0.0300.047Ino percibidoSan Jose Pinula192 km0.1390.034Ino percibidoCabañas197 km0.0660.237Ino percibidoOcos198 km0.9510.046Ino percibidoJalapa206 km0.0310.047Ino percibidoEl Estor212 km0.0540.075Ino percibidoSan Andres Villa Seca214 km0.0350.015Ino percibidoZacapa217 km0.0150.028Ino percibido	Villa Canales	$185 \mathrm{~km}$	0.077	0.083	Ι	no percibido
Colegio Julio Verne188 km0.0300.047Ino percibidoSan Jose Pinula192 km0.1390.034Ino percibidoCabañas197 km0.0660.237Ino percibidoOcos198 km0.9510.046Ino percibidoJalapa206 km0.0310.047Ino percibidoEl Estor212 km0.0540.075Ino percibidoEstanzuela214 km0.1950.182II-IIIdébilSan Andres Villa Seca217 km0.0150.028Ino percibido	Panzos	186 km	0.054	0.185	Ι	no percibido
San Jose Pinula $192 \text{ km}$ $0.139$ $0.034$ Ino percibidoCabañas $197 \text{ km}$ $0.066$ $0.237$ Ino percibidoOcos $198 \text{ km}$ $0.951$ $0.046$ Ino percibidoJalapa $206 \text{ km}$ $0.031$ $0.047$ Ino percibidoEl Estor $212 \text{ km}$ $0.054$ $0.075$ Ino percibidoEstanzuela $214 \text{ km}$ $0.195$ $0.182$ II-IIIdébilSan Andres Villa Seca $214 \text{ km}$ $0.035$ $0.015$ Ino percibidoZacapa $217 \text{ km}$ $0.015$ $0.028$ Ino percibido	Colegio Julio Verne	188 km	0.030	0.047	Ι	no percibido
Cabañas   197 km   0.066   0.237   I   no percibido     Ocos   198 km   0.951   0.046   I   no percibido     Jalapa   206 km   0.031   0.047   I   no percibido     El Estor   212 km   0.054   0.075   I   no percibido     Estanzuela   214 km   0.195   0.182   II-III   débil     San Andres Villa Seca   214 km   0.035   0.015   I   no percibido     Zacapa   217 km   0.015   0.028   I   no percibido	San Jose Pinula	$192 \mathrm{~km}$	0.139	0.034	Ι	no percibido
Ocos   198 km   0.951   0.046   I   no percibido     Jalapa   206 km   0.031   0.047   I   no percibido     El Estor   212 km   0.054   0.075   I   no percibido     Estanzuela   214 km   0.195   0.182   II-III   débil     San Andres Villa Seca   214 km   0.035   0.015   I   no percibido     Zacapa   217 km   0.015   0.028   I   no percibido	Cabañas	$197 \mathrm{~km}$	0.066	0.237	Ι	no percibido
Jalapa206 km0.0310.047Ino percibidoEl Estor212 km0.0540.075Ino percibidoEstanzuela214 km0.1950.182II-IIIdébilSan Andres Villa Seca214 km0.0350.015Ino percibidoZacapa217 km0.0150.028Ino percibido	Ocos	$198 \mathrm{~km}$	0.951	0.046	Ι	no percibido
El Estor212 km0.0540.075Ino percibidoEstanzuela214 km0.1950.182II-IIIdébilSan Andres Villa Seca214 km0.0350.015Ino percibidoZacapa217 km0.0150.028Ino percibido	Jalapa	$206 \mathrm{km}$	0.031	0.047	Ι	no percibido
Estanzuela214 km0.1950.182II-IIIdébilSan Andres Villa Seca214 km0.0350.015Ino percibidoZacapa217 km0.0150.028Ino percibido	El Estor	$212 \mathrm{~km}$	0.054	0.075	Ι	no percibido
San Andres Villa Seca214 km0.0350.015Ino percibidoZacapa217 km0.0150.028Ino percibido	Estanzuela	$214~\mathrm{km}$	0.195	0.182	II-III	débil
Zacapa 217 km 0.015 0.028 I no percibido	San Andres Villa Seca	$214 \mathrm{~km}$	0.035	0.015	Ι	no percibido
	Zacapa	$217 \mathrm{km}$	0.015	0.028	Ι	no percibido

continúa en la siguiente página...



Ubicación	Código	Dist	PGV	PGA
222  km	0.027	0.045	Ι	no percibido
230  km	0.038	0.045	Ι	no percibido
230  km	0.029	0.097	Ι	no percibido
$251 \mathrm{~km}$	0.026	0.020	Ι	no percibido
$256 \mathrm{km}$	0.026	0.034	Ι	no percibido
262  km	0.012	0.015	Ι	no percibido
262  km	0.009	0.012	Ι	no percibido
$287~\mathrm{km}$	0.482	0.048	Ι	no percibido
	Ubicación 222 km 230 km 230 km 251 km 256 km 262 km 262 km 287 km	Ubicación   Código     222 km   0.027     230 km   0.038     230 km   0.029     251 km   0.026     256 km   0.026     262 km   0.012     262 km   0.009     287 km   0.482	UbicaciónCódigoDist222 km0.0270.045230 km0.0380.045230 km0.0290.097251 km0.0260.020256 km0.0260.034262 km0.0120.015262 km0.0090.012287 km0.4820.048	UbicaciónCódigoDistPGV222 km0.0270.045I230 km0.0380.045I230 km0.0290.097I251 km0.0260.020I256 km0.0260.034I262 km0.0120.015I262 km0.0090.012I287 km0.4820.048I

(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.





17





Figura 8: 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)









Figura 9: Mapa del departamento de Huehuetenango donde se muestra con mayor detalle espacial la sacudida del suelo.









### 6. ShakeMap

El ShakeMap 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, la sección de sismología del Departamento de Investigaión y Servicios Geofísicos del INSIVUMEH recopila datos de aceleración del suelo registrados por la Red Sísmica Nacional -RSN- y socios locales, así de otros centros sismológicos internacionales. A partir de estos datos, se calculan los valores de intensidad instrumental que experimenta el suelo, esta intensidad se mide 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  $5.3M_w$  ocurrido el pasado 23 de julio en el departamento de Huehuetenango, registró intensidades de hasta IV en escala de Mercali Modificada para el municipio de Santa Cruz Barillas, mientras que para otros municipios se registraron intensidades máximas de II-III en escala de Mercali Modificada.





Mapa de Intensidad Instrumental Fecha: domingo, 23 de julio de 2023 | Hora Local: 12:23:12 Magnitud: 5.2 | Latitud N: 16.037 | Longitud O: -91.246 | Prof.: 5.0km | ID:temp



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

Figura 10: 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)



21



# 6.1. Inversión de la forma de onda en el campo cercano con FMNEAR

Otro de los métodos utilizados para el cálculo del mecanismo focal fue la inversión de formas de onda con el software FMNEAR, con el cual se estimaron: la magnitud de momento (Mw), el mecanismo de doble par (rumbo, buzamiento e inclinación) y la distribución del momento sísmico a lo largo del rumbo, lo cual proporciona una estimación de primer orden de la longitud de ruptura y directividad (Delouis, 2014).

Como parte del procesamiento de este software, los registros se convierten a desplazamiento, ya sea que estén en velocidad o en aceleración. Esto significa que en el caso de los registros de estaciones banda ancha se aplica solo una integración y filtros pasa banda específicos que van del rango de 0.01 a 0.8 Hz, por cada componente de los sismogramas (norte, este y vertical). La inversión se lleva a cabo en pasos sucesivos que combinan búsquedas rápidas de cuadrícula en los parámetros de rumbo, buzamiento e inclinación para determinar los tiempos de inicio de ruptura y la función fuente temporal local. La búsqueda en cuadrícula no lineal ofrece la posibilidad de evaluar el grado de unicidad de la solución y define un índice de confianza que va de 0 a 100 %.

Para el caso del sismo del 23 de julio se logró obtener un resultado de buena calidad con un RMS de 0.6 y un índice de calidad de 82% como se muestra en la figura 11 (en la sección de anexos se muestra la solución completa donde se observa la inversión de las 11 estaciones utilizadas).







Figura 11: Solución obtenida con el software FMNEAR, (Delouis, 2014). Se observa el adecuado ajuste del registro sísmico obtenido (sismograma negro) y el sintético (sismograma rojo), para dos estaciones de la RSN (HUBA, en Barillas Huehuetenango y HUCU, en Cuilco, Huehuetenango). En los anexos se muestra la totalidad de estaciones sísmicas utilizadas.

La magnitud de momento  $M_w$  estimada fue de 4,7, mientras que los planos nodales encontrados con FMNEAR se muestran a continuación:

Plano	Strike (°)	Dip (°)	Rake $(^{\circ})$
1	120.0	10.0	65.4
2	324.9	80.9	94.2

Cuadro 4: Planos nodales encontrados usando el método de inversión de FMNEAR.





### 7. 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 la cual 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 estimación del *Shake Map* o mapa de sacudidas recientemente implementado alcanzo valores de intensidad de II-III en la escala de Intensidad de Mercalli Modificada en algunas localidades del país al igual que las estimaciones de Intensidad Sísmica Instrumental.

El análisis realizado de la Red Sísmica 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 realizó inversión utilizando el software W-phase, 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. Esto significa un paso importante para la comprensión las amenazas sísmicas que afectan al país.





### 8. 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 y un especial agradecimiento a: Griselda Marroquin y al Msc. Ing Luis Mixco personal del (MARN) quienes en el marco del proyecto ATTAC no han apoyado en la implementación el ShakeMap. El Programa de Asistencia para Desastres Volcánicos (VDAP, por sus siglas en inlgés) 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. Agradecemos a la Universidad de Chile, que por medio del Programa Riesgo Sísmico ha bindado apoyo al INSIVUMEH para la implementación del FMNEAR.

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.











GOBIERNO de GUATEMALA DE ALEJANDEO GLAMMATTEI DE ALEJANDEO GLAMMATTEI Y VIVIENDA

INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA



### 9. Anexos



Figura 12: Solución completa obtenida a través del programa FMNEAR (Delouis, 2014), para la inversión en el campo cercano

Notice of the second se

27



Datos e imágenes de utilidad disponibles en el siguiente link: http://geo.insivumeh.gob.gt/RT\_2023-07-18/

### Referencias

- 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.
- A. M. Dziewonski, T.-A. Chou, and J. H. Woodhouse. Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 86(B4):2825-2852, 1981. doi: https://doi.org/10.1029/JB086iB04p02825. URL https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/ JB086iB04p02825.
- G. Ekström, M. Nettles, and A.M. Dziewoński. The global cmt project 2004-2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. *Physics* of the Earth and Planetary Interiors, 200-201:1-9, 2012. ISSN 0031-9201. doi: https://doi.org/10.1016/j.pepi.2012.04.002. URL https://www. sciencedirect.com/science/article/pii/S0031920112000696.
- Marco Guzmán-Speziale. Beyond the motagua and polochic faults: Active strike-slip faulting along the western north america–caribbean plate boundary zone. *Tectonophysics*, 496(1-4):17–27, 2010.
- Marco Guzmán-Speziale, Wayne D Pennington, and Tosimatu Matumoto. The triple junction of the north america, cocos, and caribbean plates: Seismicity and tectonics. *Tectonics*, 8(5):981–997, 1989.
- G. Hayes, L. Rivera, and H. Kanamori. Source Inversion of the W-Phase: Real-time Implementation and Extension to Low Magnitudes. *Seismolo*gical 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.
- J.J. Meneses-Rocha. Tectonic evolution of the strike-slip fault province of Chiapas, Mexico. PhD thesis, University of Texas at Austin, 1985.
- Seth Stein and M Wysession. Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure. Blackwell Publishing, 2003.
- David J Wald, Vincent Quitoriano, 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.
- Richard Weyl. Geology of central america. -, 1980.
- 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.



ISTERIO DE