

OVSICORI

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica
Universidad Nacional · Heredia, Costa Rica · www.ovsicori.una.ac.cr

Heredia, 5 de julio de 2026

UNA-OVSICORI-OFIG-189-2026

Señora

Msc. Marta Eugenia Esquivel Rodríguez

Diputada de la República

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica

Referencia: Oficio AL-FPPS-37-OFI-00124-2026, del 2 de julio de 2026.

Asunto: Criterio técnico sismotectónico del sitio propuesto para la construcción del nuevo Hospital de Cartago, cantón de El Guarco, provincia de Cartago.

Estimada señora Diputada:

Reciba un atento saludo. En atención a su solicitud de criterio técnico, y en el marco de las funciones de investigación, monitoreo y servicio público que me competen dentro de este Observatorio, me permito remitir el presente criterio técnico relativo al grado de sismicidad y a las fuentes sismogénicas asociadas al sitio propuesto para el nuevo Hospital de Cartago, en el cantón de El Guarco. El documento se estructura siguiendo los aspectos consultados en su oficio, y precisa desde el inicio el alcance y los límites de competencia institucional que enmarcan la respuesta.

A continuación, se presenta el criterio técnico solicitado.

Contenido

1. Introducción, objeto y fuentes de información.....	3
1.1 Alcance y delimitación de competencia.....	3
1.2 Nota sobre la ubicación de referencia	4
2. Marco tectónico regional	4
3. Caracterización sísmica de la zona (aspecto 1)	4
3.1 Nivel de amenaza sísmica.....	4
3.2 Sismicidad histórica relevante	5
3.3 Sismicidad instrumental reciente (catálogo 2010–2025).....	6
4. Fuentes sismogénicas cercanas (aspecto 2).....	9
4.1 Inventario de fallas activas próximas y distancias	9
4.2 Comportamiento de las fuentes principales.....	10
4.3 Estilo de fallamiento (mecanismos focales).....	11
5. Régimen de esfuerzos tectónicos.....	13
6. Condiciones geológicas y geotécnicas (aspecto 3).....	16
6.1 Marco geológico y estratigráfico del sitio.....	16
6.2 Comportamiento ante eventos sísmicos y delimitación geotécnica	18
7. Riesgos geodinámicos asociados (aspecto 4)	19
8. Parámetros de diseño y zonificación normativa (aspectos 5 y 6)	19
9. Recomendaciones de estudios adicionales (aspecto 7)	20
10. Síntesis y conclusiones	21
11. Alcance y limitaciones del presente criterio	21
Referencias seleccionadas.....	22

1. Introducción, objeto y fuentes de información

El presente criterio técnico responde a la solicitud formulada por la señora Diputada mediante el oficio de referencia, en relación con el grado de sismicidad y las fuentes sismogénicas asociadas al terreno destinado a la construcción del nuevo Hospital de Cartago (reemplazo del Hospital Dr. Maximiliano Peralta Jiménez), ubicado en el sector del valle de El Guarco (depresión de Coris–El Guarco), cantón de El Guarco, provincia de Cartago. Su finalidad es aportar, desde la sismología y la neotectónica, una caracterización rigurosa del contexto sísmico del emplazamiento que sirva de insumo a las etapas de planificación, diseño y gestión del riesgo del proyecto.

La caracterización se sustenta en los recursos técnicos y las bases de datos del OVSICORI-UNA, a saber: (i) el catálogo de sismicidad relocalizada de doble diferencia (algoritmo *HypoDD*), con 3 505 sismos del período 2010–2025 en el Valle Central oriental y el valle de El Guarco; (ii) un catálogo de mecanismos focales (calculado mediante las metodologías del OVSICORI-UNA); (iii) la inversión del campo de esfuerzos tectónicos a partir de mecanismos focales (metodología SATSI/pySATS) a distintas escalas espaciales; y (iv) la compilación de fallas activas de Costa Rica (recopilación de junio de 2023 basada en Rodríguez Sosa, 2017; Montero et al., 2007, 2016; Denyer et al., 2003). Estos insumos se complementan con la literatura neotectónica y sismológica revisada por pares y con el marco normativo nacional vigente.

1.1 Alcance y delimitación de competencia

Este criterio se circunscribe al ámbito de competencia técnico-científica del OVSICORI-UNA: la caracterización sismotectónica de la zona, marco tectónico regional, fuentes sismogénicas (fallas activas), sismicidad histórica e instrumental, régimen de esfuerzos y mecanismos focales, y la contextualización de la amenaza sísmica. En estos términos, se atienden plenamente los aspectos 1 y 2 de la consulta y se aporta el sustento sismológico de base para los aspectos 4 a 7.

Por el contrario, quedan expresamente fuera del alcance institucional de este Observatorio, por corresponder a las disciplinas de la ingeniería geotécnica y de la ingeniería estructural / sísmica, reguladas por el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA), el Código Sísmico de Costa Rica (CSCR-2010, revisión 2014) y el Código de Cimentaciones de Costa Rica, los siguientes puntos: (i) la determinación del tipo de suelo y su comportamiento dinámico, el potencial de licuefacción y la clasificación de sitio S1–S4 (aspecto 3); (ii) el análisis de estabilidad de taludes y de subsidencia específico del emplazamiento (aspecto 4); (iii) la definición de los valores de aceleración de diseño, los espectros de diseño y las recomendaciones de diseño estructural (aspecto 5); y (iv) la aplicación normativa de la zonificación sísmica al dimensionamiento de la obra (aspecto 6). Sobre estos puntos, el OVSICORI aporta el insumo sismotectónico de base, pero su desarrollo compete a los profesionales responsables del proyecto en el marco de la normativa citada. Estas delimitaciones se reiteran de forma puntual en las secciones respectivas.

1.2 Nota sobre la ubicación de referencia

Al momento de emitir este criterio no se dispone de las coordenadas oficiales del polígono del lote. Por ello, las distancias a las fuentes sismogénicas se calcularon respecto de dos puntos de referencia del área (El Guarco centro, 9,860°N–83,950°O; y Cartago centro, 9,864°N–83,919°O) y deben considerarse valores preliminares, sujetos a ajuste una vez se disponga de la geometría precisa del terreno. Esta precisión no altera las conclusiones de fondo sobre el marco sismotectónico del emplazamiento.

2. Marco tectónico regional

Costa Rica se localiza en el margen convergente del sureste de América Central, donde la placa del Coco subduce bajo la placa Caribe a lo largo de la Fosa Mesoamericana, frente al litoral pacífico. La convergencia ocurre a una tasa elevada, del orden de 8 a 9 cm/año ($\approx 82\text{--}91$ mm/año), en dirección aproximada N025°–N030°. Esta subducción, y en particular la entrada a la zona de subducción de la Cordillera del Coco (Cocos Ridge) en el sur del país, imponen un régimen de deformación intenso y una de las mayores tasas de liberación de energía sísmica del istmo.

La convergencia oblicua y el efecto indentor de la Cordillera del Coco producen una partición de la deformación y el desarrollo de un bloque de antearco (forearc sliver) centroamericano que escapa hacia el noroeste, paralelo a la fosa, a una tasa del orden de 8 a 11 mm/año. El borde interno (trasero) de este bloque, en la región central del país, corresponde al Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR), una franja ancha de deformación cortical que acomoda ese desplazamiento mediante un sistema de fallas superficiales.

El CDCCR se caracteriza por la coexistencia de fallas de rumbo dextrales de orientación N–S a NO, fallas de rumbo sinistral de orientación E–O a ENE, entre ellas las dos más prominentes de la región, las fallas Aguacaliente y Navarro, y fallas inversas de orientación E–O a ONO. La ciudad de Cartago y el valle de El Guarco se ubican de lleno dentro de este cinturón, en un sector donde convergen estructuras de rumbo y de cabalgamiento (zona transpresiva), y al pie sur del macizo volcánico activo Irazú–Turrialba. Este contexto explica la elevada recurrencia de sismos corticales superficiales y destructivos que históricamente ha experimentado la región (sección 3.2).

3. Caracterización sísmica de la zona (aspecto 1)

3.1 Nivel de amenaza sísmica

El área de El Guarco se emplaza en una de las regiones de mayor amenaza sísmica de Costa Rica de origen cortical superficial. Dicha amenaza proviene de dos dominios sismogénicos superpuestos: (a) un dominio cortical somero, asociado a las fallas activas del Valle Central y del CDCCR, capaz de generar sismos de magnitud moderada a fuerte (M_w 6–6.9) a muy escasa profundidad y a corta distancia; y (b) el dominio de subducción de la placa del Coco, de mayor

profundidad (decenas de kilómetros) y más alejado, capaz de sismos de gran magnitud pero cuyos efectos en el sitio se atenúan por la distancia. Como se muestra en la sección 3.3, la sismicidad instrumental confirma que la amenaza en el emplazamiento está gobernada por las fuentes corticales de campo cercano.

3.2 Sismicidad histórica relevante

Cartago es la ciudad costarricense con mayor recurrencia histórica de terremotos destructivos de origen local. Los eventos más relevantes para el área de estudio son los siguientes:

- **Terremoto de Cartago del 2 de septiembre de 1841.** Sismo cortical de magnitud acotada entre 6,0 y 6,9; produjo la primera destrucción documentada de la ciudad (cerca de 291 de unas 600 viviendas colapsadas) y motivó el primer reglamento constructivo del país. La fuente sísmica precisa permanece incierta en la literatura; se asocia genéricamente a las fuentes corticales del sur-sureste de Cartago, sin que exista atribución confirmada a una falla específica.
- **Terremoto de Cartago del 4 de mayo de 1910.** Sismo cortical superficial (profundidad < 10 km) de magnitud $M_w \approx 6,4$, generado por la falla Aguacaliente. Destruyó por completo la ciudad de Cartago y constituye el mayor desastre sísmico de la historia de Costa Rica por número de víctimas. Estuvo precedido por los sismos del Tablazo del 13 de abril de 1910 ($M_w \approx 5,0-5,2$), atribuidos al mismo sistema de fallas.
- **Sismos de 1912 y de la región de Tres Ríos.** Eventos históricos asociables al sistema Río Azul-Cipreses, con daños en el sector occidental del Valle Central oriental.
- **Terremoto de Piedras Negras (Puriscal) del 22 de diciembre de 1990.** $M_s \approx 5,7$ a profundidad somera (~6 km), asociado a las fallas Purires y Picagres; ilustra el potencial dañino de las fuentes corticales del Valle Central a corta distancia.
- **Secuencia de Capellades del 30 de noviembre de 2016.** Sismo de $M_w \approx 5,2-5,5$ y profundidad muy somera (~3 km) generado por la falla Liebres, de cinemática de rumbo, en el flanco sur del macizo Irazú-Turrialba, estructura que conecta hacia el occidente con el sistema Aguacaliente.

Este registro evidencia que las estructuras corticales del entorno de Cartago han producido, de manera recurrente, sismos superficiales de magnitud moderada a fuerte con capacidad destructiva, y constituye el antecedente histórico directo para la evaluación de la amenaza del sitio.

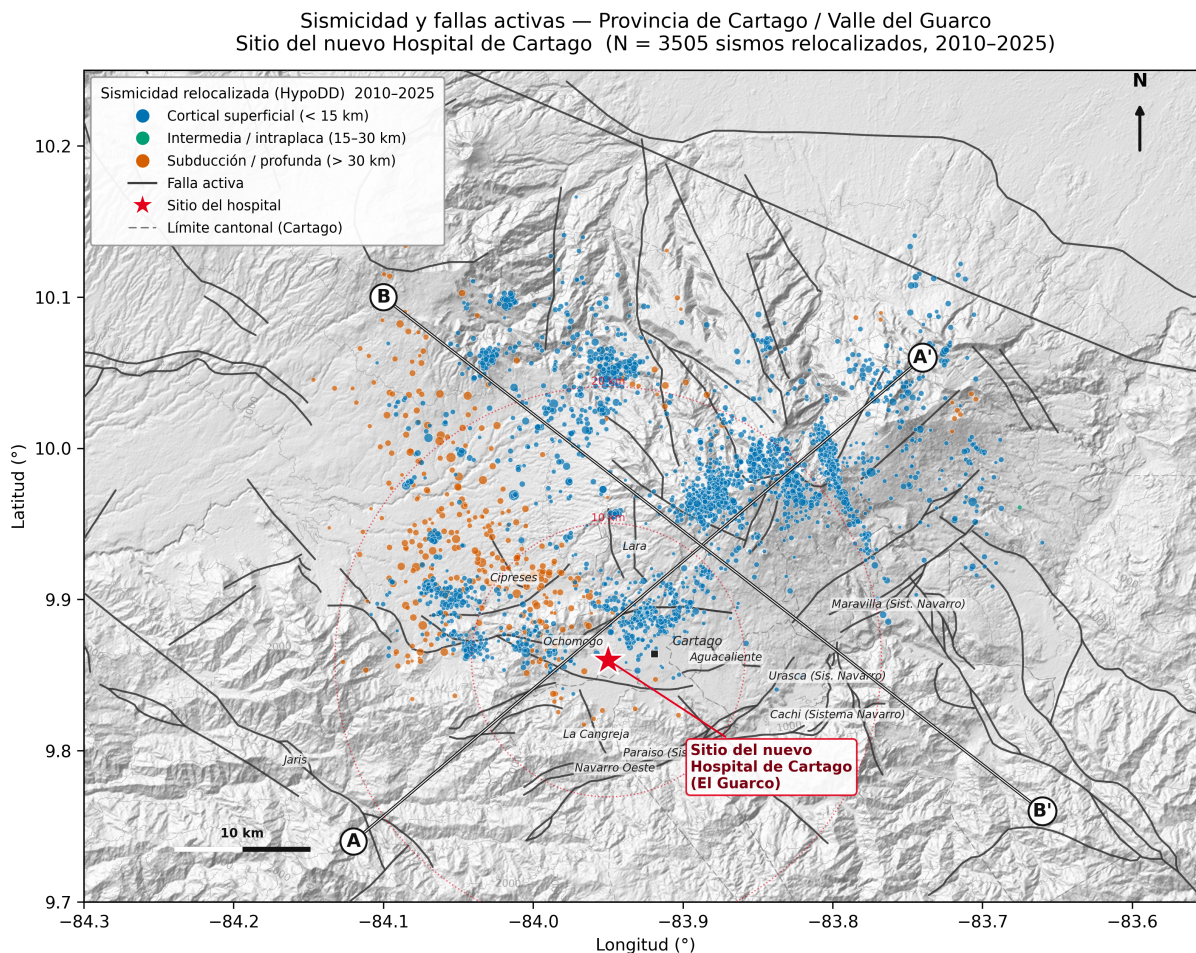


Figura 1. Mapa de sismicidad relocalizada (2010–2025) y fallas activas de la provincia de Cartago y el valle de El Guarco, clasificada por profundidad (cortical, intraplaca y de subducción), con la localización del sitio del proyecto y las trazas de los perfiles A–A' y B–B'. Fuente: OVSICORI-UNA.

3.3 Sismicidad instrumental reciente (catálogo relocalizado 2010–2025)

El catálogo de sismicidad relocalizada del OVSICORI para el período julio de 2010 a agosto de 2025 contiene 3 505 sismos en el Valle Central oriental y el valle de El Guarco, con magnitudes entre 0,0 y 4,9 (mediana 1,3) y profundidades entre 0,08 y 105 km (mediana 6,4 km). La distribución de profundidades es marcadamente bimodal: cerca del 90 % de los eventos son corticales someros (profundidad < 25 km) y aproximadamente un 10 % corresponde al plano de subducción (profundidad > 30 km), con una franja de transición (25–30 km) prácticamente vacía de sismicidad.

Al restringir el análisis a un radio de 20 km alrededor del emplazamiento, se cuentan **2 376 sismos**, de los cuales el 89,3 % son corticales someros (profundidad mediana de solo 5,0 km) y el 10,7 % pertenece a la subducción. La magnitud cortical máxima registrada instrumentalmente dentro de ese radio y dentro del catálogo digital es de Mw 4,6. Este patrón, sismicidad somera, densa y directamente subyacente al sitio, confirma que la amenaza sísmica del emplazamiento

está dominada por fuentes corticales de campo cercano, mientras que la subducción constituye una contribución secundaria y más profunda (Figuras 2 y 3).

Secciones transversales de sismicidad — Valle del Guarco / Cartago (HypoDD, 2010–2025)



Figura 2. Secciones transversales de sismicidad con topografía: perfil A–A' (SO–NE, perpendicular a la fosa) y perfil B–B' (NO–SE, paralelo al arco), con la proyección del sitio. Se aprecia el dominio de sismicidad cortical somera bajo el emplazamiento y el plano de subducción de la placa del Coco a mayor profundidad. Fuente: OVSICORI-UNA (relocalización HypoDD).

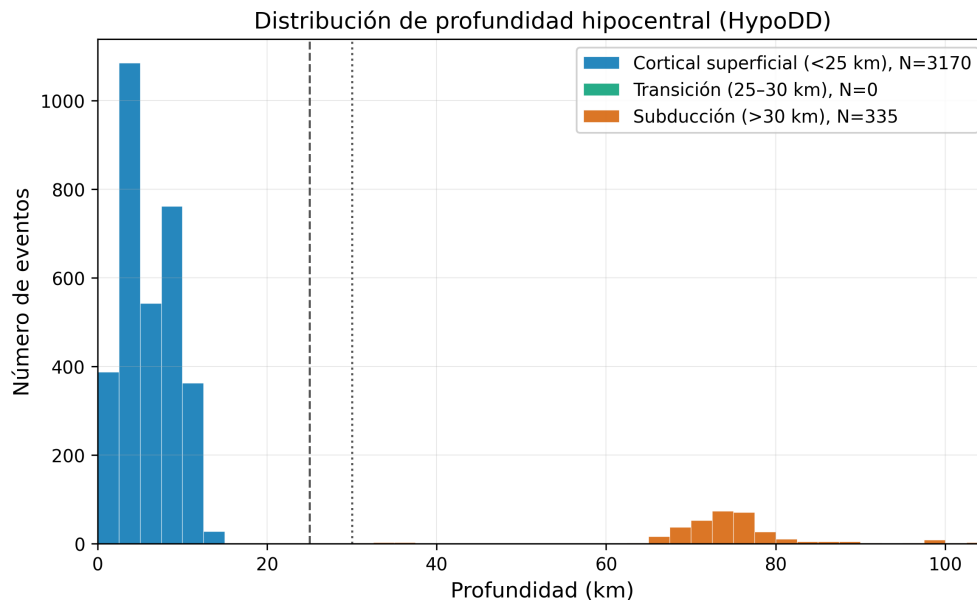


Figura 3. Histograma de profundidades hipocentrales. Se distinguen el dominio cortical (< 25 km), la zona de transición (25–30 km, casi sin sismos) y el dominio de subducción (> 30 km). Fuente: análisis OVSI-CORI-UNA.

El análisis de frecuencia–magnitud (relación de Gutenberg–Richter) del catálogo arroja un valor $b = 0,89 \pm 0,03$ para una magnitud de completitud $M_c = 1,8$ (Figura 4). Este valor de b , cercano a la unidad, es característico de corteza continental de arco tectónicamente activa y consistente con un régimen dominado por fallamiento cortical. Se advierte que el catálogo relocalizado está optimizado para la precisión relativa de las localizaciones y no para la completitud de detección, por lo que M_c y b deben interpretarse como indicativos regionales y no sustituyen un análisis de recurrencia dedicado (véase la sección 4.4 y las recomendaciones).

Análisis de completitud y frecuencia-magnitud — catálogo relocalizado (HypoDD)

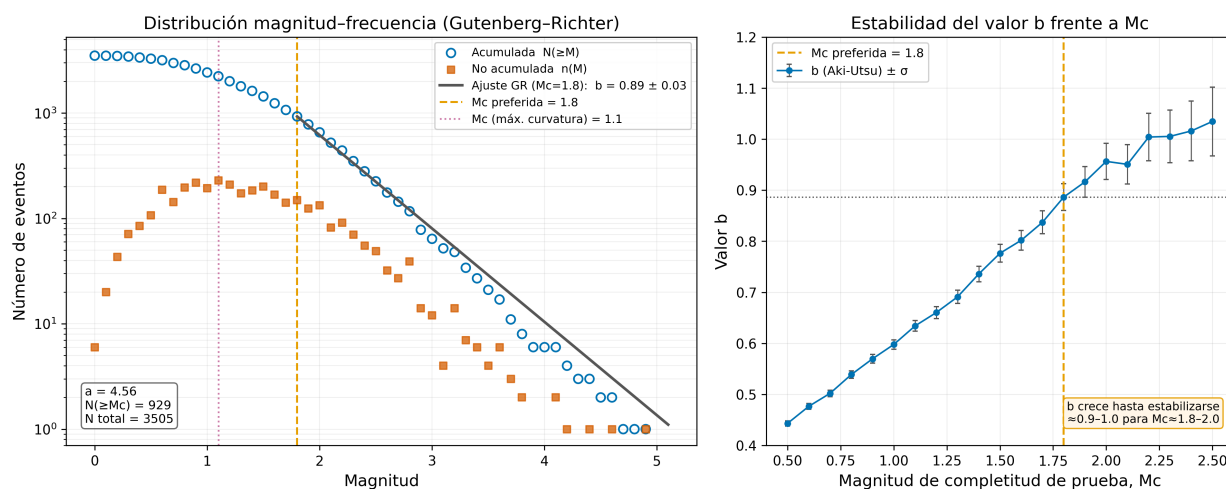


Figura 4. Distribución de frecuencia–magnitud (Gutenberg–Richter) del catálogo relocalizado, con recta de ajuste ($b = 0,89 \pm 0,03$; $M_c = 1,8$) y análisis de estabilidad del valor b respecto de la magnitud de completitud. Fuente: análisis OVSI-CORI-UNA.

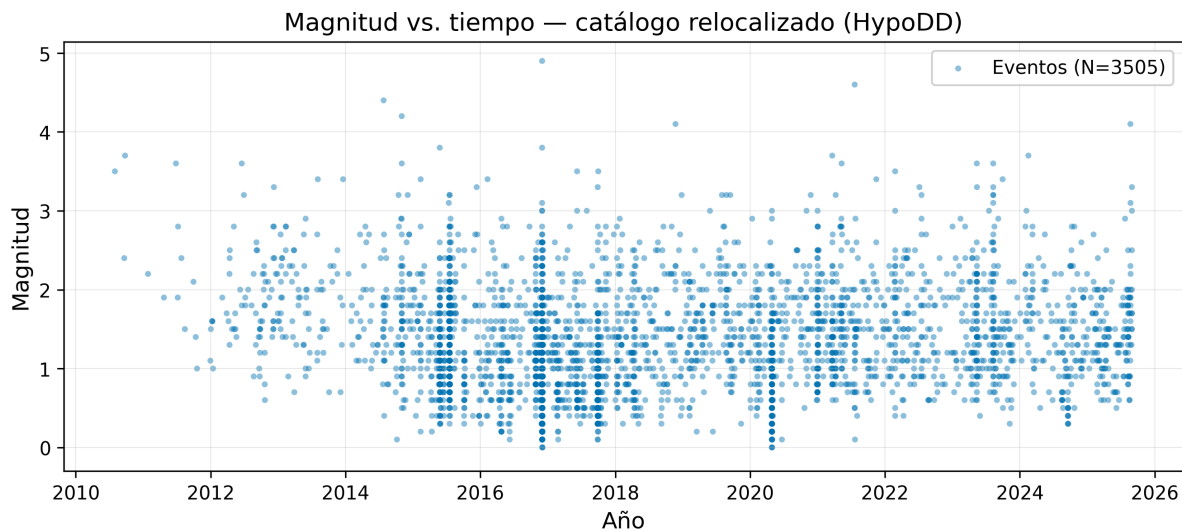


Figura 5. Magnitud en función del tiempo del catálogo relocalizado (2010–2025); el aumento de detección a partir de ~2014 refleja la densificación de la red sismográfica. Fuente: análisis OVSICORI-UNA.

4. Fuentes sismogénicas cercanas (aspecto 2)

4.1 Inventario de fallas activas próximas y distancias

A partir de la compilación de fallas activas de Costa Rica se identificaron las estructuras activas o potencialmente activas más cercanas al emplazamiento y se calculó la distancia horizontal mínima de cada traza cartografiada a los puntos de referencia del sitio. El Cuadro 1 y la Figura 6 sintetizan el inventario para las fallas situadas dentro de un radio aproximado de 10 km.

Cuadro 1. Fallas activas más cercanas al sitio del proyecto, ordenadas por distancia.

Falla activa	Distancia al sitio (km)*	Longitud aprox. (km)	Orientación (rumbo)	Cinemática
Aguacaliente	1,5	15,7	E–O (N93°)	Inversa con componente de rumbo
Ochomogo	2,5	23,9	E–O (N86°)	Normal–rumbo
La Cangreja	3,0	5,0	N22°O	Rumbo (intermitente)
Tobosi	4,2	8,6	N67°E	Rumbo
Tablazo	4,9	5,8	N72°E	Rumbo
Lara	6,1	11,7	N–S	Normal–rumbo
Patalillos	6,4	16,6	N76°O	Inversa–rumbo
Río Azul	7,1	11,3	N70°E	Rumbo
Navarro Oeste	7,6	23,9	N70°E	Rumbo
Cipreses	8,0	4,9	N33°O	Inversa
Paraíso (Sist. Navarro)	8,3	32,5	N56°E	Rumbo

* Distancia horizontal mínima desde el sitio (ancla El Guarco, 9,860°N; 83,950°O) a la traza cartografiada, sobre proyección CRTM05. Valores preliminares sujetos a las coordenadas oficiales del lote. Las longitudes corresponden a la traza cartografiada en la compilación y pueden ser menores que la longitud sismogénica total de cada sistema. Fuente: recopilación de fallas activas de junio de 2023 (Rodríguez Sosa, 2017; Montero et al., 2007, 2016; Denyer et al., 2003); cálculo OVSICORI-UNA.

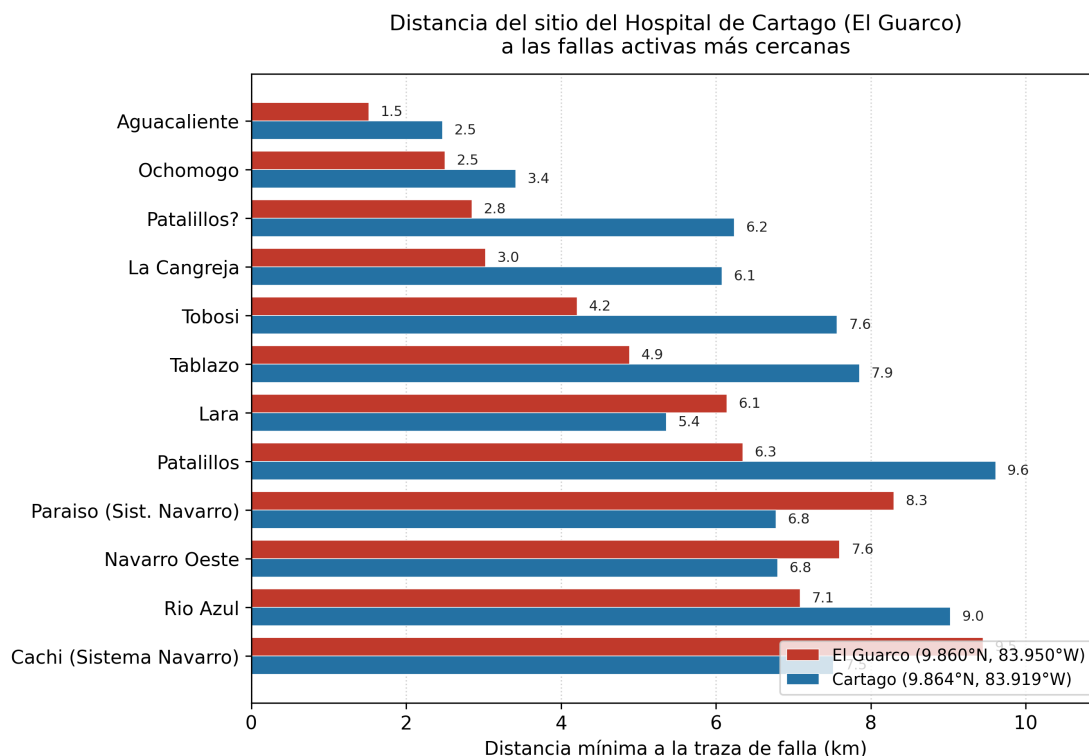


Figura 6. Distancia horizontal mínima del sitio a la traza de las fallas activas más cercanas, para las dos anclas de referencia. La falla Aguacaliente es la estructura activa más próxima. Fuente: cálculo OVSICORI-UNA sobre la compilación de fallas activas de 2023.

4.2 Comportamiento de las fuentes principales

Falla Aguacaliente. Es la fuente sismogénica más relevante para el emplazamiento por su proximidad (traza cartografiada a ~1,5 km) y por su comportamiento. Se trata de una falla de rumbo sinistral (con componente inversa/oblicua) de orientación aproximada E–O, que se extiende a lo largo de decenas de kilómetros, el sistema completo alcanza del orden de 70 km, incluyendo sus conexiones hacia Escazú al oeste y Capellades al este, y que cruza los valles de Coris y El Guarco. La literatura neotectónica le asigna una tasa de desplazamiento del orden de $1,75 \pm 0,35$ mm/año, con evidencia paleosísmica de al menos tres rupturas superficiales en el último milenio y un intervalo de recurrencia estimado de aproximadamente 500 años, siendo la ruptura más reciente la del terremoto de 1910. Fue la fuente del terremoto de Cartago de 1910 ($M_w \approx 6,4$).

Falla Ochomogo. Segunda estructura próxima (traza a ~2,5 km), de orientación E–O y cinemática normal con componente de rumbo; junto con la falla Agua caliente configura la depresión tectónica de Coris–El Guarco.

Sistema de falla Navarro. Sistema de rumbo sinistral de orientación NE–SO (segmentos Paraíso, Navarro Oeste, Cachí, entre otros) situado de 7 a 10 km al sureste del sitio, con una longitud acumulada del orden de 115 km. Por su extensión y ubicación constituye una fuente

sísmica significativa para la región central, aunque su tasa de desplazamiento no ha sido cuantificada en la literatura publicada.

Sistema Río Azul–Cipreses y fallas locales (Tobosi, Tablazo, La Cangreja, Lara). Estructuras corticales de menor longitud individual (rumbo e inversas) distribuidas en el entorno inmediato del Valle Central oriental, que completan el marco de fuentes de campo cercano.

4.3 Estilo de fallamiento (mecanismos focales)

El análisis de los mecanismos focales de los sismos del entorno confirma que, en las cercanías del sitio, predomina el fallamiento de rumbo (transcurrente). Aplicando el criterio del ángulo de deslizamiento, en la ventana inmediata del valle de El Guarco la totalidad de los mecanismos disponibles corresponde a rumbo; dentro de un radio de 50 km predomina el rumbo (~65 %, y ~71 % entre los sismos corticales someros), con contribuciones menores de fallamiento normal e inverso. La componente inversa aumenta al ampliar el radio e incorporar los eventos profundos de la interfase de subducción. Este resultado es plenamente coherente con la cinemática sinistral E–O de la falla Aguacaliente y con el régimen transcurrente–transpresivo del antearco interno (Figura 7).

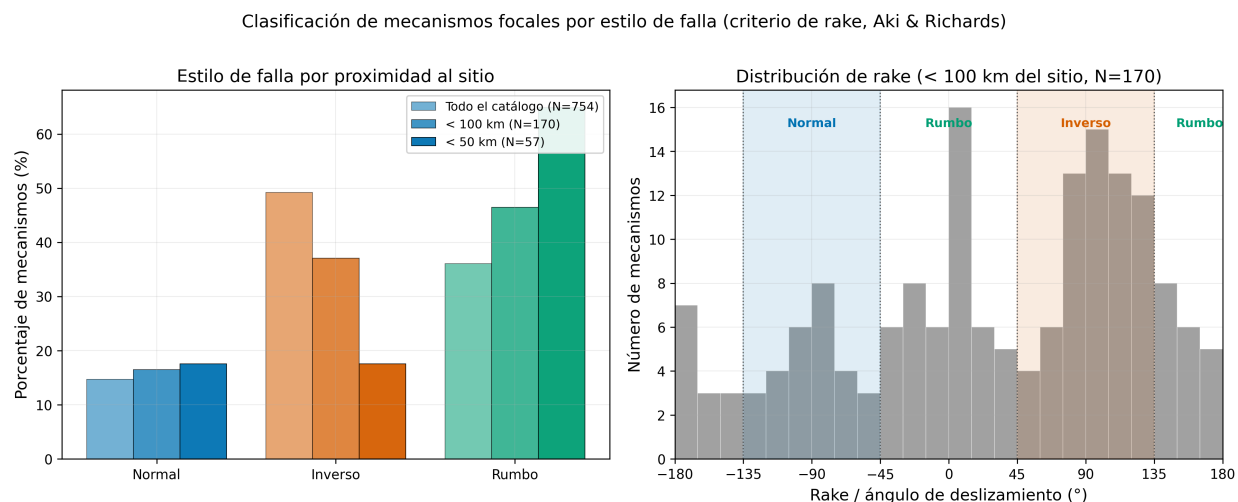


Figura 7. Clasificación de mecanismos focales por estilo de falla (criterio del ángulo de deslizamiento, Aki & Richards) según la proximidad al sitio, e histograma del ángulo de deslizamiento. Cerca del emplazamiento predomina el fallamiento de rumbo. Fuente: análisis OVSICORI-UNA.

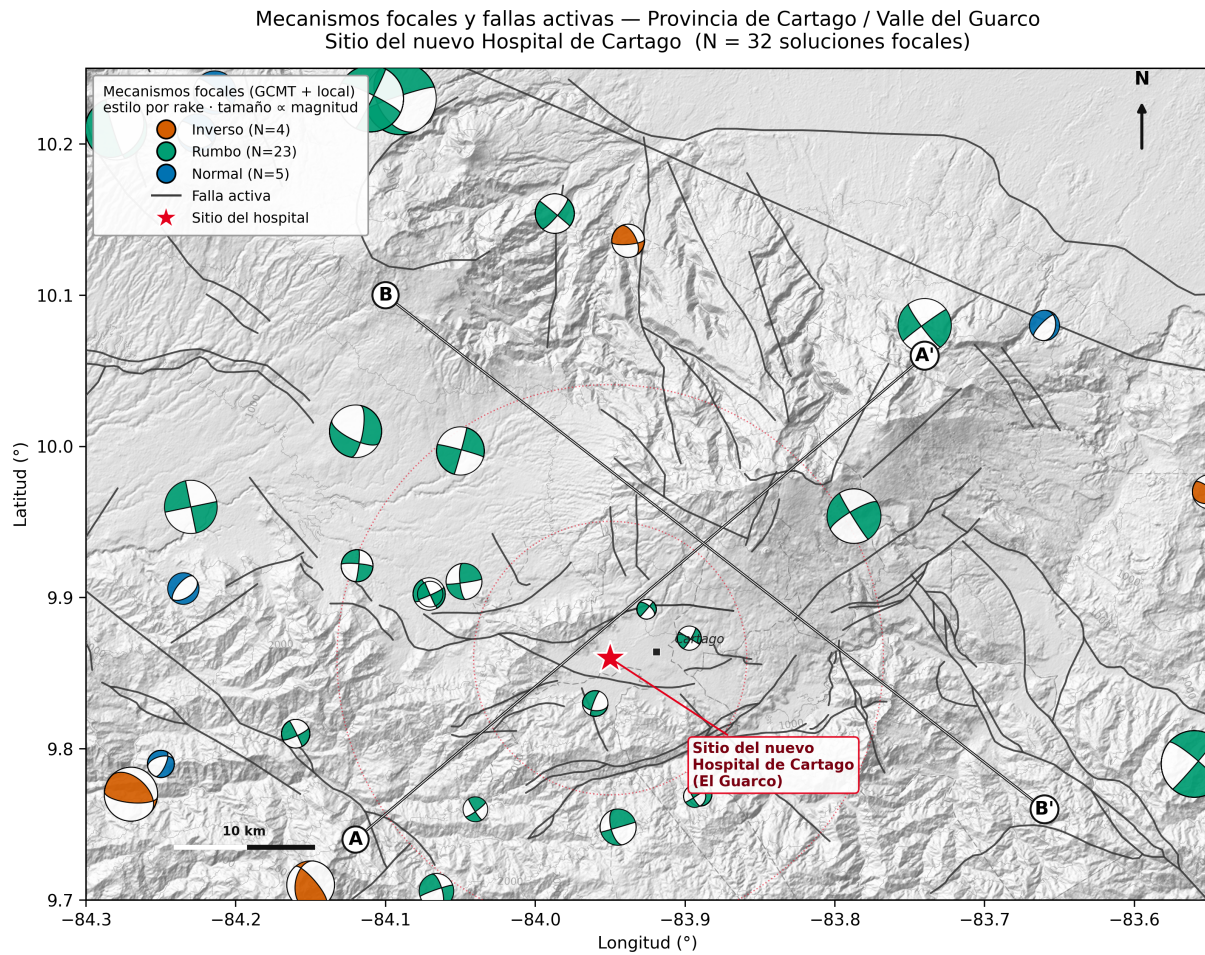
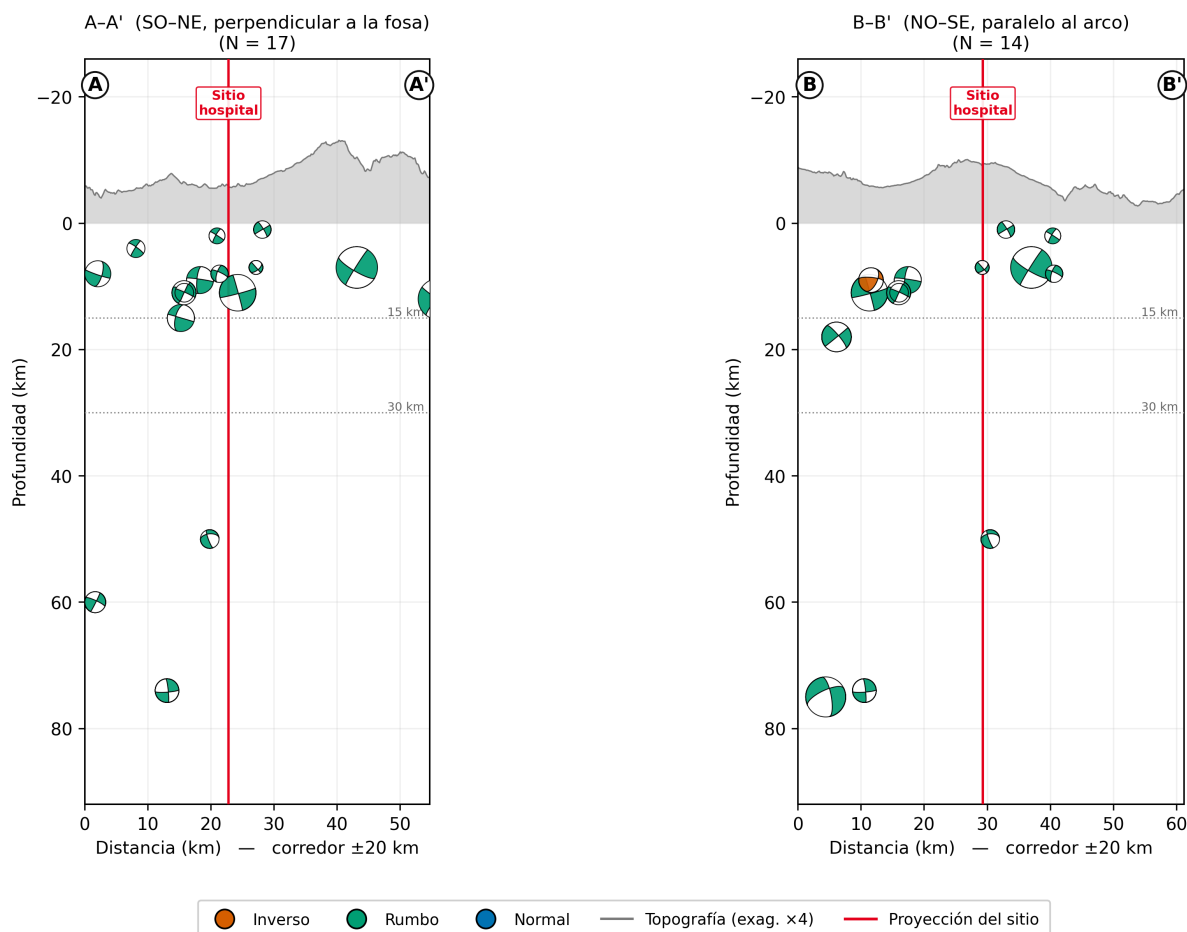


Figura 8. Mapa de mecanismos focales (GCMT y locales) y fallas activas del entorno del sitio; las esferas se colorean según el estilo de falla (inverso, de rumbo, normal). Predominan los mecanismos de rumbo, congruentes con la cinemática de la falla Aguacaliente. Fuente: OVSICORI-UNA.

Secciones transversales de mecanismos focales — Valle del Guarco / Cartago (GCMT + local)



Beachballs en proyección estándar de hemisferio inferior (vista en planta), ubicados según su distancia a lo largo del perfil y su profundidad · escala vertical = horizontal.

Figura 9. Secciones transversales de mecanismos focales en profundidad, a lo largo de los perfiles A-A' (SO-NE) y B-B' (NO-SE), con la proyección del sitio. Fuente: OVSICORI-UNA.

5. Régimen de esfuerzos tectónicos

La inversión del campo de esfuerzos a partir de los mecanismos focales (metodología SATSI/pySATSI: **Trabajo de Maestría de la estudiante Gabriela Morales en la Universidad Nacional**), realizada a cinco escalas espaciales (celdas de 15 a 100 km) y mediante una inversión global por zonas, define el estado de esfuerzos que actúa sobre las fallas del entorno. El resultado es notablemente consistente: el esfuerzo horizontal máximo (S_{Hmax}) se orienta de forma estable en dirección NE-SO a NNE-SSO, con un azimuth regional de $\approx N35^\circ E$ (rango $N34^\circ$ – $N40^\circ E$ entre todas las escalas; Figuras 10 y 12), y localmente en el Valle Central–Cartago del orden de $N20^\circ$ – $N30^\circ E$. La razón de esfuerzos $\phi \approx 0,50$ indica un esfuerzo intermedio bien definido.

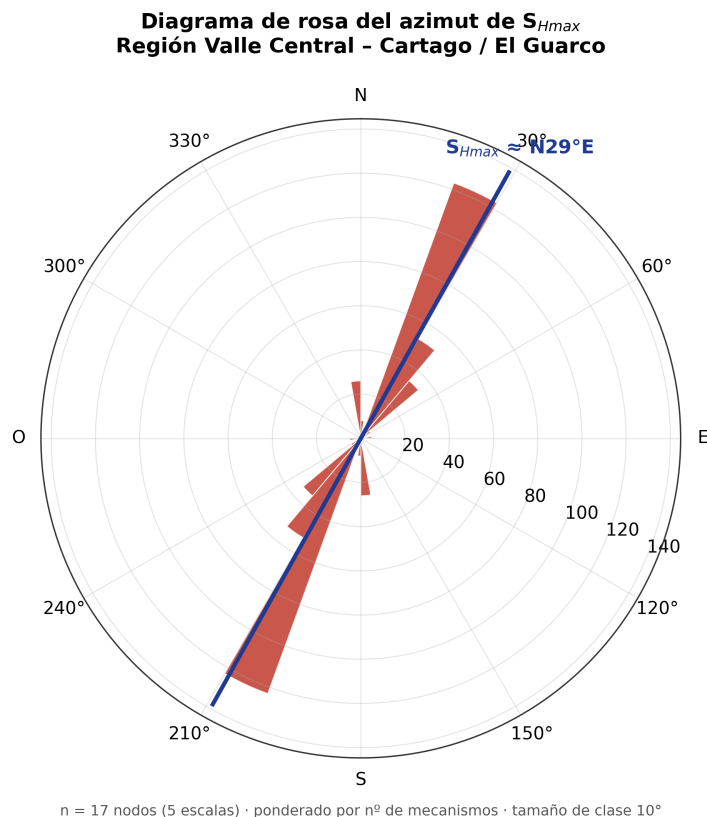


Figura 10. Diagrama de rosa del azimut del esfuerzo horizontal máximo (S_{Hmax}) en la región Valle Central–Cartago, obtenido por inversión de mecanismos focales (pySATSII). Dirección media $\approx N29^\circ E$. Fuente: análisis OVSI-CORI-UNA.

En cuanto al régimen, el campo regional es predominantemente compresivo—de rumbo (parámetro de régimen $A\phi$ mediano $\approx 2,47$, en el límite inverso), mientras que en el detalle del Valle Central–Cartago adquiere carácter **transcurrente–transpresivo** ($A\phi \approx 1,45$ – $1,6$), con el esfuerzo principal máximo subhorizontal orientado NNE (Figura 11). Se advierte, por rigor, que en el punto exacto del sitio los nodos de la grilla más fina están submuestreados (5 a 8 mecanismos, con incertidumbres de $\pm 70^\circ$ – 80°) y no son concluyentes por sí solos; la caracterización local fiable proviene de los nodos mejor poblados (18 a 76 mecanismos). Esta orientación de S_{Hmax} (NE–NNE) es la que debe emplearse para evaluar la cinemática esperable y la orientación de una eventual ruptura de las fallas activas del entorno, y resulta congruente con el desplazamiento sinistral de las fallas E–O como Aguacaliente.

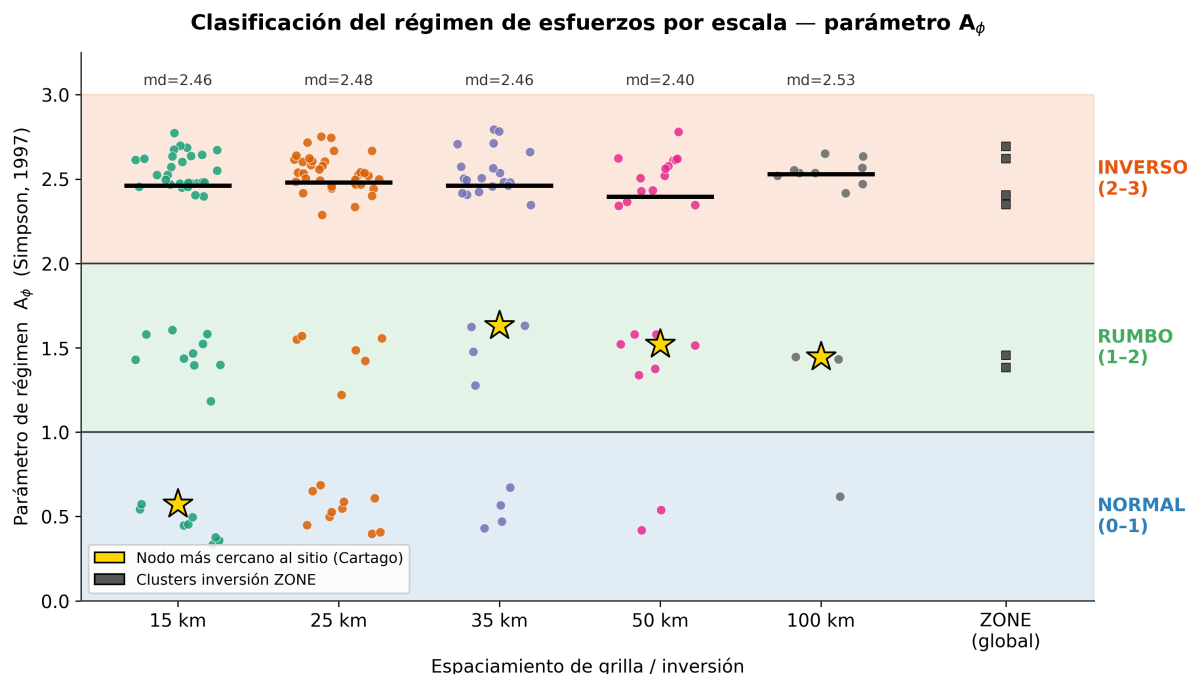


Figura 11. Parámetro de régimen de esfuerzos A_ϕ (Simpson, 1997) por escala de inversión, con las bandas normal (0–1), de rumbo (1–2) e inversa (2–3). El campo regional es compresivo–de rumbo; los nodos más cercanos a Cartago corresponden a un régimen transcurrente. Fuente: análisis OVSICORI-UNA (pySATSI).

Azimut de S_{Hmax} por escala de grilla — diagramas de rosa (ponderados por n° de mecanismos)

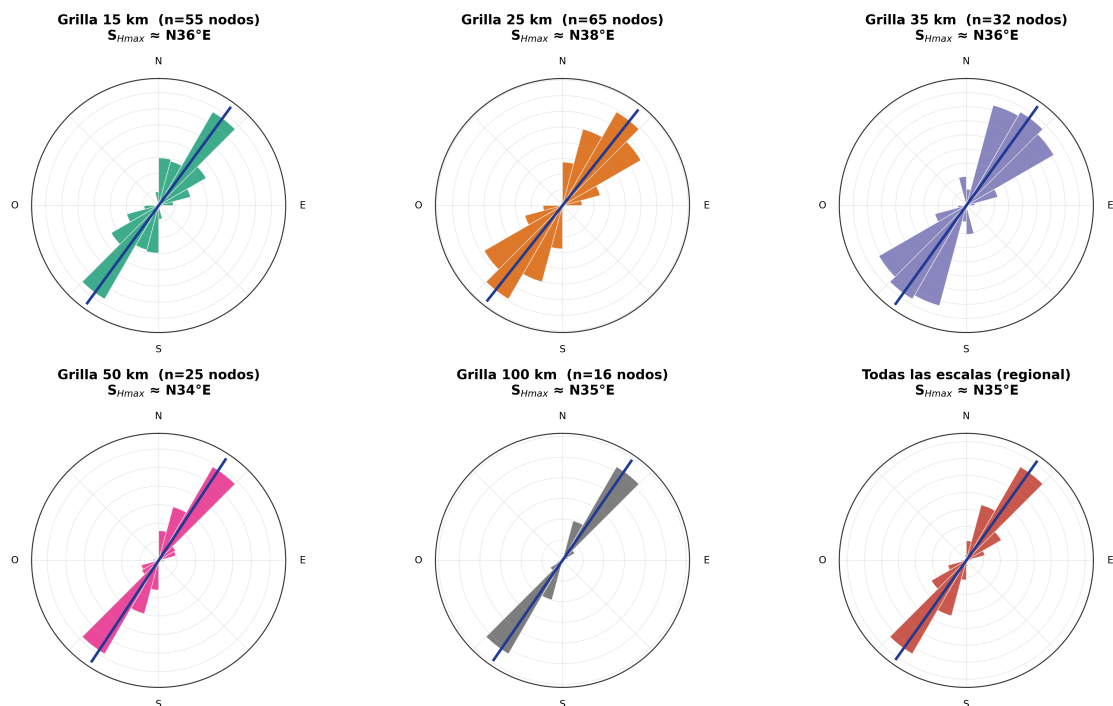


Figura 12. Estabilidad del azimut de S_{Hmax} ($N34^\circ$ – $N40^\circ E$) entre las distintas escalas de inversión (15–100 km) y la inversión global, que respalda la robustez del resultado regional. Fuente: análisis OVSICORI-UNA (pySATSI).

6. Condiciones geológicas y geotécnicas (aspecto 3)

6.1 Marco geológico y estratigráfico del sitio

El sitio se emplaza sobre el relleno cuaternario de la depresión tectónica de Coris y El Guarco, una cuenca intermontana del borde suroriental del Valle Central. Existe consenso en que esta depresión tiene un origen transtensivo (tipo *pull-apart*), generado por el relevo entre dos fallas de rumbo sinistral: la falla Aguacaliente al sur, traza activa que corta transversalmente la cuenca y a la que se asocia el terremoto de Cartago de 1910, y la falla Ochomogo al norte. En el sector de la ciudad de Cartago, este marco distensivo se superpone con la Zona Transpresiva de Cartago, un relevo compresivo entre las fallas Aguacaliente y Capellades que pliega y levanta los depósitos, con escarpes de flexura, anticlinales y probables fallas inversas (Montero & Kruse, 2006; Montero et al., 2013, 2020).

El basamento de la depresión corresponde a una secuencia sedimentaria marina del Mioceno, definida por Krushensky (1972) y Denyer & Arias (1991): de base a techo, las Formaciones Pacagua, Peña Negra, Caliza San Miguel y Coris, coronadas por las rocas volcánicas de la Formación La Cruz (10,9 Ma). La unidad de mayor relevancia local es la Formación Coris, un conjunto de areniscas cuarzosas, lutitas carbonosas y lignito de ambiente marino somero a litoral, que aflora inmediatamente al sur y al suroeste de Coris y al sur de El Guarco. En los pozos del sector occidental el techo de este basamento se halló a unos 66 m de profundidad; no obstante, en gran parte del centro y del oriente del valle, perforaciones de hasta 200 m no lo alcanzaron, por lo que no existe una cifra publicada del espesor total del relleno ni de la profundidad al basamento para el conjunto de la cuenca (Quintanilla et al., 2008).

El relleno cuaternario, sobre el que se ubica el sitio, es de naturaleza esencialmente volcánica y volcano-sedimentaria, derivada del macizo del Irazú (Quintanilla et al., 2008; Montero et al., 2020). Está dominado por abanicos laháricos (flujos de detritos volcánicos), con espesores que aumentan desde unos 67 m en el occidente hasta unos 130 m en el sector central, separados por lentes arcillosos y paleosuelos; entre ellos se interdigitan coladas de lava del Irazú (de 18 a 75 m, con el techo de la lava a solo 40 a 55 m bajo el terreno). Sobre esta secuencia se disponen la avalancha de escombros del Reventado (avalancha holocena de unos 6 000 años), depósitos lacustre-palustres finos (arcillas y limos de hasta 68 a 70 m en las zonas históricamente pantanosas) y depósitos aluviales, coluviales y de ceniza más recientes. El Cuadro 2 y la Figura 13 sintetizan este marco.

Cuadro 2. Principales unidades geológicas del área de Cartago, Coris y El Guarco, de la más reciente a la más antigua.

Unidad	Litología principal	Edad	Espesor aprox.	Cerca del sitio
Aluvión, coluvión y tefras	Grava, arena, limo, arcilla; ceniza del Irazú	Holoceno	métricos	Superficie
Depósitos lacustre-palustres	Arcillas y limos; materia orgánica	Holoceno	hasta 68 a 70 m	Zonas pantanosas

Unidad	Litología principal	Edad	Espesor aprox.	Cerca del sitio
Avalancha del Reventado	Bloques angulosos (hummocky)	Holoceno (~6 ka)	menos de 24 m	Sector occidental
Abanicos laháricos del Irazú	Flujos de detritos volcánicos y arcillas	Pleistoceno sup.	25 a 130 m	Subsuelo (dominante)
Coladas de lava del Irazú	Andesitas basálticas y andesitas	Pleistoceno	18 a 75 m	Subsuelo del valle
Lavas Fm. Paraíso (Irazú basal)	Basaltos andesíticos	Pleistoceno medio (~590 ka)	≥ 100 m	Piedemonte
Fm. La Cruz (Gr. Aguacate)	Basaltos y leucobasaltos con tobas	Mioceno sup. (10,9 Ma)	variable	Borde norte
Caliza San Miguel	Calizas y calcarenitas bioclásticas	Mioceno inf. a medio	decenas a 200 m	Oeste de Coris
Formación Coris	Areniscas cuarzosas, lutitas carbonosas, lignito	Mioceno	60 a 500 m	Basamento; al sur

Fuente: síntesis OVSICORI-UNA a partir de Krushensky (1972), Denyer & Arias (1991), Quintanilla et al. (2008), Montero et al. (2020) y Denyer & Alvarado (2007). Espesores con amplia incertidumbre y fuerte variabilidad lateral.

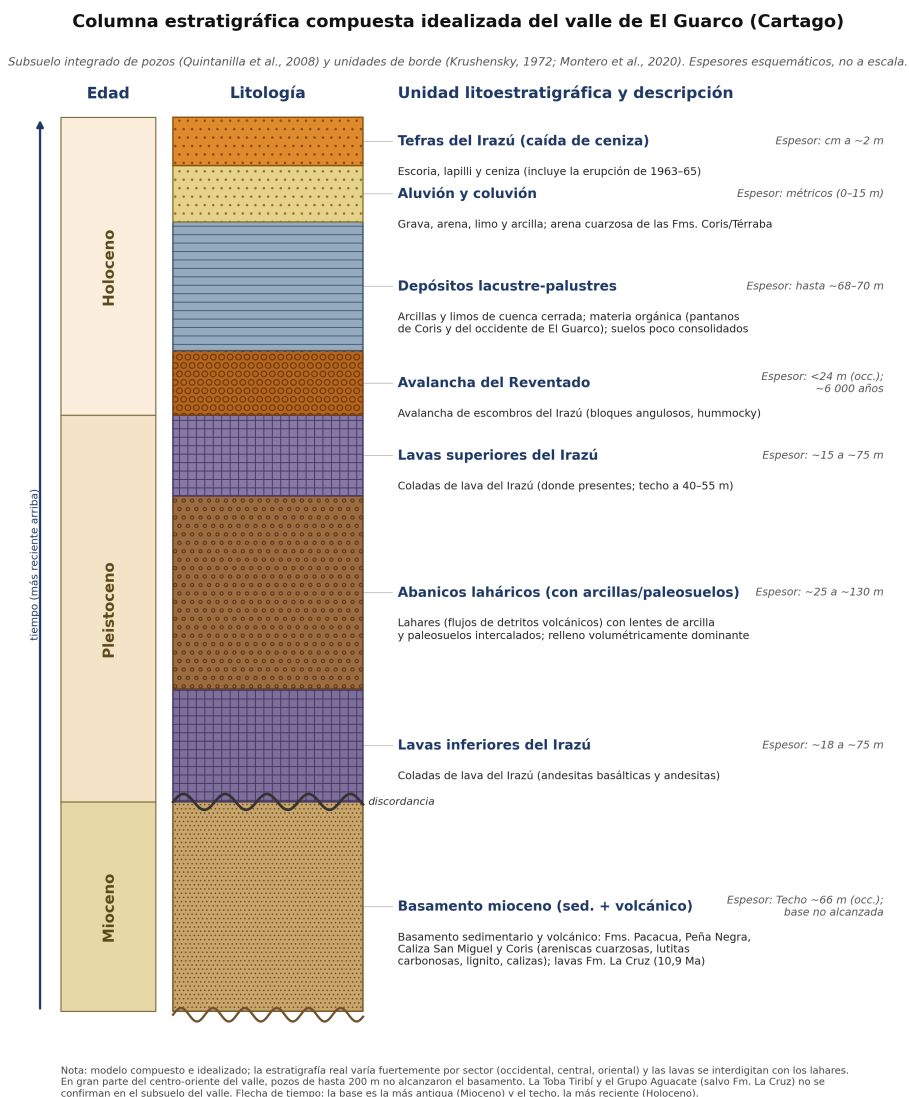


Figura 13. Columna estratigráfica compuesta idealizada del valle de El Guarco (Cartago), integrada a partir de la estratigrafía de pozos (Quintanilla et al., 2008) y de las unidades de borde. Los espesores son esquemáticos y de fuerte variabilidad lateral; la base del relleno no se alcanza en gran parte del valle. Fuente: elaboración OVSICORI-UNA.

6.2 Comportamiento ante eventos sísmicos y delimitación geotécnica

Desde el punto de vista sismológico, la naturaleza sedimentaria y volcano-sedimentaria del relleno del valle es un factor relevante para la respuesta de sitio: los suelos blandos y los depósitos de cuenca, en particular las arcillas lacustre-palustres poco consolidadas, pueden **amplificar el movimiento del terreno** y prolongar su duración respecto de un afloramiento rocoso, fenómeno de especial interés para infraestructura esencial.

Delimitación de competencia. La caracterización cuantitativa del tipo de suelo y su comportamiento dinámico, la clasificación de sitio (S1 a S4) según el CSCR-2010/2014, la medición de la velocidad de onda de corte (V_{s30}), la evaluación del potencial de licuefacción de

los lentes arenosos y el análisis de estabilidad de laderas **exceden el ámbito de competencia del OVSICORI** y corresponden a la ingeniería geotécnica, mediante un estudio específico del emplazamiento, en el marco del Código de Cimentaciones de Costa Rica y del CSCR-2010/2014. El presente documento aporta el marco geológico y estratigráfico como insumo; la respuesta dinámica del sitio debe establecerla dicho estudio.

7. Riesgos geodinámicos asociados (aspecto 4)

En el entorno del valle de El Guarco, los procesos geodinámicos potencialmente relevantes incluyen la inestabilidad de laderas en los relieves circundantes (que pueden ser detonados por sacudidas sísmicas), y los efectos de la topografía y de la geometría de la cuenca sobre la propagación de las ondas sísmicas (amplificación topográfica y de borde de cuenca). Como principio sismológico general, los contrastes de relieve y los rellenos sedimentarios tienden a intensificar y prolongar el movimiento; su valoración específica requiere modelación del sitio.

Delimitación de competencia. El análisis cuantitativo de estabilidad de taludes, de susceptibilidad a deslizamientos y de subsidencia específico del terreno, así como el estudio de respuesta dinámica de sitio (incluidos los efectos topográficos y de cuenca en términos de diseño), corresponden a la ingeniería geotécnica y a la geología aplicada, y **exceden la competencia del OVSICORI**. Se recomienda que estos aspectos se aborden en los estudios geotécnicos y de amenaza local del proyecto.

8. Parámetros de diseño y zonificación normativa (aspectos 5 y 6)

El marco normativo aplicable es el **Código Sísmico de Costa Rica 2010 (revisión 2014)**, administrado por el CFIA. A título de referencia, y sin que ello constituya un pronunciamiento de diseño, se consignan los parámetros normativos pertinentes al sitio: el país se divide en tres zonas sísmicas (II, III y IV, siendo la IV la de mayor sismicidad), definidas para un período de retorno de 475 años; el cantón de **El Guarco se ubica en la Zona Sísmica III**. La aceleración pico efectiva de diseño para la Zona III varía con el tipo de sitio: 0,30 g (S1), 0,33 g (S2) y 0,36 g (S3 y S4). En ausencia de una caracterización detallada, el propio Código establece suponer un sitio tipo S3, lo que para la Zona III corresponde a una aceleración de 0,36 g; la clasificación definitiva depende del estudio geotécnico (sección 6).

Por tratarse de un hospital, la edificación se clasifica como “**edificación e instalación esencial**” (**Grupo A**), a la que el Código asigna un factor de importancia $I = 1,25$ (y 1,50 para componentes no estructurales), con el objetivo de que la instalación **permanezca operativa después del sismo de diseño**. Esta categoría conlleva, además, requisitos más estrictos de regularidad estructural, deriva y ductilidad. Desde la perspectiva sismológica, y en congruencia con la sección 3, cabe subrayar que el escenario condicionante para el sitio es el de una **fuerza cortical superficial de campo cercano** (tipo falla Aguacaliente), caracterizada por movimientos de alta frecuencia y posibles efectos de directividad, lo que refuerza la conveniencia de un estudio de amenaza sísmica específico del sitio (PSHA).

Delimitación de competencia. La definición de los valores de aceleración de diseño aplicables a la obra, la construcción de los espectros de diseño, la selección de registros y, en general, las recomendaciones de diseño estructural sismorresistente **exceden la competencia del OVSICORI** y corresponden a los profesionales en ingeniería estructural y geotécnica responsables del proyecto, en el marco del CSCR-2010/2014 y bajo la fiscalización del CFIA. El OVSICORI puede aportar, a solicitud, la caracterización de las fuentes sismogénicas y los parámetros de entrada para dichos análisis.

9. Recomendaciones de estudios adicionales (aspecto 7)

Desde el ámbito sismológico y neotectónico de competencia del OVSICORI, y considerando la naturaleza esencial de la infraestructura y su cercanía a fuentes corticales activas, se recomienda que el proyecto contemple los siguientes estudios especializados, a cargo de los profesionales e instituciones competentes:

1. **Estudio probabilístico de amenaza sísmica específico del sitio (PSHA).** Que integre explícitamente las fuentes corticales de campo cercano (falla Aguacaliente y estructuras asociadas) y la fuente de subducción, para derivar los parámetros de movimiento del terreno a nivel de roca.
2. **Estudio de respuesta dinámica de sitio.** Con determinación de V_{s30} , espesor y propiedades de los depósitos del valle, y clasificación de sitio (S1–S4), a cargo de la ingeniería geotécnica, para cuantificar la eventual amplificación de los suelos de la depresión de Coris–El Guarco.
3. **Estudio neotectónico y paleosísmico de detalle del emplazamiento.** Cartografía de detalle y, de ser pertinente, trincheras para caracterizar la posición y actividad de las trazas activas próximas (en especial el sistema Aguacaliente) respecto del terreno, y evaluar la amenaza por ruptura y deformación superficial. Es una práctica recomendable para infraestructura esencial situada en las cercanías de fallas activas.
4. **Instrumentación acelerográfica.** Instalación de acelerógrafos en el sitio y en la estructura (monitoreo de salud estructural), para el registro del movimiento fuerte y la verificación del desempeño sísmico durante la vida útil de la obra.
5. **Aprovechamiento de la información del OVSICORI.** El Observatorio queda a disposición para aportar catálogos, mecanismos focales, parámetros de fuentes y asesoría sismológica que sirvan de insumo a los estudios anteriores.

Delimitación de competencia. Las medidas de mitigación de índole estructural (sistemas de disipación, aislamiento sísmico, refuerzos, detallado sismorresistente) y las decisiones de diseño derivadas de los estudios anteriores corresponden a la ingeniería estructural y geotécnica, y no a este Observatorio.

10. Síntesis y conclusiones

- El sitio se localiza en el valle de El Guarco (depresión tectónica de Coris–El Guarco), dentro del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica, en un contexto de subducción de la placa del Coco ($\approx 8\text{--}9$ cm/año) y de escape del antearco ($\approx 8\text{--}11$ mm/año), que impone un régimen de deformación cortical activo.
- La amenaza sísmica del emplazamiento está dominada por fuentes corticales superficiales de campo cercano: el 89 % de los $\sim 2\,400$ sismos registrados en un radio de 20 km son corticales, con profundidad mediana de solo 5 km, y valor $b \approx 0,9$, típico de arco activo.
- La falla Aguacaliente es la fuente sismogénica más relevante, con su traza cartografiada a $\sim 1,5$ km del sitio; es de rumbo sinistral, con tasa de $\sim 1,75$ mm/año y recurrencia de ~ 500 años, y fue la fuente del terremoto de Cartago de 1910 ($M_w \approx 6,4$). El registro histórico (1841, 1910, 1990, 2016) confirma la recurrencia de sismos corticales destructivos en la región.
- El campo de esfuerzos, robusto entre escalas, presenta SH_{max} orientado $N35^\circ E$ (regional) a $N20^\circ\text{--}30^\circ E$ (local), con un régimen transcurrente–transpresivo congruente con la cinemática de las fallas del entorno y con el predominio de mecanismos de rumbo cerca del sitio.
- Normativamente, el cantón de El Guarco pertenece a la Zona Sísmica III (CSCR-2010/2014; $aef\,0,30\text{--}0,36$ g según tipo de sitio) y el hospital corresponde al Grupo A (esencial, $I = 1,25$), con exigencia de operatividad post-sísmica.
- Los aspectos geotécnicos (tipo de suelo, licuefacción, clasificación de sitio, respuesta dinámica), de diseño (aceleraciones y espectros de diseño, diseño estructural) y de estabilidad de laderas exceden la competencia del OVSICORI y se remiten a la ingeniería geotécnica y estructural en el marco del CSCR-2010/2014 y del Código de Cimentaciones. Se recomienda, como mínimo, un PSHA de sitio, un estudio de respuesta dinámica y un estudio neotectónico–paleosísmico de detalle del emplazamiento.

11. Alcance y limitaciones del presente criterio

Este criterio técnico constituye una caracterización sismotectónica del entorno del sitio, elaborada dentro del ámbito de competencia del OVSICORI-UNA a partir de la información disponible a la fecha. No constituye un estudio de amenaza sísmica de sitio (PSHA), ni un estudio geotécnico, ni un análisis o recomendación de diseño estructural, los cuales corresponden a otras disciplinas y profesionales conforme a la normativa vigente. Las distancias a fallas son preliminares y están sujetas a las coordenadas oficiales del lote; los parámetros del catálogo (M_c , b) son indicativos regionales; y las estimaciones de magnitud máxima de las fuentes, cuando se mencionan, son cualitativas y basadas en relaciones empíricas. El OVSICORI queda a disposición de la Asamblea Legislativa y de las instituciones responsables del proyecto para ampliar o precisar cualquiera de los aspectos aquí tratados.

Con las muestras de mi mayor consideración y estima, se suscribe,

ESTEBAN JOSUE CHAVES SIBAJA (FIRMA)
PERSONA FISICA, CPF-01-1328-0150.
Fecha declarada: 05/07/2026 09:34:20 AM
Esta es una representación gráfica únicamente,
verifique la validez de la firma.

Dr. Esteban Chaves Sibaja

Director

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI)

Universidad Nacional

c. Dr. Jorge Herrera Murillo, Rector, Universidad Nacional.

c. Dr. Braulio Sánchez Ureña, presidente, Consejo Universitario, Universidad Nacional.

c. Dr. Olman Segura Bonilla, Consejo Universitario, Universidad Nacional.

Referencias seleccionadas

- Alonso-Henar, J., Montero, W., Martínez-Díaz, J. J., Álvarez-Gómez, J. A., Insua-Arévalo, J. M. & Rojas, W. (2013). The Aguacaliente Fault, source of the Cartago 1910 destructive earthquake (Costa Rica). *Terra Nova*, 25(5), 368–373.
- Montero, W., Linkimer, L. & Rojas, W. (2016). El Sistema de Falla Navarro: desplazamientos izquierdos a lo largo del cinturón deformado del centro de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 55, 71–100.
- Montero, W., Barahona, M., Rojas, W. & Taylor, M. (2007). Los sistemas de falla Agua Caliente y Río Azul y relevos compresivos asociados, Valle Central de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 33, 7–27.
- Montero, W. & Kruse, S. (2006). Neotectónica y geofísica de la falla Aguacaliente en los valles de Coris y El Guarco, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 34–35, 43–58.
- Montero, W. & Fernández, M. (2002). Fallamiento y sismicidad del área entre Cartago y San José, Valle Central de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 26, 25–37.
- Montero, W. (2001). Neotectónica de la región central de Costa Rica: frontera oeste de la microplaca de Panamá. *Revista Geológica de América Central*, 24, 29–56.
- Montero, W., Rojas, W. & Linkimer, L. (2013). Neotectónica de las fallas Ochomogo y Capellades y su relación con el sistema de falla Aguacaliente, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 49, 119–139.
- Rodríguez Sosa, J. (2017). Potencial sísmico del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica. (Compilación de fallas activas empleada en este criterio.)
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G. E. (2003; y actualización 2014). Atlas tectónico / mapa de fallas activas de Costa Rica. Universidad de Costa Rica.
- Krushensky, R. D. (1972). Geology of the Istarú Quadrangle, Costa Rica. U.S. Geological Survey Bulletin 1358, 46 p.
- Denyer, P. & Arias, O. (1991). Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 12, 1–59.
- Quintanilla, E., Alvarado, G. E., Marín, C. & Durán, M. (2008). Estratigrafía de pozos como aporte al conocimiento de la geología del Cuaternario del Valle de El Guarco (Cartago), Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 38, 53–64.

- Denyer, P. & Alvarado, G. E. (2007). Mapa geológico de Costa Rica, escala 1:400 000. Librería Francesa, San José.
- Fischer, R. & Franco, J. (1979). La Formación Coris (Mioceno; Valle Central, Costa Rica). Informe Semestral, Instituto Geográfico Nacional, 1, 15–72.
- Red Sismológica Nacional (RSN, UCR–ICE). Fichas técnicas de las fallas Aguacaliente, Cipreses y Río Azul, y reseñas del terremoto de Cartago (1910) y de la secuencia de Capellades (2016).
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (2014). Código Sísmico de Costa Rica 2010 (Revisión 2014). Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Simpson, R. W. (1997). Quantifying Anderson's fault types. *Journal of Geophysical Research*, 102(B8), 17909–17919.
- Waldhauser, F. & Ellsworth, W. L. (2000). A double-difference earthquake location algorithm (HypoDD): method and application. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90(6), 1353–1368.