

## Geofísica de la Tierra Sólida 2024 - Evaluación 2

Fecha: 26 de junio de 2024. Tiempo: 120 minutos.

Elije 10 de las 12 preguntas. Todas las preguntas constan de 5 pts (50 pts total). Entre porcentaje y nota, la escala sigue la sugerencia del reglamento de docencia de pregrado UdeC.

Recuerden siempre escribir sus suposiciones y mostrar sus cálculos. Cuide el uso de las unidades.

---

1) [5 pts]

La deformación de un material se puede representar con el tensor  $\epsilon_{ij}$

(a) [2 pts] ¿Qué representan los subíndices  $i$  y  $j$  en esta expresión?

(b) [2 pts] ¿Qué elementos del tensor son relevantes para describir la deformación de la fuente cuando ocurre una explosión nuclear?

(c) [1 pt] ¿Qué unidades tiene  $\epsilon_{ij}$ ?

---

2) [5 pts]

La relación entre el esfuerzo y la deformación puede estar escrita por:

$$c_{ijkl} = \lambda \delta_{ij} \delta_{kl} + \mu (\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk})$$

(a) [1 pt] ¿Qué representan los  $\delta$  en esta ecuación?

(b) [2 pts] ¿Cómo se llama  $\mu$  en esta ecuación y, en palabras, qué representa?

(c) [2 pts] Esta relación es para un medio que es, entre otras cosas, isótropo. Explique qué significa la palabra “isótropo” en este contexto.

---

3) [5 pts]

La ecuación de ondas sísmicas en la Tierra se puede representar por:

$$\rho \ddot{\bar{u}} = (\lambda + 2\mu) \nabla(\nabla \cdot \bar{u}) - \mu \nabla \times (\nabla \times \bar{u})$$

(a) [3 pts] Escribe esta ecuación para el caso unidimensional ( $\bar{u} \equiv u_x$ ) para un medio que es un líquido.

(b) [2 pts] Escribe una solución que cumpla con la ecuación que escribiste en la parte (a).

---

4) [5 pts]

El desplazamiento dentro de la Tierra puede ser escrito en términos de potenciales:

$$\bar{u} = \nabla\phi + \nabla \times \bar{\psi}$$

(a) [2 pts] Explique por qué la onda S requiere un potencial vectorial para representarse, mientras que la onda P requiere un potencial escalar que contiene menos información.

(b) [3 pts] Determine qué derivadas parciales de  $\nabla\phi$  y  $\nabla \times \bar{\psi}$  son nulas para una onda SH que se propaga en el plano x-z.

---

5) [5 pts]

(a) [2 pts] Dibuje la representación del camino del rayo para la fase PS llegando a una distancia de  $\Delta \approx 90^\circ$

(b) [3 pts] En el rayo que dibujó, identifique la(s) parte(s) del rayo donde:

(i) el movimiento de partícula SV es mayormente horizontal.

(ii) el movimiento de partícula SV es vertical.

(iii) el movimiento de partícula P es horizontal.

---

6) [5 pts]

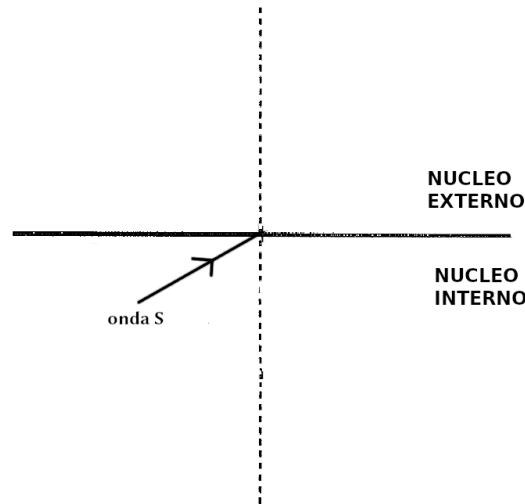


Figura 1: Onda de cizalle incidente en la interfase núcleo interno - núcleo externo. (Cabe mencionar que la nomenclatura para esta onda en esta capa de la Tierra es J.)

La figura muestra una onda de cizalle (S) incidente en la interfase núcleo interno - núcleo externo con un ángulo de incidencia de  $60^\circ$ .

(a) [3 pts] Calcule el ángulo con que sale la onda P en el núcleo externo. Suponga que:

- (i) La densidad es la misma en el núcleo interno y externo, y
- (ii) El núcleo interno es un sólido de Poisson ( $\lambda = \mu$ ), y
- (iii) El parámetro elástico  $\lambda$  es el mismo en el núcleo interno y externo.

(b) [2 pts] ¿Qué otros rayos produce la interacción de una onda S con esta interface?

7) [5 pts]

Una ecuación que describe una oscilación es:

$$u_x = (0.03 + 0.04i)e^{i(kx - \omega t)}$$

donde 0.03 y 0.04 tienen unidades de metros.

(a) [3 pts] Escribe esta oscilación sin números complejos, es decir, esta oscilación en el mundo real.

(b) [2 pts] ¿Cuál es la amplitud de esta oscilación en centímetros?

8) [5 pts]

Grandes partes del capítulo sobre sismología tratan de un rayo propagándose en el plano x-z, una solución bastante simplificada.

(a) [3 pts] Explique la situación en la que un rayo inicialmente propagándose en el plano x-z puede desviarse fuera de este plano.

(b) [2 pts] Dé al menos dos ejemplos de estructuras reales dentro de la Tierra que pueden causar este efecto.

9) [5 pts]

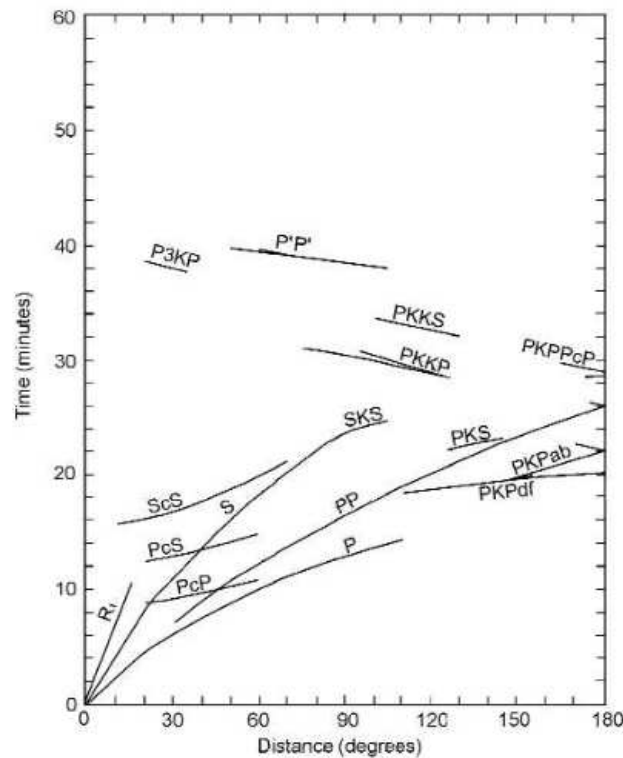


Figura 2: Curvas de tiempo de viaje para varias fases.

(a) [2 pts] Explique por qué la curva para PcP en la Figura 2, si se continuara hacia una distancia de cero grados, no pasaría por el origen.

(b) [2 pts] Dibuje el camino del rayo atravesando la Tierra para la fase PKPPcP que llega a una distancia de 180 grados.

(c) [1 pt] ¿Qué significa la letra “R” de “R1” en la figura?

10) [5 pts]

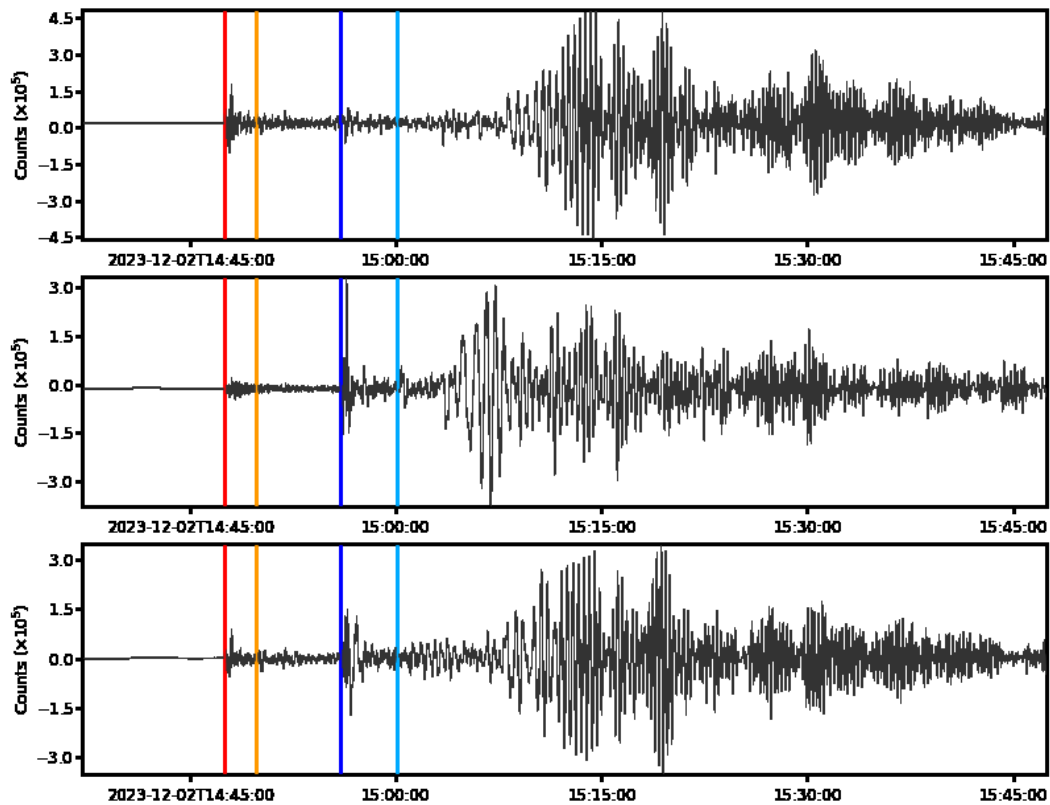


Figura 3: Sismograma de 3 componentes. Magnitud 7.6, distancia  $63^\circ$ .

La figura muestra un sismograma de 3 componentes de un terremoto magnitud 7.6, medido a una distancia de  $63^\circ$ . Las fases marcadas con las líneas verticales son (en ningún orden particular) S, SS, PP, P.

(a) [1 pts] Identifique la onda Love en la figura.

(b) [2 pts] Identifique las llegadas de las fases P y S en la figura.

(c) [2 pts] De los tres componentes: ¿Cuál es vertical? ¿Cuál es radial? ¿Cuál es transversal?

---

11) [5 pts]

(a) [2 pts] Las ondas de superficie son evanescentes y dispersivas. Explique estas dos palabras.

(b) [1 pts] Las ondas de superficie típicamente tienen mayores o menores periodos que las ondas de cuerpo?

(c) [2 pts] ¿Por qué las ondas de superficie pueden alcanzar grandes distancias sin perder tanta amplitud?

---

12) [5 pts]

(a) [3 pts] Explique qué es una zona de sombra, en el contexto de la sismología.

(b) [2 pts] La zona de sombra S es realmente una zona de sombra SH. Explique qué significa eso y por qué es cierto.

---