

Geofísica de la Tierra Sólida 2013 - Certamen 2

2 horas

Importante: Hay que elegir 5 de las 7 preguntas de la sección A, y elegir 2 de las 4 preguntas en la sección B.

La sección A consta de 25 puntos, la sección B de 25 puntos.

Sección A [Elige 5 de las 7 preguntas. Todas las preguntas constan de 5 pts (=50% en total)]

A1) [5 pts]

Las velocidades de las ondas P y S son ambos proporcionales al $\sqrt{\frac{1}{\rho}}$.

- (i) ¿Por qué la densidad aumenta con profundidad en el manto?
- (ii) ¿Por qué las velocidades de las ondas de cuerpo aumentan en el manto de la Tierra, a pesar de que la densidad también aumenta?

A2) [5 pts]

Explique ¿por qué el tensor de esfuerzo en el núcleo externo es dado por:

$$\boldsymbol{\sigma} = -p\mathbf{I}$$

donde p es la presión, y $\mathbf{I} = \delta_{ij}$?

A3) [5 pts]

$$c^2 \nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2}{\partial t^2} \Phi$$

Resuelve la ecuación de onda por separación de variables para llegar a la solución en la forma de una onda plana con $\omega = ck$.

A4)

En la sección sobre la descomposición de Helmholtz:

$$\mathbf{u} = \nabla \Phi + \nabla \times \boldsymbol{\Psi}$$

- (a) [1 pt] ¿Qué representa \mathbf{u} ?
- (b) [2 pts] ¿Qué restricciones tienen Φ y $\boldsymbol{\Psi}$?
- (c) [2 pts] ¿Qué tipos de distorsiones del medio están dadas por Φ y $\boldsymbol{\Psi}$?

Sección A [Elige 5 de las 7 preguntas. Todas las preguntas constan de 5 pts (=50% en total)]

A5) [5 pts]

Explique lo que significan las siguientes fases sísmicas, y en que componentes de un sismograma (Z,R,T) llegan:

- (i) La fase SKKS.
- (ii) La fase PKJKP a una distancia de $\Delta = 180^\circ$.

A6)

(a) [3 pts] Use análisis dimensional en la ecuación de difusión:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \nabla^2 T$$

para definir un tiempo de difusión.

(b) [2 pts] Entonces estime el tiempo (en millones de años) para que un gran aumento de temperatura, en el base de la corteza continental sea registrado en la superficie de la Tierra (espesor de la corteza 35 km, difusividad térmica $\kappa = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$).

A7)

(a) [2 pts] La ecuación para calcular la distribución de temperatura en la litosfera oceánica es:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla)T = \kappa \nabla^2 T + A$$

¿Qué representa el término $(\mathbf{v} \cdot \nabla)T$?

(b) [3 pts] Explique la forma de la batimetría de los océanos, y su relación con la distribución de temperatura en la litosfera oceánica.

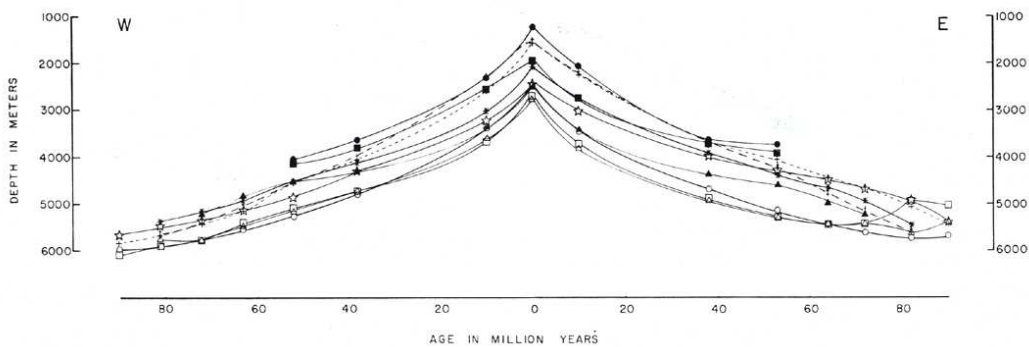


Fig A7: La batimetría de 10 perfiles que cruzan el Atlántico (oeste - este).

Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B1) [12.5 pts total]

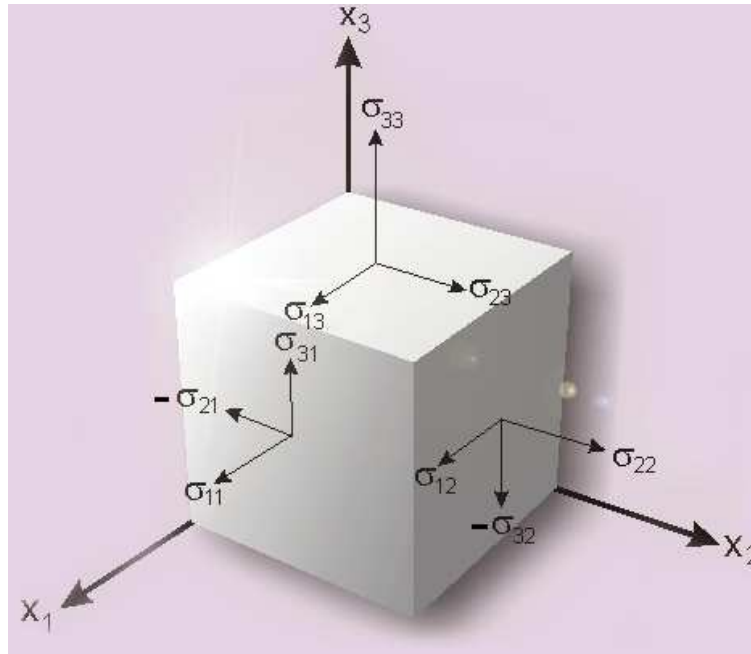


Fig B1: Esfuerzos en un cubo.

- (a) [0.5 pts] La figura muestra los esfuerzos en un cubo, σ_{ij} . ¿A qué se refieren i y j ?
- (b) [2 pts] Un esfuerzo de 10 Pa sobre un cubo con dimensiones de $5 \times 5 \times 5$ cm esta en la dirección σ_{11} . La extensión del cubo en la dirección x_1 es 0.1 cm. ¿Cuál es la deformación ϵ_{11} entonces? ¿Cuáles son sus unidades?
- (c) [4 pts] ¿Si el volumen del cubo se mantiene constante, luego el cubo cambia a una forma cuboide, ¿qué deformaciones son distintas de cero en esta situación? ¿Cuáles son sus valores?
- (d) [2 pts] La relación entre esfuerzo y deformación es: $\sigma_{ij} = c_{ijkl}\epsilon_{kl}$. ¿Qué suposiciones son necesarias para decir lo siguiente?:

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

- (f) [4 pts] Use esta relación entre esfuerzo y deformación, y suponga que el cubo es un sólido de Poisson [$\lambda = \mu$]. Calcule λ para este material.

Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B2) [12.5 pts total]

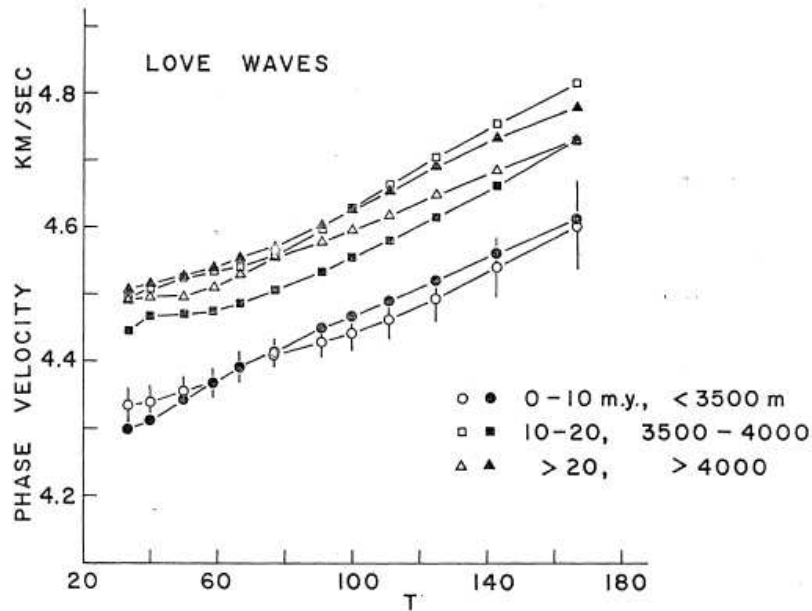


Fig B2: Curvas de dispersión de las ondas Love que cruzan los océanos de diferentes edades.

(a) [5 pts] La figura muestra la dispersión de ondas Love, en diferentes sectores del océano Pacífico.

(i) ¿Qué es la dispersión?

(ii) ¿Por qué las curvas de dispersión para océano con un edad de menor que 10 millones de años (círculos) son distintas a las curvas que vienen de océano con mayor edad (triángulos, cuadrados)?

(b) [5 pts] Los desplazamientos del medio, a una profundidad de $z = 0$, para la onda Rayleigh son:

$$u_i = 0.42a \sin(kx - \omega t)$$

$$u_j = -0.62a \cos(kx - \omega t)$$

con a una constante.

(i) ¿En qué dirección viaja la onda?

(ii) ¿Cuál de los desplazamientos, u_i o u_j , es horizontal, y cuál es vertical (eje vertical \hat{z} positivo hacia abajo). Explique su respuesta.

(c) [2.5 pts] El terremoto de 27F, 2010 en Chile fue sentido en Buenos Aires; específicamente los ondas de superficie. ¿Por qué estas ondas fueron sentidas, y no otras fases?

Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B3) [12.5 pts total]

(a) [1.5 pts] ¿Qué mide un sismómetro de tres componentes? (De unidades).

(b) [4 pts] ¿En detalle, cómo se relacionan los componentes Norte y Este de un sismómetro con los componentes Radial y Transversal de un sismograma?

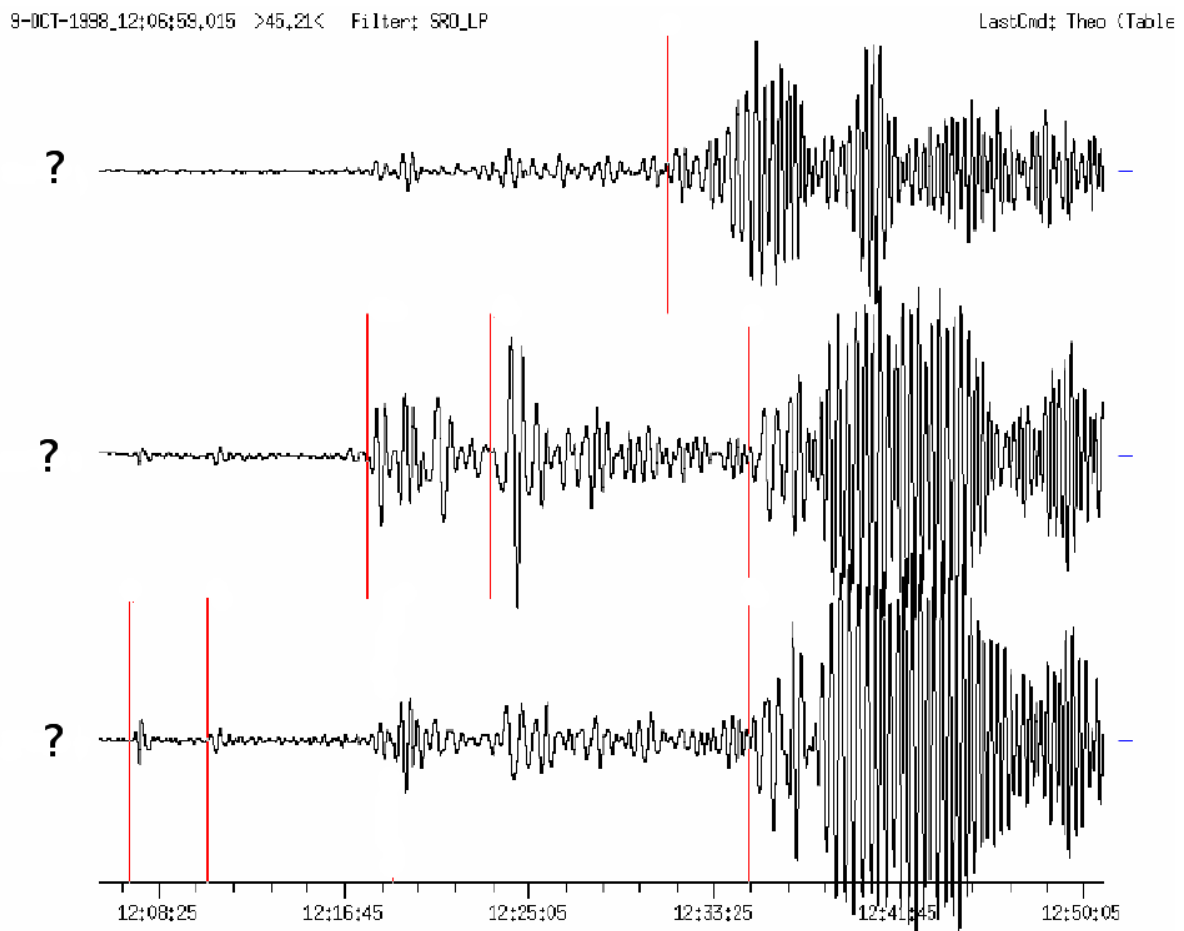


Fig B3: Un evento (telesísmico) registrado en un sismómetro.

(c) [5 pts] La figura muestra un sismograma de tres componentes. Las fases marcadas son P, PP, S, SS, L y R. Identifique las fases, y luego las tres componentes del sismograma (¿Cuál es Z, R, T?). De razones - considere los componentes en que llegan las fases, y la velocidad y características de las fases.

(d) [2 pts] ¿Este terremoto es profundo o superficial? De una razón.

Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B4) [12.5 pts total]

Se puede escribir la ecuación de difusión térmica en la siguiente forma:

$$\rho C_P \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T + \rho H$$

(a) [5.5 pts] Explique los términos, y los pasos y suposiciones usados para llegar a la ecuación que representa la variación de temperatura con profundidad dentro de la Tierra:

$$T(z) = T_s - \frac{q_s}{k} z - \frac{\rho H}{2k} z^2$$

(b) [3 pts] Para los continentes, el flujo de calor en promedio por la superficie es $q_s = -0.058$ W/m².

(i) ¿Por qué q_s tiene un valor negativo?

(ii) ¿Qué mediciones son necesarias para poder medir q_s en un cierto lugar? (Pista, la ley de Fourier de conducción dice $\mathbf{q} = -k \nabla T$).

(c) [2 pts] Con $H = 1 \times 10^{-10}$ W/kg, $k = 4$ W/m/°C y una estimación realista para la densidad de corteza, calcule el aumento de temperatura a 1 km de profundidad.

(d) [2 pts] En la mina El Chiflón del Diablo, el aumento de temperatura por km no es así. De un(as) razón(es) por eso.