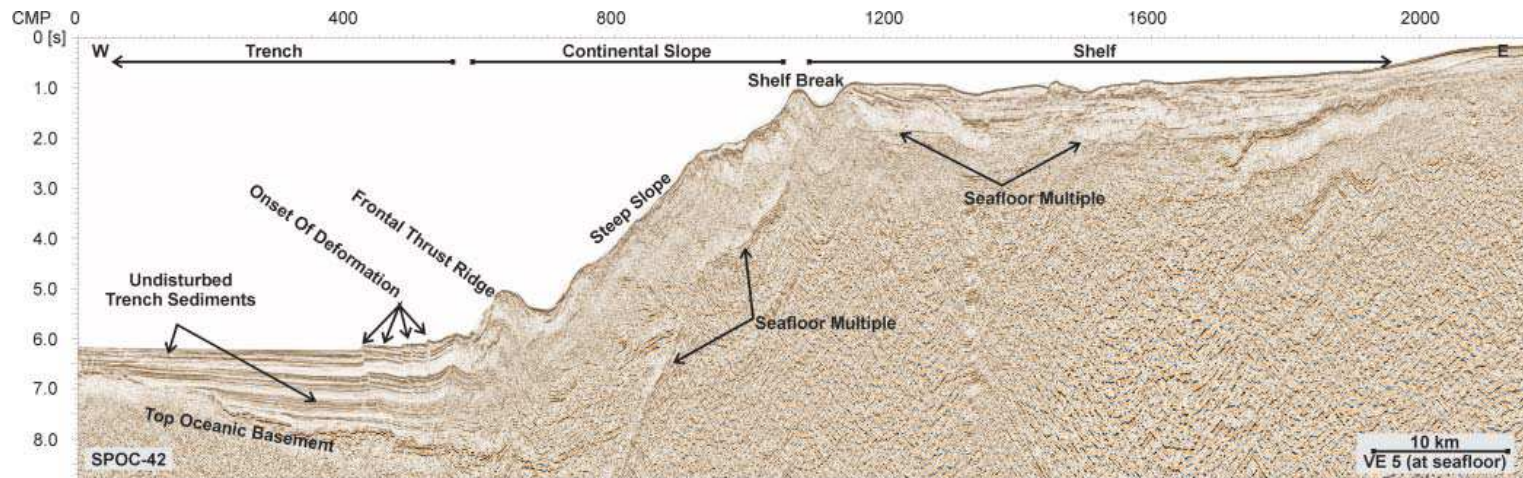


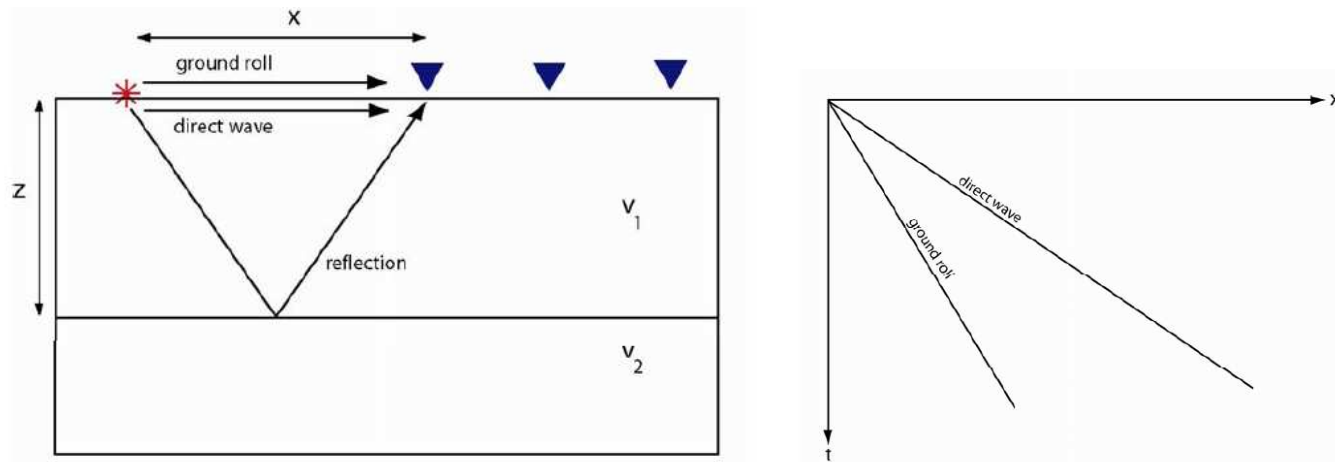
12 Reflexión sísmica

- La reflexión de ondas en interfases se usa para construir imágenes de las capas estratigráficas debajo de la superficie de la Tierra.



- Seismic line SPOC-42 crossing a normal part of the continental slope at around 38° S. VE, vertical exaggeration.
- Geersen, J. et al. Pleistocene giant slope failures offshore Arauco Peninsula. *Journal of the Geological Society, London, Vol. 168, 2011, pp. 1237-1248.*

12.1 Tiempo de viaje para una capa



- **La onda directa:** Una onda P (o S) que viaja dentro de la Tierra directamente entre la fuente y el receptor.
- **Ruido superficial:** O “ground roll”. Una onda quasi-Rayleigh, que se propaga por la superficie con una velocidad menor que la de la onda directa.
- **La reflexión:** El tiempo de viaje está dado por

$$t_{ref} = \frac{\sqrt{4z^2 + x^2}}{v_1} \equiv \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v_1^2}} \quad (12.1)$$



12.1 Tiempo de viaje para una capa

- En el caso de un estudio de reflexión sísmica $x/v_1 t_0 \ll 1$; es decir que los ángulos de incidencia de las reflexiones son bastante pequeños.
- En este caso,

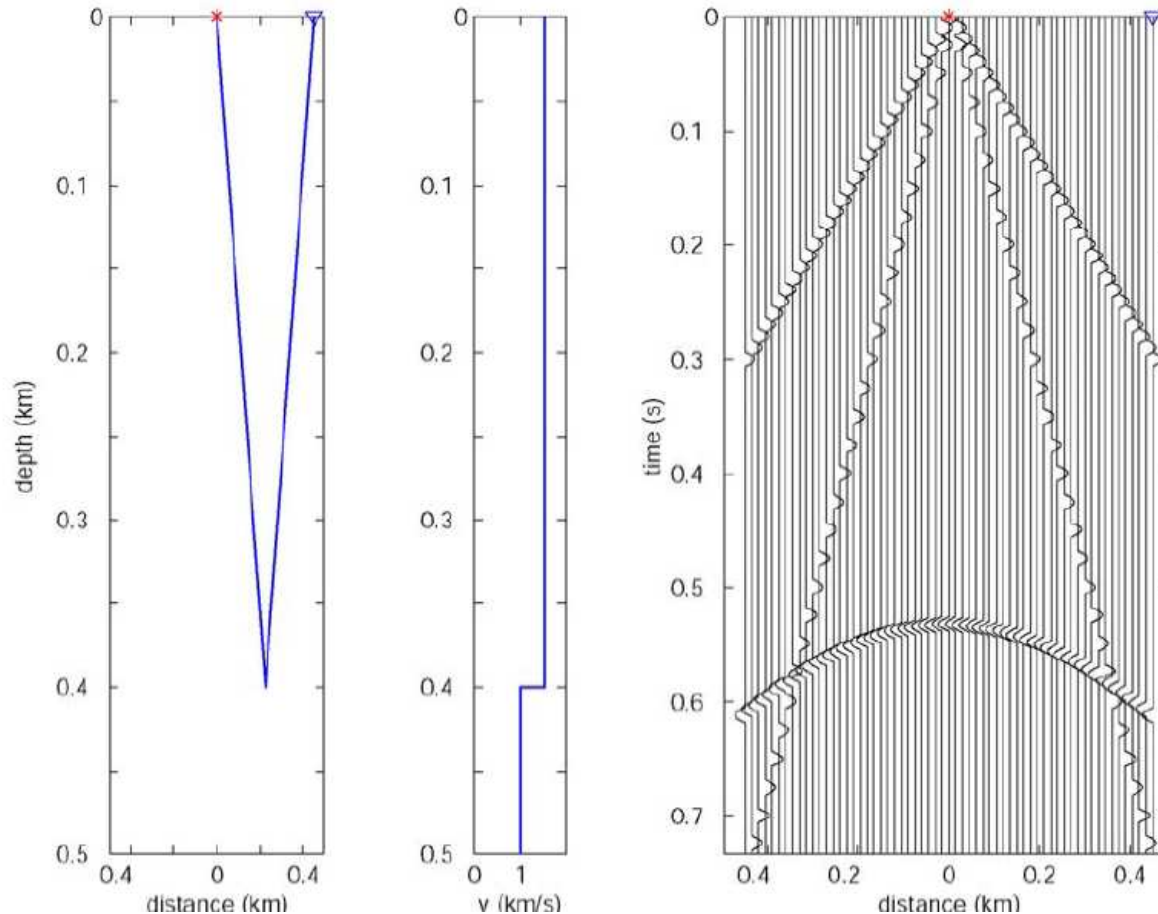
$$t_{ref} = t_0 \left[1 + \left(\frac{x}{v_1 t_0} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \approx t_0 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{x}{v_1 t_0} \right)^2 + \dots \right] \quad (12.2)$$

- Y podemos definir el término “normal moveout” (NMO) que es la diferencia entre el tiempo de viaje de la reflexión que llega a la distancia horizontal x , y el tiempo de viaje de la reflexión que llega a una distancia de cero:

$$t_{ref} - t_0 = \frac{x^2}{2v_1^2 t_0} \quad (12.3)$$

- NMO es una medida del tiempo adicional para que la señal sísmica viaje por un camino no vertical.

12.1 Tiempo de viaje para una capa



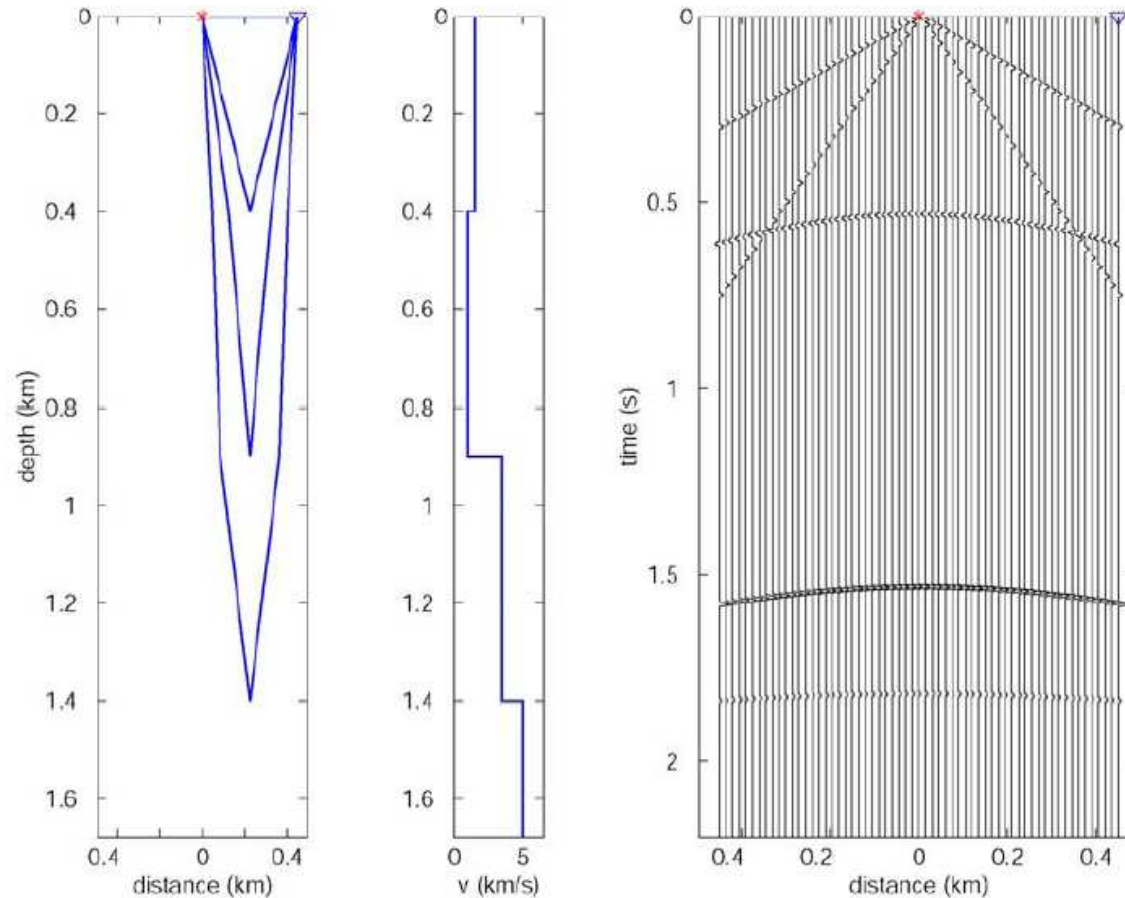
- El imagen muestra datos sintéticos para la reflexión de una capa. Note que la disminución en la velocidad con profundidad a través de la interfase da una polarización negativa para la reflexión.



12.2 Tiempo de viaje para múltiples capas

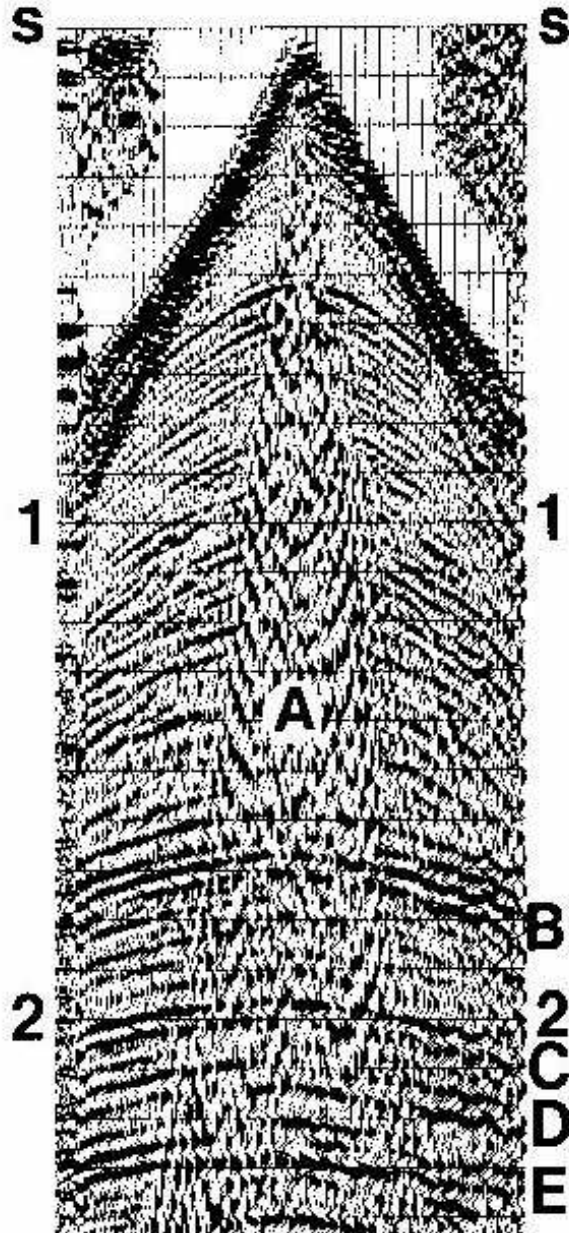
- Cuando se consideren múltiples capas, la complejidad de la situación aumenta un poco.
- Polaridades y amplitudes de reflexión depende del cambio en la propiedades del medio a través de las interfases.
- Se nota que las reflexiones que vienen de una interfase más profunda tienen menos NMO.
- Una reflexión de gran amplitud de una interfase puede “esconder” las interfases a mayor profundidad. Para penetrar a mayores profundidades en la Tierra, hay que usar fuentes mas grandes.
- Para una fuente, los rayos rebotan a diferentes puntos en las superficies de los reflectores (que complica cosas cuando las interfases no son horizontales).
- Existen múltiples reflexiones de la misma capa, y hay que asegurar que no son interpretadas como una reflexión de una capa a mayor profundidad.

12.2 Tiempo de viaje para múltiples capas



(Cabe mencionar que múltiples rebotes en las capas no se muestran en este ejemplo simplificado.)

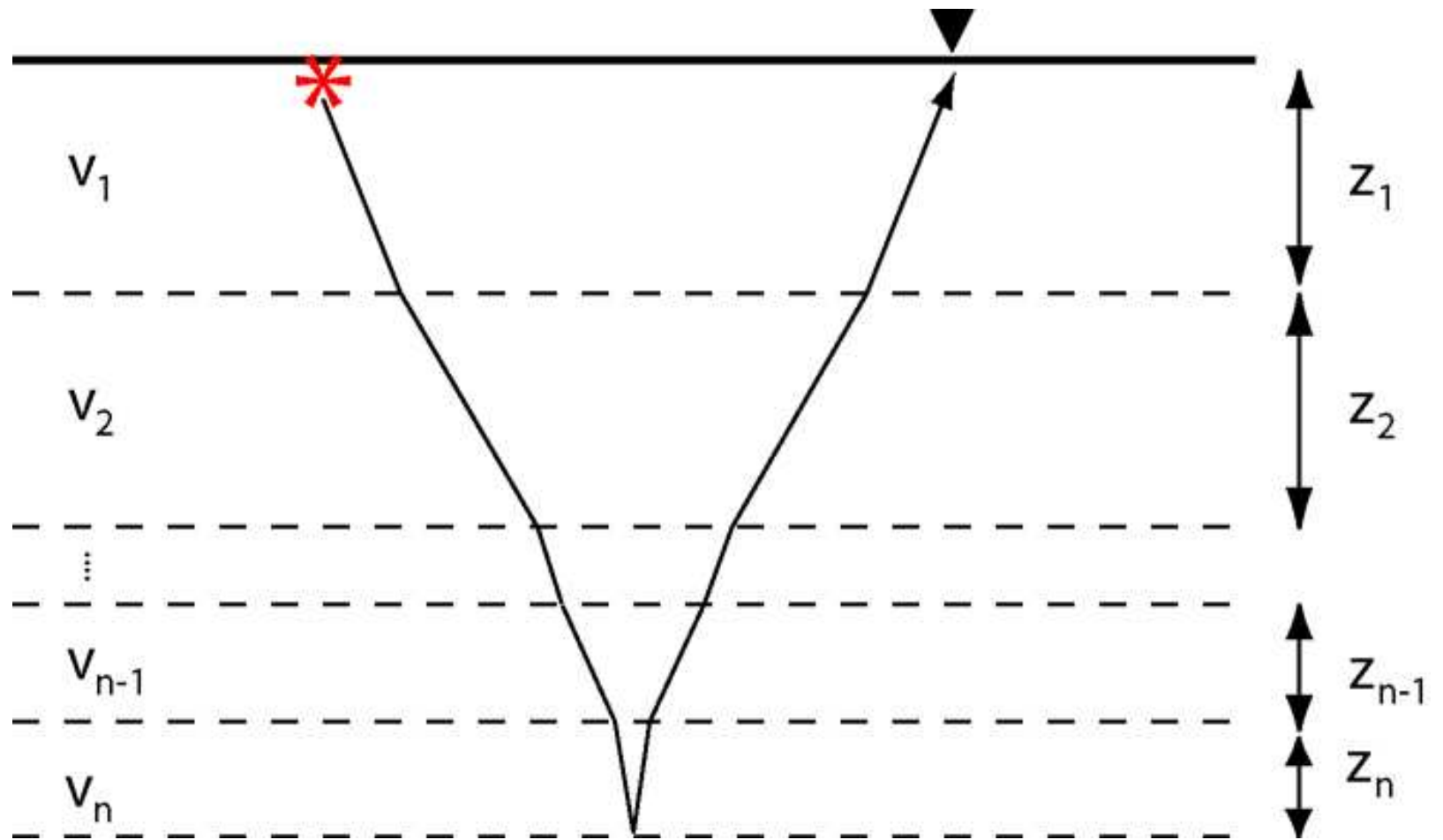
12.2 Tiempo de viaje para múltiples capas



El imagen muestra los resultados actuales de un disparo.

- La onda directa es la primera en llegar.
- Reflexiones denominadas B, C, D, E.
- Ruido superficial marcado por A.

12.3 Velocidad interna y promedio



- La i -ésima capa tiene un espesor z_i y una velocidad v_i .



12.3 Velocidad interna y promedio

- La onda sísmica se demora un tiempo τ_i en la i -ésima capa.
- Podemos definir una velocidad promedio:

$$\bar{V} = \frac{\sum z_i}{\sum \tau_i} = \frac{\sum v_i \tau_i}{\sum \tau_i} \quad (12.4)$$

- También podemos tomar el promedio de la raíz cuadrada media (rms) de la velocidad:

$$\bar{V}_{rms,n} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 \tau_i}{\sum_{i=1}^n \tau_i} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12.5)$$



12.4 La ecuación de Dix

- Con múltiples capas, se puede mostrar que el el NMO para la n -ésima reflexión es

$$\Delta t_n = t - t_n = \frac{x^2}{2t_n \bar{V}_{rms,n}^2} \quad (12.6)$$

(No se muestra explícitamente esta ecuación, pero involucra el uso de la ley de Snell.)

- Para cada interfase, podemos medir el NMO a una distancia x , y usarles para obtener la rms de la velocidad en las capas hasta la interfase.

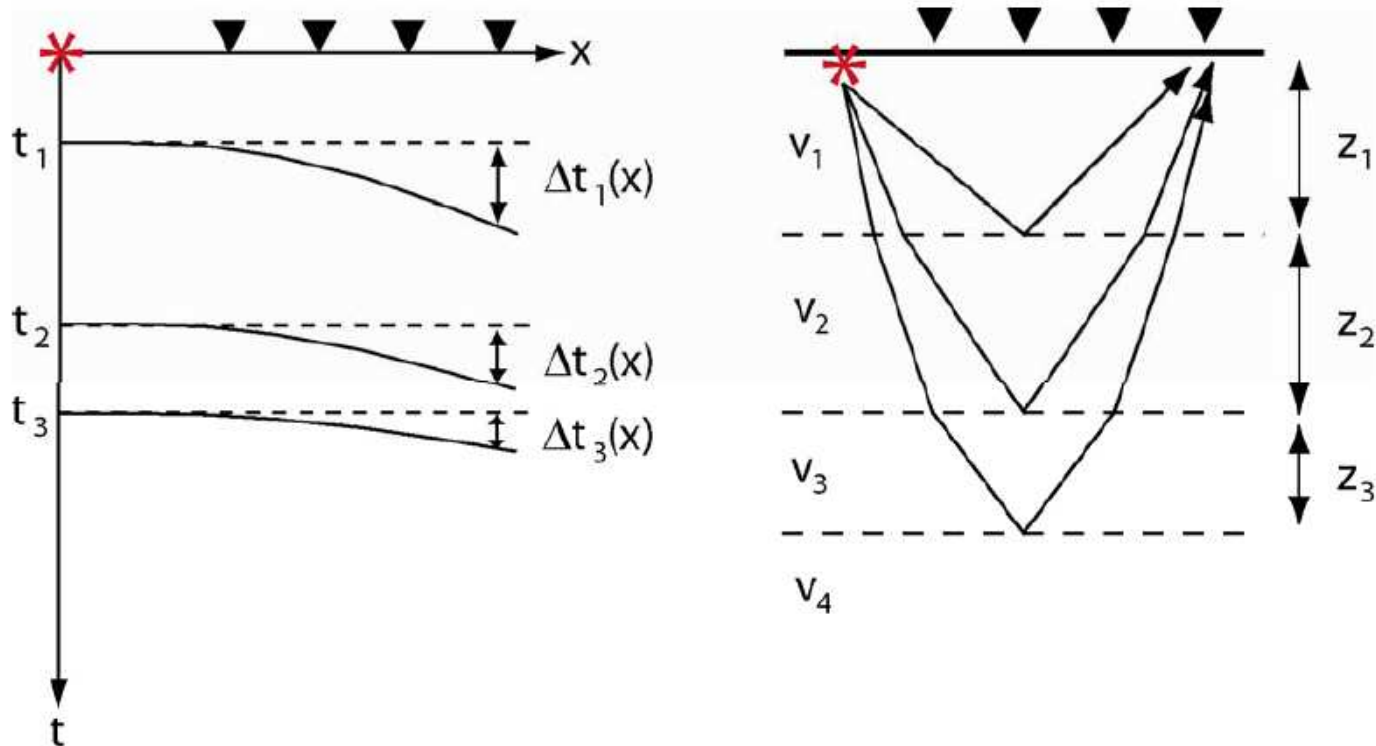
$$\bar{V}_{rms,n} = \sqrt{\frac{x^2}{2t_n \Delta t_n}} \quad (12.7)$$

- Para cambiar entre las velocidades absolutas y las velocidades rms, se usa la ecuación de Dix.

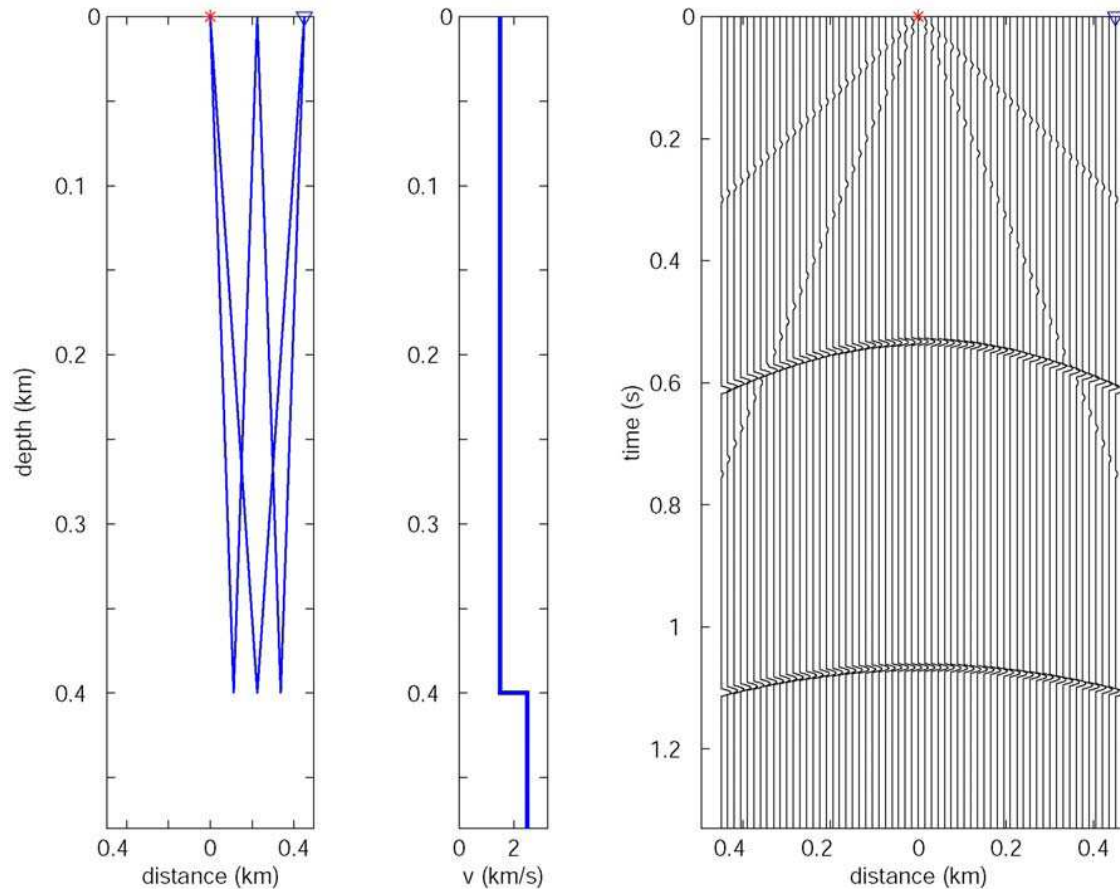
$$v_n = \left[\frac{\bar{V}_{rms,n}^2 t_n - \bar{V}_{rms,n-1}^2 t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12.8)$$

12.4 La ecuación de Dix

- La ecuación de Dix es una ecuación recursiva. Para saber la velocidad dentro de una capa, hay que saber las velocidades y espesores de todas las capas encima de ella.

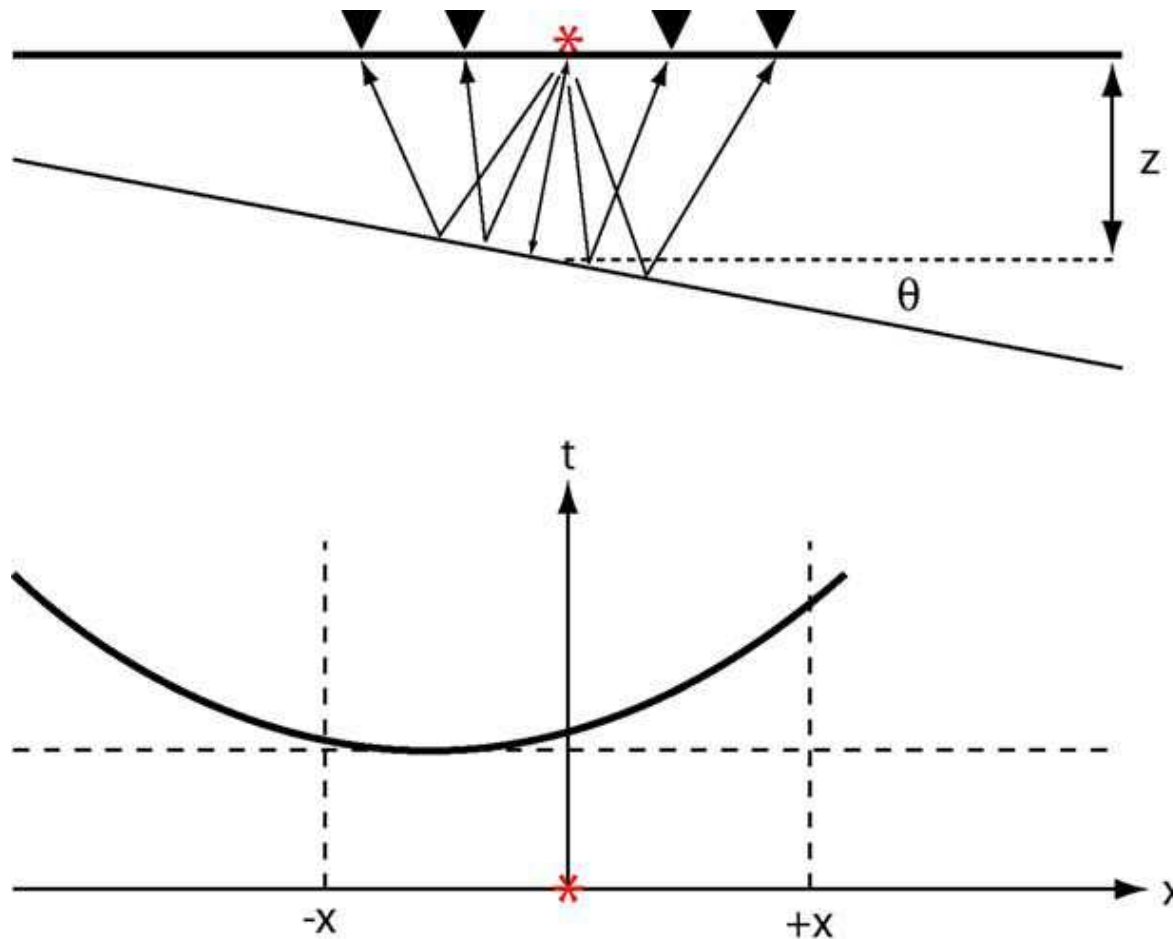


12.5 Reflexiones múltiples



- La existencia de múltiples complica perfiles de reflexión. Existen métodos de procesamiento de datos para tomarlos en cuenta (en una palabra: deconvolución).

12.6 Reflectores inclinados



- La existencia de capas inclinadas debajo la superficie también complica los perfiles de reflexión. El procesamiento de datos que involucra capas inclinadas se llama “migración”.