

Universidad de Chile

Departamento de Geofísica

Sismología

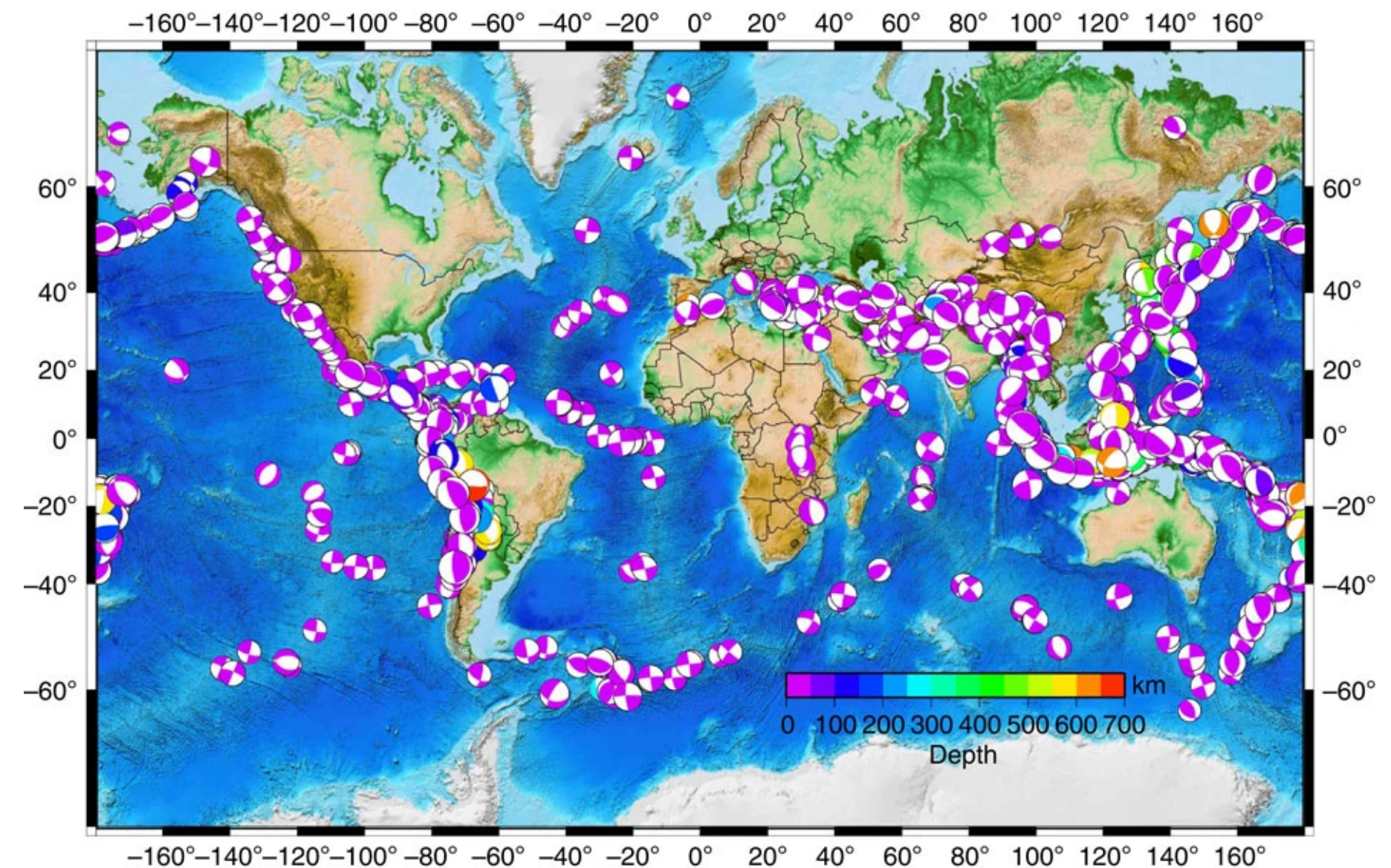
GF 4001-2

Profesor: Sergio Ruíz

Auxiliar 4

Hermann Schwarze

Otoño del 2024



¿Que hemos visto?

- ¿Que es un sismo?
- Ciclo Sísmico
- Leyes empíricas
- Tipos de ondas
- Ley de Snell
- Propagación de ondas
- Esfuerzos y deformación
- Tipos de fallas

¿Que viene ahora?

- Patrón de radiación
- Análisis de los Sismogramas
- Localización de terremotos

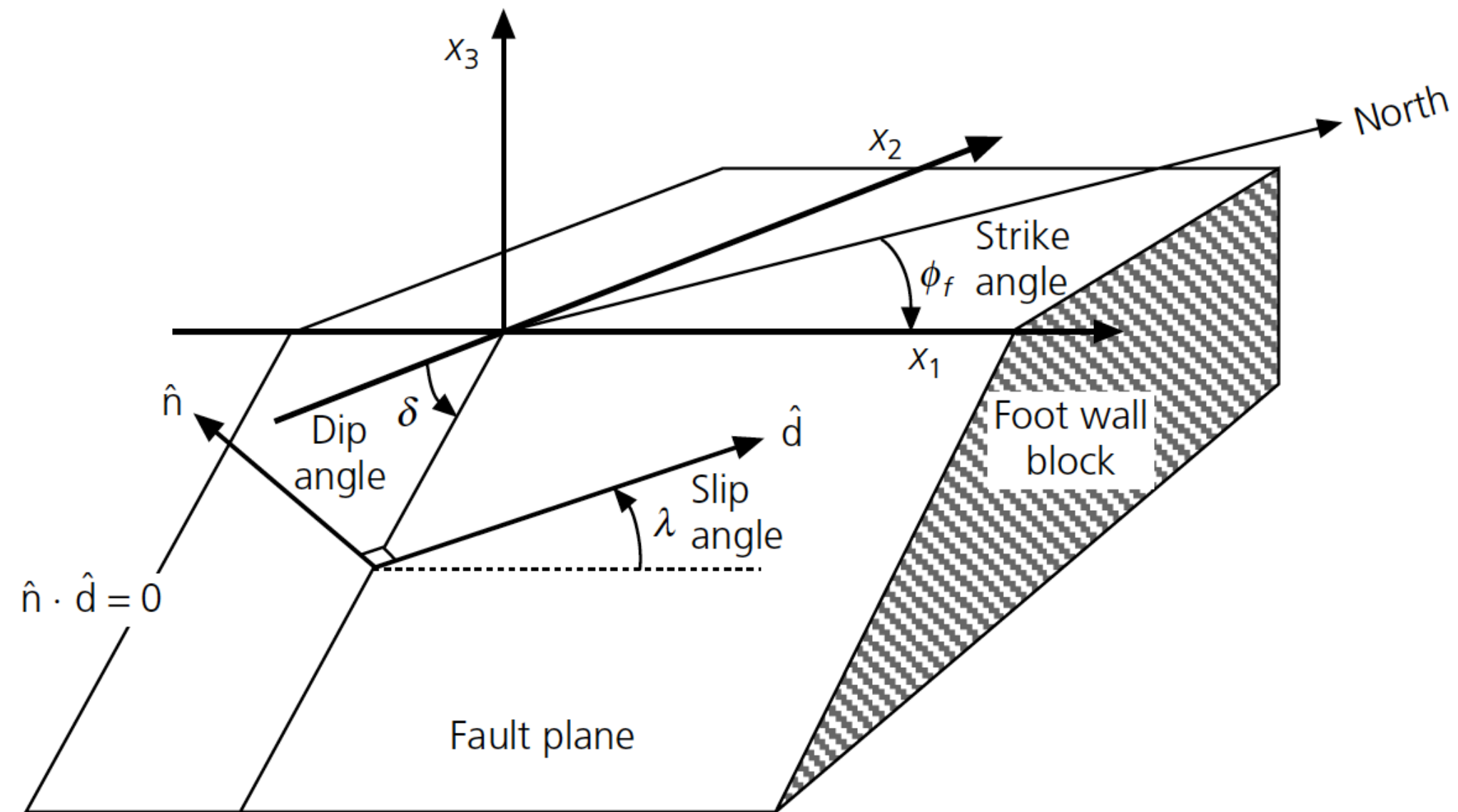
MOTIVACIÓN

¿Como conocer la geometría de falla a partir de las ondas sísmicas?

- La geometría de las fallas puede conocerse a partir de la información de sismogramas ubicados a múltiples azimuts de la fuente de un terremoto
- Las ondas sísmicas entregan información importante para conocer la geometría de la falla de la fuente.

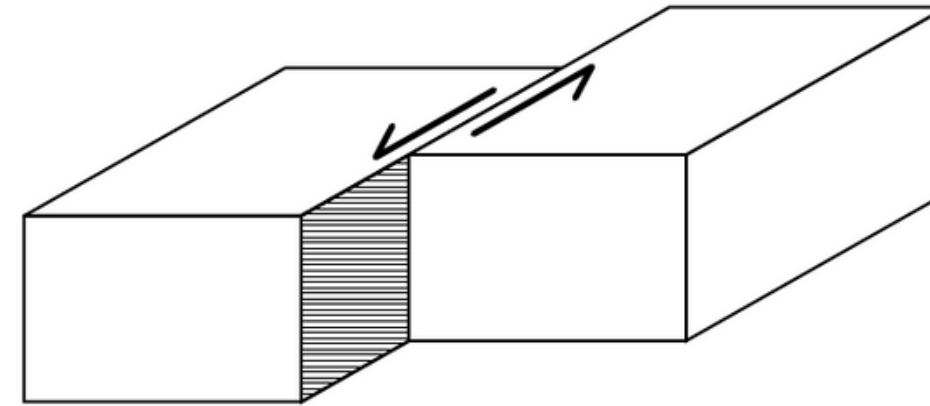
GEOMETRÍA DE FALLA

- $\hat{n}$ es el vector normal al plano de falla.
- $\hat{d}$ es el vector deslizamiento.
- ϕ_f es el rumbo (strike) de la falla, se mide en sentido horario con respecto al norte (0° - 360°).
- δ es el manteo/buzamiento (dip)
- λ es el ángulo de deslizamiento (rake) entre el eje x_1 y d en el plano de falla (0° - 360°).

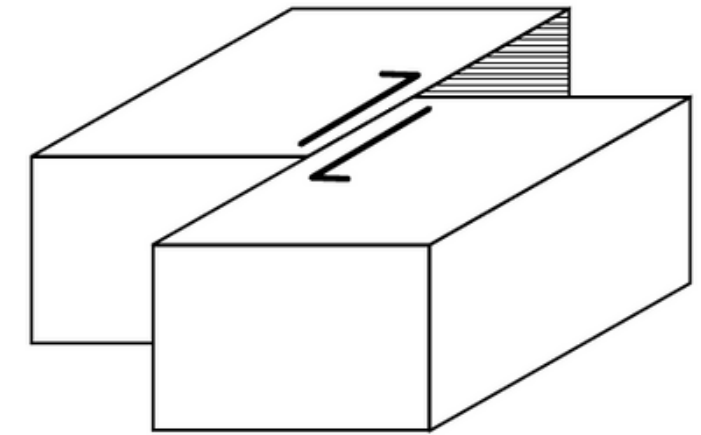


GEOMETRIA DE FALLAS

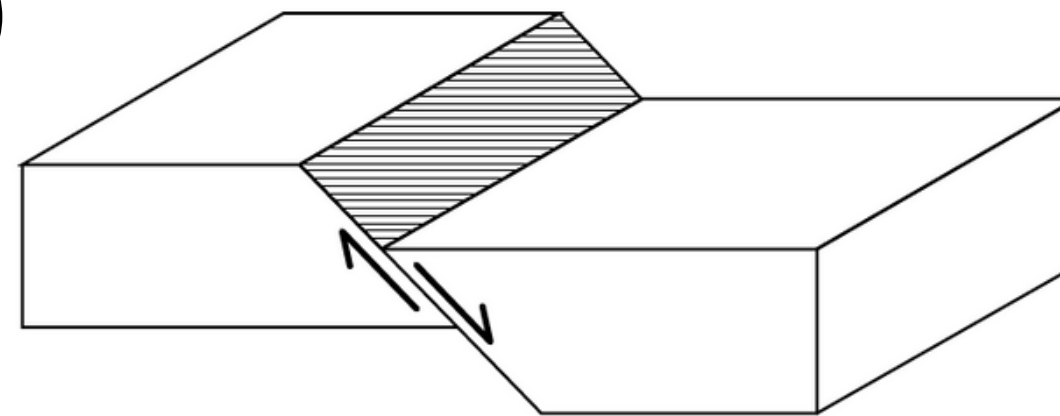
- Falla transcurrente (strike-slip) lateral-derecha. $\lambda = 0^\circ$
- Falla transcurrente (strike-slip) lateral-izquierda. $\lambda = 180^\circ$
- Falla normal. $\lambda = 270^\circ$
- Falla inversa. $\lambda = 90^\circ$



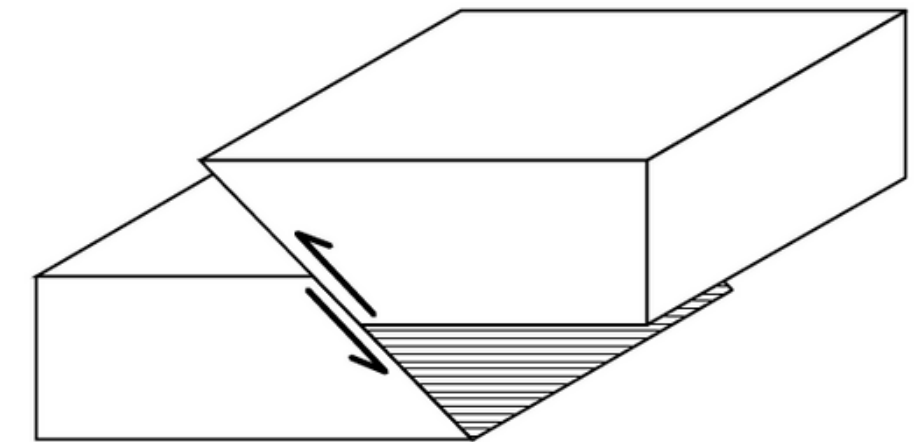
Left-lateral strike-slip fault
($\lambda = 0^\circ$)



Right-lateral strike-slip fault
($\lambda = 180^\circ$)



Normal dip-slip fault
($\lambda = -90^\circ$)



Reverse dip-slip fault
($\lambda = 90^\circ$)

PATRÓN DE RADIACIÓN



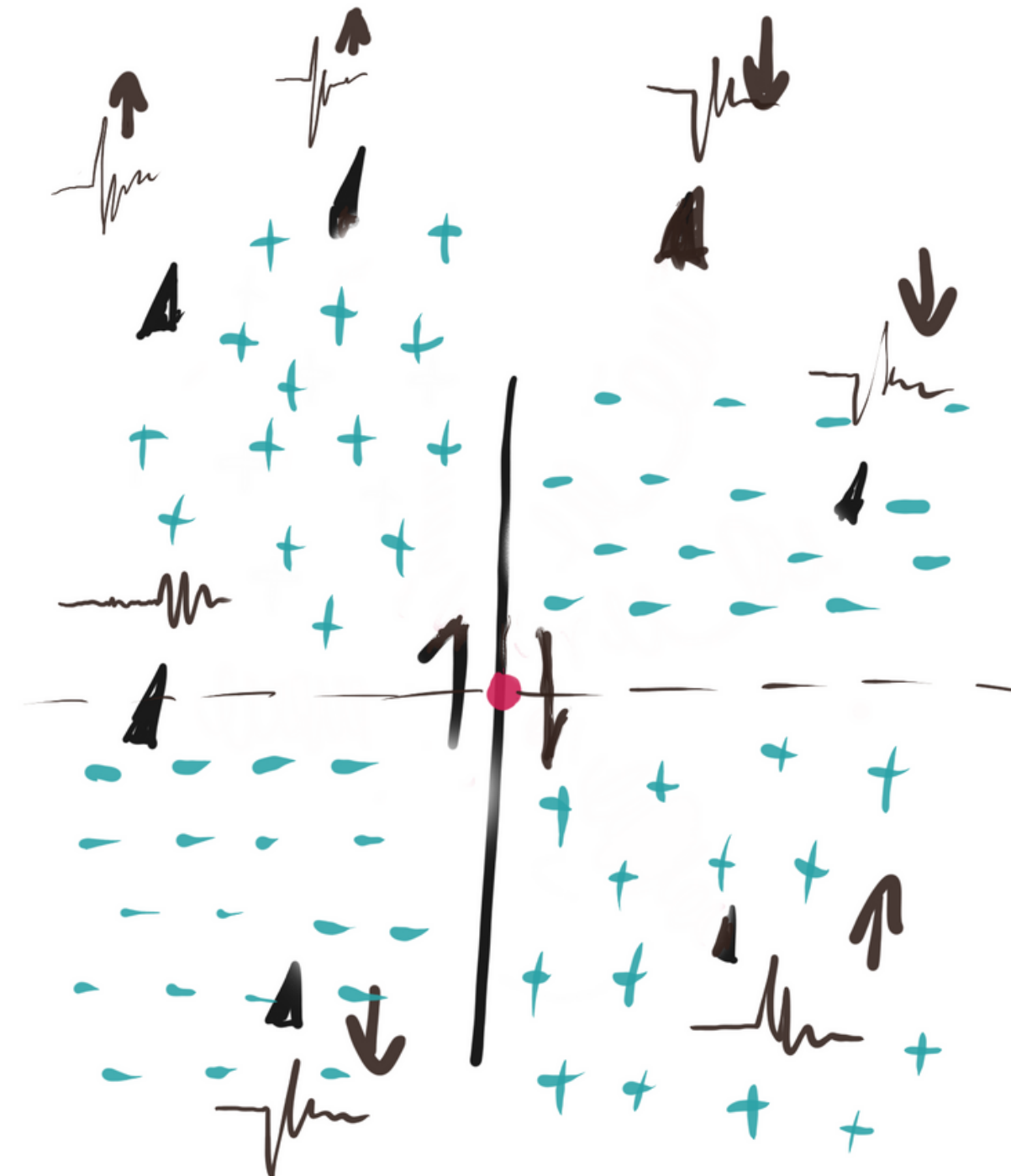
PATRÓN DE RADIACIÓN



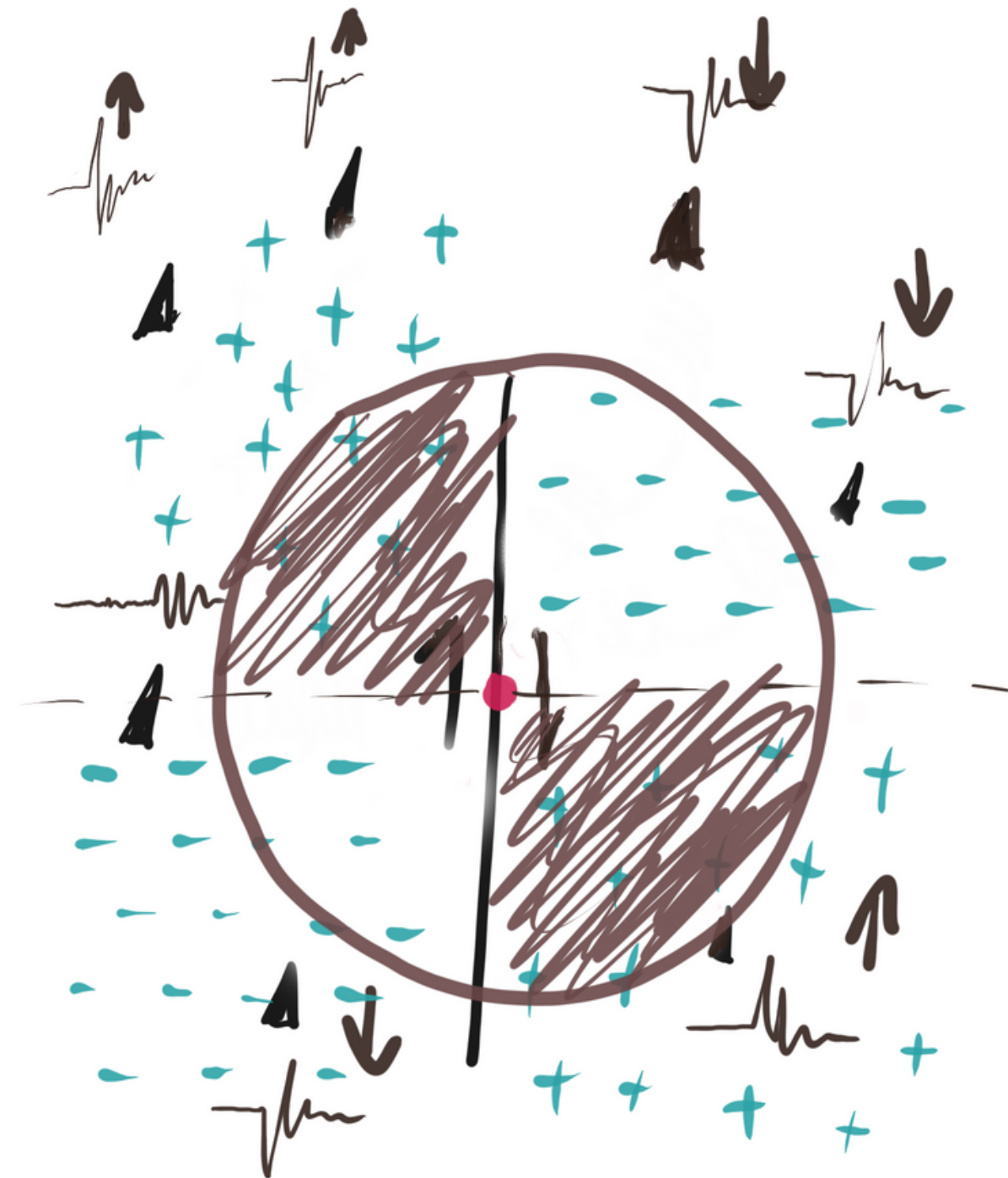
PATRÓN DE RADIACIÓN



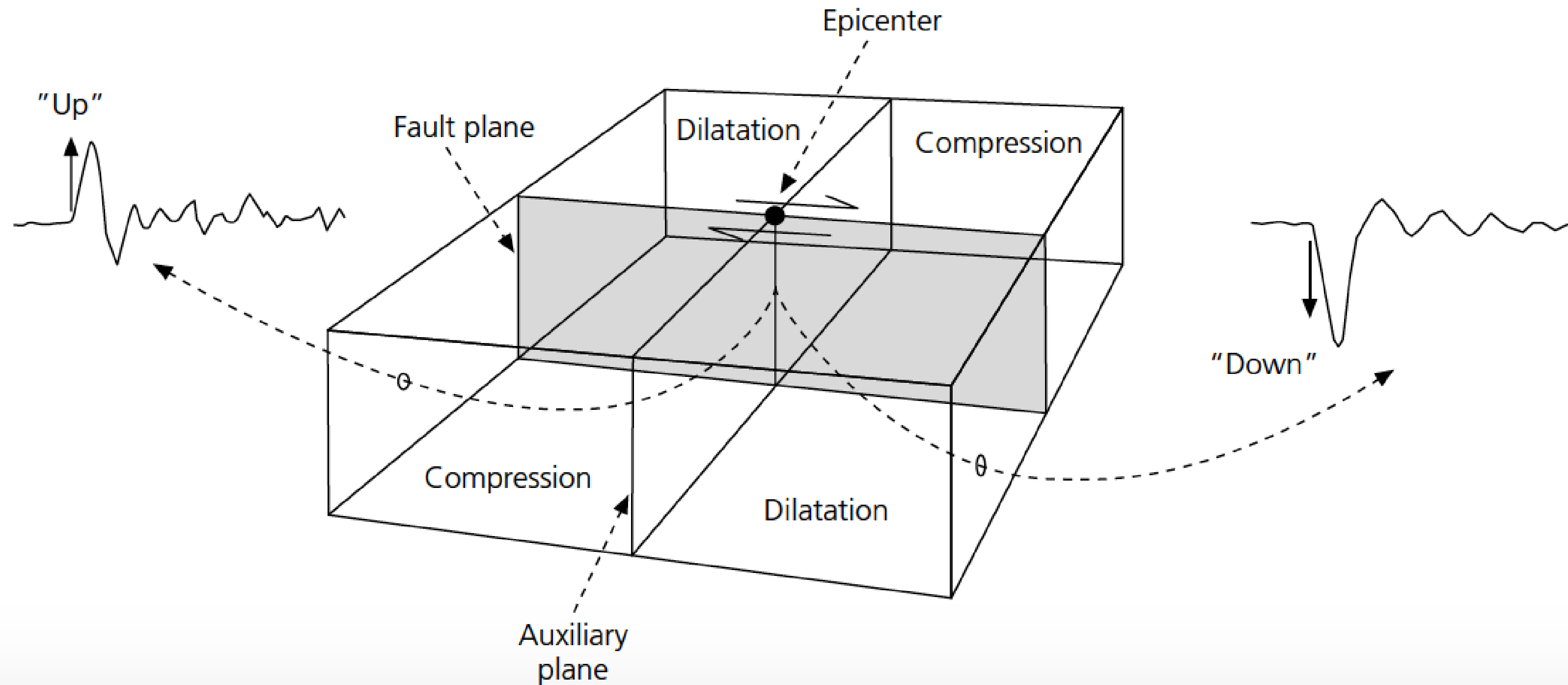
PATRÓN DE RADIACIÓN



PATRÓN DE RADIACIÓN

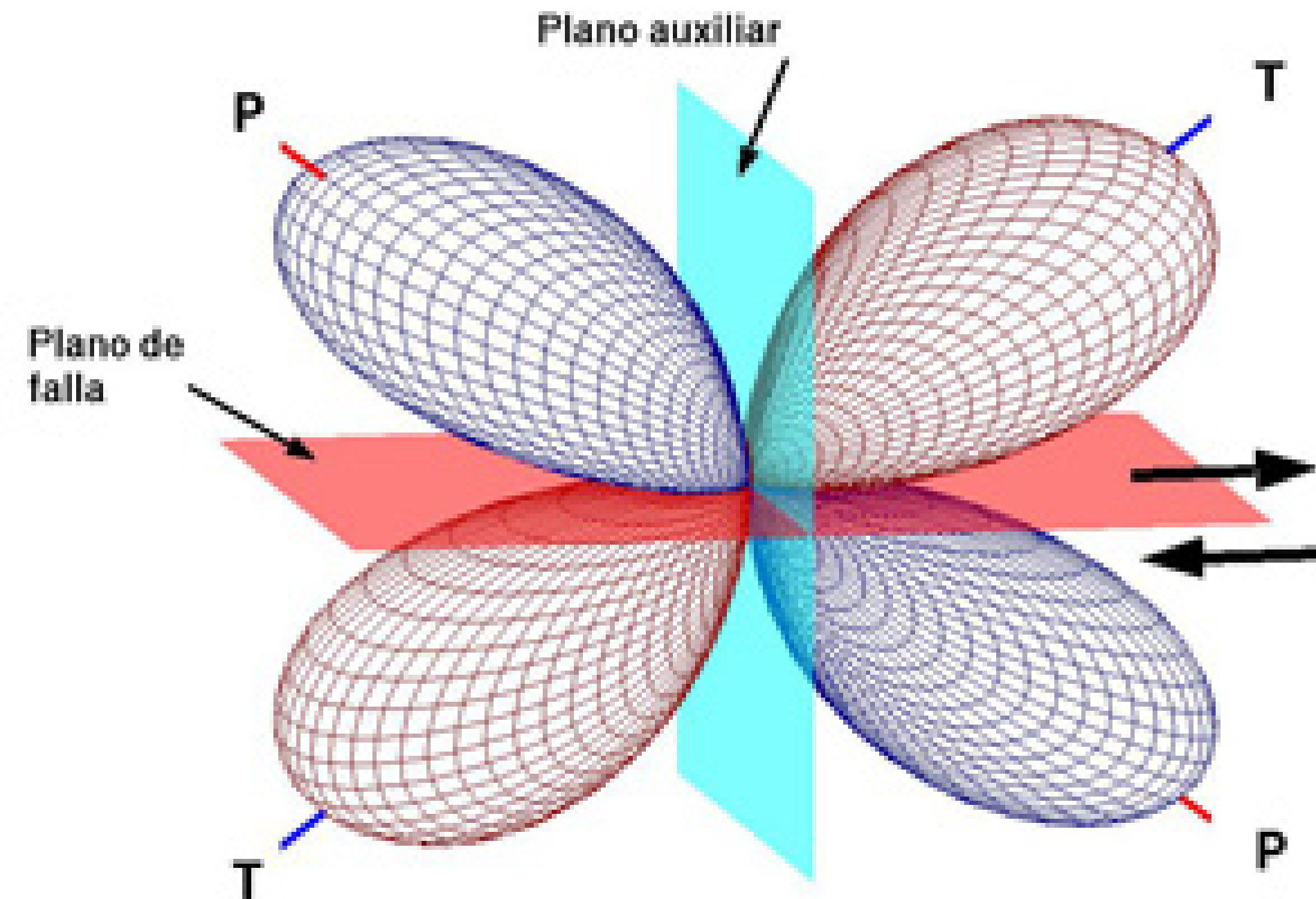


PATRÓN DE RADIACIÓN

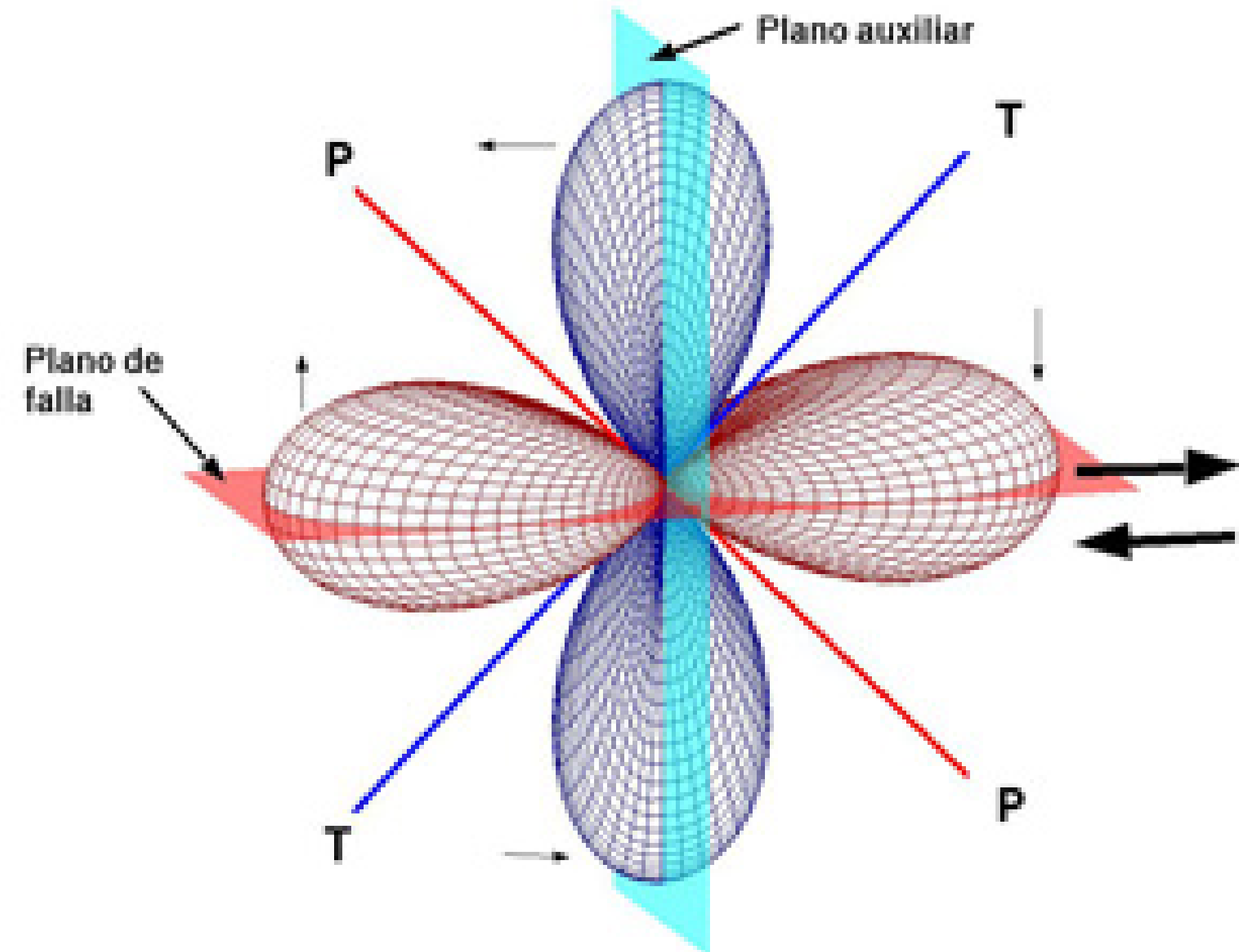


PATRÓN DE RADIACIÓN

PATRON DE RADIACION DE ONDAS P



PATRON DE RADIACION DE ONDAS S

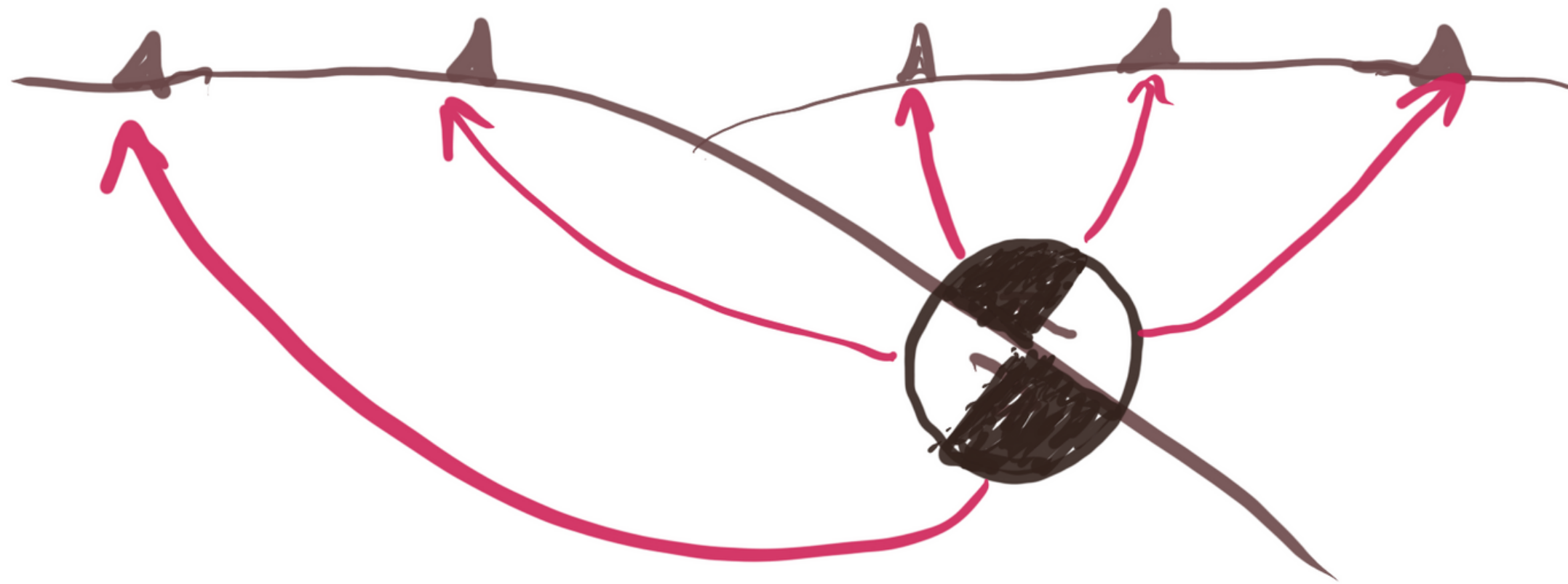


¿QUÉ PASA EN UNA FALLA INVERSA?

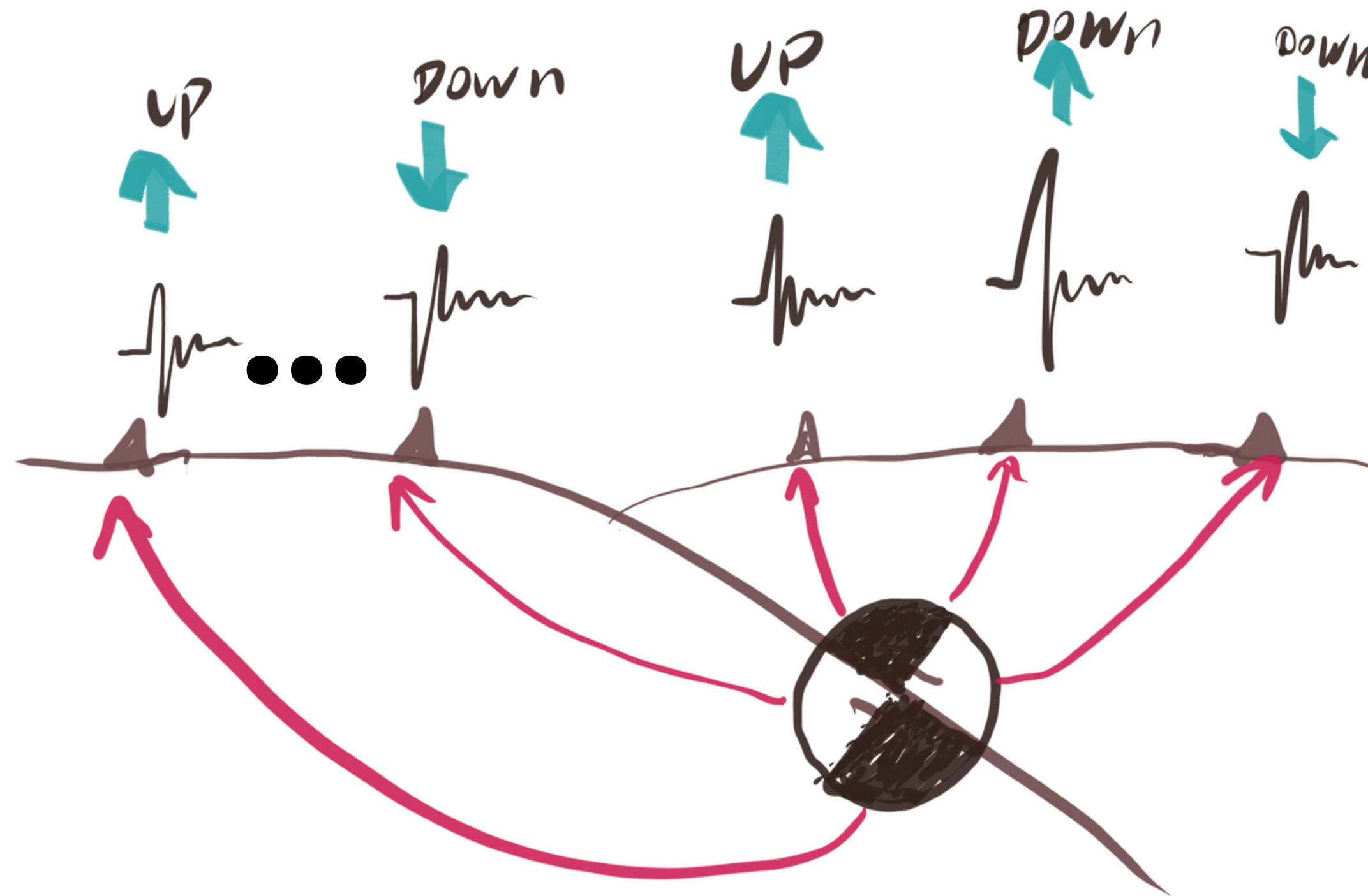


¿QUÉ PASA EN UNA FALLA INVERSA?

...



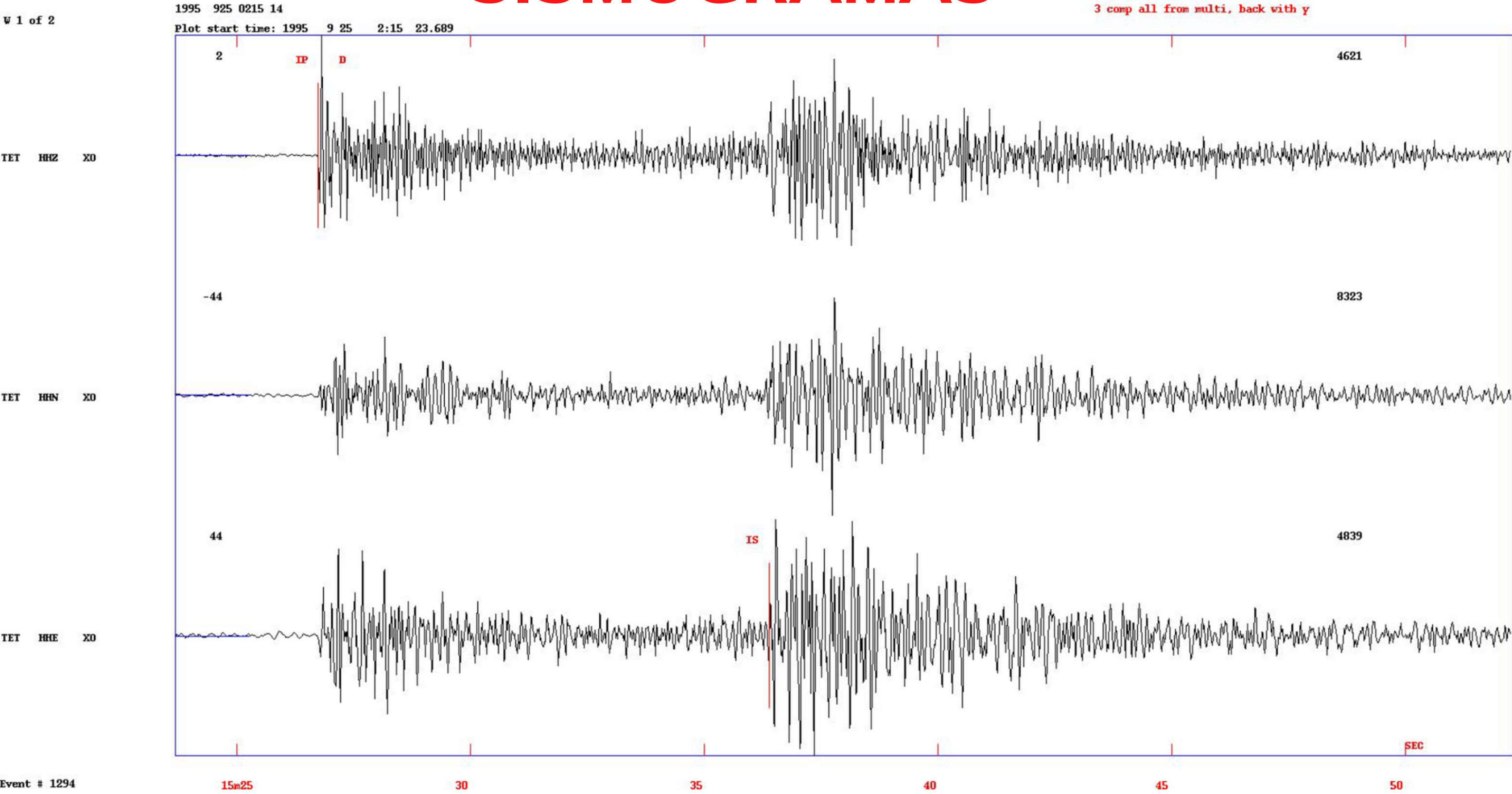
¿QUÉ PASA EN UNA FALLA INVERSA?



Ya hemos hablado acerca de los distintos tipos de ondas sísmicas, el patrón de radiación y la geometría de falla.

Ahora veremos como podemos "leer" la forma de onda de los sismogramas, para deducir esta información.

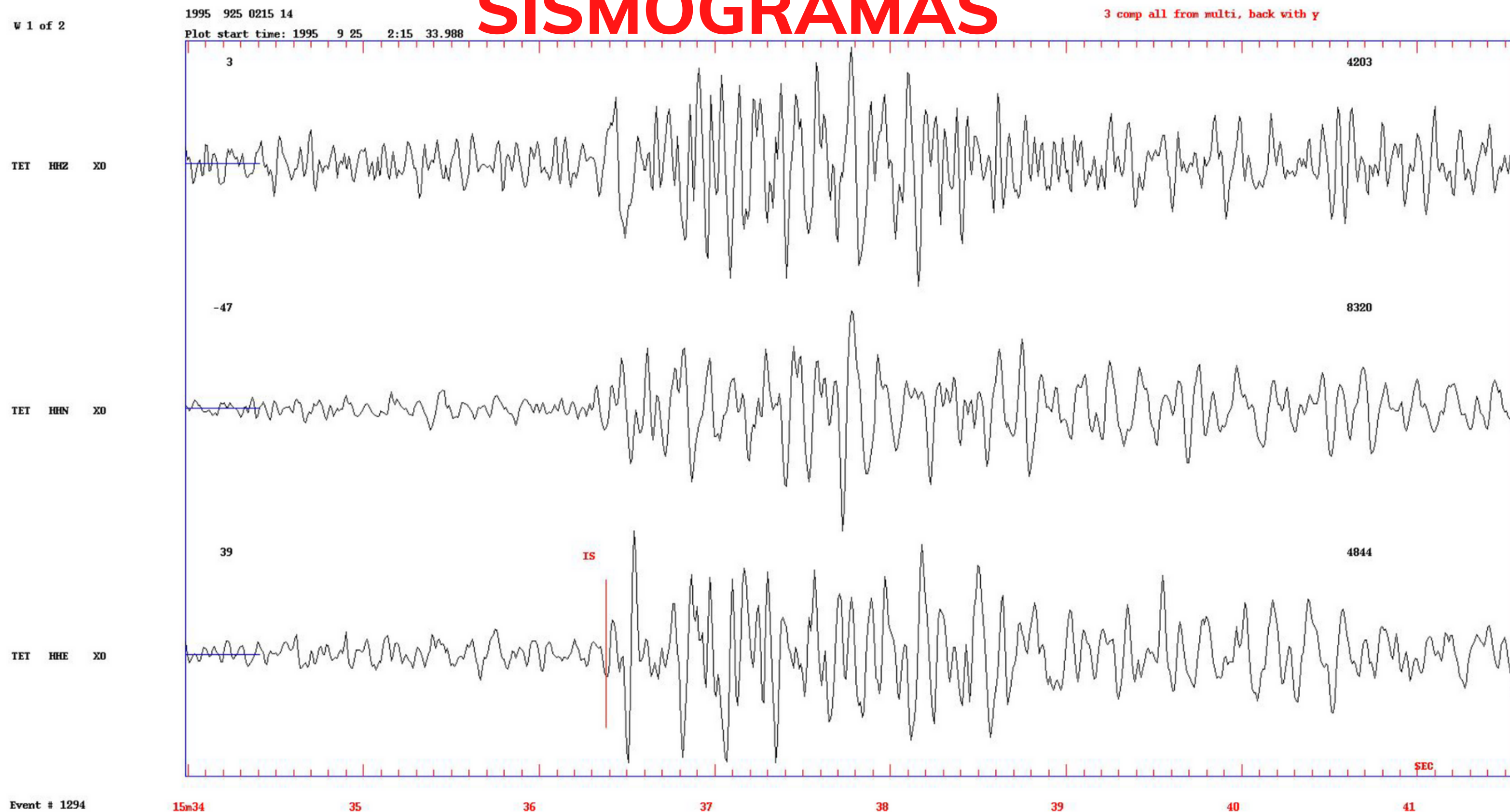
IDENTIFICAR ONDAS DE CUERPO EN SISMOGRAMAS



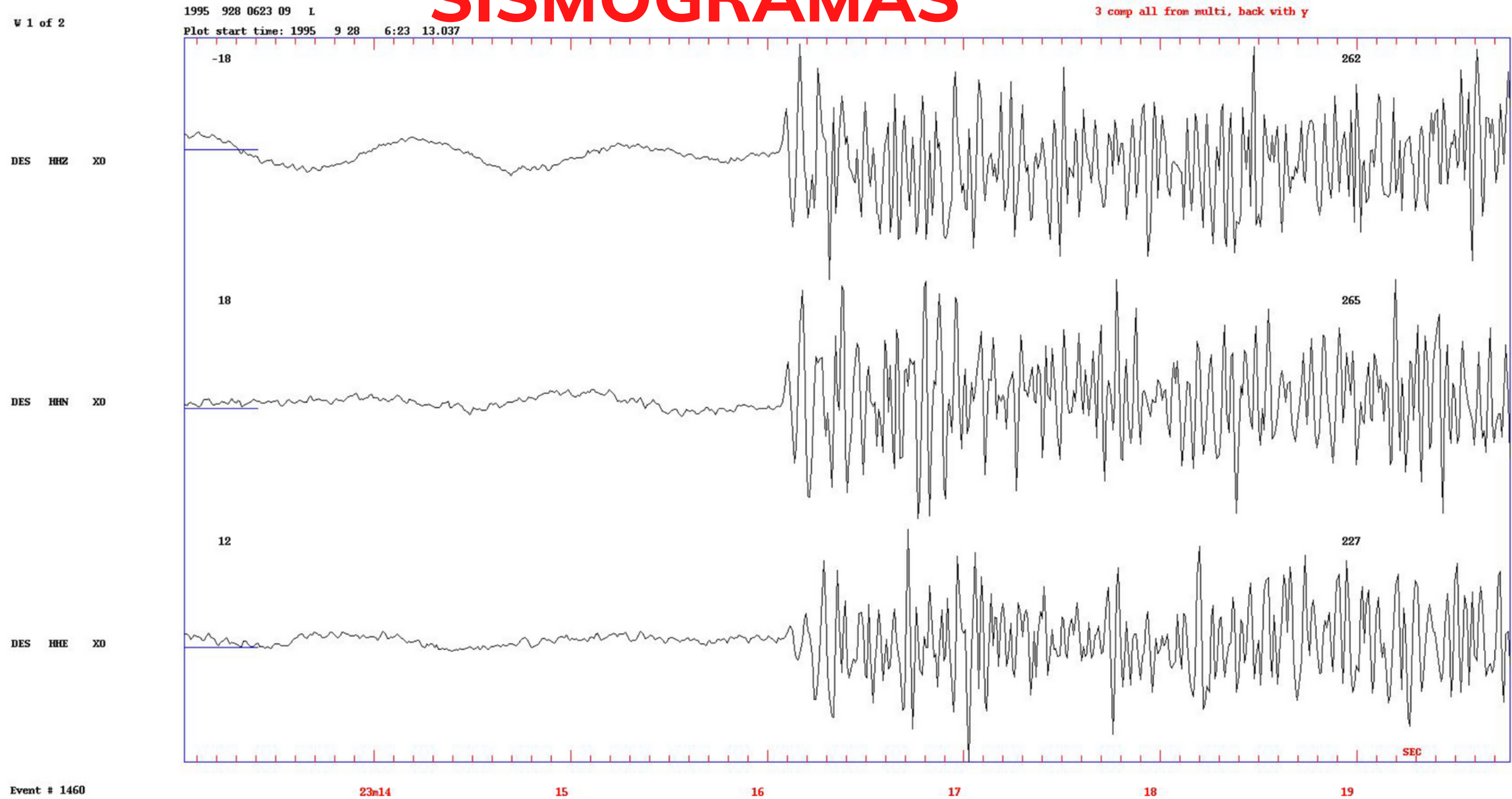
IDENTIFICAR ONDAS DE CUERPO EN SISMOGRAMAS



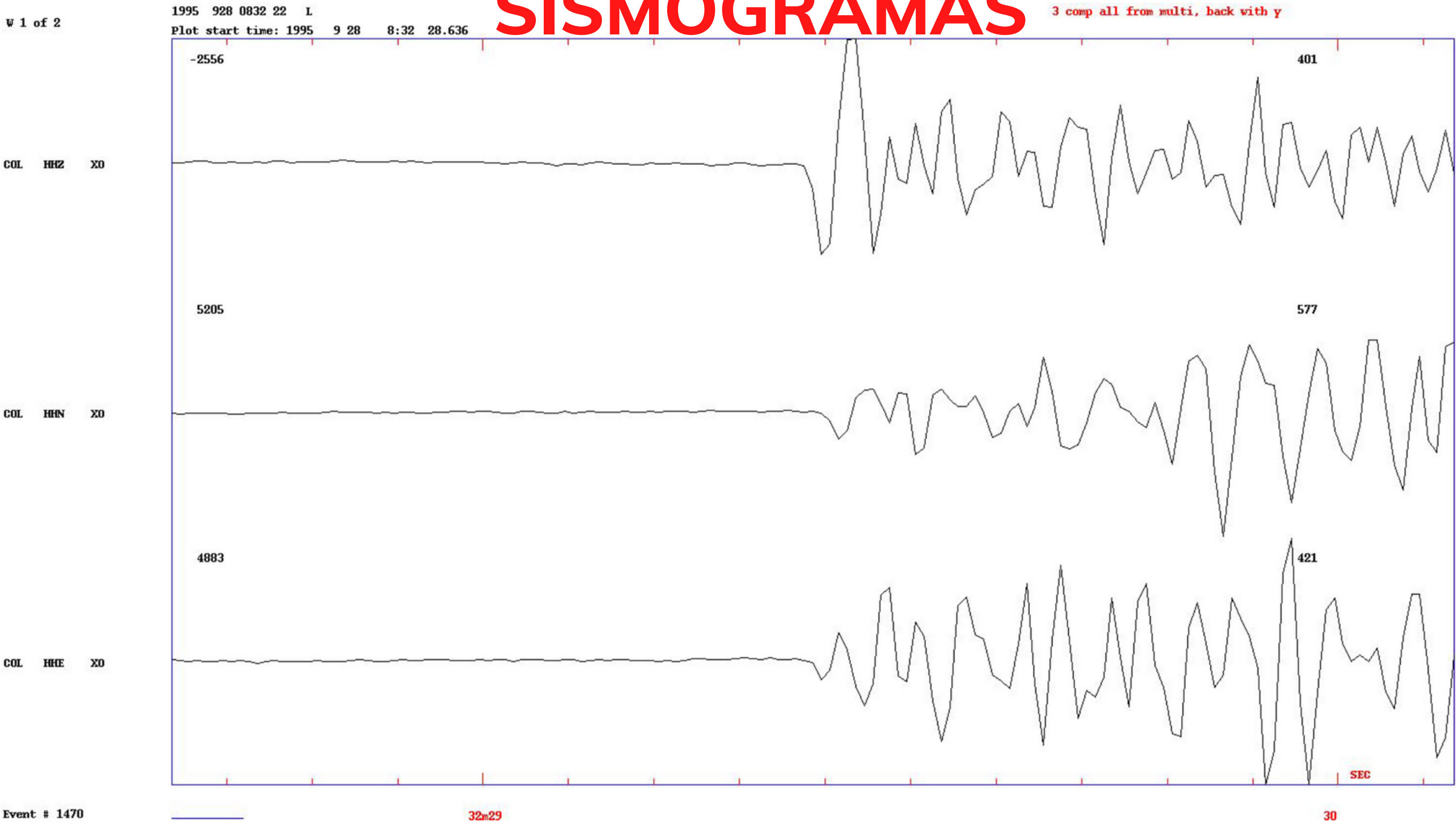
IDENTIFICAR ONDAS DE CUERPO EN SISMOGRAMAS



IDENTIFICAR ONDAS DE CUERPO EN SISMOGRAMAS

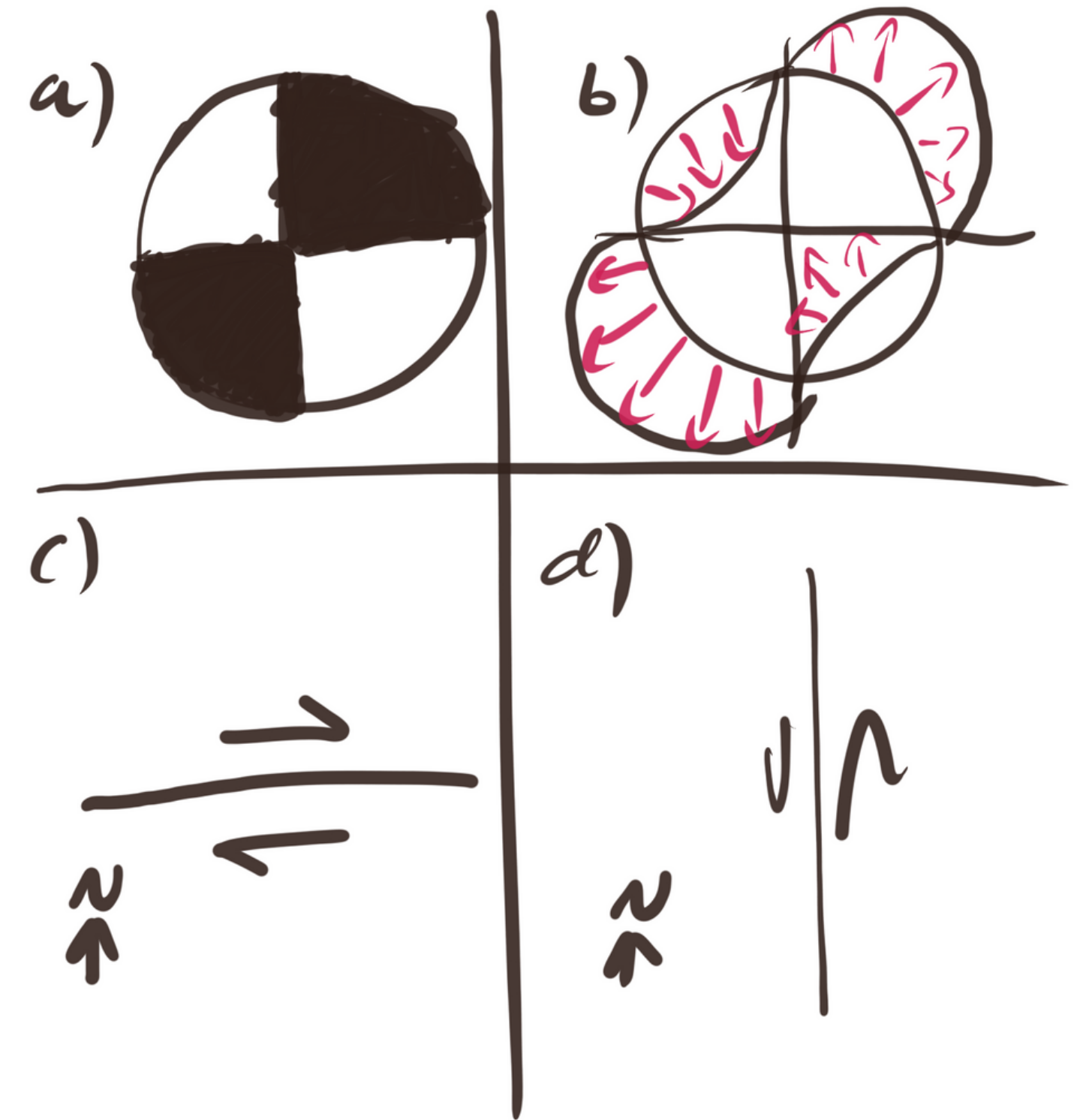


IDENTIFICAR ONDAS DE CUERPO EN SISMOGRAMAS



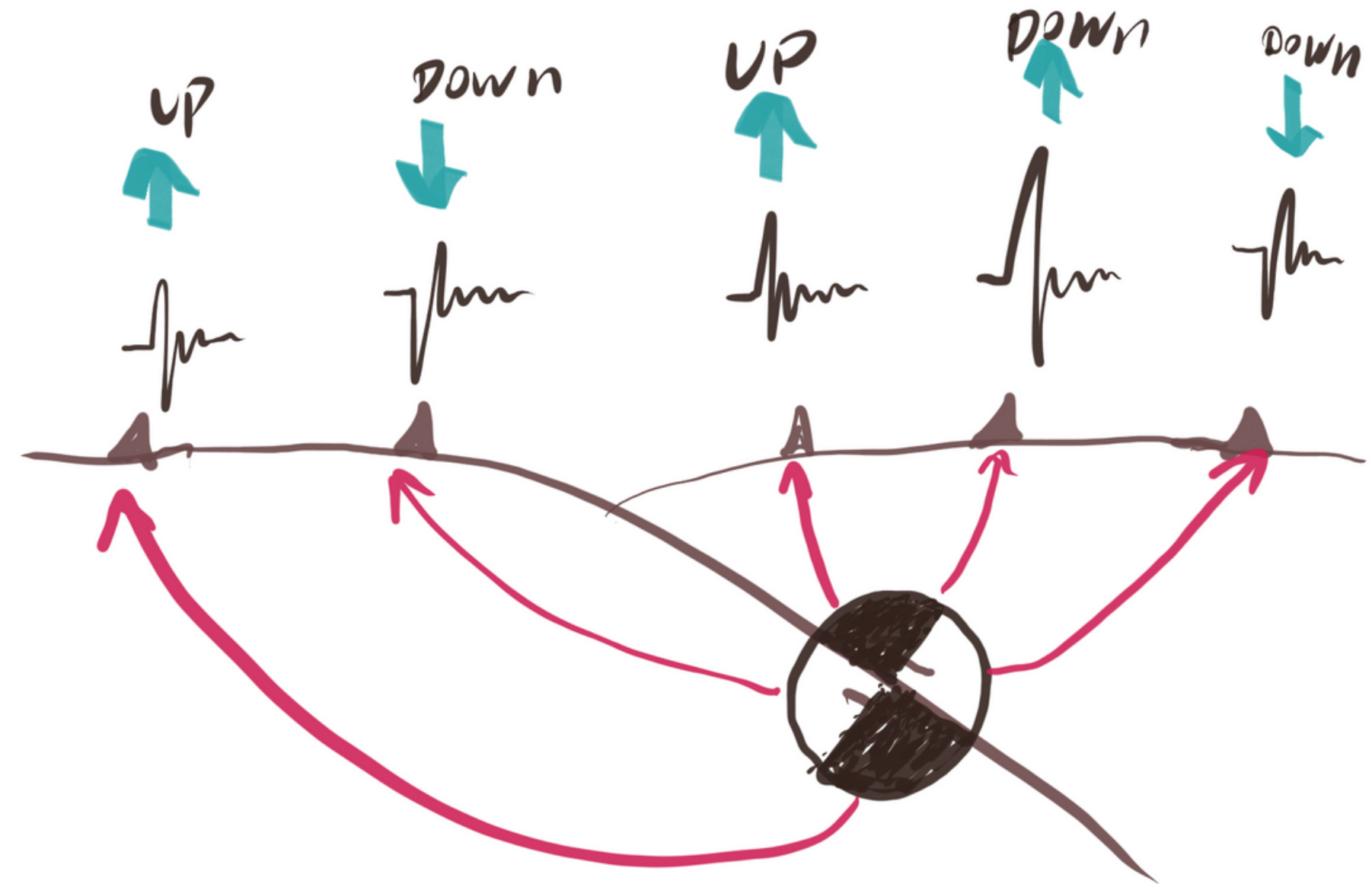
LOS MECANISMOS FOCALES REPRESENTAN DOS SOLUCIONES POSIBLES A LA VEZ

- a) Mecanismo focal de una falla transcurrente.
- b) Patrón de radiación.
- c) Falla transcurrente posible perpendicular a la dirección norte.
- d) Falla transcurrente posible paralela a la dirección norte.



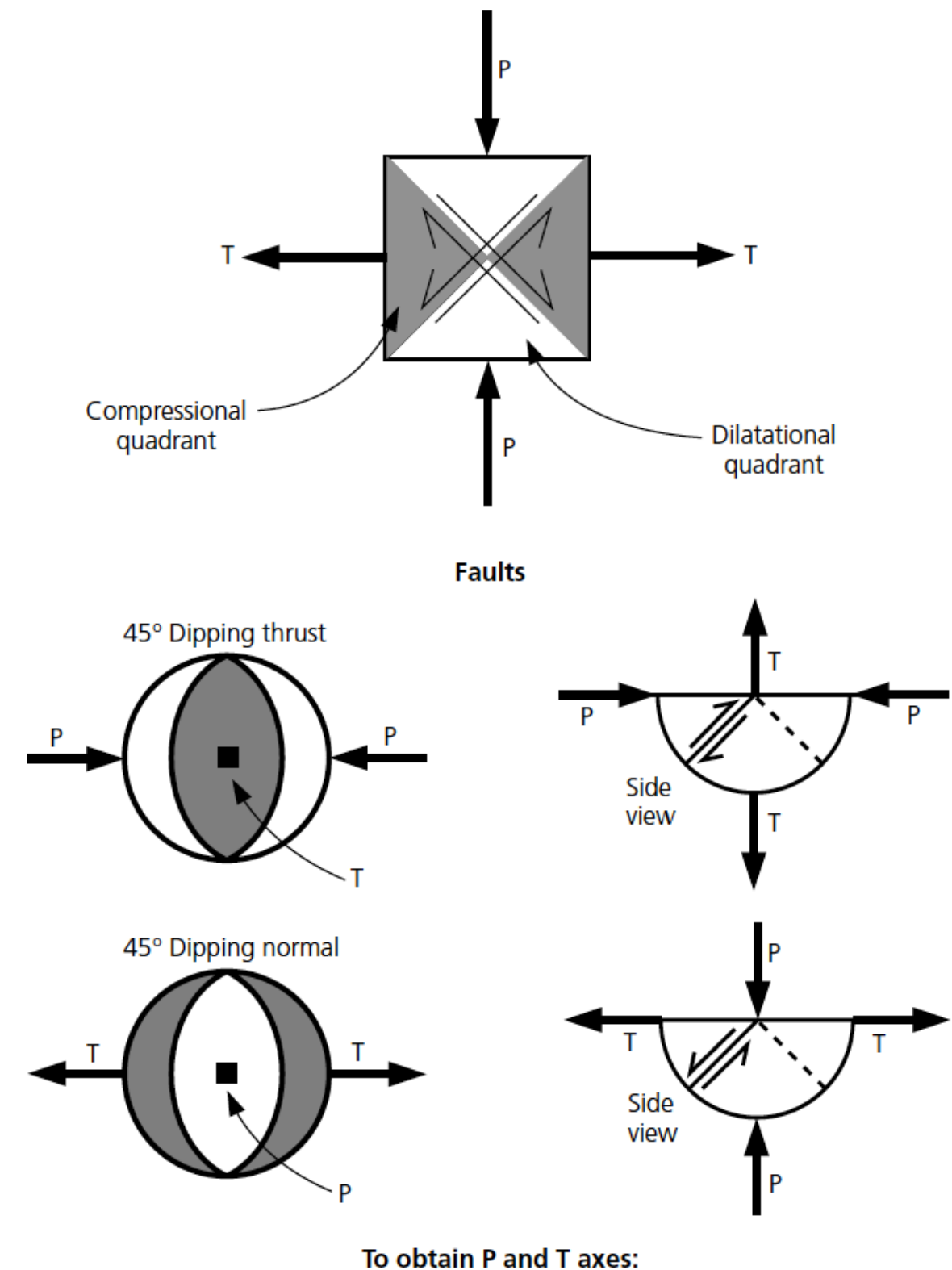
MECANISMOS FOCALES

- La esfera focal es una esfera imaginaria infinitesimal que envuelve al hipocentro.
- Puede dividirse en cuatro cuadrantes, dos compresionales y dos dilatacionales.
- Para los terremotos telesísmicos la primera llegada de la onda P es un rayo que sale de la parte inferior de la esfera.
- Para terremotos en el campo cercano la primera llegada de la onda P es un rayo que sale de la parte superior de la esfera.



MECANISMOS FOCALES

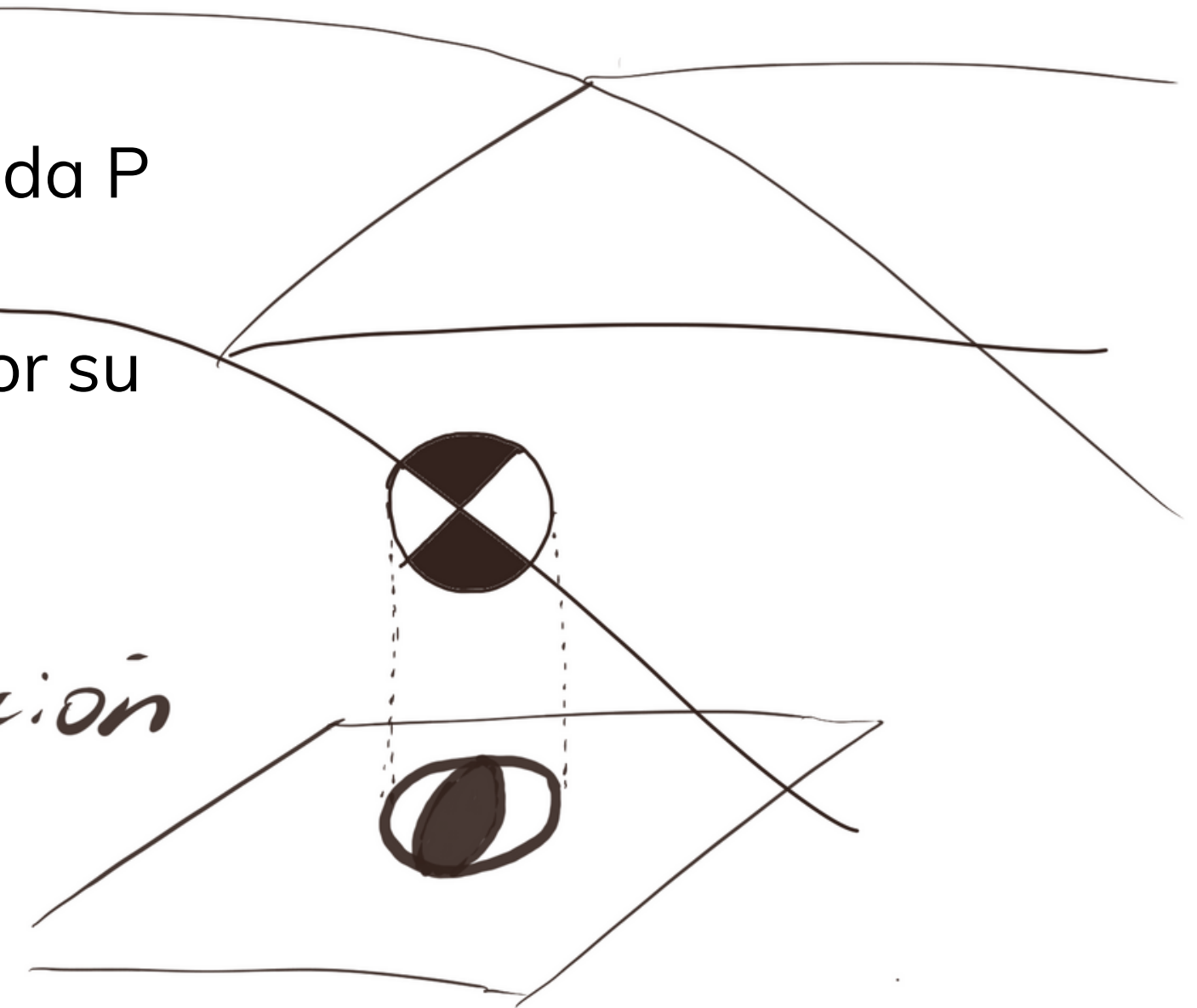
- Los mecanismos focales contienen dos planos nodales perpendiculares, uno de los cuales representa el plano de falla y el otro es un plano auxiliar perpendicular.
- Para poder identificar cual de los dos planos es el que representa la falla, es necesario tener más información, como del tipo (1) geológica, (2) geodésica, (3) directividad.
- No hay movimiento en los planos nodales.
- Por convención los cuadrantes compresionales se representan por (T) y son pintados de color, mientras que los cuadrantes dilatacionales se representan por (P) y no se colorean.



MECANISMOS FOCALES

- Se construyen a partir de la primera llegada de la onda P en la componente z del sismograma.
- Las esferas focales son representadas en el plano por su proyección inferior, como se ve en la figura.

Proyección
2D
de la
esfera



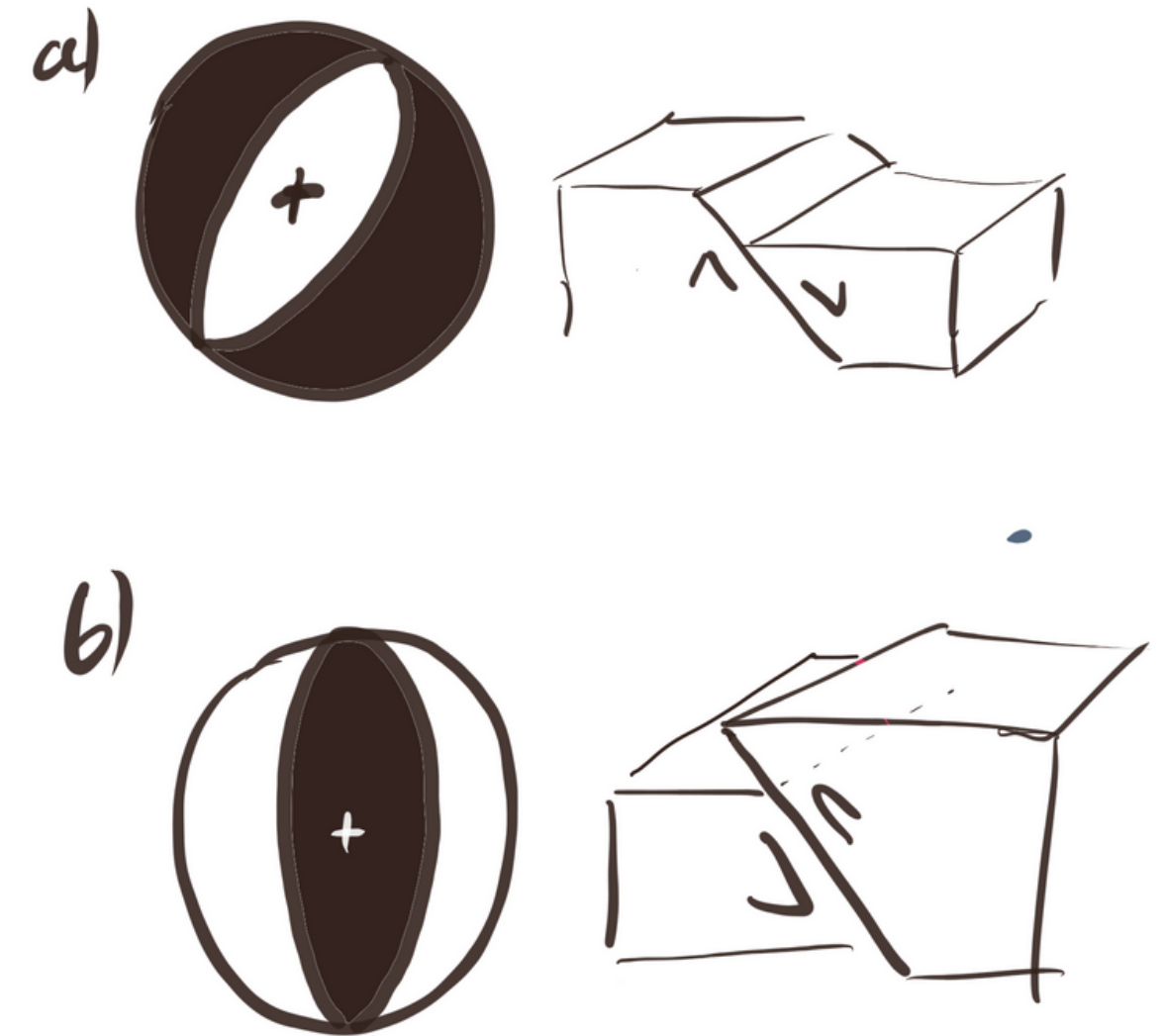
MECANISMOS TRANSCURRENTES

- Si las flechas del bloque opuesto al observador apuntan hacia la derecha, se tiene una falla transcurrente-dextral.
- Si las flechas del bloque opuesto al observador apuntan hacia la izquierda, se tiene una falla transcurrente-sinistral.



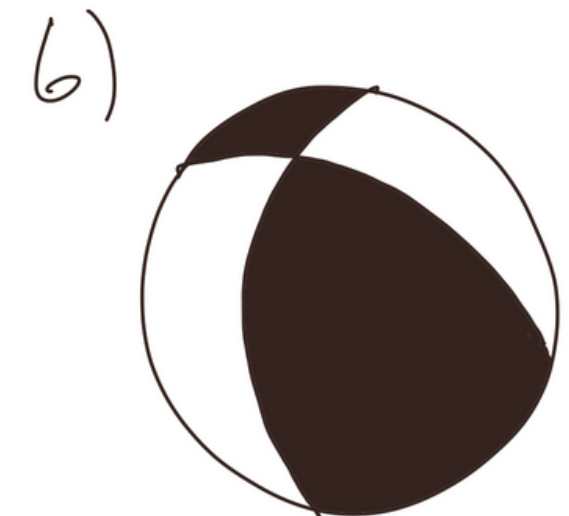
MECANISMOS NORMALES E INVERSOS

- Sólo se pueden observar tres de los cuatro cuadrantes.
- Si el centro del mecanismo es blanco, se trata de una falla normal.
- Si el centro del mecanismo está pintado, se trata de una falla inversa.



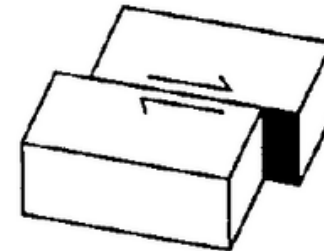
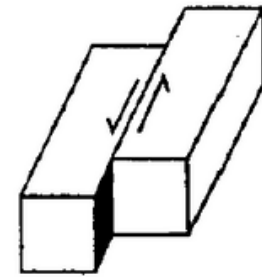
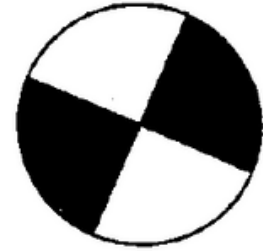
MECANISMOS OBLICUOS

- Los mecanismos oblicuos tienen aportes de los dos tipos de deslizamientos.
- Si el centro de un mecanismo está en un cuadrante blanco, se dice que es un mecanismo oblicuo con componente normal, sin tener en cuenta cual de los dos planos nodales es el plano de falla.
- Si el centro del mecanismo está en un cuadrante negro, este será un mecanismo oblicuo con componente inversa.

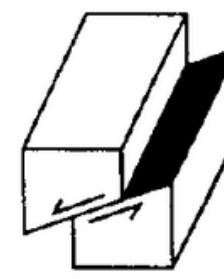
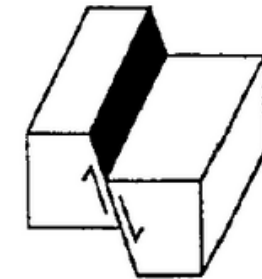


GEOMETRÍAS DE FALLA ASOCIADAS A MECANISMOS FOCALES.

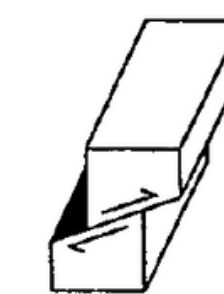
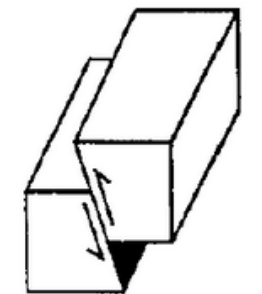
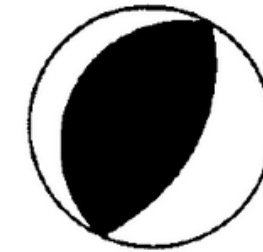
Strike Slip



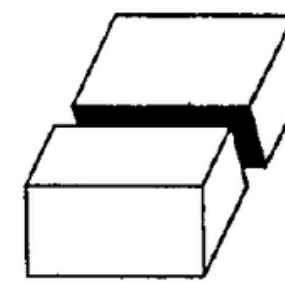
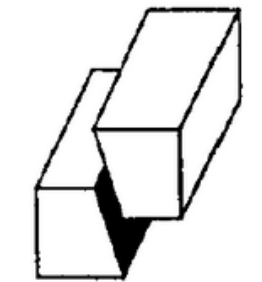
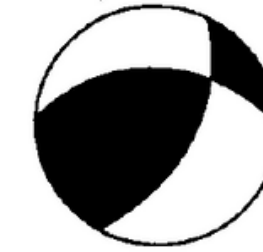
Normal



Thrust



Oblique

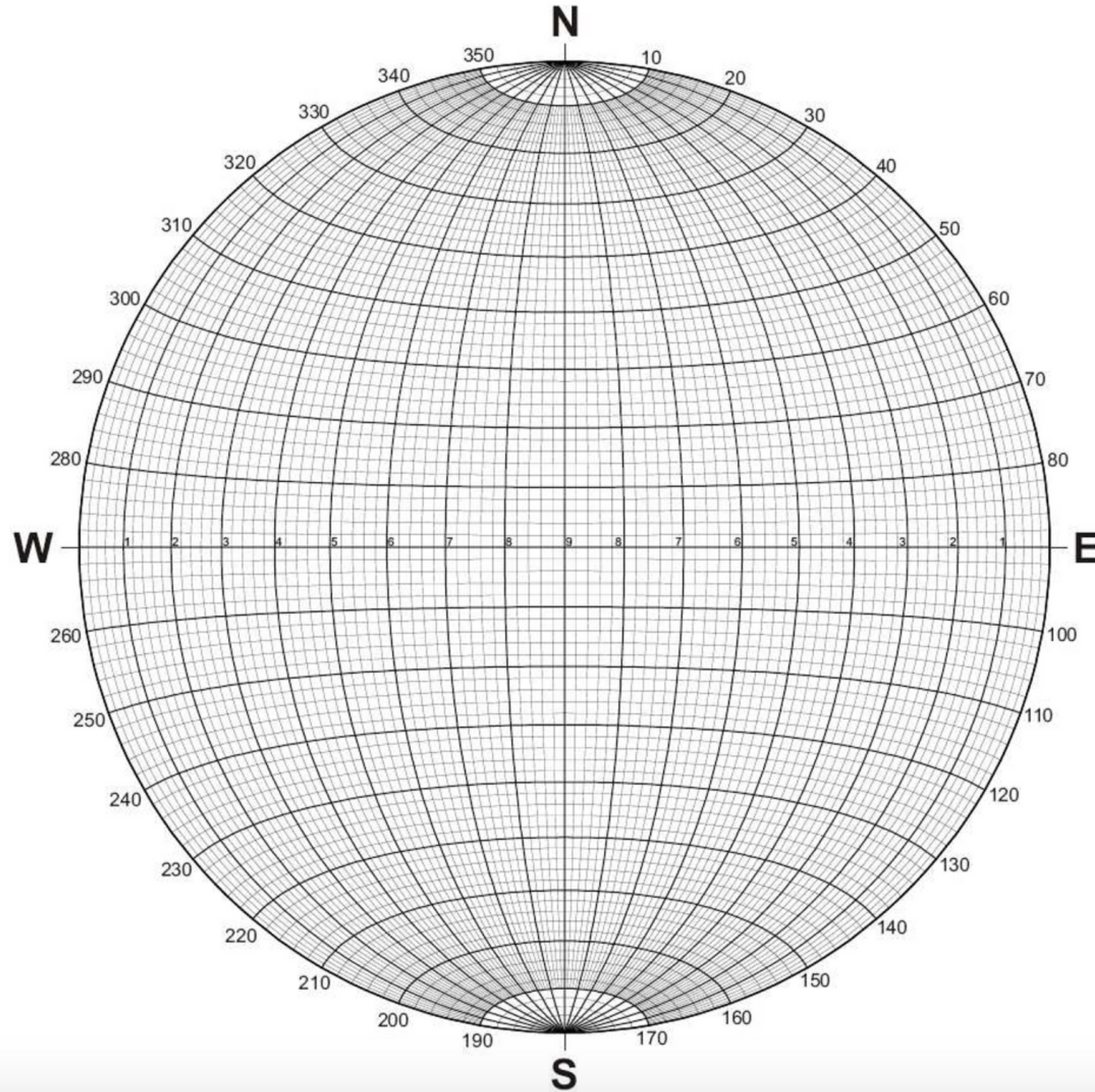


SOLUCIÓN DE UN MECANISMO FOCAL

- Observamos el registro de la componente vertical de cada estación y evaluamos si el primer movimiento detectado fue un movimiento "UP" o "DOWN" o sin señal aparente en el tiempo t.
- Para representar los datos en el sismograma hacemos uso de la red estereográfica de Schmidt
- Cada primera llegada de los sismogramas será representado por uno de estos tres símbolos: un círculo negro (●) si el primer movimiento de la onda P es "UP", un círculo blanco (○) si el primer movimiento de la onda P es "DOWN" y una (×) si el primer movimiento es muy débil para diferenciarlo.

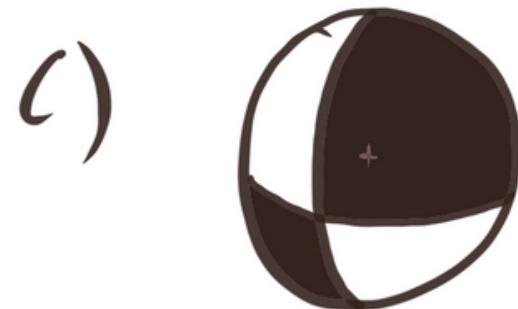
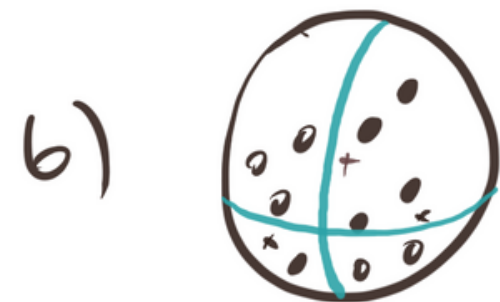


RED ESTEREOGRÁFICA DE SCHMIDT



SOLUCIÓN DE UN MECANISMO FOCAL

- a) Representación estereográfica de los datos sísmicos.
- b) Trazados de los planos nodales en una red estereográfica.
- c) Identificación de los cuadrantes.



Est.	P wave	Symbol.
A		●
B		x
C		●
D		○
E		○
F		○
G		x
H		●
I		○
J		●
K		○
L		x

TIPOS DE FALLAS SEGÚN EL VALOR DEL RAKE

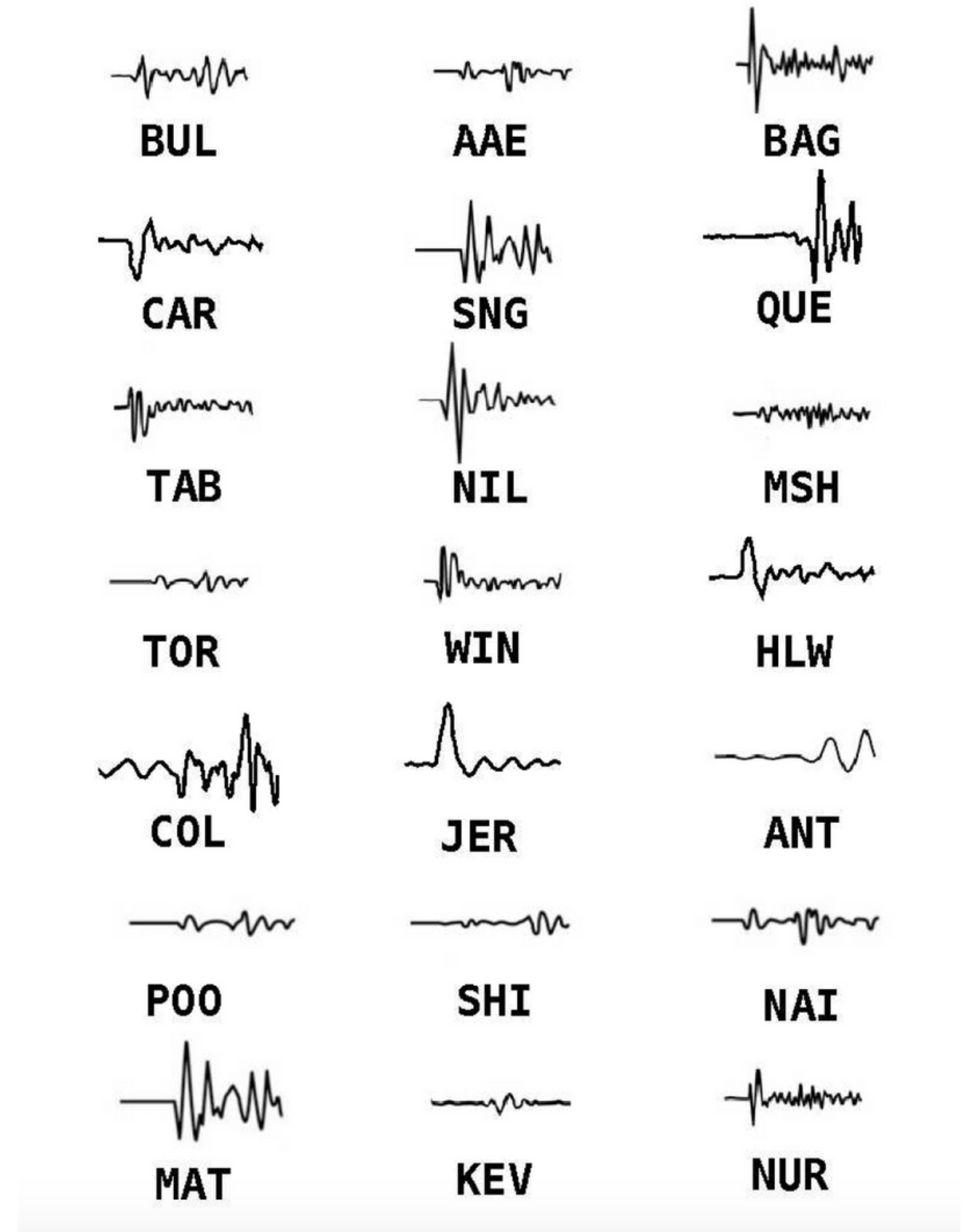
Tabla 1: Valores permitidos para el Rake y el tipo de falla correspondiente.

Rake	Tipo de falla
0° o 180°	Transcurrente
90°	Inversa pura
-90°	Normal pura
-20° a 20°	Transcurrente sinestral
20° a 70°	Oblicua-inversa-sinestral
70° a 110°	Inversa
110° a 160°	Oblicua-inversa-dextral
-160° a 160°	Transcurrente dextral
-110° a -160°	Oblicua-normal-dextral
-70° a -110°	Normal
-20° a 70°	Oblicua-normal-sinestral.

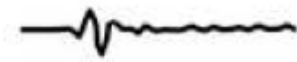
EJERCICIO

Construir un mecanismo focal a partir de las primeras llegadas de las siguientes estaciones.

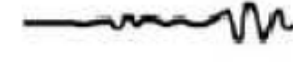
- Identificar primera llegada de cada estación marcando los círculos de las estaciones de la página 28 con UP(●), DOWN(○) o no identificado(×) según corresponda.
- Usando el diagrama de Schmidt, trazar los arcos que representan los planos nodales del mecanismo focal.



EJERCICIO



KBS



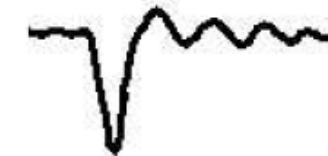
KON



AKU



UME



BEC



MAL



VAL

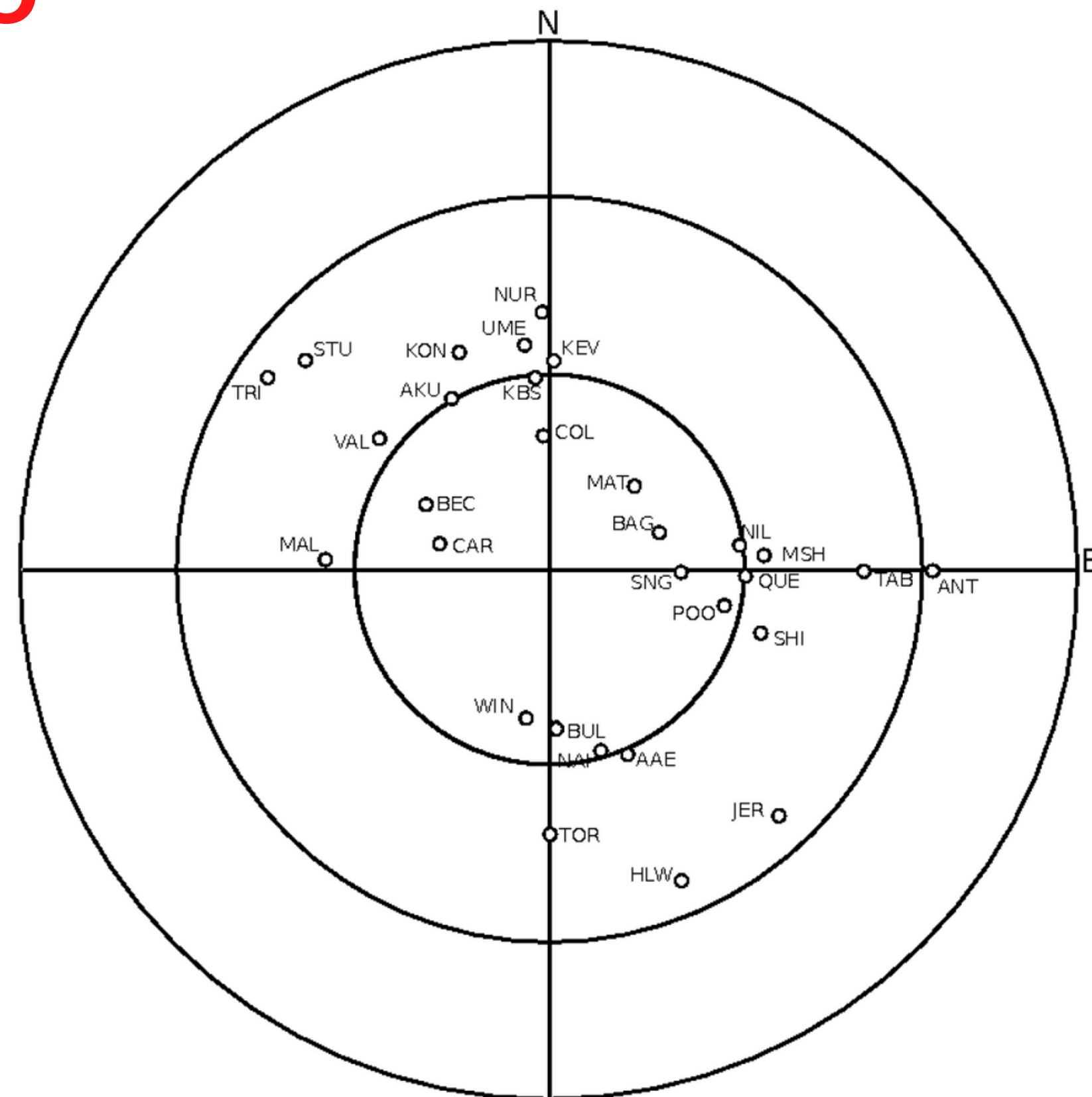


STU



TRI

EJERCICIO



EJERCICIO

