

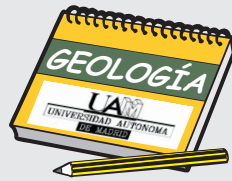
# Riesgo Sísmico

## Localización de un sismo

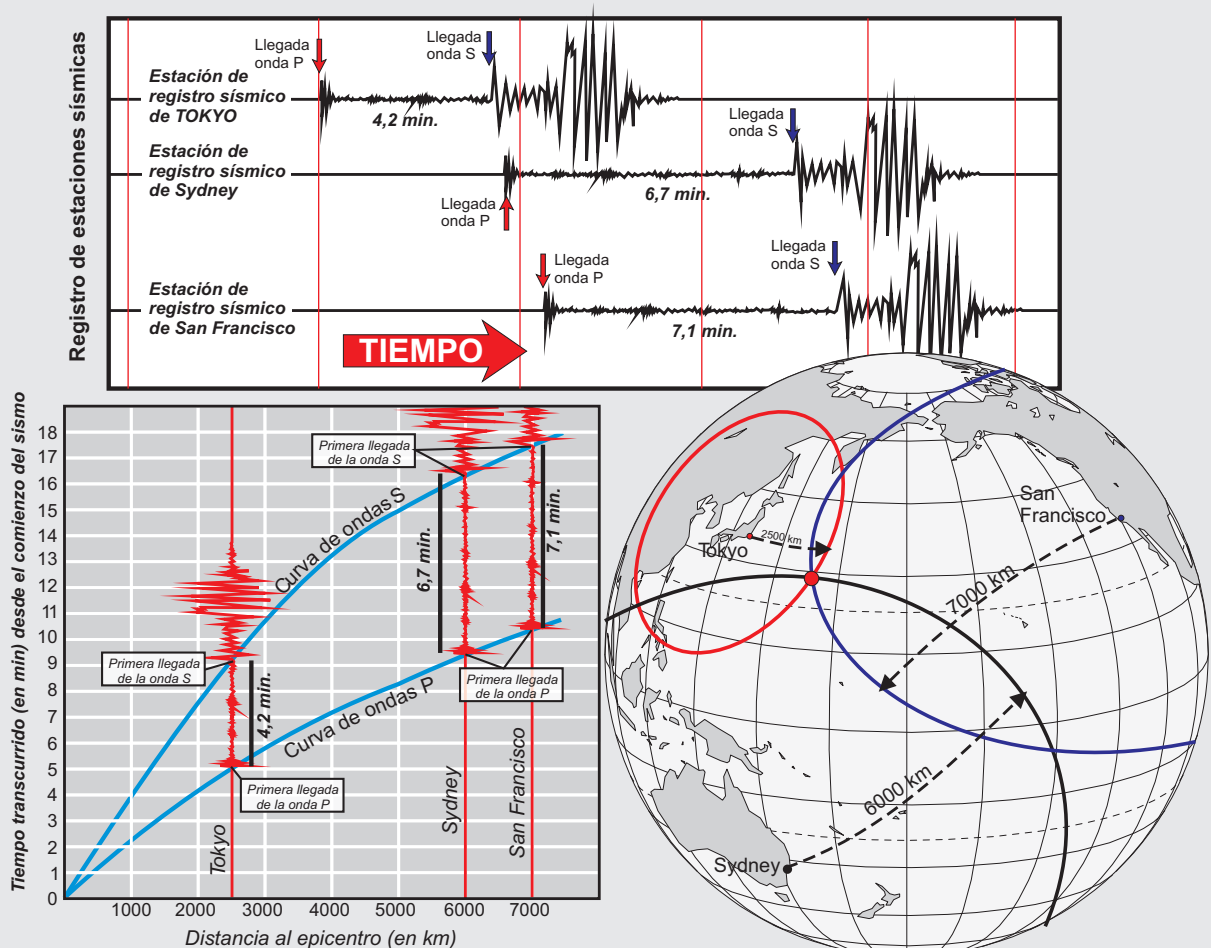
Giner-Robles, J.L.<sup>1</sup>; Pozo Rodriguez, M.<sup>1</sup>; Carenas Fernández, B.<sup>1</sup>;  
Domínguez Díaz, C.<sup>2</sup>; García Ruíz, A.<sup>2</sup>; Regadío García, M.<sup>1</sup> y De Soto García, I.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. UAM

<sup>2</sup> Departamento de Didácticas Específicas. Facultad de Educación y Profesorado. UAM



### Recurso Didáctico 3



**COMPLEMENTOS DE GEOLOGÍA Y BIOLOGÍA**  
Master en Formación de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato

Material docente de geología adaptado para la impartición de docencia en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato



## RECURSO DIDÁCTICO 3

**Recurso didáctico 3:** Los sismos se localizan mediante diferentes técnicas. Una de las metodologías utilizadas, ahora más en desuso, es la de establecer la diferencia de tiempos de llegada de ondas P y S a una estación. Ambas ondas se han producido en un mismo momento en el foco sísmico ( $t_0$ ), pero llegan con diferentes tiempos a la estación receptora, porque tienen diferentes velocidades de propagación. Considerando la diferencia de velocidades entre ambas ondas, podemos calcular la distancia del foco sísmico a la estación que ha localizado ese sismo. Si utilizamos un mínimo de tres estaciones podemos triangular la posición del sismo, y por tanto localizarlo.

### ACTIVIDAD: Localización de un sismo

Ver archivos: [presentación\\_actividad\\_3.ppt](#)

**Material:** Regla, compás

**Objetivo:** Comprensión del proceso de **localización de un sismo**, reforzando conceptos como **propagación de las ondas sísmicas** y **redes de localización de sismos**. Desarrollo de competencias laterales como **escalas, mapas, errores y uso de gráficos**.

### **Metodología:**

La actividad consiste en localizar un terremoto a partir de los registros sísmicos obtenidos en cinco estaciones. Esta actividad se desarrolla en varios pasos o fases:

#### **Primer paso:**

1) En el primer paso los alumnos deben **medir en los registros sísmicos** de cada una de las estaciones, la **diferencia de tiempos de llegada entre las ondas P y las ondas S**.

Deben definir el intervalo de tiempo entre la llegada de la onda P y la onda S.

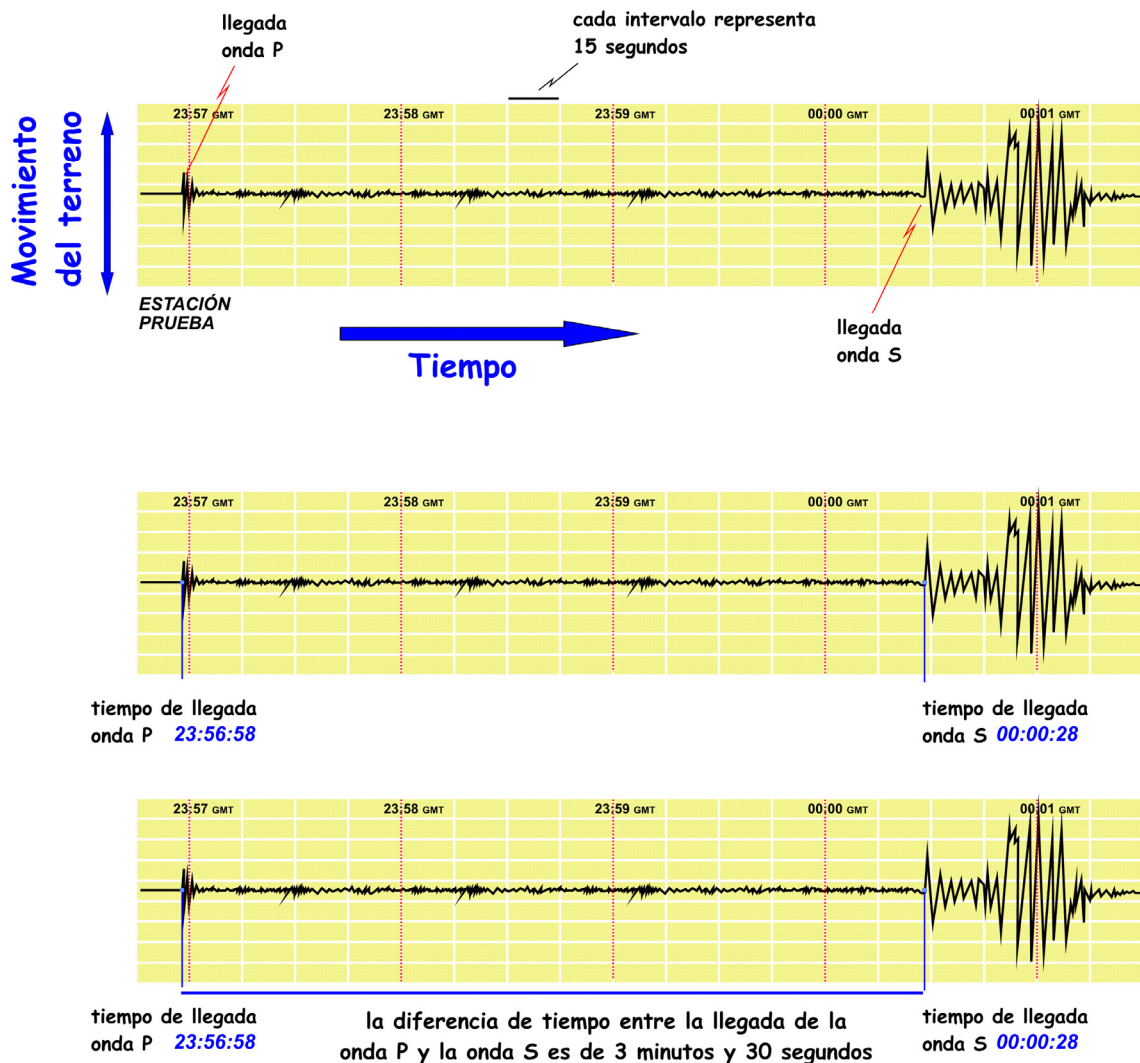
Se puede calcular bien definiendo el tiempo exacto de llegada de cada onda (en este ejemplo *llegada onda P 23:56:58*, y *llegada onda S 00:00:28*), es decir una diferencia de tiempo de llegada de **3 minutos y 30 segundos** ente ambas ondas.

O bien lo pueden definir midiendo la distancia entre la llegada de la onda P y la onda S, y calculando a cuanto equivale en segundos utilizando la escala que se presenta. Para no complicar los cálculos, **los tiempos están calculados en intervalos de 15 segundos**, es decir las **diferencias de tiempos entre la llegada de una onda y otra sólo pueden ser múltiplos de 15 minutos**.

Dependiendo del tiempo disponible para la actividad, el docente puede obviar esta parte dándoles los tiempos de diferencia entre ondas directamente a los alumnos para que los utilicen en el siguiente paso de la actividad. Aunque de ser así se aconseja que se les muestre como se calculan esos tiempos.

### Esquema de uno de los registros sísmicos

En esta figura se muestra la información necesaria para interpretar los sismogramas de cada estación. Los dibujos de los sismogramas no son muy realistas, se han exagerado gráficamente las llegadas de las ondas para que los alumnos no tengan problema en definir los tiempos de llegada.



**La hora GMT.** Otro de los recursos que se pueden utilizar en esta actividad es la **hora media en Greenwich** u **hora GMT** (Greenwich mean time). Es la hora a partir de la cual, se miden todas las otras que recorren el globo, sumando una hora hacia el este y restándola hacia el oeste. En todas las redes sísmicas del mundo se utiliza esta hora en los sismógrafos, de esta forma se pueden utilizar los registros de sismógrafos situados en diferentes zonas horarias sin necesidad de cambios de hora complejos.

Esta hora es conocida también como **hora zulú**, utilizada en aviación y también por el ejército norteamericano. Este último al tener bases y navíos en diferentes partes del mundo, utiliza esta hora para evitar confusiones horarias.

En algunas películas de esta nacionalidad, se pueden observar hechos curiosos, como que la **hora zulu** sean las 23:30 y los protagonistas están a pleno sol de mediodía en mitad de los EEUU.

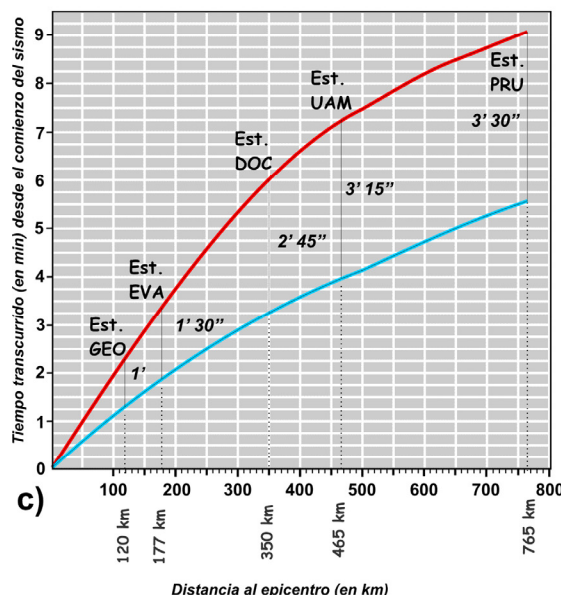
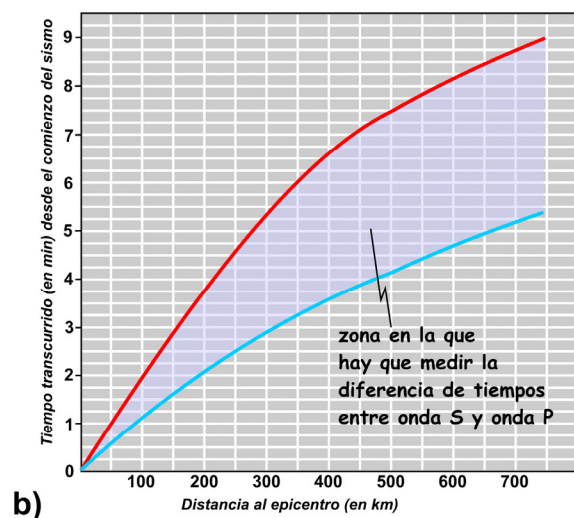
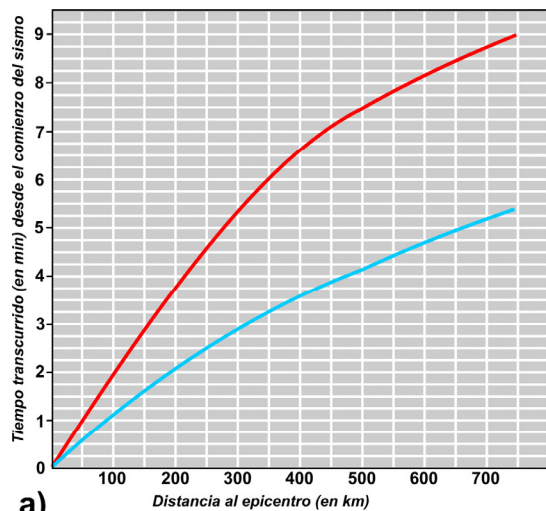




**Segundo paso:**

Una vez definidos los tiempos entre la llegada de las ondas S y P, los alumnos deben representar esos tiempos en un gráfico de velocidades, que representa el tiempo que tardan en recorrer las ondas P y las S una distancia dada. En el gráfico, el espacio que queda entre las dos curvas define la diferencia de tiempo de llegada entre la onda P y la onda S. La línea roja corresponde a la onda S y la línea azul a la de las ondas P. Se representa esa diferencia de tiempo entre las dos curvas: se localiza el punto en el que las dos curvas estén separadas por los valores de tiempo definidos en los sismogramas (a escala con respecto al eje de las ordenadas), y podemos leer directamente en el eje de las abscisas la distancia de cada una de las estaciones al epicentro del terremoto.

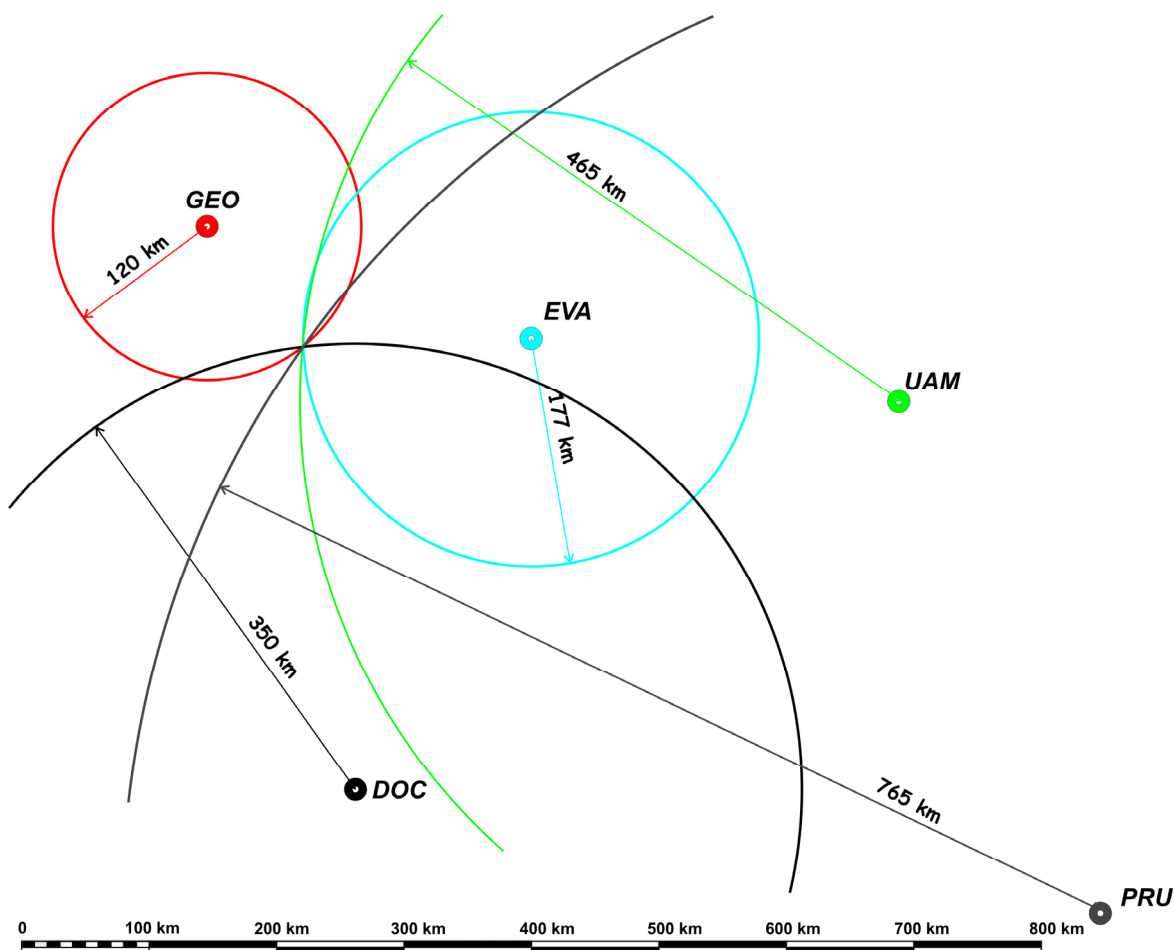
**Velocidad de las ondas P y S.** Un ejercicio interesante que se puede proponer a los alumnos es que reconozcan que curva representa a cada tipo de ondas (la línea de color azul representa a las ondas P, y la roja a las ondas S). A una distancia dada al epicentro, por ejemplo 200 km. (eje de las abscisas), el valor de tiempo (ordenadas) para la curva azul es de aproximadamente de 2 minutos, frente a los 3 minutos 45 segundos que marca la curva roja a esa distancia. La curva azul representa las ondas más veloces (igual recorrido en menos tiempo), es decir las ondas P.



El gráfico a es el que se entrega a los alumnos para que realicen la actividad, el gráfico b muestra en que zona deben medirse los tiempos de diferencia entre las ondas P (curva azul) y las ondas S (curva roja). Y el último (gráfico c) muestra como se deben considerar los tiempos de diferencia obtenidos para leer directamente en el eje de las abscisas la distancia de cada estación al epicentro del terremoto.

**Tercer paso:**

Una vez definidas las distancias de cada estación al epicentro del terremoto, podemos establecer la posición del mismo. En un mapa se muestran la localización de las estaciones, para poder establecer la posición del epicentro debemos **dibujar a escala una circunferencia centrada en cada una de las estaciones, el radio de la circunferencia debe de ser la distancia obtenida en el paso anterior. Es importante utilizar la escala adjunta al mapa. El punto donde se corten las circunferencias define la posición del epicentro del terremoto.**



**Errores en la medida.** Es más que probable que haya variaciones en las medidas de tiempos en los sismogramas o en la medida de las distancias en el gráfico de tiempos/distancias de las ondas P y S que tomen los alumnos. Un ejercicio interesante en este punto, es introducirles el concepto de **error del método científico**. Es importante que entiendan que **cualquier medida que se realice, tiene un error asociado**; ya sea debido a los aparatos de medida, al científico que los toma, o incluso al mismo método de análisis. Cualquier localización de un terremoto puede presentar un error.

En esta actividad puede darse el caso, bastante probable, que **las circunferencias no se corten en un mismo punto**, por ello se puede proponer a los alumnos definan un **área probable para la situación del epicentro**.

Además, la actividad se puede **realizar por grupos, comparando las áreas probables de cada grupo con papeles transparentes y definiendo la zona común para todos los grupos.**

# *MATERIAL ALUMNOS*

## INTRODUCCIÓN

“(..)Aproximadamente en la medianoche del día 28 de diciembre se produjo un sismo de magnitud 5,2 (mb) en la inmediaciones de la localidad de XXXXXX (...). La información ha sido enviada a los ayuntamientos próximos, a protección civil y a las autoridades autonómicas competentes en temas de desastres naturales. La localización preliminar del sismo ha sido obtenida mediante el análisis de los sismogramas obtenidos en cinco estaciones de registro pertenecientes a la red de alerta sísmica del país.”

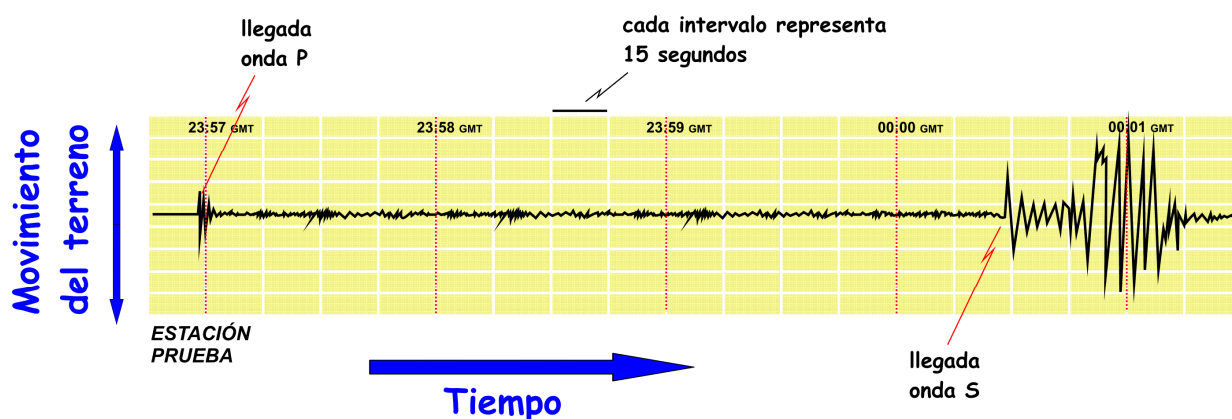
### Objetivo de la actividad:

Calcular la posición del epicentro del terremoto en el mapa adjunto, a partir de los sismogramas de las 5 estaciones de registro sísmico que han recibido señal del terremoto.

### Información:

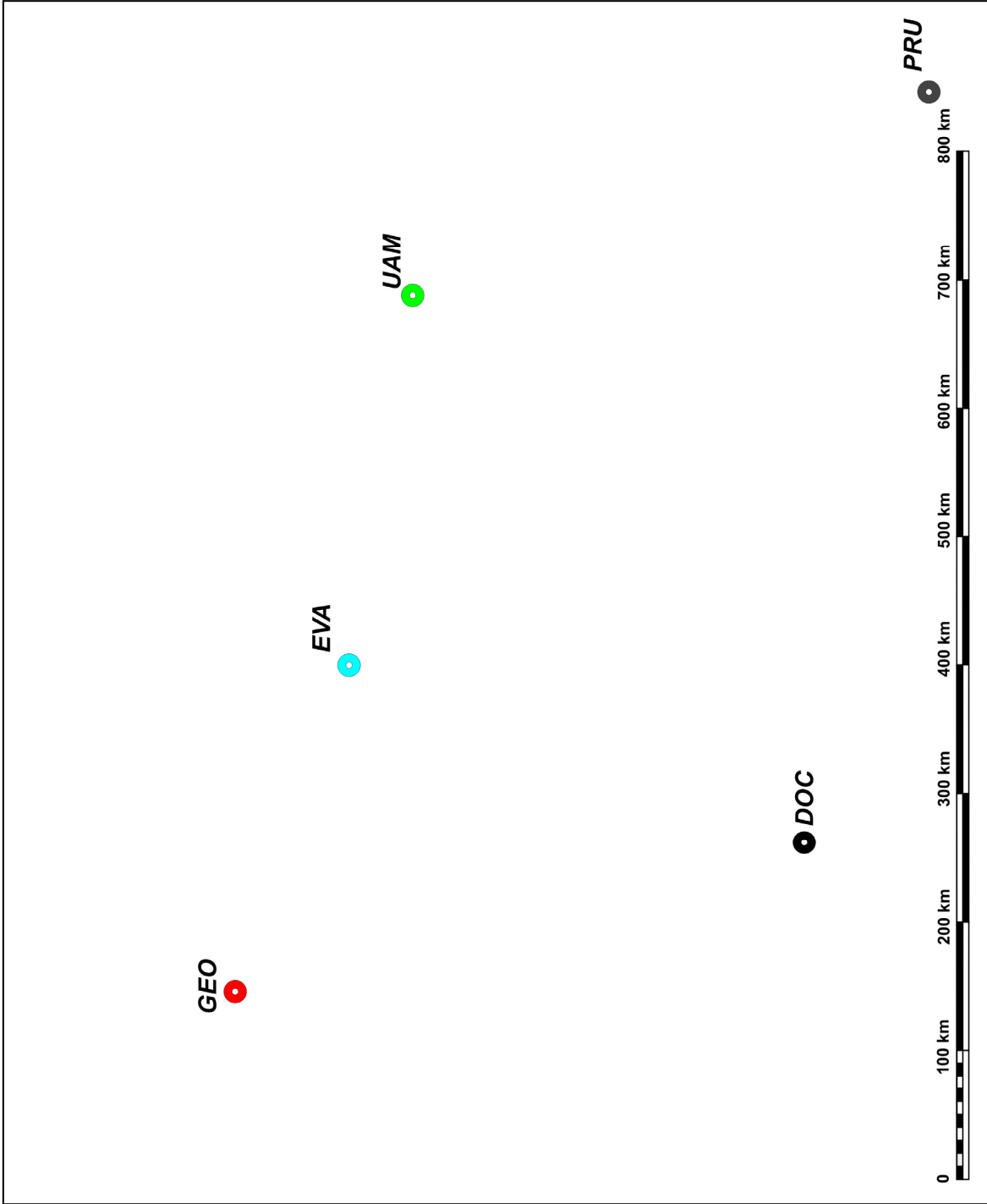
Las ondas P son las ondas sísmicas más veloces y son las primeras en llegar a las estaciones de registro. Después llegan las ondas S y posteriormente las ondas superficiales.

### Ejemplo de registro sísmico

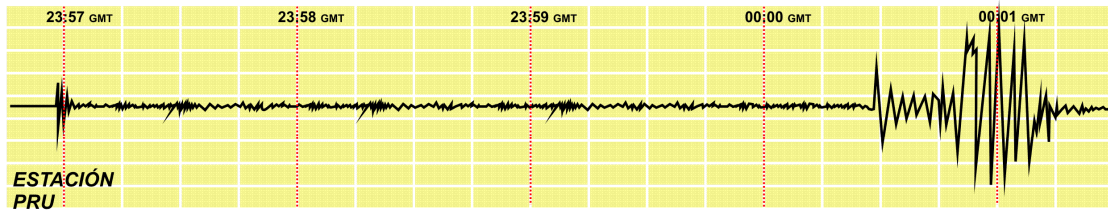




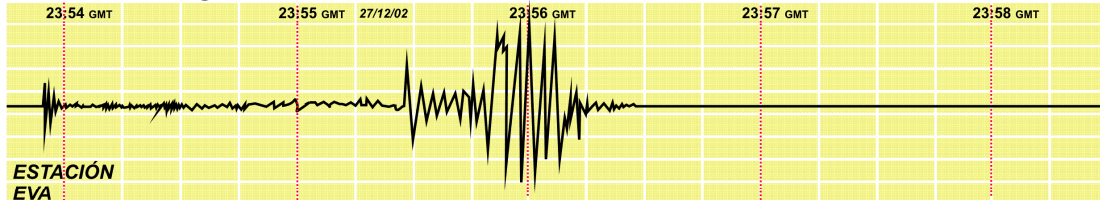
Mapa con las cinco estaciones de registro sísmico que han registrado el terremoto: **GEO**, **DOC**, **UAM**, **PRU** y **EVA**



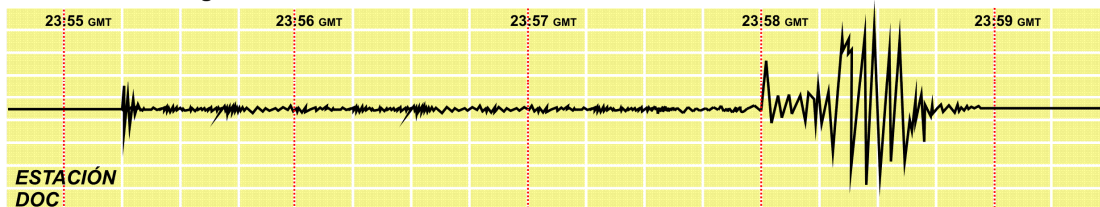
Diferencia de llegada onda P onda S:



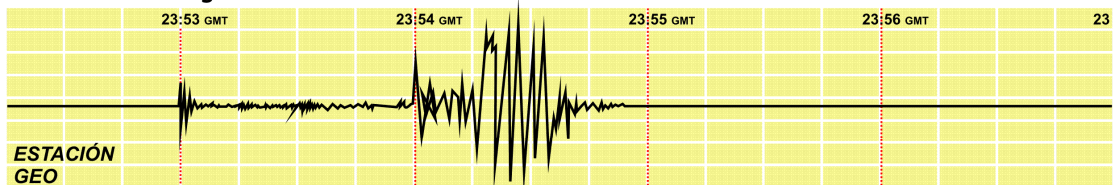
Diferencia de llegada onda P onda S:



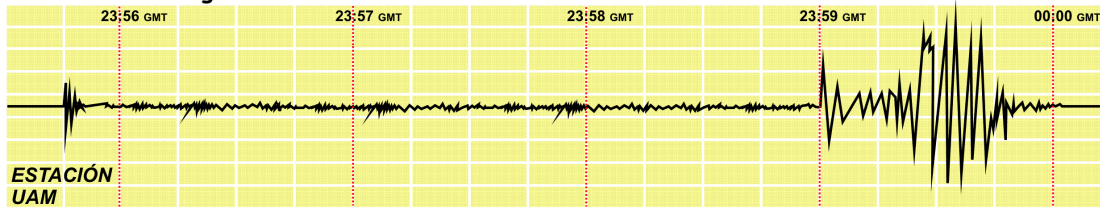
Diferencia de llegada onda P onda S:



Diferencia de llegada onda P onda S:



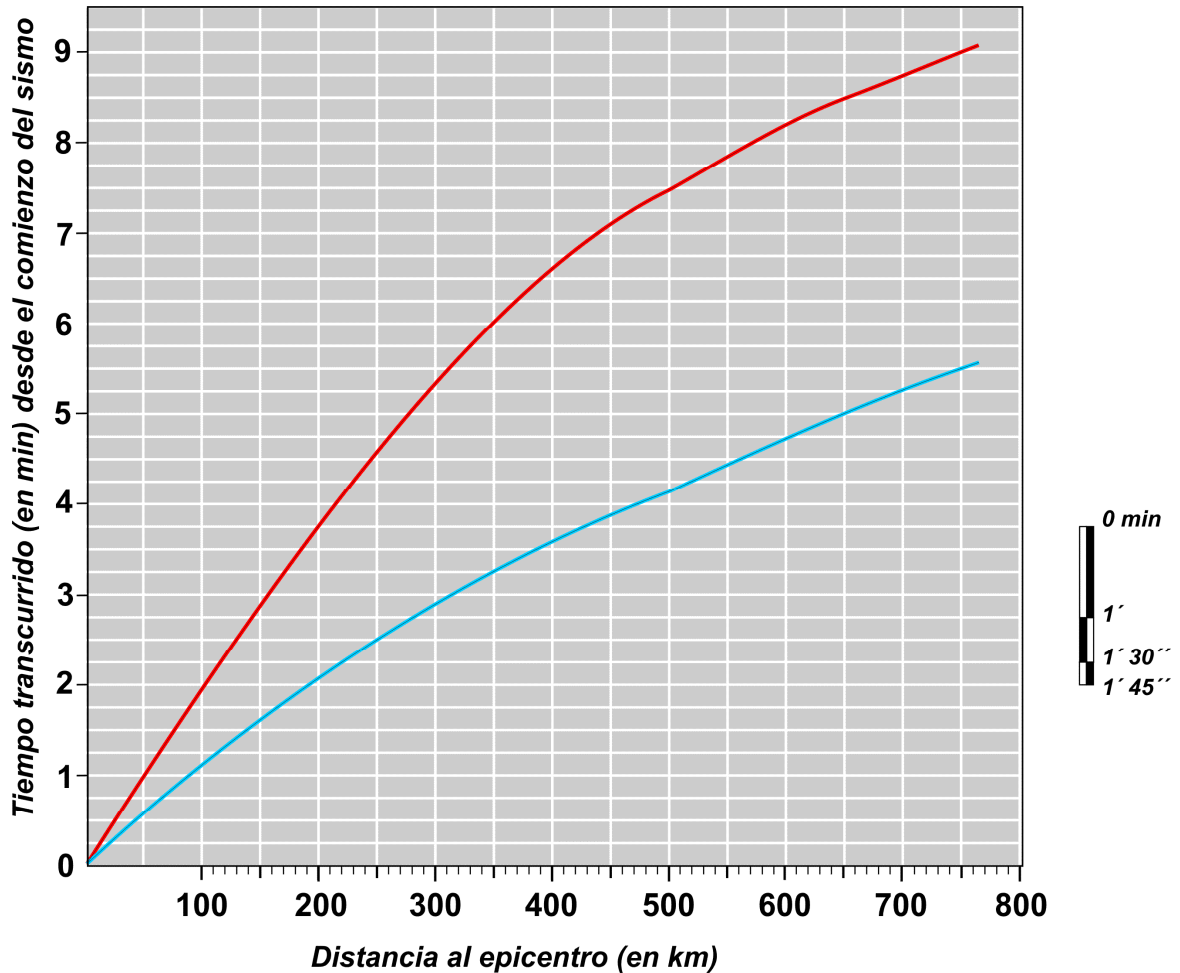
Diferencia de llegada onda P onda S:



Registros sísmicos de las estaciones PRU, EVA, DOC, GEO y UAM.

Define los tiempos de llegada de las ondas P y S en cada sismograma, y calcula la diferencia de tiempos de llegada entre la onda P y la onda S para cada una de las estaciones.

Material alumnos



En este gráfico se representan **las curvas de velocidades (espacio-tiempo) de las ondas P y S**. Representa los tiempos de diferencia entre la primera llegada de la onda P y la primera llegada de la onda S que has obtenido de los sismogramas para cada una de las estaciones de registro.

Para ello, debes **representar esos tiempos como segmentos paralelos al eje de ordenadas** (utilizad la escala de tiempo a la derecha del gráfico), de forma que un extremo del segmento toque la curva roja y el otro la curva azul. Una vez representados, lee directamente el valor de distancia al epicentro en el eje de las abscisas.

Esa lectura te dará la distancia en kilómetros que hay entre cada estación y el epicentro del terremoto.

Después en el mapa adjunto traza una circunferencia con centro en cada estación de registro. El radio de esa circunferencia debe ser la distancia que has obtenido en el gráfico de curvas de velocidad (la distancia se define con la escala gráfica adjunta al mapa). El punto donde se cortan las circunferencias define el epicentro del terremoto