

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

DIRECTOR D^r JUAN HARTMANN

CONTRIBUCIONES GEOFÍSICAS. — Tomo II, N^o 3

DOS APARATOS PARA FACILITAR

LA

DETERMINACIÓN DE LOS EPICENTROS SÍSMICOS

POR EL

D^r JUAN HARTMANN

Director del Observatorio Astronómico

(CON 3 LÁMINAS)



BIBLIOTECA
Facultad de Ciencias
Astronómicas
y Geofísicas
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Inventario 335

LA PLATA

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

—
1928



OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

DIRECTOR D^r JUAN HARTMANN

CONTRIBUCIONES GEOFÍSICAS. — Tomo II, N^o 3

DOS APARATOS PARA FACILITAR

LA

DETERMINACIÓN DE LOS EPICENTROS SÍSMICOS

POR EL

D^r JUAN HARTMANN

Director del Observatorio Astronómico

(CON 3 LÁMINAS)



LA PLATA

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

—
1928

Imprenta y casa editora « COMI ». Perú, 684, Buenos Aires

DOS APARATOS PARA FACILITAR
LA
DETERMINACIÓN DE LOS EPICENTROS SÍSMICOS

Cuando se ha registrado un terremoto, la tarea más interesante y más urgente es la determinación del epicentro correspondiente. Si el fenómeno ha sido de alguna importancia, los corresponsales de los diarios concurren al Observatorio, o llaman por teléfono, deseosos de recibir informes amplios sobre el origen del movimiento, de manera que la primera determinación del epicentro debe efectuarse con bastante rapidez. Además, varios de los métodos exactos para el cálculo definitivo del epicentro ya suponen el conocimiento de su posición aproximada, que puede hallarse rápidamente con los instrumentos que voy a describir en estas páginas.

Según los datos de observación disponibles, pueden distinguirse tres caminos para la primera determinación del epicentro

- 1° Dados el azimut A y la distancia Δ del epicentro observados en *una* sola estación;
- 2° Dadas las distancias Δ_1 y Δ_2 de *dos* estaciones;
- 3° Dadas las horas P_1 , P_2 y P_3 de la primera fase observada en *tres* estaciones.

En muchos casos se publican los valores de Δ y P en los informes telegráficos de los diarios, de modo que, muy a menudo, estos datos pueden utilizarse para determinar o, por lo menos, para verificar la posición del epicentro. En el primer caso nos sirve el *Globo local* para facilitar el trabajo, en el segundo y tercero la *Armillas sísmica*.

I

El Globo local

El caso regular, en una estación sísmica bien atendida, es que ya de los registros de la estación misma pueden determinarse la distancia Δ y el azimut A del epicentro. Si la distancia es pequeña — menor de 2000 kilómetros — ya se halla el epicentro con bastante aproximación, marcando A y Δ sobre un mapa estereográfico. Pero, para mayores distancias, las líneas $A = \text{const.}$ no quedan rectas y los círculos $\Delta = \text{const.}$ no quedan concéntricos. Es claro que, por un cálculo fácil, pueden construirse sobre cualquier ma-

pa, las curvas $\Delta = \text{const.}$ y $A = \text{const.}$, o que, viceversa, puede dibujarse un mapa, con la estación sísmica en el centro, en que los dos sistemas de curvas son círculos concéntricos con sus radios equidistantes. El doctor Federico Lúnkenheimer publicará, en las dos siguientes entregas de este tomo, varios métodos ingeniosos para efectuar estos cálculos en forma exacta, agregando un amplio material de tablas numéricas. Aquí hablaré, solamente, de un método puramente mecánico, que en este Observatorio se ha comprobado ser de mucha utilidad.

De un globo terrestre bastante grande — el representado en la lámina VIII tiene un diámetro de 310 milímetros — se sacó el eje polar y se fijó un nuevo eje pasando por la posición geográfica de nuestro Observatorio y su punto antipodal. Con este eje en posición horizontal, el globo está montado en un círculo vertical resistente, cuya mitad superior está dividida en grados y provista de una cremallera sobre la cual se mueve un cursor por medio de un botón cordoncillado. El cursor tiene un índice para leer su posición en el semicírculo dividido y otro movable para marcar un punto sobre el globo. Considerando que los globos comerciales nunca son exactamente esféricos, este índice se hizo movable en dirección radial; y, para no raspar la superficie del globo, el índice queda levantado por un resorte y su pié, ancho y redondeado, está pulido.

Al usar el instrumento, el botón se gira con dos dedos de la mano derecha, mientras que, en el punto dado, el índice se deprime por otro dedo, como se lo ve en la lámina IX. La mano izquierda queda disponible para tener una lupa y girar el globo. En la misma lámina hay una vista del reverso del cursor para mostrar su construcción mecánica.

Se ve que, con el cursor, se miden las distancias Δ , mientras que los azimutes se leen sobre un círculo dividido, fijado sobre el eje horizontal.

Además de su aplicación en el servicio sísmico, este aparato sencillo es de utilidad en todos los problemas de transformación de las coordenadas ecuatoriales en locales. Por ejemplo, en la radiotelegrafía dirigida se hallan directamente los azimutes y las distancias de cualquier estación lejana; en la astronomía se lee el azimut y la distancia zenital de los astros.

La exactitud de los resultados obtenidos con este aparato es limitada por los errores de la fabricación del globo que, generalmente no sobrepasan de uno o dos grados.

II

La Armilla sísmica

Muy diferente es el problema de la búsqueda del epicentro si se conocen solamente las horas P_1 , P_2 y P_3 de la llegada de la primera onda longitudinal observada en tres estaciones S_1 , S_2 y S_3 .

Si calculamos, en base de las tablas sismológicas, la velocidad aparente V con que la onda P debiera recorrer la cuerda entre el epicentro y la estación sísmica, resultan los siguientes valores

Δ	V
	km, seg
2°	7.17
10	7.40
20	7.87
40	9.17
80	11.08
120	11.71
150	11.48

Se ve que, para simplificar el cálculo aproximado, podemos aceptar esta velocidad constante y de 10 kilómetros aproximadamente; por motivos que se verán más adelante, adoptamos el valor $V = 10.44$ km/seg.

Si admitimos esto,

$$D_1 = V (P_3 - P_1),$$

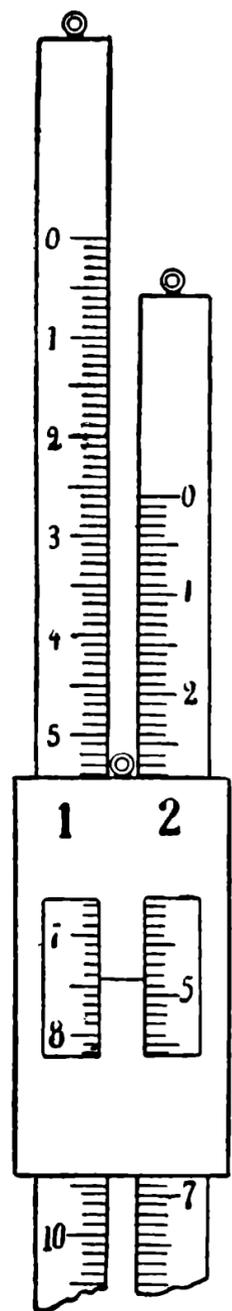
es la diferencia de las distancias del epicentro a las estaciones S_2 y S_1 , es decir, el epicentro se encuentra sobre un hiperboloide que tiene por focos las estaciones S_1 y S_2 y cuyos puntos tienen la diferencia de distancia D_1 de ambos focos. Sabiendo que la distancia de S_1 es menor que la de S_2 , servirá en nuestro problema solamente la una hoja del hiperboloide que tiene S_1 por foco interior.

De la combinación $P_2 - P_1$ sigue otro hiperboloide que tiene los focos S_1 y S_3 , siendo otra vez S_1 el foco interior, y que corta el primero en una curva hiperbólica de tres dimensiones. Esta curva es el lugar geométrico del epicentro que sigue de los intervalos de tiempo observados entre P_1 , P_2 y P_3 .

Ahora sabemos que el epicentro sísmico es siempre un punto muy cercano de la superficie terrestre, de modo que el epicentro buscado es uno de los dos puntos en que la curva mencionada corta la superficie terrestre.

En nuestra Armilla sísmica se verifica la curva hiperbólica de la siguiente manera. Sobre un pie de madera están montados dos fuertes anillos de bronce, el uno vertical, el otro horizontal (véase lámina X). Este último, que representa el ecuador terrestre, está dividido en grados de longitud oeste de Greenwich, y marcados con números desde 0° a 350° . El círculo vertical le cruza en las longitudes 20° y 200° — para evitar las estaciones sísmicas — y tiene en los polos correspondientes dos cortos ejes de acero, sobre las cuales giran, en charnelas de compás, tres semicírculos divididos en grados de latitud geográfica boreal y austral.

Sobre estos tres meridianos, marcados con las letras A, B y C, se mueven pequeños cursores que pueden frenarse, por medio de un tornillo, en cualquier latitud geográfica y tienen, como representante de la respectiva estación sísmica, un anillito. Los dos meridianos B y C pueden acercarse, casi hasta tocarse, quedando entre ambos una mínima diferencia de longitud geográfica de $1^\circ 5'$, mientras que el meridiano A no puede acercarse a los otros a menos de 21° por razones constructivas.



Las tres cuerdas, entre el epicentro y las tres estaciones de observación, se representan por tres hilos de seda trenzada y terminados en ganchitos que pueden fijarse en los anillitos de las tres estaciones.

Los tres hilos, después de pasar a través de un tubito, se unen por medio de un broche de madera. Para darles las diferencias de largo correspondientes a las diferencias observadas de P , se aplica un pequeño aparato auxiliar, representado esquemáticamente en la figura, página 113.

Por una montura rectangular pasan dos reglas divididas en milímetros que pueden frenarse por tornillos al dorso de la montura, y tienen en su extremidad anillitos iguales a los de las estaciones. Un tercer anillito igual está fijado en la montura entre las dos reglas. Si las reglas se ponen en el punto O de sus divisiones, los tres anillitos se hallan sobre una recta perpendicular a las reglas, de manera que los tres hilos enganchados en los anillitos y estirados en la prolongación de las reglas, son de igual largo hasta su unión en el tubito.

Las diferencias de largo que deben darse a los tres hilos se calculan como sigue:

Sea $2r$ el diámetro terrestre, representado por la distancia de los centros de los anillitos de dos estaciones diametralmente opuestas y medido en unidades de la división de las dos reglas. En nuestro modelo es: $2r = 305.0$ unidades. Por consiguiente tenemos:

$$305.0 \text{ unidades} = \frac{40000}{\pi} \text{ kilómetros}$$

$$1 \text{ kilómetro} = \frac{305.0 \pi}{40000} \text{ unidades} = 0.023955 \text{ unidades,}$$

y si adoptamos como velocidad aparente sobre la cuerda el valor aproximado arriba mencionado $V = 10.44$ km/seg sigue

$$V = 0.2500 \text{ unidades/seg.}$$

Sigue de esto el procedimiento muy sencillo:

« Se marcan en las dos reglas, como diferencias de las cuerdas, la cuarta parte de las correspondientes diferencias de segundos de las fases P . »

Con esto estará todo listo para la determinación del epicentro en primera aproximación.

Sean $P_1 < P_2 < P_3$ las primeras fases observadas en las tres estaciones y expresadas en hora universal. En el aparato auxiliar se fijan las dos reglas en las posiciones

$$D_1 = \frac{1}{4} (P_3 - P_1) \text{ seg.}$$

$$D_2 = \frac{1}{4} (P_2 - P_1)$$

y se unen los tres hilos estirados en el broche de madera.

Se fijan los tres meridianos y sus cursores en las posiciones geográficas de las tres estaciones.

Habiendo sacado los hilos del aparato auxiliar y enganchádolos en sus estaciones respectivas, se buscan las posiciones del tubito, donde los tres hilos quedan igualmente estirados. Se verá que estas posiciones forman una curva hiperbólica que corta la superficie terrestre en dos puntos: son éstas las dos posiciones posibles del epicentro.

Habiendo encontrado de esta manera la posición aproximada del epicentro, se fija sobre el círculo horizontal un meridiano libre, que con facilidad se coloca desde afuera sobre el horizonte, y el tubito se fija por un broche a este meridiano. Por pequeñas correcciones en longitud y latitud se consigue que los tres hilos queden igualmente estirados por el peso del broche de madera y, en esta posición, la boca del tubito corresponde al epicentro buscado, cuyas coordenadas se leen sobre el meridiano y el ecuador.

Se comprende que la posición hallada del epicentro no puede ser sino aproximada, por haber usado un valor constante de V , no tomando en cuenta su variación en las diversas distancias epicentrales. Conociendo ahora las tres distancias aproximadas, podremos obtener una segunda aproximación mejor, si repetimos el mismo procedimiento con valores de V más exactas.

Pero yo prefiero, para esta segunda aproximación, otro método más intuitivo y más sencillo, que demostraré otra aplicación interesante de nuestra Armilla.

Habiendo leído las coordenadas aproximadas $L_1 B_1$ y $L_2 B_2$ de los dos epicentros posibles, se sacan los tres hilos de las estaciones y el tubito del meridiano libre y, en su lugar, se fija sobre este meridiano un cursor igual a los tres que representan las estaciones. Habiéndolo fijado en la posición $L_1 B_1$ se miden, con una regla especial, directamente los intervalos $P-O$ que corresponden a las tres estaciones, siendo $L_1 B_1$ el epicentro. La división de esta regla representa los intervalos de tiempo que tardan en recorrerse las varias distancias, o bien los tiempos de recorrido (Laufzeiten) que corresponden a las distancias respectivas.

La regla está hecha de un tubo de bronce con perfil cuadrático, de manera que en sus cuatro superficies hay espacio para cuatro diversas divisiones. Además de los tiempos de recorrido $P-O$, hemos inscrito también los $[P]-O$ de epicentros muy distantes: en los dos lados restantes pueden marcarse las Δ mismas, las $S-O$ u otras fases. En el ejemplo dado más abajo se verá cómo se aplican estas escalas.

Para facilitar la construcción de copias de esta armilla, doy en el cuadro, página 116, la división de la regla, correspondiente a un diámetro terrestre de 12.213 unidades (pulgadas).

En muchos casos, ya puede verse directamente cuál de las dos soluciones es el epicentro verdadero: si las coordenadas L y B de una solución corresponden a un punto de la superficie terrestre en una región asísmica, las de la otra solución a una región sísmica, es claro que este último es el epicentro verdadero. En otros casos, debe decidírselo por otro dato más: una distancia epicentral, un azimut, o también una observación de P en una cuarta estación. En este último caso, se fija uno de los meridianos con su cursor en la posición geográfica de esta cuarta estación y se mide también para ésta el valor de $P-O$ con la regla.

Sean ahora L y B las coordenadas aproximadas del epicentro, dejando de lado los índices 1 y 2, se leen con la regla, como hemos visto, los tiempos de recorrido $P_1 - O$, $P_2 - O$ y $P_3 - O$, se toman las diferencias

$$P_3 - P_1 = (P_3 - O) - (P_1 - O)$$

$$P_3 - P_2 = (P_3 - O) - (P_2 - O)$$

y se comparan con los valores observados de estas mismas diferencias; sean E_1 y E_2 los errores tomados en el sentido observación menos cálculo.

Ahora aumentamos la longitud adoptada L del epicentro por 10° , leemos los $P - O$ con la regla y formamos los nuevos errores E_1' y E_2' , y lo mismo repetimos aumentando solamente la latitud adoptada B por 10° , dándonos los errores E_1'' y E_2'' .

Escala de los tiempos de recorrido sobre la cuerda

t	P	t	P	t	P	t	P	[P]
0 ^m 0 ^s	0.000	5 ^m 0 ^s	2.289	10 ^m 0 ^s	5.933	15 ^m 0 ^s	10.025	
10	0.068	10	2.381	10	6.075	10	10.153	
20	0.136	20	2.474	20	6.215	20	10.280	
30	0.205	30	2.569	30	6.354	30	10.406	
40	0.273	40	2.666	40	6.493	40	10.530	
50	0.342	50	2.765	50	6.632	50	10.653	
1 0	0.411	6 0	2.866	11 0	6.770	16 0	10.774	
10	0.481	10	2.969	10	6.908	10	10.887	
20	0.551	20	3.074	20	7.046	20	10.996	
30	0.622	30	3.181	30	7.184	30	11.100	
40	0.694	40	3.290	40	7.322	40	11.197	
50	0.766	50	3.402	50	7.460	50	11.292	
2 0	0.838	7 0	3.516	12 0	7.597	17 0	11.384	
10	0.911	10	3.632	10	7.734	10	11.474	
20	0.985	20	3.749	20	7.871	20	11.562	
30	1.059	30	3.868	30	8.008	30	11.649	9.058
40	1.134	40	3.989	40	8.145	40		9.238
50	1.210	50	4.112	50	8.282	50		9.418
3 0	1.287	8 0	4.236	13 0	8.418	18 0		9.599
10	1.365	10	4.363	10	8.554	10		9.781
20	1.444	20	4.494	20	8.690	20		9.964
30	1.523	30	4.629	30	8.826	30		10.149
40	1.603	40	4.770	40	8.962	40		10.335
50	1.685	50	4.918	50	9.098	50		10.522
4 0	1.768	9 0	5.065	14 0	9.233	19 0		10.710
10	1.852	10	5.211	10	9.367	10		10.900
20	1.937	20	5.356	20	9.501	20		11.091
30	2.023	30	5.501	30	9.634	30		11.284
40	2.110	40	5.646	40	9.766	40		11.479
50	2.199	50	5.790	50	9.896	50		11.676
5 0	2.289	10 0	5.933	15 0	10.025	20 0		11.875
						10		12.078

Se ve que $\frac{1}{10}(E_1' - E_1)$ es un valor aproximado del cociente diferencial parcial $\frac{\partial(P_3 - P_1)}{\partial L}$ y lo mismo las otras tres variaciones

$$\frac{1}{10}(E_1' - E_1) \sim \frac{\partial(P_3 - P_1)}{\partial L}$$

$$\frac{1}{10}(E_2' - E_2) \sim \frac{\partial(P_3 - P_2)}{\partial L}$$

$$\frac{1}{10}(E_1'' - E_1) \sim \frac{\partial(P_3 - P_1)}{\partial B}$$

$$\frac{1}{10}(E_2'' - E_2) \sim \frac{\partial(P_3 - P_2)}{\partial B}$$

Llamando l y b las correcciones que deben agregarse a L y B para obtener el epicentro más aproximado, tendremos las dos ecuaciones

$$E_1 = \frac{E_1' - E_1}{10} l + \frac{E_1'' - E_1}{10} b$$

$$E_2 = \frac{E_2' - E_2}{10} l + \frac{E_2'' - E_2}{10} b,$$

de cuya solución salen l y b .

Todo este procedimiento es muy sencillo y más corto que su descripción. Para ilustrarlo, voy a aplicarlo para determinar el epicentro del terremoto del 14 de Abril de 1924, el mismo que me impulsó a construir esta armilla.

Fué éste un terremoto muy interesante. Nuestro sismógrafo Mainka registró un fuerte terremoto lejano de más de dos horas de duración y con muy nítida primera fase, a las 16^h 40^m 35^s (hora universal). Pero las demás fases fueron tan poco pronunciadas que la determinación de la distancia epicentral fué imposible.

Los diarios del día siguiente publicaron numerosas noticias procedentes de los varios observatorios sísmicos, en parte contradictorias y sin determinación del epicentro. Desde Nueva York se divulgó la noticia alarmante de haberse producido un violento terremoto en la ciudad de Santiago de Chile, provocando en Londres tanta ansiedad en la colectividad chilena, que la Legación de Chile pidió por telégrafo informes de su país. La contestación resultó completamente tranquilizadora: el terremoto observado en todo el mundo no se había producido en Chile. También los informes de Bruselas agregaron « creyéndose que el epicentro del movimiento se halla en América del Sur. » Aún tres días más tarde la *Associated Press* comunicó desde Londres que « los fenómenos sísmicos observados no han podido ser localizados, pero la ausencia de nuevas informaciones hace presumir que se trata de un fenómeno submarino ».

Parecía que también en los otros observatorios, de los que se habían publicado informaciones, las demás fases no se habían registrado claramente, y por eso resolví ensayar la determinación del epicentro utilizando solamente la primera fase observada en tres estaciones. Pedí telegraficamente de tres observatorios su hora de P, y habiéndola pronto recibido, logré determinar el epicentro misterioso, aplicando un sencillo modelo de alambres curvados, el precursor de nuestra Armilla Sísmica.

Ahora vamos a ver cómo se procede con este aparato. Tenemos las observaciones

	Longitud	Latitud	P
1. Batavia	253.2	— 6.1	16 ^h 25 ^m 40 ^s
2. Sydney	208.8	— 33.9	16 29 0
3. Goettingen . . .	350.0	+ 51.5	16 34 23
4. La Plata	57.9	— 34.9	16 40 35

Ya se ve por los valores de P que Batavia es la estación próxima al epicentro, y La Plata no muy distante del antiepicentro, de modo que su observación de P no puede contribuir mucho a la determinación del epicentro. Por consiguiente aplicamos solamente las tres otras observaciones.

Se calcula

$$P_3 - P_1 = 523'' \quad D_1 = \frac{1}{4}(P_3 - P_1) = 130.7$$

$$P_3 - P_2 = 323 \quad D_2 = \frac{1}{4}(P_3 - P_2) = 80.7.$$

Aplicando el aparato auxiliar se fijan los tres hilos en el broche de madera con las diferencias de largo D_1 y D_2 . Se marcan, según sus coordenadas geográficas, las tres estaciones en la armilla, se enganchan los tres hilos y estirándolos se halla con el tubito la primera aproximación del epicentro. Resultan las dos posiciones posibles

$$\begin{aligned} L_1 &= 272^\circ 0 & L_2 &= 229^\circ 0 \\ B_1 &= - 27.5 & B_2 &= + 12.0. \end{aligned}$$

y se leen directamente en la regla los correspondientes tiempos de recorrido :

Batavia	$P_1 - O$	6 ^m 3 ^s	6 ^m 28 ^s
Sydney.....	$P_2 - O$	9 30	9 4
Goettingen	$P_3 - O$	14 25	12 56
La Plata	$P_4 - O$	14 55	—
La Plata	$[P_4] - O$	18 20	20 2

Restando estos valores de los P observados, resultan, en primera aproximación, los siguientes valores de O, la hora en que se produjo el terremoto en el epicentro :

	16 ^h 19 ^m 37 ^s	16 ^h 19 ^m 12 ^s
	16 19 30	16 19 56
	16 19 59	16 21 28
Promedios ..	16 ^h 19 ^m 42 ^s	16 ^h 20 ^m 12 ^s

y, habiéndose observado en La Plata la primera fase a las 16^h 40^m 35^s, sigue el tiempo de recorrido correspondiente

$$20^m 53^s \qquad 20^m 23^s$$

Se ve que ni P ni [P] del primer epicentro corresponden a la hora observada en La Plata, mientras que esta observación está conforme con [P] del segundo epicentro que, por consiguiente es, en primera aproximación, el verdadero.

Determinamos, ahora, por variación del epicentro adoptado, los cuocientes diferenciales, anotando las lecturas efectuadas con la regla, según el esquema siguiente :

L	B	L + 10°	B	L	B + 10°	$10 \frac{\partial P}{\partial L}$	$10 \frac{\partial P}{\partial B}$
$P_1 - O$	$P_3 - P_1$	$P_1' - O$	$P_3' - P_1'$	$P_1'' - O$	$P_3'' - P_1''$	$(P_3' - P_1') - (P_3 - P_1)$	$(P_3'' - P_1'') - (P_3 - P_1)$
$P_2 - O$	$P_3 - P_2$	$P_2' - O$	$P_3' - P_2'$	$P_2'' - O$	$P_3'' - P_2''$	$(P_3' - P_2') - (P_3 - P_2)$	$(P_3'' - P_2'') - (P_3 - P_2)$
$P_3 - O$		$P_3' - O$		$P_3'' - O$			

Resultan las siguientes lecturas

229°0	+ 12°0	239°0	+ 12°0	229°0	+ 22°0	$10 \frac{\partial P}{\partial L}$	$10 \frac{\partial P}{\partial B}$
388 ^s	388 ^s	309 ^s	431 ^s	443 ^s	287 ^s	+43	-101
544	232	571	169	606	124	-63	-108
776		740		730			

y, siendo los valores observados

$$P_3 - P_1 = 523^s$$

$$P_3 - P_2 = 323,$$

resultan las ecuaciones

$$523 - 388 = + 135 = + 4.3l - 10.1b$$

$$323 - 232 = + 91 = + 6.3l - 10.8b$$

que dan la solución

$$l = + 4^{\circ}9$$

$$b = - 11.3,$$

y la segunda aproximación del epicentro

$$L = 229^{\circ}0 + 4^{\circ}9 = 233^{\circ}9$$

$$B = + 12.0 - 11.3 = + 0.7.$$

Repetimos el sencillo cálculo para obtener una tercera aproximación. Con el nuevo epicentro resultan las siguientes lecturas

233°9		+ 0°7		243°9		+ 0°7		233°9		+ 10°7		$10 \frac{\partial P}{\partial L}$	$10 \frac{\partial P}{\partial B}$
300 ^s	585 ^s	180 ^s	668 ^s	340 ^s	492 ^s	+ 83	- 93						
491	394	537	311	550	282	- 83	- 112						
885		848		832									

Las ecuaciones

$$523 - 585 = - 62 = + 8.3l - 9.3b$$

$$323 - 394 = - 71 = - 8.3l - 11.2b$$

tienen la solución

$$l = - 0^{\circ}2$$

$$b = + 6.5,$$

de manera que la tercera aproximación del epicentro está

$$L = 233^{\circ}9 - 0^{\circ}2 = 233^{\circ}7 \text{ oeste de Greenwich}$$

$$B = + 0.7 + 6.5 = + 7.2.$$

Para prueba hacemos, saliendo de este último epicentro, las lecturas sobre la regla

Batavia	P - O = 5 ^m 17 ^s	P obs. = 16 ^h 25 ^m 40 ^s	O calc. = 16 ^h 20 ^m 23 ^s
Sydney	P - O = 8 48	16 29 0	16 20 12
Goettingen	P - O = 14 1	16 34 23	16 20 22
La Plata	[P] - O = 19 58	16 40 35	16 20 37
		Promedio	O = 16 ^h 20 ^m 23 ^s

La buena concordancia de los cuatro valores de O demuestra que el epicentro hallado está en conformidad con las observaciones de las cuatro estaciones. Y, en verdad, este epicentro se difiere muy poco de la posición definitiva, que pudo calcularse mucho más tarde, cuando se habían recibido las observaciones de muchas otras estaciones mejor ubicadas para el cálculo exacto

	L	B	O
Yo calculé, en 1926, la posición definitiva (ver <i>Contrib. Geofis.</i> , I, pág. 109).....	233°0	+ 6°6	16 ^h 20 ^m 16 ^s
Profesor Turner, en su <i>International Seismological Summary</i> , 1924, página 74, publicó, en 1928, los valores.....	233.0	+ 6.5	16 20 15
Doctor G. van Dijk, en <i>Seismische Registrierungen in De Bilt</i> , publica.....	233.2	+ 6.1	16 20 15

El epicentro está ubicado en el Pacífico al sudeste de Mindanao, isla en que este terremoto produjo graves daños.

Se ve que nuestro método rápido y sencillo ha dado el epicentro muy aproximado.

Por fin, quiero mencionar que la Armilla puede aprovecharse también para la determinación del epicentro, si son dadas dos o más distancias epicentrales observadas en varias estaciones. En este caso, se dará a los hilos, hasta la boca del tubito, el largo de las cuerdas terrestres correspondientes a los respectivos valores de Δ . Todo este procedimiento es tan sencillo que no hay necesidad de describirlo detalladamente.

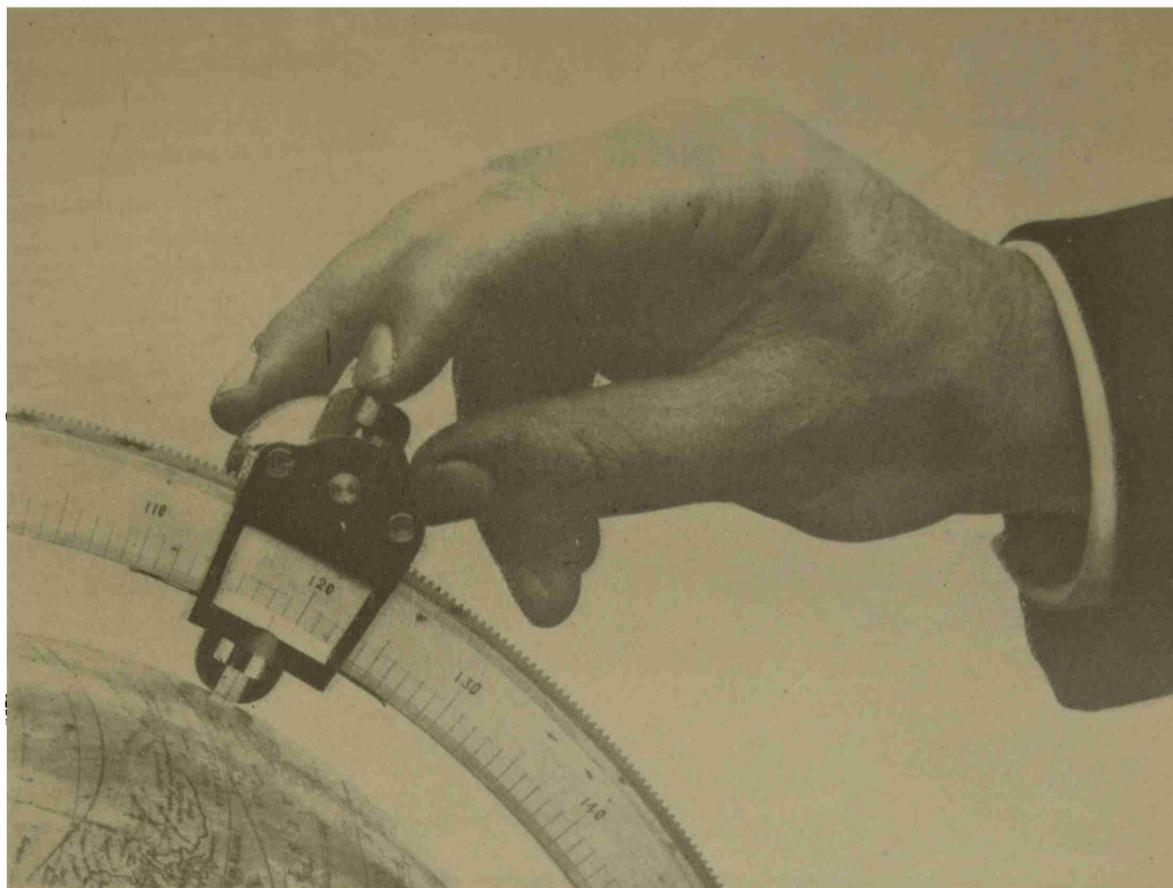
La Armilla sísmica es un instrumento de precisión que no solamente sirve para las primeras aproximaciones, sino también para los cálculos exactos. Por ejemplo, las distancias entre dos puntos dados de la superficie terrestre pueden hallarse con la exactitud de un décimo de grado, de manera que el cálculo de las distancias, muy a menudo necesario y muy molesto, puede evitarse enteramente por el uso de este aparato.

La construcción mecánica de estos dos instrumentos fué efectuada, en forma hermosa y muy exacta, por el mecánico oficial de este Observatorio, señor Gregorio Plotnikoff, y me es grato agradecerle su ayuda valiosa.

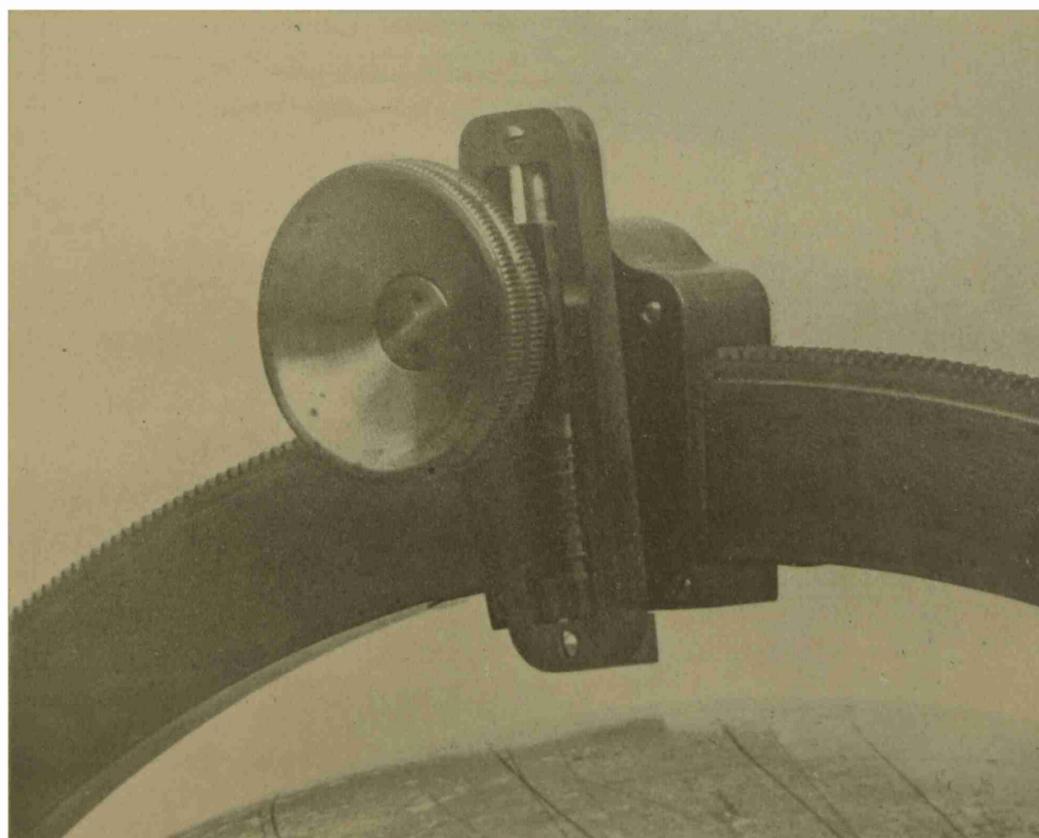
La Plata, julio de 1928.



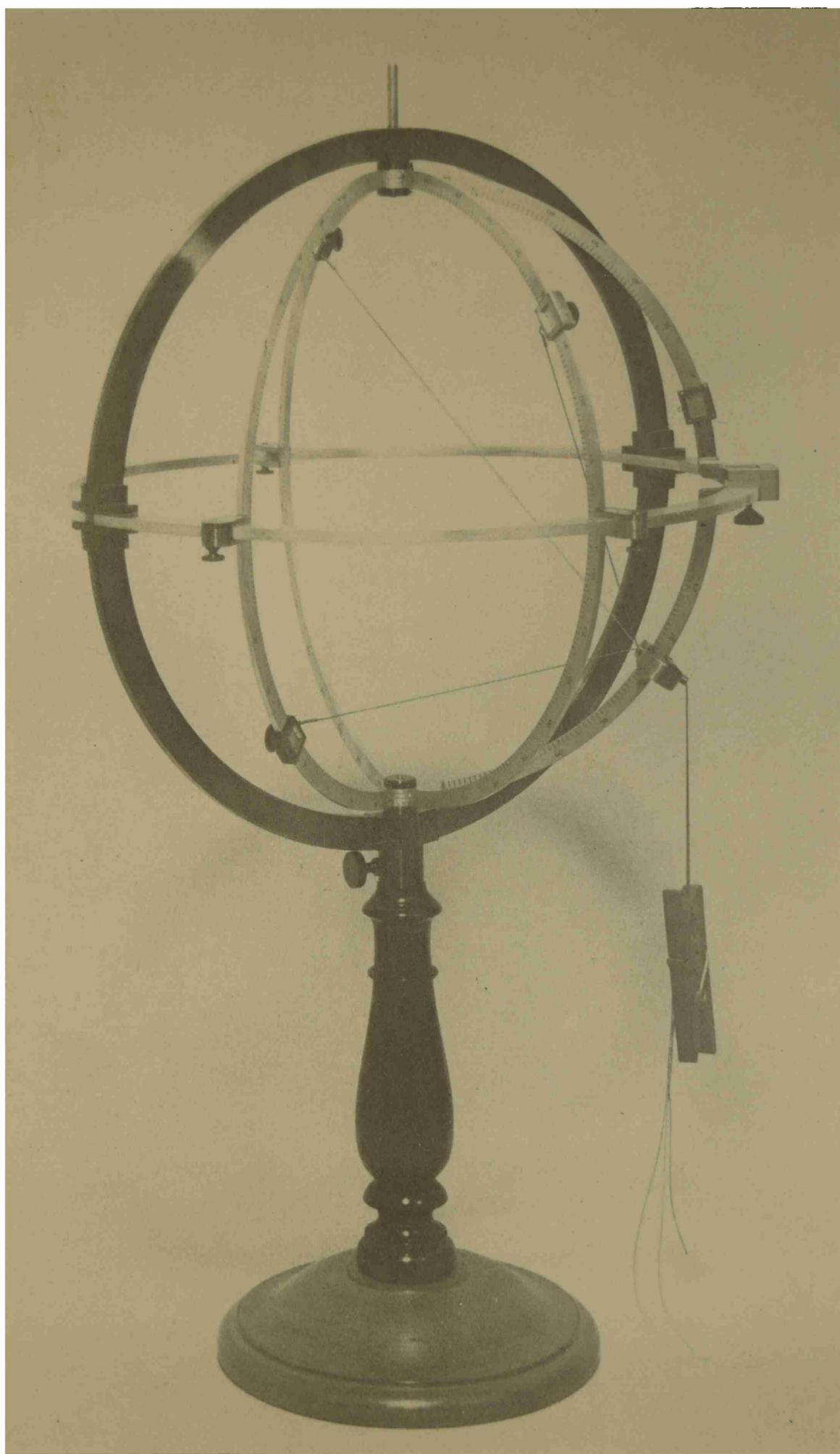
El Globo local



El índice movable



Reverso del cursor



La Armilla sísmica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

(1928)

PRESIDENTE

DOCTOR RAMÓN G. LOYARTE

VICEPRESIDENTE

INGENIERO JUAN A. BRIANO

SECRETARIO GENERAL

SANTIAGO M. AMARAL

CONSEJO SUPERIOR

Consejeros titulares INGENIERO EVARISTO ARTAZA, INGENIERO AGRÓNOMO ALEJANDRO BOTTO, INGENIERO JUAN A. BRIANO, DOCTOR EMILIO D. CORTELEZZI, SEÑOR RODOLFO FRANCO, DOCTOR EUGENIO A. GALLI, SEÑOR PASCUAL GUAGLIANONE, DOCTOR JUAN HARTMANN, DOCTOR DAVID LASCANO, DOCTOR ROBERTO LEHMANN-NITSCHÉ, DOCTOR RICARDO LEVENE, SEÑOR CARLOS LÓPEZ BUCHARDO, DOCTOR ALFREDO C. MARCHISOTTI, DOCTOR ALEJANDRO M. OYUELA, DOCTOR ALFREDO L. PALACIOS, DOCTOR AGUSTÍN PARDO, DOCTOR CARLOS A. SAGASTUME, DOCTOR FRANK L. SOLER, DOCTOR LUIS MARÍA TORRES.

Consejeros suplentes DOCTOR RÓMULO D. CARBIA, INGENIERO GUILLERMO C. CÉSPEDES, DOCTOR CÉSAR DÍAZ CISNEROS, DOCTOR ADOLFO ESCUDERO, DOCTOR ENRIQUE HERRERO DUCLOUX, DOCTOR FEDERICO KOPATSCHEK, DOCTOR ARTURO LANUSSE, DOCTOR JUAN JOSÉ NÁGERA, DOCTOR EMILIO E. PIAGGIO, DOCTOR DAVID PINTO, INGENIERO AGRÓNOMO ANTONIO RULLI, SEÑOR AUGUSTO C. SCALA.

Representantes de los estudiantes SEÑORES JOSÉ KATZ Y ANDRÉS RINGULET.

Secretario SEÑOR SANTIAGO M. AMARAL.

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

Director DOCTOR JUAN HARTMANN.

Astrónomo principal INGENIERO BERNHARD H. DAWSON.

Sismólogo DOCTOR FEDERICO LÜNKENHEIMER.

Astrónomos INGENIERO VIRGINIO MANGANIELLO; INGENIERO NUMA TAPIA Y AGRIMENSOR HUGO A. MARTÍNEZ.

Meteorólogo SEÑOR VICENTE BLASETTI.

Ayudantes de astronomía SEÑORES MIGUEL AGABIOS Y THALES TAPIA.

Calculistas SEÑORES JORGE GARBARINO, IGNACIO EGUIGUREN Y MARTÍN DARTAYET.