MEMORIAS
DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO
Y ESTADÍSTICO

20

año
1950

528
IG
BIBLIOTECA IGN

526.1164
I
8024

MEMORIAS

DEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

INSTITUTO GEOGRÁFICO
Y CATASTRAL
BIBLIOTECA

MADRID
TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
—
1950

MEMORIAS

DEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
BIBLIOTECA

IMPRENTA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

1908

TRABAJOS QUE COMPRENDE ESTE VOLUMEN

I. Los fenómenos sísmicos de Elche de agosto a noviembre de 1947, por el Ingeniero Geógrafo D. Alfonso Rey Pastor.

II. La IX Conferencia General de Pesas y Medidas, por el Ingeniero Geógrafo D. Guillermo Sans Huelin.

III. Nota acerca del sismo submarino de Alicante del 9 de junio de 1947, por el Ingeniero Geógrafo D. Alfonso Rey Pastor.

IV. Estudios sobre los equipos magnéticos para determinación de los valores absolutos, por los Ingenieros Geógrafos D. Pedro de Irizar, D. Alfonso Méndez de Vigo, D. Vicente Peña y D. José M.ª Munuera.

V. La comarca sísmica de Caravaca y Sismo del 23 de junio de 1948, por el Ingeniero Geógrafo D. Alfonso Rey Pastor.

VI. La ley normal, o de Laplace-Gaus, de los errores accidentales y el principio de Gaus de los mínimos cuadrados, por el Ingeniero Geógrafo D. Santos Anadón Laplaza.

VII. Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Huelva, por los Ingenieros Geógrafos D. José M.ª Espinosa de los Monteros y D. Luis Lozano Calvo, con un prólogo del Ilmo. Sr. D. Guillermo Sans Huelin.

VIII. El sismo de Confrides (Alicante) del 9 de febrero de 1949, por el Ingeniero Geógrafo D. Alfonso Rey Pastor.

IX. Contribución al estudio de la erupción del volcán del Nambroque o San Juan (Isla de la Palma), 24 de junio - 4 de agosto de 1949, por el Ingeniero Geógrafo D. Juan M.ª Bonelli Rubio.

X. Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Avila, por el Ingeniero Geógrafo D. Luis Lozano Calvo.

R.- 1328

LOS FENÓMENOS SÍSMICOS DE ELCHE DE AGOSTO A NOVIEMBRE DE 1947

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

I

LOS FENÓMENOS SÍSMICOS DE ELCHE DE AGOSTO A NOVIEMBRE DE 1947

POR

ALFONSO REY PASTOR
Ingeniero Geógrafo.

MADRID
TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
—
1948

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XIX

I

LOS FENÓMENOS SÍSMICOS DE ELCHE
DE AGOSTO A NOVIEMBRE DE 1947

POR

ALFONSO REY PASTOR
Ingeniero Geógrafo

MADRID
IMPRENTA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
1951

ÍNDICE

	Páginas.
I.—PRELIMINARES	7
II.—La corteza terrestre	9
III.—Los sismos próximos	11
IV.—Bosquejo geológico	13
V.—Análisis del sismograma del 28 de agosto de 1947	17
VI.—Interpretación geológica de los valores obtenidos	21
VII.—Líneas isosistas	23
VIII.—Período sísmico de agosto a noviembre de 1947	27
IX.—Los núcleos sísmicos del bajo Vinalopó	29
X.—Resumen	33
Nota Bibliográfica	35

ÍNDICE

I

PRELIMINAR

Son muy frecuentes los sismos que se registran en este Observatorio, cuyos focos quedan emplazados en la zona objeto de nuestro estudio. Cuando la intensidad es suficiente para producir algunos daños o caída de objetos, puede realizarse la información macrosísmica en buenas condiciones, pero en los casos, muy frecuentes, en que las sacudidas no llegan al grado VI, es difícil el determinar la situación del epicentro; sin embargo, en el sismo del 28 de agosto de 1947, los reconocimientos han podido ser llevados a cabo con la eficacia deseada, ya que la densidad de caseríos en la comarca, es grande. Por otra parte, la gráfica obtenida en el sismógrafo Mainka, previa ampliación, ha podido ser interpretada fácilmente dada la limpieza de sus impulsos.

En los estudios de los sismos próximos hemos visto que, corrientemente, la aplicación de las tablas de Mohorovicic, basadas en la hipótesis de situación de la superficie de discontinuidad a 57 kilómetros, nos ha proporcionado valores concordantes, en general, con los registrados, si bien con discrepancias pequeñas y variables.

R. - 1328

II

LA CORTEZA TERRESTRE

La separación entre la barisfera y la litosfera queda situada a la profundidad de unos 60 kilómetros, y es denominada superficie **de compensación isostática,** según resultado de las observaciones gravimétricas.

La capa sedimentaria está integrada por los terrenos estratificados con intrusiones de rocas hipogénicas modernas y metamórficas.

Rara vez se presentan todas las series completas de las Eras geológicas. En algunos geosinclinales amplios se han encontrado, por excepción, depósitos hasta de 20 kilómetros; en cambio, faltan por completo los terrenos sedimentarios en determinadas regiones, donde asoman los terrenos plutónicos o los volcánicos; en nuestra Península, así sucede en la Cordillera Central y en el Macizo galaico-duriense. Donde más potencia presentan los terrenos estratificados, es en las cordilleras modernas plegadas alpínicamente, como los Pirineos y Penibética. En general, en estas zonas los espesores pueden llegar hasta unos 10 kilómetros.

La capa granítica constituye la primera o más superficial de las tres capas plutónicas. Forma el cimiento o base de la capa anterior, aunque falta en algunas áreas oceánicas. Su espesor varía de unas regiones a otras entre límites muy amplios. Los estudios más completas se han realizado en California, con motivo del análisis de sismogramas de cortas distancias epicentrales (5); los espesores deducidos son de 9 a 20 kilómetros, y el máximo corresponde a la zona de grandes montañas. En Europa tiene: en los Alpes 40 kilómetros y en Yugoeslavia 15. En el Pacífico no hay capa granítica; en los océanos Atlántico e Indico sí la hay, aunque

de poco espesor. En nuestra Península, en la región del SE. parece que su espesor, juntamente con la sedimentaria, se aproxima a los 15 kilómetros. Las velocidades de propagación de las ondas sísmicas varían de América a Europa. Es admitido que la mayoría de los sismos corticales en América, se originan en las zonas profundas de la capa granítica.

Capa basáltica.—Es la segunda de las plutónicas y ha sido denominada por Jeffreys 1.ª intermedia. Sus materiales petrográficos son los basaltos, dioritas, gabros, etc., y su espesor varía de 10 a 20 kilómetros.

Capa dunítica o segunda intermedia. Está integrada por dunita y peridotita. Forma la 3.ª plutónica, y su potencia es algo menor que la de la basáltica.

Superficie de discontinuidad de -Mohorovicic.—Merced a los trabajos de los sabios investigadores S. y A. Mohorovicic, se ha llegado a definir la situación de la superficie que forma la base de la corteza terrestre. Tal superficie marca una separación brusca entre las capas superiores o plutónicas y la zona subyacente o ultrabásica, en la cual dominan los piroxenos y olivinas. El medio por el cual se ha logrado definir esta capa ha sido por las reflexiones y refracciones sufridas en la misma por los rayos sísmicos, así como por el cambio brusco de velocidades de propagación de las ondas *P*, de 7,2 kilómetros por segundo en la capa 3.ª plutónica, a la de 8 kilómetros por segundo en la zona inferior ultrabásica.

En una interesante publicación de Gutenberg, (5), y como resultado de múltiples estudios de sismos continentales, de Europa y América especialmente, se exponen resultados sumamente interesantes acerca de la situación de la notable superficie de discontinuidad de Mohorovicic, que representa la base de la corteza terrestre en los macizos continentales. La máxima profundidad de dicha superficie corresponde a la zona de California, en Sierra Nevada, donde alcanza el valor de 60 a 70 kilómetros; en los Alpes, oscila de 55 a 60; para los demás países europeos del antepaís alpino, unos 50 kilómetros. En las zonas inmediatas al Pacífico la profundidad es muy pequeña. En Nueva Zelanda se ha encontrado un valor especial de 33 kilómetros.

III

LOS SISMOS PROXIMOS

Los trabajos de investigación encaminados a interpretar los registros de los sismos a distancias menores de 300 kilómetros, forman un capítulo de importancia máxima en la ciencia sismológica.

Como ya dijimos, la superficie de discontinuidad de Mohorovicic determina una separación perfectamente definida entre la capa cortical superior o de fractura, y la inferior o magmática. Por lo tanto, los métodos de cálculo varían para el estudio de la propagación de las ondas sísmicas, según que éstas atraviesen solamente las capas de la corteza o correspondan a trayectos que penetren por bajo de ella. (9)

En el cálculo de situación de epicentros de los sismos próximos y locales se llega, generalmente, a la aproximación de unos cuantos kilómetros; pero los modernos investigadores (8) piden que se llegue a la apreciación de una centena de metros en la distancia epicentral y a la décima de segundo para los tiempos de propagación. Ello obliga a los Directores de Observatorios a completar los datos de registro de los sismógrafos, con un concienzudo estudio del terreno en la zona pleistosista, analizando meticulosamente las circunstancias especiales que han concurrido en los efectos macrosísmicos para cada lugar. Esta tarea es fácil cuando se trata de sacudidas de grados superiores al VII, puesto que los daños en las edificaciones son los mejores testigos de la índole del movimiento, pero en menos intensidades, el análisis es casi siempre dificultoso e inseguro.

Además del interés geofísico que tiene la determinación de las velocidades de las ondas sísmicas en sus trayectos corticales, también lo tiene en el aspecto geológico, ya que por medio de las in-

vestigaciones sismológicas se va llegando al conocimiento estructural de la corteza terrestre, y se han definido varias superficies de discontinuidad que delimitan capas de naturaleza distinta y espesores variables, según las diversas regiones. Para lograr el fin deseado, es necesaria la colaboración de todos los Centros sismológicos del Mundo, tanto de los Observatorios con sus registros, como de las Oficinas centrales con sus laboratorios de coordinación de datos, base de sus investigaciones científicas.

IV

BOSQUEJO GEOLOGICO

En otros trabajos anteriores se han descrito, con más o menos detalle, los rasgos fundamentales que se destacan en la estructura tectónica de la "Zona sísmica levantino-penibética"; asimismo, en el folleto referente a la comarca de Fortuna (10) aparece un esquema de conjunto. En otros folletos descriptivos de las comarcas sísmicas de Aspe (11) y Villena (12), se exponen detalles referentes a la estructura geológica de la zona citada en su sector del Vinalopó. Por lo tanto, solamente expondremos en las líneas que siguen, unas notas complementarias relacionadas con el papel que representa la línea sismotectónica del Vinalopó. Este importantísimo accidente tectónico se muestra francamente visible desde Villena hasta Elche, y puede suponerse continuado por el N. hasta el puerto de Almansa y por el S. hasta la bahía de Santa Pola.

El sector oriental de la cordillera Penibética, que comprende desde el Segura medio hasta el Cabo de la Nao, (13) abarca un conjunto de cadenas montañosas y serranías que culmina en la sierra de Aitana (1.558 metros); esta unidad, orográficamente queda dividida geológicamente en dos piezas corticales separadas por la línea del Vinalopó, que deja al NE. el bloque continental levantino-penibético, que denominaremos abreviadamente **Bloque de Aitana,** y al SO. el **Bloque de Elche.**

La línea del Vinalopó, bajo el punto de vista orográfico, produce los siguientes cortes transversales en las diversas cadenas montañosas orientadas en el sentido general de la Cordillera: Al N. de Villena prodúcese una fuerte solución de continuidad entre las sierras de Lácera al O. y la del Morrón al E.; al E. de Villena, la sierra de San Cristóbal no tiene continuación al O.; más hacia

al S. vemos otra amplia depresión entre las Sierras de la Peña Rubia al E. y la de Salinas al O.; en Sax se destacan los acantilados de más de 200 metros de altura en el Eoceno, con probable falla; en Elda, una fractura oblicua separa la sierra del Caballo, de la Peña Boloni; más hacia el S., la importante sierra del Cid (Cretáceo) queda separada de los grupos de cerros eocenos del O. de Novelda; por último, entre Aspe y Elche quedan cortadas las cadenas del Castellar y del Murón en profundos desfiladeros.

Si examinamos el mapa geológico de la provincia de Alicante formado por Novo (14), se nota cómo el terreno diluvial del manto de Villena es cortado por los cerros yesíferos de Villena, que presentan asomos descompuestos de ofitas. Desde la Colonia de Santa Eulalia hasta Sax siguen los asomos triásicos del Keuper formando una serie de cerros o cabezos, que han sido levantados por los empujes de potentes diques de rocas hipogénicas, algunas de ellas explotadas para canteras de adoquines. De Elda a Monóvar se presenta una violenta fractura labrada en el Mioceno, por la cual el Trías ha surgido a fuertes alturas. De Monóvar a Novelda, otra fractura, rellenada por las marcas triásicas, presenta intercalaciones de asomos jurásicos y cretáceos. En las inmediaciones de la estación del ferrocarril de este pueblo, el río marca la separación de un conjunto de asomos diversos, secundarios y terciarios al E., mientras que al O. se presenta el Eoceno uniforme. De Aspe a Elche queda el Mioceno de las sierras del Castellar y Tabeyán, cortado por el Vinalopó en profunda entalladura, por la que el Trías medio y superior surge en notables eleva-

Figura 1.ª—Vista del embalse del Vinalopó a 13 kms. al N. de Elche. *M* = Mioceno (margas fuertes y pudingas). *T* = Triásico (margas con arcillas y filones yesíferos del Keuper).

ciones que han permitido la formación del Pantano del Castellar (figura 1.ª). En Aspe existe una zona de hundimiento que corresponde a la arista de un anticlinal desmantelado. (Fig. 2.ª)

El Mioceno del valle de Biar-Benejama sigue por debajo del Diluvial hasta Villena, y forma varios mantos de aguas subterráneas que son detenidos por el potente dique de masas triásicas

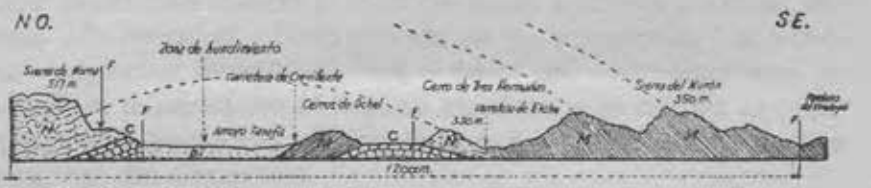


Figura 2.ª—Corte geológico NO. SE. Anticlinal Mioceno basculado hacia el NO. y desmantelado. *C* = Cretáceo (Sesonense). *N* = Eoceno medio (margas y calizas). *M* = Mioceno (molasas y margas). *Di* — Cuartenario (arcillas y conglomerados).

impermeables del Vinalopó, lo que permite su captación en forma de aguas ascendentes desde los 100 metros hasta los 40. El cauce del río, geológicamente representa un límite a partir del cual las masas jurásicas de las sierras murcianas y la de Crevillente no se continúan hacia Levante.

Bajo el punto de vista de sismicidad, hemos podido anotar en estos últimos años, buen número de focos en el Vinalopó, concentrados en varios núcleos, los que en conjunto pueden reducirse a tres: el de Villena, el de Monóvar y el de Novelda-Aspe. Al S. de Elche queda el núcleo de Elche-Crevillente, que corresponde a la línea sísmica Crevillente-Cabo de San Martín.

V

ANALISIS DEL SISMOGRAMA DEL 28 DE AGOSTO DE 1947

La interpretación de una gráfica siempre ofrece dificultades, pero mucho más cuando se trata de sismos próximos o locales, debido a la densidad y corto período de sus vibraciones. Cada choque origina un impulso, al cual, a pesar del amortiguamiento residual, se le superpone el impulso siguiente, y se origina un reforzamiento o disminución de amplitud que enmascara la verdadera magnitud del movimiento.

Para el estudio de este sismo hemos contado con una base de valor primordial, como es el conocimiento de la situación del epicentro teórico, con una aproximación de 200 metros, resultado conseguido por una información minuciosa, efectuada sobre el terreno.

Una vez definido el epicentro en el punto marcado en el mapa, resulta una distancia epicentral para Alicante de $\Delta = 21$ kilómetros, que consideramos como prácticamente exacta. Por el gráfico de la figura 3.ª obtenemos la diferencia de fases $\overline{S}\,\overline{P} = 3{,}0$ seg., y ello nos lleva al conocimiento de la profundidad hipocentral basándonos en las tablas de Mohorovicic o en las de Jeffreys, por las cuales obtenemos, $h = 8$ kilómetros.

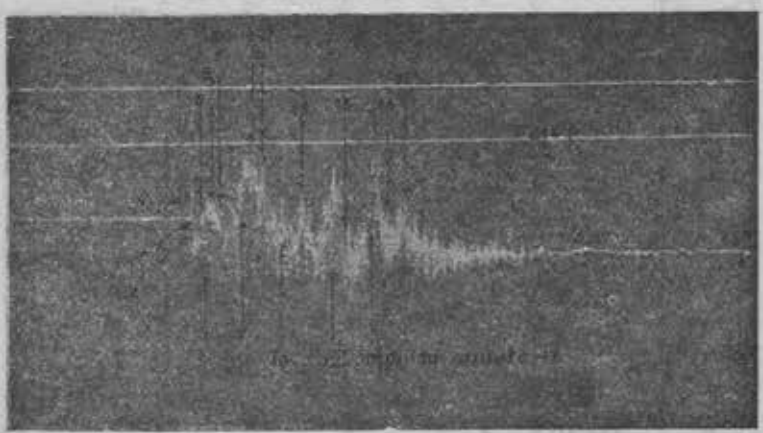


Figura 3.ª—Gráfica del sismo del 28 de agosto de 1947, obtenida en el Sismógrafo Mainka de 1.000 kgs. de masa. Componente N-S. Estado del reloj = + 8 seg.

Conocidos estos dos valores firmes, hemos empleado las tablas de Mohorovicic y los sismogramas auxiliares de Rodríguez Navarro (15), para la interpretación de los impulsos correspondientes a las reflexiones en la superficie de Mohorovicic supuesta a 57 kilómetros de profundidad. Para los impulsos de reflexiones en las superficies intermedias, hemos utilizado las tablas de Jeffreys completadas por Gómez Guillamón (1).

CUADRO 1

INTERPRETACIÓN PRELIMINAR DEL SISMOGRAMA DE 28-VIII-1947

Número	Fases.	Tiempo medio de Greenwich.	DIFERENCIAS — Fase $\overline{P}$ para $h = 8$			Discrepancias — O. C.	OBSERVACIONES
			TABLAS				
			Gráfica.	Mohorovicic.	Jeffreys.		
		h m s					
	Ho	6-40-17,5	»	»	»	»	
	He	18,9	»	»	»	»	
1	$i\overline{P}$	21,5	»	»	»	»	
2	$\overline{P}_{16}\,\overline{P}$	22,5	1,0	»	1,0	0,0	Valores correctos.
3	$i\overline{S}$	24,5	3,0	3,0	2,9	0,0	
4	$\overline{P}_{15}\,\overline{S}$	25,0	3,5	»	3,1	0,4	
5	$\overline{S}_{15}\,\overline{S}$	26,5	5,0	»	4,6	0,4	
6	(i)	28,5	7,0	»	»	»	
7	$\overline{P}^2$	33,5	12,0	14,8	»	— 2,8	Discrepancias negativas.
8	(i)	37,0	15,5	»	»	»	
9	$\overline{P}\,\overline{S}$	40,5	19,0	22,0	»	— 3,0	
10	$\overline{S}^2$	44,5	23,0	27,1	»	— 4,1	
11	$\overline{P}^4$	49,5	28,0	34,5	»	— 6,5	
12	$\overline{P}^3\,\overline{S}$	57,5	36,0	41,9	»	— 5,9	
13	$\overline{P}^2\,\overline{P}$	41-04,0	42,5	49,0	»	— 6,5	
14	$\overline{P}\,\overline{S}^3$	12,0	50,5	56,1	»	— 5,6	
15	$\overline{S}^4$	14,0	52,5	58,1	»	— 5,6	
16	*F*	43-08,0	»	»	»	»	

Los valores de diferencias entre observación menos cálculo (O — C), nos dicen que los tiempos de los impulsos 2,4 y 5 correspondientes a reflexiones en la superficie de discontinuidad de los 15 kilómetros, así como los de 6 y 8 de rayos reflejados en la de 33 kilómetros, son correctos, ya que la apreciación obtenida en la gráfica es de medio segundo. En cambio, los valores interpretados como de ondas reflejadas una o dos veces en la superficie de Mohorovicic, supuesta a la profundidad de 57 kilómetros, dan a las discrepancias anotadas, las cuales son todas negativas, y mayores para las birreflejadas que para las monorreflejadas. Esta circunstancia nos indica que las reflexiones han tenido lugar a una profundidad algo menor de los 57 kilómetros.

En el supuesto de la situación de la superficie de Mohorovicic a 51 kilómetros, desaparecen prácticamente las discrepancias.

VI

INTERPRETACION GEOLOGICA DE LOS VALORES OBTENIDOS

La profundidad hipocentral aproximada, $h = 8$ kilómetros, parece indicar que el foco sísmimo se ha producido en la región superior de la capa granítica o tal vez en la inferior de la sedimentaria. Es de tener en cuenta que la Cordillera Penibética, en el sector de Alicante, ha de tener un espesor bastante grande, ya que se trata de capas de tipo alpino fuertemente plegadas en el Estrecho Bético de la Era secundaria, el que permitía el paso o unión de los mares Mediterráneo y Atlántico. El empuje máximo se ejerció frente al sector costero de Villajoyosa-Alicante.

Pruebas de la intensidad de este plegamiento son los detalles siguientes: a 8 kilómetros de la costa alicantina se alza el monte Cabesó, con 1.208 metros de altitud; a la distancia costera de 16 kilómetros se levanta el macizo de Aitana, con 1.558, que constituye la elevación máxima del sector oriental de la Cordillera Penibética.

Paralelamente a la costa, desde el Peñón de Ifach (Calpe) hasta el estrecho formado entre el Cabo de Santa Pola y la Isla de Tabarca, están patentes los vestigios de una cadena montañosa fragmentada y casi totalmente sumergida.

Si tenemos en cuenta las altitudes con que emergen los asomos del terreno arcaico (estrato cristalino) en la Sierra de Cartagena y en el Cabezo de San Javier, resulta que dicho terreno puede encontrarse por bajo de Elche a la profundidad de 500 a 800 metros, y en la base del Aitana a unos 1.200 a 1.800 metros. El conjunto de las series secundaria y terciaria puede tener de potencia máxima unos tres kilómetros. Parece que el triásico descansa directamente sobre el arcaico. El espesor de éste debe ser lógica-

mente mucho mayor que el de las series secundaria y terciaria; por tanto, podemos marcar como una aproximación grosera para el espesor medio de la capa sedimentaria en la zona alicantina el valor de 5 a 7 kilómetros.

El epicentro, ya hemos visto que está situado en la conocida línea de fractura del Vinalopó, trazada en sentido transversal al eje de la Cordillera, y corresponde a las de tipo diagonal en el cánevas geográfico de la Península. Esta orientación coincide con la de las raíces de los pliegues hercinianos de la Meseta Ibérica (13), luego se trata de un accidente tectónico profundo y antiguo, rejuvenecido por los movimientos alpinos y póstumos.

VII

LINEAS ISOSISTAS

El trazado de las líneas de igual intensidad sísmica, se ha podido realizar en condiciones favorables y por ello hemos marcado, además de las curvas II a IV, la de IV ½ en la forma que se indica en la lámina inserta al final. El epicentro teórico queda a unos dos kilómetros al N. de Elche, en cuyo punto la intensidad llegó casi al grado V. Un foco secundario parece marcarse en las inmediaciones de El Alted, tal vez debido a un fenómeno de resonancia en el manto aluvial de Los Saladares, caso ya ocurrido en otros sismos costeros.

Examinemos ahora las deformaciones que se marcan en el trazado de las isosistas y tratemos de explicar su fundamento geológico.

1.ª El alargamiento hacia el N. NO. es debido a la situación de la línea sismotectónica del Vinalopó. Hasta ahora, en todos los sismos estudiados en la comarca, se han verificado deformaciones análogas, si bien en este caso las elongaciones son más agudas, debido a que el foco sísmico se encuentra precisamente en la misma fractura tectónica.

2.ª La deformación que se acentúa en el sentido NE. SO. es debida a la situación de la notable arista de hundimiento Crevillente-Cabo de San Martín, que ha provocado un reforzamiento de intensidad a lo largo de su traza y un amortiguamiento en sentido transversal, fenómeno también comprobado en otros casos.

3.ª Las curvas, II y III están deformadas hasta el S. paralelamente a la costa, frente a Guardamar y Torrevieja. Su deformación ha sido motivada por la situación de la línea de fractura submarina que hemos determinado con motivo del estudio de los sis-

mos ocurridos en Villajoyosa en 1946 y en la Bahía de Alicante en 1947.

4.ª La más característica anomalía de la carta isosista es la que se presenta en la parte costera entre Alicante y San Juan. Cuando realizamos el análisis del sismo de la Bahía de Alicante de 9 de junio de este año, ya nos llamó la atención cómo fué anulado rápidamente el movimiento, en el breve espacio de Alicante a Santa Faz, distante siete kilómetros de la capital. En el caso que estudiamos, ocurre el fenómeno de modo casi igual, y lo que es más, en el sismo ocurrido el 13 de septiembre, en el mismo foco de Elche, también se aprietan las curvas II y III en el mismo sitio y en igual forma.

La explicación de este curioso caso la encontramos al reconocer detenidamente el sector costero ocupado por el terreno mioceno desde Alicante al Cabo de las Huertas, en una anchura de un kilómetro aproximadamente. El conjunto de esta formación miocena pertenece al Helvetiense, su disposición estratigráfica y tectónica es compleja, y en la misma se representan tres piezas distintas diversamente afectadas por los movimientos costeros ya conocidos.

El cerro del castillo de Santa Bárbara, de 166 metros de altitud, presenta en su vertiente S. un paquete de estratos fuertemente inclinados hacia el SE., mientras por el N. quedan cubiertos por el Eoceno. La sierra de San Julián (o Santa Grosa), con 161 metros de altitud, forma otra pieza del Mioceno, y tiene una estratificación bien definida en capas de calizas y molasas muy fosilíferas las que buzan al SE. con unos 5° a 10°, si bien en el sector del N. se incurvan los estratos y se levantan con mayor inclinación. El pequeño promontorio del cabo de las Huertas solamente tiene de altitud 69 metros, y su disposición estratigráfica es sencilla, con estratos de molasas, en buzamiento muy suave hacia el N.

El terreno triásico hace su aparición en forma de un pequeño asomo al final de la carretera de la Albufereta, o sea, al N. de la Sierra de San Julián, en las cercanías de la playa. El cuaternario ocupa varios lugares de la costa, en los que Jiménez de Cisneros (16) encontró señales de playas levantadas a más de 20 metros de altura.

Por todo lo expuesto vemos que la mancha del Mioceno ha

sido fragmentada en tres piezas, cada una de las cuales ha basculado de modo distinto. La Sierra de San Julián y el promontorio de las Huertas tienen basculaciones casi contrarias, con hundimiento del sector de las ruinas de Lucentum. La presencia de los asomos del Keuper, nos indica que el Mioceno tiene una fractura profunda, y la absorción de energía sísmica en la propagación del movimiento hacia N. NE., nos acaba de convencer de que debe haber una corta fractura tectónica en la forma marcada por nosotros en el mapa de isosistas.

VIII

PERIODO SISMICO DE AGOSTO A NOVIEMBRE DE 1947

El fenómeno telúrico que comenzó el 28 de agosto, ha continuado hasta el 11 de noviembre, el resumen de sacudidas es el marcado en el cuadro II.

El choque del 13 de septiembre tuvo casi la misma intensidad que el de 28 de agosto.

Como ya dijimos, se repiten en forma más atenuada, las deformaciones motivadas por la situación de las fracturas ya conocidas, y muy especialmente, se destaca el amortiguamiento en el sector al NE. de Alicante, ya citado, debido a la probable línea de fractura de La Albufereta

CUADRO II

RESUMEN DEL NÚMERO DE SACUDIDAS EN EL AÑO 1947— REGISTROS DE ALICANTE

FECHA	HORA EN EL FOCO	GRADO	OBSERVACIONES
	h m s		
28 agosto....	6-40-17	IV 1/2	Primer choque moderado. Mapa isosistas. Lámina III.
28 agosto....	6-45-04	III	1.ª Réplica débil.
28 —	6-52-06	II	2.ª Idem íd.
28 —	6-53-26	II	3.ª Idem íd.
13 sepbre....	23-12-23	IV	Segundo choque moderado. Mapa isosistas. Lámina IV.
14 sepbre....	0-55-46	III	1.ª Réplica débil.
15 —	8-36-47	II	2.ª Idem íd.
16 —	13-59-38	II	3.ª Idem íd.
20 —	12-03-18	I	4.ª Idem íd.
17 octubre...	17-26-31	I-II	5.ª Réplica débil.
1 noviembre	15-10-08	I-II	6.ª Réplica débil.
11 —	9-38-26	II	7.ª Idem íd.

IX

LOS NUCLEOS SISMICOS DEL BAJO VINALOPO

Aunque es muy difícil definir un núcleo inestable, dada la poca precisión que resulta en el emplazamiento de epicentros teóricos, creemos conveniente el intentar tal propósito, con el fin de ir formanda el cánevas tectónico de las comarcas sísmicas alicantinas, sin perjuicio de ir en lo sucesivo perfeccionando los trazados de las líneas tectónicas, núcleos sísmicos y áreas inestables, con sus grados medios de frecuencia e intensidad.

En las inmediaciones del Vinalopó, desde Villena a Elche, son bastantes los epicentros que hemos podido marcar, pero de ellos solamente tienen alguna garantía los obtenidos en estos últimos años en virtud de reconocimientos efectuados sobre el terreno. A pesar de la diseminación de focos sísmicos, hemos logrado concretar la posición de varios núcleos.

Si nos concretamos al estudio de los temblores de tierra ocurridos en los últimos meses de 1947, hemos visto que el foco de todos ellos pertenece al núcleo de Aspe, en la Sierra del Castellar, donde la fractura del Vinalopó adquiere su máxima visibilidad.

Los antecedentes sísmicos de la pequeña comarca de Elche son los que se indican en el cuadro III, y comprenden el conjunto de epicentros de los núcleos de Novelda, Aspe-Elche y Elche-Crevillente. Los dos primeros corresponden a la línea del Vinalopó y el tercero queda situado en la línea de dislocación Alicante-Cabo de San Martín.

Los datos de fechas anteriores a 1920 han sido tomados de relaciones procedentes de crónicas y archivos.

CUADRO III

FECHA	HORA	SENTIDO EN	EPICENTRO	GRADO	Sacudidas.
	m s				
16-IV-1730..	19-45	Elche.....	—	IV-V	—
16-IV-1748..	—	Idem	—	V	5
7-VI-1827..	—	Crevillente.....	—	VII-VI	—
11-XI-1833..	15-00	Elche.....	—	V-VI	—
29-VIII-1837.	21-15	Idem	—	IV	—
31-X-1837...	14-00	Idem.....	—	V	—
11-XI-1843...	15-00	Idem	—	V-VI	—
4-VIII-1846.	7-45	Idem.....	—	V	—
14-VIII-1850.	3-15	Idem	—	IV	—
6-II-1854....	8-00	Novelda-Elche, Orihuela, etc.....	—	V	2
11-III-1858...	0-30	Elche.....	—	V	—
19-III-1862...	22-30	Idem	—	V-VII	—
11-X-1866...	0-10	Idem.....	—	VI-VII	—
20-IX-1867...	22-30	Idem	—	V	—
28-VII-1869..	21-15	—	—	IV	—
10-VII-1886..	—	Novelda y otros.....	—	III-IV	—
25-II-1902...	10-00	Elche-Crevillente-Elda-Aspe-Novelda.....	Novelda-Aspe.....	V	—
8-V-1902...	16-00	Elche-Alicante	Próximo Elche....	III-IV	2
25-II-1903...	9-15	Crevillente - Alicante - Elda-Monforte-Aspe	2° 57' E. Madrid = 0° 44' W. Grenw.	V-VI	10
26-II-1903...	—	Crevillente - Alicante - Elda - Monforte - Elche - Aspe	38° 19',5 N. (Próximo al E. de Aspe)	V	—
5-III-1903...	12-50	Elche-Novelda-Aspe..	S. de Aspe.....	III-IV	—
19-II-1906...	22-00	Crevillente-Elche.....	Próx. Crevillente..	IV	—
10-V-1906...	23-00	Crevillente.....	Idem íd.....	III	—
20-II-1909...	21-23	Elche - Aspe - Alicante-Novelda.....	38° 18' N.....	IV	1
21-II-1909...	8-03	Santa Pola-Torrevieja-Crevillente-Monforte.....	2° 58' E. Madrid = 0° 43' W. Grenw. (SE. de Aspe)...	VI-VII	5
24-II-1909...	—	Elche-Crevillente.....	Elche-Crevillente..	III	4
26-II-1909...	14-30	Elche.....	Próximo Elche....	III	—
26-III-1909...	—	Crevillente-Elche.....	Elche-Crevillente..	III	—
30-IX-1909..	20-52	Idem íd.....	Idem íd.....	IV	—
23-VIII-1910.	4-30	Elche.....	Próximo Elche....	III	2
1-XI-1912...	7-45	Elche-Orihuela-Crevillente.....	Próx. Elche-Crevillente.....	IV	—
16-XII-1920..	—	Santa Pola-Elche.....	Próximo Elche....	III	—
18-XII-1920..	9-30	Idem íd.....	Idem íd.....	III	—
18-III-1932...	—	Elche-Santa Pola.....	Próx. Elche-Santa Pola.....	III	—
24-XI-1942...	1-44	Aspe-Novelda-Monóvar	Próximo Novelda..	III	—

FECHA	HORA	SENTIDO EN	EPICENTRO	GRADO	Sacudidas.
	m s				
26-XI-1942..	21-41	Aspe-Novelda-Monóvar.....	Próximo Novelda..	V-VI	—
1-XII-1942..	22-18	Monóvar-Elda-Salinas Petrel-Hondón-Villena-Aspe, etc.....	Idem íd.....	IV	—
21-I-1943 ...	14-46	Idem íd.....	2° 54' E. Madrid = 0° 47' W. Grenw. 38° 24' N. (3 kilómetros NO. Novelda).....	IV-V	—
5-II-1943. ..	8-07	Monóvar-Novelda-Monforte.....	Próximo Novelda..	III	—
16-III-1943...	19-54	Novelda-Aspe	Idem íd.....	III	—
13-VI-1943...	9-03	Idem íd.....	Idem íd	III	—
22-X-1943...	13-43	Idem íd.....	Idem íd.....	II	—
20-XI-1944 ..	4-35	Elche.	Próximo Elche....	II	—
7-VIII-1945	5-28	Idem.....	Idem íd.....	II	—
28-VIII-1946.	6-40	Véase Mapa isosistas. Lámina III.....	Próximo Elche 38° 17' N. 0° 43' W.	IV 1/2	4
13-IX-1946 ..	23-12	Idem íd.. Lámina IV..	Idem íd.....	IV	1
14-IX-1946 ..	0-55	Elche-Aspe.....	Idem íd.....	III	1
15-IX-1946 ..	8-36	Idem íd.....	Idem íd.....	II	1
16-IX-1946 ..	13-59	Idem íd.....	Idem íd.....	II	1
17-X-1946 ..	17-26	Idem íd.....	Idem íd.....	II	1
1-XI-1946 ..	15-10	Idem íd.....	Idem íd.....	II	1
11-XI-1946 ..	9-38	Idem íd.....	Idem íd.....	II	1
12-XII-1946..	17-19	Idem íd.....	Idem íd.....	II	1

Los sismos más fuertes han sido los de 1862, 1866 y 1909, los tres de grado VII. Los dos primeros, no sabemos a qué núcleo habrán correspondido, pero el de 1909 sí podemos localizarlo con el epicentro entre Aspe y Elche, el cual es prácticamente el mismo del período agosto-noviembre de 1947. El sismo del 1909 fué estudiado por el inolvidable Geólogo D. Daniel Jiménez de Cisneros, que publicó una interesante nota en el "Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural" (17).

X

RESUMEN

El período sísmico que comenzó en 28 de agosto último, si bien ha sido de poca importancia por lo que respecta a la intensidad de los choques, en cambio nos ha proporcionado un gráfico que ha permitido definir la situación de las superficies de discontinuidad principales en el suelo y, sobre todo, nos ha demostrado que podemos seguir empleando las tablas de Mohorovicic, como de bastante aproximación, para determinar las reflexiones en la superficie de dicho nombre, situada unos 51 kilómetros en la zona alicantina, aproximadamente.

El foco sísmico se encuentra en la base de la capa sedimentaria o más probablemente en la parte superior de la granítica. Dicho foco corresponde al núcleo Aspe-Elche, situado en la notable línea sismotectónica del Vinalopó.

Esta línea de fractura presenta su máxima intensidad en los dos extremos: al N., en Villena, por su cruce en la línea sísmica Salinas-Biar, y al S., en el núcleo de Aspe-Elche, por su enlace con la línea Crevillente-Cabo de San Martín.

La línea sismotectónica del Vinalopó es activa y de frecuencia mediana, si bien no se tiene noticia de haber ocurrido choques destructores.

La situación de la superficie de discontinuidad de Mohorovicic nos indica que existe un espesor fuerte de las capas sedimentarias y plutónicas, como debe corresponder a la Cordillera Penibética, plegada alpínicamente.

El estudio de los sismos, realizado no solamente con la interpretación instrumental, sino complementada con el reconocimien-

to de las zonas pleistoxistas, nos va permitiendo, poco a poco, el definir las líneas inestables y su significado geológico.

El dibujo de las isosistas nos ha comprobado la influencia que ejercen las líneas de fractura de la corteza en la propagación del movimiento, favoreciéndolo cuando coincide con el sentido longitudinal del accidente tectónico, y amortiguándolo en el transversal. También nos ha llevado a descubrir la situación de otra probable fractura al NE. de la Sierra de San Julián, próxima a Alicante.

Por último, vemos, una vez más, cómo la Sismología se convierte en una ciencia auxiliar de la Geología, con elementos de prospección natural, únicos que pueden aportar datos fidedignos acerca de la estructura interna del Globo.

NOTA BIBLIOGRAFICA

(1) FÉLIX G. GUILLAMÓN: *Memoria resumen de las actividades desarrolladas durante el año 1944 en el Observatorio Sismológico de Málaga.* (Instituto Geográfico y Catastral, 1945.)

(2) VICENTE INGLADA ORS: *La Sismologia. Sus métodos.* (Instituto Geográfico y Catastral 1923.)

(3) B. GUTENBERG: *Reflected and minor phases in records of nearly earthquakes in southern California.* July 1944. («Bull. S. S. of A.»)

(4) B. GUTENBERG: *Travel Times of principal P. and S. phases over small distances in southern California.* («Bull. S. S. of A.», 1944.)

(5) B. GUTENBERG: *Seismological evidence for roots of mountains.* («B. of S. S. of A.», 1944.)

(6) J. P. ROTHÉ: *L'enregistrement dans les stations françaises des ondes séismiques de l'explosion d'Heligoland.* (Comptes Rendeus de l'Academie des Scienses. 2 juin 1947.)

(7) H. JEFFREYS and K. E. BULLEN: *Seismological Tables. B. A. for the advancement of Science.* London, 1940.

(8) C. F. RICHTER: *Calculation of amall distances.* («Bull. S. S. of A.», 1943.)

(9) VICENTE INGLADA ORS: *Estudio sobre la propagación de las ondas sísmicas.* (Instituto Geográfico y Catastral, 1942.)

(10) ALFONSO REY PASTOR: *La comarca sísmica de Fortuna.* (Instituto Geográfico y Catastral, 1944.)

(11) ALFONSO REY PASTOR: *La comarca sísmica de Aspe.* («Rev. de Geofísica», núm. 17, 1946.)

(12) ALFONSO REY PASTOR: *La comarca sísmica de Villena.* («Rev. de Geofísica», núm. 10, 1944.)

(13) ALFONSO REY PASTOR: *Estudio sísmico-geográfico de la Región SE. de la Península Ibérica.* (Instituto Geográfico y Catastral, 1943.)

(14) PEDRO DE NOVO CHICHARRO: *Reseña geológica de la provincia de Alicante.* («Bol. del Instituto Geográfico y Minero», 1914.)

(15) JOSÉ R. NAVARRO: *Utilisation des tables des temps de propagation des ondes séismiques pour profondeurs diverses.* (Instituto Geográfico, 1939.)

(16) DANIEL J. DE CISNEROS: *Depósitos cuaternarios y actuales de la región SE. de España.* (Memorias de la R. S. E. de Historia Natural, 1929.)

(17) DANIEL J. DE CISNEROS: *Resumen de algunas excursiones por la provincia de Alicante y datos relativos a los temblores de tierra ocurridos en febrero de 1909.* («Bol. de la R. S. E. de Historia Natural», mayo 1909.)

Alicante, noviembre 1947.

El Ingeniero Geógrafo.

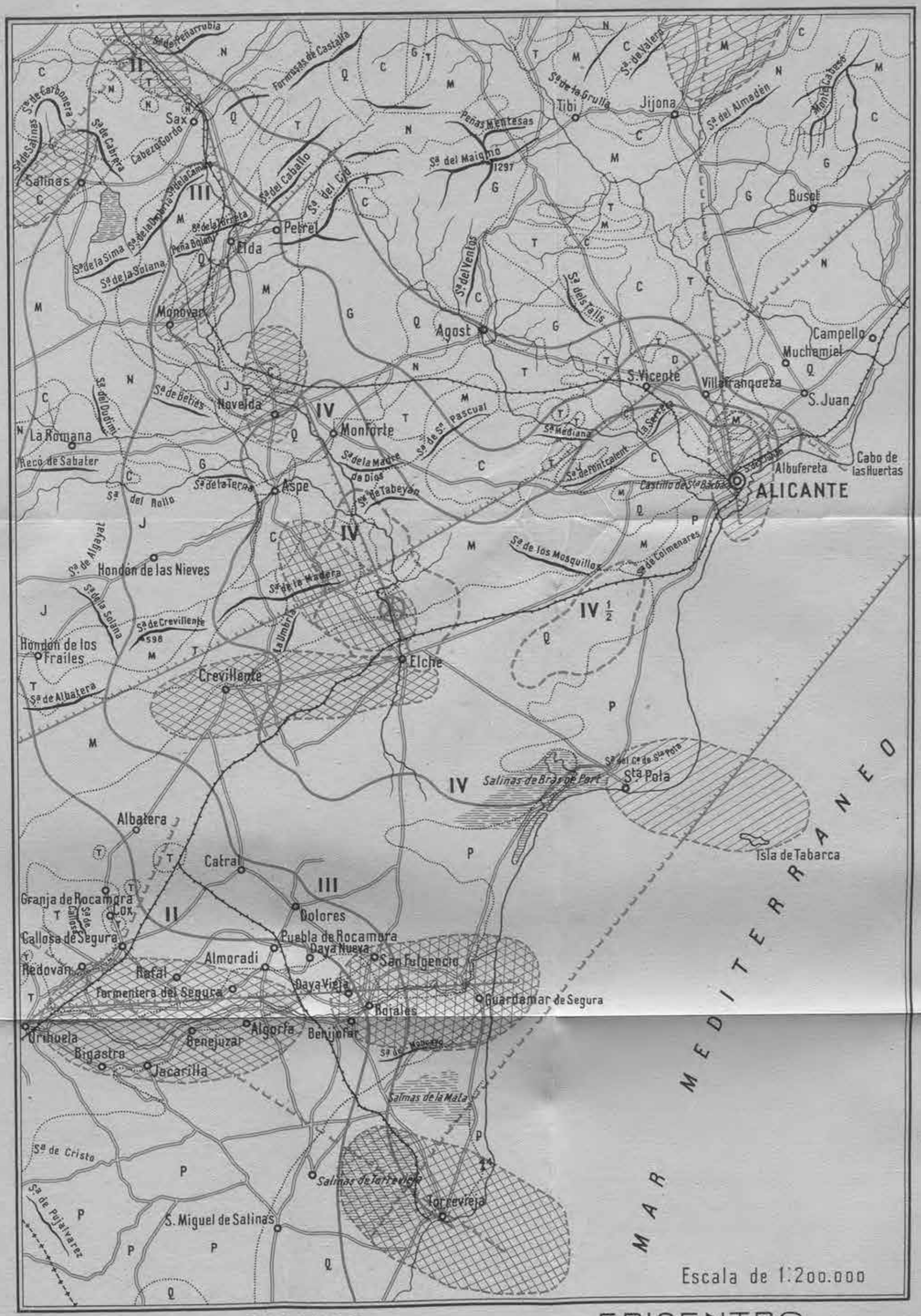
Alfonso Rey Pastor.

OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DE ALICANTE

SISMO DEL 28 DE AGOSTO DE 1947

MAPA SISMOTECTONICO

Por Alfonso Rey Pastor



SIGNOS

▲471	Vértice geodésico	Q	Terreno Diluvial
	Carreteras	P	" Plioceno
	Ferrocarril	M	" Mioceno
	Limite de terrenos geológicos	N	" Eoceno
o	Ayuntamiento	O	" Oligoceno
	Lineas isosistas	C	" Cretáceo
	Epicentro Grado IV ½	G	" Infracretáceo
	Lineas de fractura	T	" Triásico
	Núcleos sísmicos		" Ofitas

EPICENTRO

P = 38° 17' N.	He 6h 40m 19s
2 = 0° 43' w. Grw.	Ho 6h 40m 17s5
h = 8 Km.	Grado IV ½ F. M.

LA IX CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y MEDIDAS

LA IX CONFERENCIA GENERAL
DE PESAS Y MEDIDAS

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

II

LA IX CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y MEDIDAS

POR

GUILLERMO SANS HUELIN

INGENIERO GEÓGRAFO

SECRETARIO DE LA COMISIÓN PERMANENTE
DE PESAS Y MEDIDAS

MADRID
TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
—
1949

MEMORIAS

DEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

II

LA IX CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y MEDIDAS

POR

GUILLERMO SANS HUELIN

SECRETARIO DE LA COMISIÓN PERMANENTE DE PESAS Y MEDIDAS

MADRID

TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

1929

LA IX CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y MEDIDAS

Del 12 al 21 de octubre último se ha celebrado en el Pabellón de Breteuil (Sèvres), sede de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, la IX Conferencia General de Pesas y Medidas.

Para asistir a la misma, y a propuesta de la Comisión Permanente de Pesas y Medidas, fué nombrada por la Presidencia del Gobierno una Delegación integrada por su Presidente y Director del Instituto Geográfico y Catastral, Ilustrísimo Sr. D. Félix Campos-Guereta Martínez, y de la que formaron parte los Vocales de aquélla, Ilmos. Sres. D. Pedro Méndez Parada y D. Juan Manuel López Azcona, así como el Secretario que suscribe.

No es de extrañar que dado el largo período de tiempo transcurrido desde el año 1933 en que se celebró la VIII Conferencia, el Orden del día de la última celebrada presentase numerosos temas que someter a la consideración de los Delegados, cifrándose aquéllos en 19 propiamente dichos.

Antes de ocuparnos al detalle de las recomendaciones sugeridas y de las resoluciones adoptadas, nos anticiparemos a decir que la Conferencia ha tenido pleno éxito desde todos los puntos de vista, concurriendo delegaciones de los siguientes países: Estados Unidos (2), Argentina (1), Austria (1), Bélgica (2), Bulgaria (1), Canadá (1), Checoeslovaquia (1),

Chile (1), Dinamarca (2), España (4), Finlandia (1), Francia (8), Holanda (2), Hungría (1), Inglaterra (3), Italia (2), Méjico (1), Noruega (1), Polonia (2), Portugal (2), Siam (1), Suecia (2), Suiza (1), Turquía (1), U. R. S. S. (6), Uruguay (1), Yugoeslavia (1) y U. N. E. S. C. O. (1), o sea, Delegaciones de 27 naciones. Asistieron también a la Conferencia y tomaron parte activa en la misma, el Dr. Kösters, alemán, como Miembro del Comité Internacional y el Director y Subdirector de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, señores A. Perard y Ch. Volet, respectivamente. Actuó de Presidente de la Conferencia M. H. Villat, Presidente de la Academia de Ciencias de París, que sólo presidió la Mesa en la primera sesión, actuando en las restantes sesiones de Presidente el Secretario perpetuo de dicha Academia M. L. de Broglie, asistidos por M. J. E. Sears y M. M. Dehalu, Presidente y Secretario, respectivamente, del Comité Internacional.

La sesión inaugural tuvo lugar en el Ministerio de Asuntos Exteriores, en París, y las restantes, en número de cuatro, en la biblioteca de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, en el Pabellón de Breteuil (Sèvres).

Tras las formalidades de rigor en la primera sesión científica (presentación de la documentación acreditativa del nombramiento de Delegado principal por cada país y lectura del informe del Presidente del Comité Internacional J. E. Sears sobre los trabajos realizados desde la última Conferencia), se planteó una cuestión previa al ser presentada una moción por una de las Delegaciones, que tendía a la exclusión de otra Delegación por la razón de que ésta pertenecía a una nacionalidad no admitida en la O. N. U., pero se comprendió en seguida que la Asamblea reunida en Sèvres no tenía nada del carácter político de la O. N. U., y que una tal demanda de exclusión por un motivo que no figura en modo alguno en el texto de la Convención del Metro, en la que las naciones

signatarias están inscritas con igualdad de derechos, no se avenía con el carácter meramente científico de las sesiones, quedando resuelto en el acto este incidente.

En las cuatro sesiones celebradas se examinaron los siguientes asuntos:

1.° **Cierre de la primera verificación periódica de los Metros prototipos nacionales.**—Desde la VIII Conferencia, los tres países que no habían enviado a la Oficina Internacional su Metro prototipo nacional, a saber: el núm. 6 (Rumanía), número 10 (Portugal) y núm. 28 (U. R. S. S.), los remitieron para su verificación, y la Conferencia sancionó el nuevo valor de esos metros así como el del núm. 27_c correspondiente a las Indias Holandesas. (Documento 1). (Véase Anexos).

2.° **Testigos del Metro internacional y prototipos que se usan en la Oficina. Nuevos trazados.**—Los metros que pertenecen a la Oficina han sido vueltos a comparar a partir de 1936 con el Prototipo internacional, y como consecuencia de dichas comparaciones el Comité Internacional reconoció la necesidad de aumentar el número de testigos del Metro y de mejorar la calidad de su trazado. El Metro I_2, que fué otras veces Prototipo internacional provisional y después definitivo, ha sido excluído de la serie de los testigos por la defectuosidad de su trazado, y para reemplazarlo, la Oficina Internacional, autorizada por el Comité, adquirió en 1936 el Metro número 19 en posesión de Austria. Este, con el segundo testigo (número 13, de aleación Matthey), así como otros tres Metros de uso en la Oficina, fueron sometidos a nuevos trazados con pleno resultado.

3.° **Renovación del Comparador Brunner.**—Se han introducido perfeccionamientos en este aparato, que desde la fun-

dación de la Oficina Internacional se utiliza para la comparación de los Metros testigos y de los Metros en uso.

4.° Iniciación de la segunda verificación periódica de los Metros.—A propuesta del Comité Internacional se acordó por la Conferencia declarar abierta la época de la segunda verificación periódica de los Metros prototipos nacionales a partir del otoño de 1949.

5.° Verificación de los prototipos nacionales del Kilogramo; nueva comparación del Prototipo internacional y de sus testigos. Desde la VIII Conferencia general han sido comparados con los prototipos en uso en la Oficina los prototipos nacionales correspondientes a 16 países. (Documento 1).

Las naciones que han enviado a la Oficina sus prototipos para la segunda verificación periódica de los mismos comenzada en enero del año 1948 y actualmente en curso, son 13, a saber: Rumanía, Inglaterra, Estados Unidos, Bélgica (do prototipos), Noruega, Suecia, Italia (dos prototipos), Portugal, U. R. S. S., Méjico, Finlandia, Francia e Indias Neerlandesas, estando terminadas las comparaciones de 14 prototipos. (Documento 1).

En relación con esta segunda verificación se instó a las pocas naciones que aún no han remitido a Sèvres sus prototipos nacionales, por razones diversas, a que lo hiciesen dentro del año 1949.

De conformidad con una resolución votada por el Comité, el Kilogramo internacional ha sido comparado con sus testigos en el transcurso de los años 1939 y 1946.

Para evitar confusiones entre los conceptos «masa» y «peso» se acordó distinguir en lo sucesivo las unidades correspondientes por las denominaciones «kilogramo-masa» y «kilogramo-peso».

6.º **Patrones geodésicos; nuevas instalaciones.**—La necesidad de conocer mejor las variaciones de longitud de los patrones geodésicos (hilos de invar de 24 metros) en función de la temperatura, indujo a la Oficina Internacional a efectuar una instalación que permitiese determinar, sobre los propios hilos, su coeficiente de dilatación. Invitada nuestra Delegación a visitar la mencionada instalación pudo comprobar el perfeccionamiento alcanzado.

7.º **Longitudes de ondas patrones; experiencias en curso y experiencias proyectadas.**—Este asunto mereció un detenido examen de los presentes, interviniendo en la discusión desarrollada representantes de varios países. En el transcurso de los últimos años se ha proseguido el estudio de las rayas monocromáticas, las más aptas para las aplicaciones metrológicas. Como consecuencia de las opiniones expuestas, se puso a votación y se aprobó la siguiente proposición:

«La Conferencia General de Pesas y Medidas, conocedora de las nuevas posibilidades ofrecidas por las rayas espectrales de los elementos de isótopo único, que presentan en el más alto grado las cualidades requeridas para constituir longitudes de ondas patrones, rinde homenaje a los sabios que se han dedicado a esta investigación, y reconociendo en esas rayas la posibilidad de encontrar, para la unidad de longitud, una base natural que tenga una gran precisión, invita a los grandes Laboratorios y a la Oficina Internacional a proseguir el estudio de estas rayas, con el fin de establecer eventualmente una nueva definición del Metro fundada en la longitud de onda de una raya escogida, emitida en las condiciones especificadas.»

8.º **Medición absoluta de la intensidad de la gravedad.**—Desde hace más de un año efectúa experiencias la Oficina

Internacional bajo la dirección de su Subdirector el Pr. Volet, con un nuevo aparato para determinar el valor de $-g-$. El método utilizado es el de la caída libre de un cuerpo. Aprovechando las modernas técnicas de elevada precisión para registrar fotográficamente, en una misma cinta, espacios recorridos y tiempos invertidos en los mismos por una regla graduada metálica que cae libremente, se espera llegar a una precisión en el valor absoluto de la gravedad de $\pm$ 1 miligal.

Ante las posibilidades que en su día puede ofrecer este aparato y teniendo en cuenta el número creciente de las mediciones relativas a la intensidad de la gravedad en todos los países referidos al sistema fundamental de Potsdam, cuyo valor absoluto, según se ha descubierto recientemente, es erróneo en unos 14 miligals, nuestra Delegación presentó la siguiente propuesta que fué aprobada por unanimidad:

«Considerando el desarrollo notable de las determinaciones relativas de la gravedad, cuya base fundamental data de hace medio siglo y que parece errónea en una cantidad apreciable, y teniendo presente que las determinaciones absolutas más recientes no presentan todavía una suficiente concordancia y que, por tanto, sería deseable controlar sus resultados mediante la utilizacion de métodos más modernos, la IX Conferencia General de Pesas y Medidas reconoce el interés de las determinaciones absolutas de la intensidad de la gravedad en preparación por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, y recomienda a los Laboratorios que tengan posibilidades para ello, la realización de mediciones análogas a fin de que, por la coordinación de los resultados obtenidos, pueda ser propuesta para aquella magnitud una base fundamental más precisa.»

9.° Coordinación internacional de las unidades eléctricas.— Desde 1933 la Oficina Internacional ha continuado efectuan-

do las intercomparaciones de los patrones nacionales de resistencia y de fuerza electromotriz pertenecientes a seis países distintos. De 1939 a 1946 el principal trabajo de la Oficina en el campo de las unidades eléctricas ha sido la conservación de las unidades internacionales medias Ω_M y V_M tal como resultaron de las comparaciones de 1939. Para esta conservación se ha escogido: *a)* un conjunto de más de 40 elementos Weston procedentes de todos los grandes Laboratorios nacionales y *b)* un cierto número de ohmios de primer orden de tipos diversos y con hilo estabilizado por recocido a elevada temperatura. En lo que concierne a las fuerzas electromotrices, la unidad V_M conservada en el Pabellón de Breteuil parece manifestar una constancia del orden de algunas millonésimas.

10.° Trabajos del Comité Consultivo de Electricidad; decisiones concernientes al paso de las unidades eléctricas internacionales a las unidades absolutas.—La Conferencia de 1933 había otorgado al Comité Internacional los poderes necesarios para fijar, sin esperar a otra Conferencia, las relaciones entre las unidades eléctricas internacionales y las unidades absolutas. Examinados por el Comité Consultivo de Electricidad en sus reuniones de 1935, 37 y 39 los trabajos efectuados en los diversos laboratorios concernientes a la determinación de las unidades absolutas de resistencia e intensidad, los relativos a las comparaciones recíprocas realizadas por la Oficina, así como los progresos logrados en la construcción de los patrones materiales, recomendó la fecha de 1 de enero de 1940 para el cambio de las unidades internacionales a las absolutas, pero la última guerra mundial impidió la realización de esta recomendación, fijándose posteriormente, en la reunión del Comité Internacional de octubre de 1946, la fecha de 1 de enero del año 1948 para el cambio propuesto. Las rela-

ciones entre las unidades internacionales y las unidades absolutas señaladas son:

1 ohmio internacional medio.... $\Omega_M = 1.000\,49$ ohmio absoluto
1 voltio internacional medio.... $V_M = 1.000\,34$ voltio absoluto.

Estos valores fueron aprobados por la Conferencia y ratificada por ésta la fecha fijada para el cambio de las unidades.

11.° Instalación y actividad del Laboratorio de Fotometría en la Oficina Internacional.—Accediendo a la demanda de ciertos Estados, el Comité Internacional, en su sesión de 1937, autorizó a la Oficina para ocuparse de fotometría y trabajar en la coordinación internacional de las unidades de luz. Previa la instalación de los aparatos de investigación necesarios para estos fines, los estudios experimentales realizados han conducido al conocimiento de las propiedades de las lámparas, al perfeccionamiento del fotómetro visual y a la construcción de un fotómetro de foto-pila con sensibilidad diez veces superior a la del fotómetro visual.

Ya han sido comparadas en este Laboratorio lámparas patrones de intensidad procedentes de diversos países, habiendo sido propuesto por la Oficina a los Laboratorios interesados un proyecto de especificación de los patrones fotométricos.

12.° Trabajos del Comité Consultivo de Fotometría; nueva definición de la unidad de luz.—La VIII Conferencia General había establecido cerca del Comité Internacional un Comité Consultivo de Fotometría distinto del Comité Consultivo de Electricidad, otorgando al mismo tiempo poderes al Comité Internacional para adoptar una nueva unidad de intensidad luminosa. En virtud de esta autorización, adoptó aquél como

tal unidad la «candela»—nombre propuesto por la Comisión Internacional del Alumbrado—basada en el brillo del radiador integral a la temperatura de solidificación del platino, que debería reemplazar a las unidades anteriormente en vigor (bujía internacional y hefner). La fecha de sustitución fué fijada en 1 de enero de 1948, resolución que mereció la aprobación de la Conferencia.

13.° **Termometría; Escala Internacional de Temperatura.**— La Oficina Internacional ha seguido perfeccionando sus termómetros de precisión de mercurio, con camisa de cuarzo fundido, adquiriendo asimismo termómetros de resistencia y los elementos necesarios para su empleo, con el fin de materializar la Escala Internacional de Temperatura definida en las dos últimas Conferencias Generales de 1927 y 1933.

Al adoptar esta Conferencia la Escala Internacional de Temperatura (1948) propuesta por el Comité Consultivo de Termometría y Calorimetría, ha decidido dar al grado de temperatura la designación de grado «Celsius» en lugar de grado centígrado o centesimal.

14.° **Comité Consultivo de Termometría y Calorimetría; su creación; extensión de su competencia a la unidad del calor.**— Para conseguir la comparación internacional en los trabajos de termometría, finalidad perseguida por todas las Conferencias Generales desde la primera celebrada en 1889, acordó el Comité Internacional, en 1937, establecer un Comité Consultivo de Termometría y Calorimetría, que se reunió por primera vez en 1939. Ha propuesto este Comité resoluciones importantes concernientes al cero de la escala termométrica absoluta, a ciertas modificaciones que deben introducirse en la Escala Internacional, y a la definición de la unidad del calor por el julio, unidad de energía.

La actual Conferencia, al aprobar la institución del Comité Consultivo de Termometría y Calorimetría, tomó en consideración las siguientes resoluciones:

«1) En el estado actual de la técnica, el punto triple del agua (1) es susceptible de constituir un punto fijo termométrico con una precisión más elevada que el «punto de fusión del hielo». En consecuencia, el cero de la escala termodinámica centesimal debe ser definido como representativo de una temperatura inferior en 0,0100 grado a la del punto triple del agua pura.

»2) La Conferencia admite el principio de una escala termométrica absoluta con un solo punto fijo fundamental, constituído actualmente por el punto triple del agua, cuya temperatura absoluta será fijada ulteriormente. La introducción de esta nueva escala no afecta en nada al empleo de la Escala Internacional, que subsiste como escala práctica recomendable.

»3) La unidad de cantidad de calor es el julio, igual a 10^7 ergios. Se recomienda que los resultados de las experiencias calorimétricas se expresen, en lo posible, en julios.

»Si las experiencias han sido efectuadas por comparación con un calentamiento de agua (y que por una razón cualquiera no se pueda evitar el empleo de la palabra «caloría») deben indicarse las temperaturas extremas y el factor de conversión.»

15.° **Relaciones con la U. N. E. S. C. O.**—El Comité Internacional, siguiendo el ejemplo de otras organizaciones científi-

(1) *N. del A.*—Temperatura de equilibrio entre el hielo, el agua líquida y el vapor de agua.

ficas internacionales, tomó la iniciativa de establecer un convenio provisional con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (U. N. E. S. C. O.), para el reconocimiento mutuo de ambas entidades, que debía ser convalidado en esta Conferencia. Como consecuencia del convenio establecido, se consiguió ya una ayuda para la Oficina en forma de una subvención de importancia para hacer frente a los gastos de adquisición de los instrumentos que se emplean en las investigaciones que realiza la Oficina sobre la gravedad, antes mencionadas.

El acuerdo, que recayó por mayoría de votos, fué el siguiente:

«La IX Conferencia General decide autorizar al Comité Internacional de Pesas y Medidas, dentro del cuadro de su Estatuto, a establecer un acuerdo con U. N. E. S. C. O. que, garantizando por completo la independencia de las partes contratantes, les permita seguir sus trabajos recíprocos y colaborar al estudio de las cuestiones que surjan de sus actividades comunes.»

16.° Dotación de la Oficina Internacional; repartición de cuotas.—El importe de la dotación en francos oro fijada en 1927 resultó ya insuficiente en 1947, y, en consecuencia, el Comité Internacional decidió proponer a esta Conferencia un aumento de la dotación anual de la Oficina.

Puesto a votación el aumento propuesto entre los Presidentes de Delegaciones de todos las países representados, provistos para ello de plenos poderes por sus Gobiernos respectivos, se acordaron, por unanimidad, los siguientes extremos:

«1.° La cifra de la dotación anual es elevada de 150.000 francos-oro a 175.000 francos-oro.

»2.° La aplicación de esta disposición será diferida hasta

la fecha en que el Japón, Siam y Alemania hayan reanudado sus pagos estatutarios (1)».

Como consecuencia de los acuerdos anteriores, y a base del número actual de habitantes en cada nación, la cuota de España, que era de 5.959 francos-oro antes del reparto de las cuotas de los países antes citados, se eleva a 7.489 francos-oro.

Una vez que Japón, Siam y Alemania reanuden el abono de sus cuotas, la cuota que le corresponderá a España descenderá a 6.952 francos-oro, con arreglo a la dotación anual de 175.000 francos-oro aprobada para la Oficina.

Los Documentos 2 y 3 corresponden a las cuotas de los Estados contratantes, de acuerdo con la dotación anual de 150.000 y 175.000 francos-oro, respectivamente.

En relación con el valor de las cuotas de los países Miembros en divisas de pago, se aprobó, asimismo, por unanimidad, el siguiente proyecto de resolución presentado por el Comité Internacional:

«La decisión de fijar el importe de las contribuciones en francos-oro, votada en 1927, con la unanimidad de los Estados contratantes, por la VII Conferencia General, tuvo por finalidad sustraer el presupuesto de la Oficina Internacional de los efectos nefastos de las fluctuaciones de las divisas monetarias y mantener el equilibrio entre los ingresos y los gastos de dicho presupuesto.

»Durante todo el período de 1927 a 1939, ha tenido plena eficacia esta medida. Sin embargo, el establecimiento por

---

(1) *N. del A.*—Con arreglo a las disposiciones de los artículos 6 y 20 del Reglamento anexo a la Convención del Metro, se reparten entre todos los Estados contratantes las cuotas de aquellos Estados que no estén en condiciones de satisfacer sus cuotas durante tres años consecutivos. Por esta razón, a partir del Ejercicio 1946-1947, se abona entre todos los Estados las cuotas del Japón y Siam, habiéndose agregado Alemania en esta Conferencia para el Ejercicio 1948-1949.

varios Estados de un control de cambios y, por consiguiente, de un cambio oficial de las divisas monetarias, ha modificado la situación a partir del año 1940.

»En consecuencia, la IX Conferencia General adopta la siguiente resolución:

»La determinación del valor de las cuotas (fijadas en francos-oro) en una divisa monetaria no ligada al oro, debe hacerse, en principio, según el cambio *libre* de esta divisa con relación al oro (al peso) o a otra cualquier divisa ligada al oro.

»En el caso de que no existiese un tal cambio libre, quedará facultado el Comité Internacional de Pesas y Medidas para fijar, conforme a los índices oficiales de precios, el coeficiente de transformación indispensable para mantener el poder de adquisición de la Oficina Internacional.»

17.° **Proyecto de modificaciones a introducir en el Reglamento de la Caja de Pensiones de la Oficina Internacional.**— Tendientes estas modificaciones a mejorar la sitúción de los funcionarios de la Oficina una vez alcanzada la edad del retiro, fueron aprobadas por unanimidad.

18.° **Proposiciones de los señores Delegados o del Comité Internacional.**—La Oficina Nacional, Científica y Permanente de Pesas y Medidas de Francia había presentado al Comité Internacional de Pesas y Medidas un proyecto de unificación internacional de los sistemas de unidades de medidas, que fué repartido a todos los señores Delegados. (Documentos 4 A y 4 B).

En relación con esta y otra propuesta sobre el mismo tema de un organismo internacional, se aprobó la siguiente proposición:

«La Conferencia General, considerando que el Comité

Internacional de Pesas y Medidas ha recibido una demanda de la Unión Internacional de Física en solicitud de adoptar para las relaciones internacionales un sistema práctico internacional de unidades, recomendando el sistema M. K. S., y una unidad eléctrica del sistema práctico absoluto, sin recomendar, en modo alguno, que sea abandonado el sistema C. G. S. por los físicos; considerando que también ha recibido del Gobierno francés una petición análoga, acompañada de un proyecto destinado a servir de base de discusión para el establecimiento de una reglamentación completa de las unidades de medida, encarga al Comité Internacional: *a)* de abrir a este efecto una encuesta oficial sobre la opinión de los medios científicos, técnicos y pedagógicos de todos los países, ofreciendo como base efectiva el documento francés; *b)* de centralizar las respuestas recibidas, y *c)* de estudiar un proyecto de reglamentación general de unidades de medida susceptible de ser adoptado por la unanimidad de los países signatarios de la Convención del Metro.»

Se aprobaron asimismo los símbolos de unidades adoptados en julio del año 1948 por la Unión Internacional de Física, que había hecho suyos el Comité Internacional de Pesas y Medidas en el mes de octubre del mismo año. (Documento 5).

Se examinó después una proposición de la Oficina de Longitudes de París relativa a los sistemas de numeración cuando se trata de números grandes. Como se sabe, existen dos sistemas. En el uno, las cifras 10^6, 10^9, 10^{12}, 10^{15}, etc., representan al millón, billón, trillón, cuatrillón, etc., y conforme al otro, las cifras 10^6, 10^{12}, 10^{18}, 10^{24}, etc., son representativas, respectivamente, del millón, billón, trillón, cuatrillón, etcétera. Puesta a aprobación la decisión del Comité Internacional de recomendar para los países europeos la adopción del segundo sistema, empleado como es sabido en España, fué acordada por mayoría de votos.

19.º Renovación por mitad del Comité Internacional. Elecciones.—Con anterioridad a la ida a París, nuestra Delegación convino en proponer al Académico e ilustre Ingeniero D. Esteban Terradas Illa, previo asentimiento de éste, como candidato para cubrir la vacante del anterior representante español en el Comité Internacional, que se produjo con la renuncia de D. Blas Cabrera (q. e. p. d.).

Iniciadas, apenas llegados a París, las gestiones oportunas cerca del Director de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, Mr. Albert Perard, indicó éste que no juzgaba oportuno el momento de presentación de esa candidatura, dadas las circunstancias políticas reinantes, pero que España tendría siempre reservado un puesto en el Comité, que se cubriría cuando las circunstancias antedichas variasen. No obstante esta opinión personal del Sr. Perard, nuestra Delegación decidió hacer propaganda entre los Delegados de algunos países que se suponían amigos de España, como los de la República Argentina, Portugal, Chile, Siam, Uruguay, y otros.

Conforme al artículo 7.º del Reglamento anexo de la Convención del Metro, la Conferencia debía proceder a la renovación por mitad del Comité Internacional, y según el artículo 8.º, los miembros salientes serían, desde luego, los elegidos y nombrados provisionalmente desde la última Conferencia. Eran éstos, siete, los que, por iniciativa del Comité Internacional, fueron propuestos para ser reelegidos como Miembros definitivos, votándose por unanimidad su reelección y decidiéndose después por la suerte, conforme al Reglamento, el nombre del país representado en el Comité que debería cesar. Al corresponderle al Japón y ser propuesta por la Mesa su reelección, exteriorizaron la mayoría de los Delegados su deseo de que fuese puesto a votación este nombramiento, con libertad de votar al representante de

otro país, y hay que hacer constar que después del Japón, que obtuvo mayoría de votos, salió el nombre del Sr. Terradas con cinco votos, y sólo con uno o a lo sumo dos votos, los nombres de representantes de distintas naciones. Con anterioridad a esta votación se repartió a todos los Delegados presentes una hoja con los cargos, distinciones y méritos científicos del Sr. Terradas. Nuestra Delegación lamenta no haber salido triunfante en su propuesta, a pesar de hacer todo lo posible para ello, si bien alberga la esperanza de que en un futuro, quizá no lejano, vea coronado con el éxito sus esfuerzos, conforme a la promesa recibida.

A propuesta del Comité Internacional fué propuesto, por último, un nuevo miembro para el mismo, como representante de la América de habla española, repartiéndose la candidatura del Pr. Isnardi, de nacionalidad argentina, y en la actualidad Director del Instituto de Física en la Facultad de Ciencias de Buenos Aires. En la votación efectuada salió elegido por mayoría.

Como consecuencia de una proposición presentada en una de las sesiones por el Delegado de Hungría M. Mokcsay, relativa a la unificación de la pesada de un hectolitro de trigo, mediante un aparato de base internacional para efectuar pesadas cualitativas de dicho cereal, se reunieron el 20 de octubre, en la Legación de Hungría, los Miembros de algunas naciones asistentes a la IX Conferencia General para tratar dicha cuestión, entre las que figuraba España. Para todo lo relacionado con esta proposición, nuestra Delegación tomó el acuerdo de designar al Vocal de nuestra Comisión, Sr. Miranda, en su calidad de representante del Ministerio de Agricultura. Se adjunta la proposición presentada por el señor Delegado de Hungría. (Documento 6.)

La intervención en una de las sesiones del Delegado belga, M. M. Jacob, en favor de la Metrología prática,

haciendo historia de lo poco conseguido hasta ahora en este terreno en lo que atañe a organización, dió como resultado que al día siguiente de terminada la Conferencia General se reuniesen los representantes de varios de los países que habían asistido a la misma, para tratar de constituir una Conferencia de Metrología práctica. Se tomó el acuerdo de comunicar, en su día, por el Ministerio de Relaciones Exteriores francés a los de los demás países adheridos a la Convención del Metro, la aprobación definitiva de dicha Conferencia, que se proyecta celebrar por vez primera en París, a fines de junio o primeros de julio de 1949.

Madrid, 15 de noviembre de 1948.

GUILLERMO SANS.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXOS

(Documento 1)

OFICINA INTERNACIONAL
DE PESAS Y MEDIDAS

SANCIÓN

DE LAS NUEVAS DETERMINACIONES FUNDAMENTALES METROLÓGICAS

EXCESO SOBRE EL VALOR NOMINAL

METROS

	Valor inicial recalculado con el coeficiente de dilatación actual.	Primera verificación. Valores que debe sancionar la Conferencia.	Diferencias.
Núm. 6_C (Rumanía)	$+1^{\mu}$,67 (1892)	$+1^{\mu}$,68	$+0^{\mu}$,01
Núm. 10 (Portugal)	— 0,69 (1889)	— 0,93	— 0,24
Núm. 27_C (Indias Holandesas)	+ 9,45 (1921)	+ 9,34	— 0,11
Núm. 28 (U. R. S. S.)	+ 0,47 (1889)	+ 0,71	+ 0,24

KILOGRAMOS

El cuadro siguiente contiene los excesos en miligramo sobre los valores nominales de los prototipos.

Los valores de 1889 fueron determinados por comparaciones entre todos los kilogramos prototipos.

Los valores de 1913 corresponden a la primera verificación periódica de los kilogramos nacionales.

Los valores de 1946 resultan de las comparaciones efectuadas entre el kilogramo internacional y sus testigos, así como de algunas operaciones complementarias.

Los valores de 1948 se refieren a la segunda verificación periódica de los kilogramos nacionales, actualmente en curso.

	N.º		1889	1913	VALORES A SANCIONAR POR LA CONFERENCIA			1946/1948 — 1889
					1935-1939	1946	1948	
	2	Rumanía	— 0,953	— 0,966		— 0,992		— 0,039
	42	Turquía			+ 0,409			
	44	Australia				+ 0,270		
	45	Rep. Argentina			— 0,256			
	48	Disponible				+ 0,081		
	KI	O. I. P. M.	+ 0,127			+ 0,098		— 0,029
Testigos antiguos	7	»	— 0,530	— 0,508		— 0,499		+ 0,031
	32	»	+ 0,070	+ 0,071		+ 0,107		+ 0,037
	8 (41)	»	+ 0,260	+ 0,257		+ 0,300		+ 0,040
Testigos nuevos	43	»				+ 0,306		
	47	»				+ 0,405		
	9	»	+ 0,282	+ 0,277		+ 0,300		+ 0,018
	31	»	+ 0,162	+ 0,141		+ 0,115		— 0,047
Segunda verificación periódica de los kilogramos prototipos. — 1.er Grupo	18	Gran Bretaña	+ 0,070				+ 0,071	+ 0,001
	20	Estados Unidos	— 0,039				— 0,019	+ 0,020
	28	Bélgica	+ 0,210	+ 0,183			+ 0,188	— 0,022
	37	»	+ 0,244	+ 0,257			+ 0,251	+ 0,007
	36	Noruega	+ 0,157	+ 0,156			+ 0,186	+ 0,029
	40	Suecia	— 0,037	— 0,044			— 0,039	— 0,002
2.º Grupo	5	Italia	+ 0,018	+ 0,024			+ 0,018	0,000
	19	»	— 0,276				— 0,257	+ 0,019
	10	Portugal	+ 0,228				+ 0,263	+ 0,035
	12	U. R. S. S.	+ 0,068				+ 0,085	+ 0,017
	21	Méjico	+ 0,063	+ 0,061			+ 0,063	0,000
	23	Finlandia	+ 0,061				+ 0,098	+ 0,037
	35	Francia	+ 0,191	+ 0,183			+ 0,183	— 0,008
	46	Indias Holandesas					+ 0,294	

VOLUMEN A 0° DE LOS NUEVOS KILOGRAMOS PROTOTIPOS	
N.º	ml
42	46,484 4
43	46,436 2
44	46,426 6
45	46,464 2
46	46,463 1
47	46,423 2
48	46,462 5

COMITÉ INTERNACIONAL DE PESAS Y MEDIDAS

(Documento 2)

Octubre 1948.

CUADRO DE LAS PARTES CONTRIBUTIVAS DE LOS ESTADOS CONTRATANTES

	ESTADOS CONTRATANTES	Población en millares de habitantes	Contribución a la dotación de 150.000 francos-oro.	Repartición: Alemania, Japón y Siam	Contribución total.
	Parte principal:				
1	Alemania	69.317	14.753	—	—
2	América (E. U.)	140.000	22.500	5.778	28.278
3	Argentina	16.318	3.473	892	4.365
4	Austria	6.400	1.362	350	1.712
5	Bélgica	8.512	1.812	465	2.277
6	Bulgaria	7.100	1.511	388	1.899
7	Canadá	12.883	2.742	704	3.446
8	Chile	5.276	1.123	288	1.411
9	Dinamarca	4.100	873	224	1.097
10	España	28.000	5.959	1.530	7.489
11	Finlandia	3.920	834	214	1.048
12	Francia y Argelia	49.890	10.618	2.727	13.345
13	Gran Bretaña	48.987	10.426	2.677	13.103
14	Hungría	9.135	1.944	499	2.443
15	Italia	45.500	9.684	2.487	12.171
16	Japón	73.111	15.560	—	—
17	Méjico	22.233	4.732	1.215	5.947
18	Noruega	3.123	750	193	943
19	Perú	7.854	1.671	429	2.100
20	Portugal	7.722	1.643	422	2.065
21	Rumanía	15.872	3.378	868	4.246
22	Siam	17.317	3.686	—	—
23	Suecia	6.842	1.456	374	1.830
24	Suiza	4.265	908	233	1.141
25	U. R. S. S.	172.000	22.500	5.778	28.278
26	Uruguay	2.300	750	193	943
27	Yugoeslavia	15.752	3.352	861	4.213
		803.729	150.000		
	Parte complementaria:				
28	Eire (Irlanda)	2.953	750	193	943
29	Países Bajos	9.756	2.076	533	2.609
30	Polonia	25.000	5.321	1.367	6.688
31	Checoeslovaquia	12.165	2.632	676	3.308
32	Turquía	18.860	4.014	1.031	5.045
33	Australia	7.500	1.596	410	2.006
	Total	**879.963**	**166.389**	**33.999**	**166.389**

COMITÉ INTERNACIONAL DE PESAS Y MEDIDAS

(Documento 3)

Octubre 1948.

CUADRO DE LAS PARTES CONTRIBUTIVAS DE LOS ESTADOS CONTRATANTES

	ESTADOS CONTRATANTES	Población en millares de habitantes	Contribución a la dotación de 175.000 francos-oro
	Parte principal:		
1	Alemania	69.317	17.211
2	América (E. U.)	140.000	26.250
3	Argentina	16.318	4.052
4	Austria	6.400	1.589
5	Bélgica	8.512	2.114
6	Bulgaria	7.100	1.763
7	Canadá	12.883	3.199
8	Chile	5.276	1.310
9	Dinamarca	4.100	1.018
10	España	28.000	6.952
11	Finlandia	3.920	973
12	Francia y Argelia	49.890	12.388
13	Gran Bretaña	48.987	12.164
14	Hungría	9.135	2.268
15	Italia	45.500	11.298
16	Japón	73.111	18.154
17	Méjico	22.233	5.520
18	Noruega	3.123	875
19	Perú	7.854	1.950
20	Portugal	7.722	1.917
21	Rumanía	15.872	3.941
22	Siam	17.317	4.300
23	Suecia	6.842	1.699
24	Suiza	4.265	1.059
25	U. R. S. S.	172.000	26.250
26	Uruguay	2.300	875
27	Yugoeslavia	15.752	3.911
		803.729	175.000
	Parte complementaria:		
28	Eire (Irlanda)	2.953	875
29	Países Bajos	9.756	2.422
30	Polonia	25.000	6.208
31	Checoeslovaquia	12.165	3.021
32	Turquía	18.860	4.683
33	Australia	7.500	1.862
	Total	**879.963**	**194.071**

IX CONFERENCIA GENERAL DE PESAS Y MEDIDAS

(Documento 5)

Octubre, 1948

SÍMBOLOS DE UNIDADES

ADOPTADOS EN JULIO DE 1948 POR LA UNIÓN INTERNACIONAL DE FÍSICA Y EN OCTUBRE DE 1948 POR EL COMITÉ INTERNACIONAL DE PESAS Y MEDIDAS

PRINCIPIOS

Los símbolos de unidades son expresados en caracteres romanos, en general minúsculos; sin embargo, si los símbolos son derivados de nombres propios, son utilizados los caracteres romanos mayúsculos. Estos símbolos no van seguidos de un punto.

En los números, la coma (costumbre francesa) o el punto (costumbre británica) son utilizados únicamente para separar la parte entera de los números de su parte decimal. Para facilitar la lectura, los números pueden ser distanciados en grupos de tres cifras; estos grupos no son jamás separados por puntos, ni por comas.

* metro	m	hora	h
* metro cuadrado	m^2	amperio	A
* metro cúbico	m^3	voltio	V
* micrón	μ	watio	W
* litro	l	ohmio	Ω
* gramo	g	culombio	C
* tonelada	t	faradio	F
segundo	s	henrio	H
ergio	erg	hertz	Hz
dina	din	poise	P
atmósfera	at	newton	N
* grado centesimal	°C	candela (bujía nueva)	cd
* grado absoluto	°K	lux	lx
caloría	cal	lumen	lm
bar	bar	stilb	sb

NOTAS DEL COMITÉ INTERNACIONAL

I.—Los símbolos cuyas unidades están precedidos de un asterisco son los que habían sido ya adoptados anteriormente por una decisión del Comité Internacional.

II.—La unidad de volumen «estéreo», empleada en la medida de las maderas, tendrá por símbolo «st» y no «s», que le había sido asignado anteriormente por el Comité Internacional.

III.—Si se trata, no de una temperatura, sino de un intervalo o de una diferencia de temperatura, la palabra grado *(degrè)* debe escribirse en todas sus letras o por la abreviatura «deg».

(Documento 6)

PROPOSICIÓN

CONCERNIENTE A LA UNIFICACIÓN DE LA DETERMINACIÓN DEL PESO DEL HECTOLITRO DE TRIGO

Es sabido que en las transacciones de venta y compra de trigo, tanto en el comercio interior como en el exterior, además de la pesada cuantitativa del trigo, desempeña un papel importante la determinación del peso del hectolitro de trigo, que proporciona un dato precioso concerniente a la calidad del trigo.

Es conforme a este peso como se desarrolla el precio del trigo, y es por ello por lo que el comercio insiste en estas pesadas y no puede pasarse sin ellas.

La necesidad ha hecho, pues, nacer la determinación del peso del hectolitro que no es una pesada muy precisa, dada la naturaleza de la materia a pesar, pero que se efectúa, con todo —al ser indispensable— en cada país.

A falta de una convención internacional, estas determinaciones se han estructurado de un modo independiente en los diversos países, y los sistemas de la pesada han llegado a ser diferentes los unos de los otros. En estas circunstancias, naturalmente, el peso del hectolitro del mismo trigo será eventualmente diferente en los Estados que emplean sistemas diferentes de pesada.

Por esta razón se presentan frecuentemente perturbaciones y desavenencias en la exportación e importación del trigo, y este hecho hace deseable, tanto para los Estados exportadores como para los importadores, que esta cuestión sea reglamentada por una convención internacional. El arreglo no cabe imaginarle de otro modo que en la igualdad de los sistemas de pesada en cada Estado.

En mi opinión, a este efecto, los Estados interesados deberían convenir por unanimidad los siguientes extremos:

1.° Es preciso proyectar un aparato de base internacional para las pesadas cualitativas del trigo, y es preciso asegurar la invariabilidad temporal del aparato.

2.° Es necesario sistematizar por un reglamento la comparación del aparato de base internacional con los aparatos de base nacionales, estipulando los intervalos de la comparación.

3.° Deben ser reglamentados los tipos de los aparatos de pesada cualitativa del trigo que pueden ser usados en el tráfico general.

4.° Es indispensable sistematizar embudos de relleno para la uniformidad del método de relleno.

5.° Es preciso preparar un cuadro —más adecuado que los existentes— para la conversión, en el que se tengan en cuenta las variedades de trigo de todas las procedencias posibles.

Si los Estados interesados aceptan por principio esta proposición, parece imprescindible la constitución de un subcomité que tendría por misión determinar la realización técnica de la balanza internacional básica, preparar el cuadro de conversión correspondiente y establecer las dimensiones principales de los aparatos para uso internacional; en resumen, el método de empleo de estas balanzas.

Al presentar esta proposición al señor Delegado como consecuencia de la autorización del Gobierno de mi país, le ruego tenga a bien informar a su Gobierno de su contenido y de informarme lo antes posible si su Gobierno cree deseable establecer una convención internacional respecto a esta cuestión.

Dr. Alexandre Mokcsay
Consejero técnico.

Budapest, X, Fuimei ut 20.

Instituto Central Húngaro de Pesas y Medidas.

(Documento 4 A)

MINISTERIO DE INDUSTRIA
Y COMERCIO

OFICINA NACIONAL, CIENTÍFICA
Y PERMANENTE DE PESAS
Y MEDIDAS

REPUBLICA FRANCESA

París, 2 de agosto de 1948.

EL PRESIDENTE DE LA OFICINA NACIONAL, CIENTÍFICA Y PERMANENTE DE PESAS Y MEDIDAS,
AL SEÑOR MINISTRO DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Señor Ministro:

Las unidades de Medidas decimales creadas por la Ley de 1.° de agosto de 1793, están adoptadas actualmente, ya con carácter obligatorio, ya con carácter facultativo, por todas las Naciones civilizadas del mundo. De este modo se ha realizado magníficamente la previsión de la Convención nacional que, en 1793, dedicaba las nuevas medidas «a todos los tiempos, a todos los pueblos.»

Sin embargo, pueden tomarse en consideración numerosas combinaciones de unidades métricas para constituir un sistema legal coherente.

Francia ha adoptado por la Ley de 2 de abril de 1919, un sistema basado en las unidades principales: Metro, Tonelada, Segundo, designado bajo el nombre de sistema M. T. S.

La Ley de 2 de abril de 1919 y el Reglamento de Administración pública de 26 de julio de 1919, redactado para su aplicación, han sido retocados en 1947 a fin de tener en cuenta resoluciones internacionales concernientes a las unidades eléctri-

cas y ópticas. Estas resoluciones, que cambiaban las definiciones de dichas unidades, necesitaban modificaciones, que fueron estudiadas sucesivamente por el Comité técnico de los Instrumentos de medida, la Oficina Nacional, Científica y Permanente de Pesas y Medidas, la Academia de Ciencias y el Consejo de Estado. Los trabajos fueron sancionados por la Ley de 14 de enero de 1948, que modifica la de abril de 1919 y el Decreto de 28 de febrero de 1948, que sustituye y anula el Decreto de 26 de abril de 1919.

En el curso de elaboración de los nuevos textos, fué recordada la evolución desde 1919 de las ideas sobre los sistemas de unidades coherentes con cuatro unidades fundamentales, pero ante el breve plazo que faltaba para la fecha imperativa del 1.° de enero de 1948, fijada por el Comité Internacional para la puesta en vigor de las nuevas unidades eléctricas y ópticas, la Oficina Nacional tuvo que posponer el estudio general de un sistema de unidades legales y limitar su programa de trabajo a las modificaciones prescritas.

Se sobreentendió, sin embargo, que la cuestión sería vuelta a examinar para decidir si convenía modificar la Ley francesa de 2 de abril de 1919, sustituyendo el sistema M. T. S. por un sistema denominado M. K. S., basado en las unidades principales: Metro, Kilogramo, Segundo, con o sin la agregación de una cuarta unidad de naturaleza eléctrica.

El sistema M. K. S. está, en efecto, adoptado por ciertos Estados y preconizado por Establecimientos y Organismos científicos, y, especialmente, por la Unión Internacional de Física pura y aplicada. El propio Comité Internacional le ha tomado como base de definiciones de unidades eléctricas, pero sin llegar a imponer su empleo en plan internacional.

De ello resultan divergencias entre las legislaciones y las reglamentaciones de las unidades secundarias, en particular, que son diferentes en el sistema M. T. S. y en el sistema M. K. S.

Si bien los dos sistemas en presencia sean ambos métricos y sus diferencias sean de carácter un poco doctrinal, son de deplorar sus divergencias y sería deseable que se procediese, por vía de una *entente* internacional, a una unificación de las bases científicas de los sistemas de medidas métricas en todas las Naciones adheridas a la Convención Internacional del Metro. El Comité Internacional de Pesas y Medidas ha aceptado, desde luego, en sus reuniones de octubre de 1946, examinar todas las proposiciones que pudieran sometérsele en vista de obtener ese resultado.

Por otro lado, la Conferencia general de Pesas y Medidas, cuyas sesiones se celebran en París cada seis años, se reunirá en el mes de octubre próximo. Sería de interés máximo que un proyecto se presentase con ocasión de esta solemnidad, por Francia que, cuna del Sistema Métrico, debe permanecer a la cabeza del progreso en la materia.

Por esta razón, el Comité Técnico de Instrumentos de Medida, Organismo consultivo del Servicio de Instrumentos de Medida de vuestro Departamento y la Oficina Nacional, Científica y Permanente de Pesas y Medidas, han procedido a un estudio profundo, tanto respecto al plan científico como al plan jurídico, de textos tipos que pudiesen ser presentados al Comité Internacional de Pesas y Medidas, como proposiciones de Francia a la Conferencia general de Pesas y Medidas de octubre de 1948, para la unificación internacional de los sistemas de unidades de medidas métricas.

Los proyectos redactados por los Organismos franceses citados, están basados en el sistema M. K. S. Consideraciones teóricas resultantes de la evolu-

ción, desde 1919, de las ideas sobre las bases de las Ciencias físicas, conducen, en efecto, a la necesidad de adoptar este sistema a fin de establecer relaciones perfectamente coherentes entre las unidades mecánicas y las unidades eléctricas.

Los estudios han dado por resultado proyectos de textos tipos que tengo el honor, señor Ministro, de presentarle, con el ruego de transmitirlos al Comité Internacional de Pesas y Medidas, por intermedio del Ministro de Asuntos Extranjeros, calificado por el art. 16 del Reglamento anexo a la Convención Internacional del Metro, para conseguir el enlace entre la Administración francesa y dicho Comité.

Recibid, señor Ministro, la expresión de mis sentimientos más sinceros.

El Presiaente,

ALBERT PERARD

Miembro del Instituto.

(Documento 4 B)

MINISTERIO DE INDUSTRIA
Y COMERCIO

SERVICIO
DE INSTRUMENTOS DE MEDIDAS

REPUBLICA FRANCESA

OFICINA NACIONAL, CIENTÍFICA Y PERMANENTE
DE PESAS Y MEDIDAS

INFORME

AL SEÑOR MINISTRO DE INDUSTRIA Y COMERCIO DE FRANCIA RELATIVO A UN PROYECTO DE SISTEMA DE UNIDADES M. K. S. A., PARA LA UNIFICACIÓN INTERNACIONAL DE LOS SISTEMAS DE UNIDADES DE MEDIDAS

Informador: J. H. GOSSELIN.

I. Exposición de motivos. — En su sesión del 20 de abril de 1948, el Comité técnico de Instrumentos de medida, para responder al deseo expresado por varios Miembros de la Oficina Nacional, Científica y Permanente de Pesas y Medidas, y, en particular de M. E. Brylinski, Presidente de honor de la Comisión Electrotécnica Internacional, decidió estudiar un proyecto de Sistema de unidades M. K. S., susceptible de servir de base a la unificación internacional de los sistemas de unidades. Por carta de 17 de junio de 1948, el Ingeniero, General Lamothe, Presidente del Comité técnico de Instrumentos de medida, participó esta decisión a M. Albert Perard, Miembro del Instituto, Presidente de la Oficina Nacional, Científica y Permanente de Pesas y Medidas.

Fueron examinados por la Oficina Nacional y por su Comisión de Unidades los proyectos de los textos establecidos por el Comité técnico. Estos proyectos son los que figuran en los anexos I y II y que motivan el presente Informe.

Es dentro del dominio de la Ciencia pura donde la unificación de los sistemas de unidades de medida está más próximo a ser conseguida.

El sistema C. G. S. y, para las medidas eléctricas, su derivado directo, el sistema eléctrico-práctico han sido, en efecto, universalmente adoptados. Sólo quedan por restablecer algunos puntos de detalle concernientes, sobre todo, a las unidades de calor (caloría y escalas de temperaturas) y las unidades magnéticas (racionalización).

Para las unidades de medida aplicables a la industria, la unificación está más retrasada. El sistema C. G. S. no puede ser adoptado en ese dominio porque presenta unidades, tales como la dina, el ergio, la baria, etc., que no guardan proporción con las unidades usuales. En el estado actual de la cuestión se encuentran en presencia, principalmente, dos sistemas:

El sistema M. T. S., adoptado por Francia en 1919.

El sistema M. K. S., adoptado o presentado por diferentes Naciones y Asociaciones Científicas.

El sistema M. T. S., cuyo estudio remonta a 1913, ha sido sancionado en Francia por la Ley de 2 de abril de 1919 sobre las unidades de medida, y por el Decreto de 26 de julio de 1919. Sus unidades, llamadas principales, son el Metro, la Tonelada (masa) de 1.000 kilogramos, el Segundo de tiempo solar medio, el Ohmio internacional, el Amperio internacional, el Grado centesimal y la Bujía decimal. Recientemente ha sido revisada la reglamentación de 1919 por una Ley fechada el 14 de enero de 1948 y por un Decreto de 28 de febrero de 1948, a fin de tener en cuenta las Resoluciones del Comité Internacional de Pesas y Medidas, concernientes a las unidades eléctricas y fotométricas.

En la nueva reglamentación, el ohmio y el amperio internacionales son suprimidos de la lista de las unidades principales y sustituidos, a título de unidades secundarias, por el ohmio y el amperio absolutos, tales como han sido definidos

en las resoluciones del Comité Internacional de octubre de 1946. La bujía decimal es reemplazada por la «bujía nueva», definida en las mismas Resoluciones.

El sistema M. K. S., primitivamente propuesto por el Profesor G. Giorgi en 1901, fué adoptado por la Comisión Electrotécnica Internacional en el curso de sus reuniones de Scheveningen y Bruselas de 17 y 30 de junio de 1935. Una de sus principales características es la de permitir introducir entre las unidades fundamentales, sin romper la coherencia del sistema, una de las unidades eléctricas del sistema «práctico» y de evitar así, considerar, por lo menos implícitamente, bien la permeabilidad del vacío (sistema electromagnético), bien la constante dieléctrica del vacío (sistema electrostático). Más adelante se expondrá una breve discusión sobre la unidad eléctrica que conviene adoptar como cuarta unidad fundamental.

Los sistemas M. T. S. y M. K. S. poseen cada uno ventajas e inconvenientes que serán examinados a continuación y que pueden hacer dudar respecto a la elección del que pudiese ser recomendado, en relación al plan internacional.

Pero el interés que se adscribe a la unificación de las legislaciones nacionales aparece como primordial y convendría que el Comité Internacional de Pesas y Medidas fuese el llamado, después de un examen profundo de la cuestión, a proponer, bajo forma de recomendaciones o hasta de resoluciones, un sistema único que debería servir de base a la elaboración de las reglamentaciones en todas las Naciones adheridas a la Convención del Metro.

La Oficina Nacional, Científica y Permanente de Pesas y Medidas, consciente de la importancia mundial de la cuestión, tiene el honor de proponer al señor Ministro de Industria y Comercio los proyectos de textos tipos adjuntos, que podrán ser presentados al Comité Internacional de Pesas y Medidas, como las proposiciones de Francia, para la unificación internacional de los sistemas de unidades de medidas.

II. Consideraciones generales. — Los puntos siguientes se presentan como fuera de toda discusión:

1.° Las unidades fundamentales de longitud, de masa y de tiempo deben ser el Metro, el Kilogramo (masa) y el Segundo de tiempo solar medio.

2.° Las unidades absolutas del sistema eléctrico-práctico, tales como han sido definidas en las resoluciones del Comité Internacional de Pesas y Medidas de octubre de 1946, y tales como deben, actualmente, ser incluídas en las legislaciones nacionales, deben ser conservadas.

3.° Conviene eliminar todo sistema que lleve una unidad fundamental de fuerza o de peso. Si pareciese útil *autorizar* para la mecánica práctica el empleo de una unidad de peso, deberá darse a esta unidad un nombre especial, que no recuerde, ni por su expresión, ni por su símbolo, el nombre de una unidad métrica de masa.

III. Aspecto jurídico. — En la legislación francesa las unidades fundamentales son definidas por una ley, texto que no puede ser modificado o completado, sino después de recurrir al Parlamento. Las unidades llamadas «secundarias» son definidas por un decreto, que no es sino un «Reglamento de Administración pública», acto de Gobierno que no necesita sino la consulta de ciertos Cuerpos científicos y administrativos enumerados en la ley.

Esta organización confiere a los principios las garantías de estabilidad deseables, proporcionando a la reglamentación una flexibilidad que la permite seguir los progresos científicos y técnicos.

Amoldándose a lo anterior, los textos tipos anexos al presente Informe, presentan un «texto legislativo» y un «texto reglamentario», cuyo nombre y forma dependerán, por lo demás, de la organización jurídica dentro de cada Estado.

IV. Comparación de los sistemas M. T. S. y M. K. S. Las ventajas e inconvenientes de los sistemas M. T. S. y M. K. S. están resumidas en el cuadro siguiente:

SISTEMA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
M. T. S.	*Densidad del agua* = a 1. *Sistema ya codificado* en la reglamentación francesa.....	*Falta de coherencia.* Las unidades mecánicas conducen al kilovatio, mientras que las unidades eléctricas conducen al vatio. *Dificultad de introducir una cuarta unidad* tomada entre las unidades eléctricas. Si esta unidad fuese, por ejemplo, el amperio, arrastraría para unidad de potencial, el kilovatio, de donde resultarían el kiloohmio, el kilohenrio, etc.
M. K. S.	Coherencia perfecta del sistema M. K. S. cuyas unidades eléctricas, secundarias, son las unidades del sistema eléctrico-práctico.....	*Densidad absoluta o masa específica del agua* = 1.000 en vez de 1. *Unidad de presión muy pequeña* = 10 barias.

La coherencia del sistema parece proporcionar los argumentos decisivos para escoger entre los dos sistemas. Por esta razón los proyectos de textos adjuntos al presente Informe han sido establecidos en la hipótesis de la admisión del sistema M. K. S.

V. Proyecto del sistema M. K. S.—Como se dijo anteriormente, una de las principales ventajas del sistema M. K. S. radica en la posibilidad que ofrece de establecer un sistema coherente de cuatro unidades fundamentales, añadiendo a las tres unidades: Metro, Kilogramo, Segundo, una unidad del sistema eléctrico práctico, tal como lo ha recomendado recientemente la Unión Internacional de Física en el curso de su Asamblea general, celebrada en Amsterdam en julio de 1948.

Se puede dudar, *à priori*, en la elección de esta cuarta unidad entre el amperio y el ohmio, teniendo este último la

ventaja de estar representado por un patrón material y de ser la unidad cuya determinación absoluta se obtiene actualmente con la mayor precisión. Pero, como han hecho observar diferentes personalidades, y en particular M. Brylinski, Presidente de honor de la Comisión Electrotécnica Internacional, la adopción del ohmio introduciría exponentes fraccionarios en las fórmulas de dimensiones de las magnitudes derivadas, mientras que los exponentes permanecen enteros si se adopta el amperio. Por otro lado, el amperio ha sido definido como la unidad fundamental eléctrica en las resoluciones tomadas por el Comité Internacional de Pesas y Medidas en octubre de 1946 y que deben ser introducidas en las reglamentaciones nacionales de los Estados adheridos a la Convención del Metro.

El sistema que parece, pues, imponerse es el sistema M. K. S. A.

Las definiciones del Metro, Kilogramo y Amperio, deben conservarse tales como han sido establecidas por las decisiones de las Conferencias generales y del Comité Internacional de Pesas y Medidas.

En lo que concierne al Segundo, como ha hecho notar M. A. Danjon, miembro del Instituto de Francia, Director del Observatorio de París, habrá que precisar la definición del día solar medio. La Oficina Nacional, Científica y Permanente de Pesas y Medidas de Francia ha pedido a la Unión Astronómica Internacional la redacción de recomendaciones concernientes a esta definición.

Las otras dos unidades que deben figurar en el texto legislativo son las del intervalo de temperatura y de la intensidad luminosa.

Para el intervalo de temperatura, parece debe conservarse la definición teórica, basada en el termómetro de *gas perfecto*, como representando la escala termodinámica. La escala internacional de temperaturas, propuesta por el Comité Consultivo de Termometría, será adoptada en el «texto reglamentario».

En cuanto a la unidad de cantidad de calor, puede ser suprimida de las unidades fundamentales y reemplazada en

el «texto reglamentario» por el julio, conforme al parecer emitido en el curso de la Asamblea general de la Unión Internacional de Física de Amsterdam, Comisión de Símbolos, Unidades y Nomenclatura, reunida en julio de 1948.

El empleo de la caloría, acompañada en cada caso de la indicación de las temperaturas y del factor de conversión admitido, podrá ser autorizado por el «texto reglamentario».

La unidad de intensidad luminosa no parece tampoco que debe ser cambiada. El nombre de «bujía nueva» podría ser reemplazado por el de «candela» (símbolo cd), propuesto por la Comisión Internacional de Alumbrado.

Entre las unidades secundarias sería interesante introducir las unidades de viscosidad absoluta, cuyo empleo en la industria se generaliza cada vez más.

Podrán suprimirse las unidades, actualmente toleradas en Francia, por ejemplo, que derivan del kilogramo-fuerza, tales como el kilográmetro, el poncelet, que no se emplea en la práctica, y el caballo de vapor, unidad que no solamente deriva del kilogramo-fuerza, sino que introduce un factor no decimal.

Para remediar el inconveniente que resulta para la práctica industrial de la pequeñez de la unidad M. K. S. de presión, se podría aplicar el nombre bar al múltiplo 100.000 de esta unidad. El bar está, por lo demás, ampliamente introducido en la terminología internacional.

En lo que concierne a las unidades magnéticas, que no deben figurar como unidades derivadas, sino en el «texto reglamentario», se plantea la cuestión, ya de la conservación de las unidades clásicas, ya de la adopción de las unidades «racionalizadas» mediante la supresión del factor 4π en la fórmula de Ampère.

La cuestión no podrá decidirse sino después de madura reflexión; conviene en el estado actual, proponer dos variantes que correspondan a cada alternativa.

En fin, para dar satisfacción al voto emitido por la Unión Internacional de Física en su reunión de Amsterdam de julio de 1948, el sistema C. G. S., que es utilizado por los físicos, podrá ser introducido en las legislaciones nacionales con la

indicación, en el cuadro de las unidades legales, anexo al texto reglamentario, de las relaciones entre las unidades M. K. S. A. y las unidades C. G. S.

Tales son los principios que han conducido a la elaboración de los proyectos de textos, basados en el sistema M. K. S. A., que figuran en los Anexos I y II del presente Informe.

El Informador,

J. G. GOSSELIN.

DOCUMENTACIÓN ADJUNTA

ANEXO I.—Proyecto de «texto legislativo» respecto a las unidades principales de medida.

ANEXO II.—Proyecto de «texto reglamentario» respecto a las unidades secundarias.

ANEXO III.—Cuadro anexo al Decreto francés de 28 de febrero de 1948, que puede servir de base para el establecimiento de un cuadro general de las unidades de medida.

ANEXO I

PROYECTO DE TEXTO LEGISLATIVO RESPECTO A LAS UNIDADES DE MEDIDA

Preámbulo según la modalidad de cada país.

.....

Artículo 1.° Las magnitudes físicas comprenden magnitudes fundamentales y magnitudes derivadas.

Las unidades de las magnitudes fundamentales se denominan unidades principales. Las unidades de las magnitudes derivadas se denominan unidades secundarias.

Las magnitudes fundamentales son la longitud, la masa, el tiempo, la intensidad de corriente eléctrica, el intervalo de temperatura y la intensidad luminosa, cuyas unidades principales están definidas en el cuadro anexo a la presente ley.

Las unidades secundarias serán enumeradas y definidas por un «texto reglamentario» adoptado después del asesoramiento... (cítense los organismos científicos y administrativos interesados en cada nación.)

A este «texto reglamentario» se adjuntará un cuadro general de las unidades legales, comprendiendo las unidades principales y las unidades secundarias, fijadas según las prescripciones del presente «texto legislativo», así como sus múltiplos y submúltiplos en uso.

Este «texto reglamentario» podrá, además, autorizar el empleo o la denominación de ciertas unidades actualmente en uso.

«Textos reglamentarios», aceptados después de oir la opinión de los mismos organismos, podrán completar o modificar la lista de las unidades secundarias y suprimir aquellas de las unidades antiguas autorizadas por aplicación del párrafo precedente.

Artículos 2.°, 3.°, ... Se referirán a la conservación de los prototipos nacionales de las medidas legales, al control oficial de los aparatos de medida, a los plazos de a puesta en aplicación, al alcance territorial del texto legislativo, etc.

FIRMA Y REFRENDATA
(según la Constitución y los principios jurídicos de la legislación del Estado.)

CUADRO

DE LAS PRINCIPALES UNIDADES DE MEDIDA

LONGITUD

La unidad principal de longitud es el metro.

El metro es la longitud, a la temperatura de 0 grado centesimal, del prototipo nternacional en platino iridiado, que ha sido sancionado por la Conferencia general de Pesas y Medidas celebrada en París en 1889, y que está depositado en el Pabellón de Breteuil en Sèvres.

MASA

La unidad principal de masa es el kilogramo.

El kilogramo es la masa del prototipo internacional en platino iridiado, que ha sido sancionado por la Conferencia general de Pesas y Medidas celebrada en París en 1889, y que está depositado en el Pabellón de Breteuil en Sèvres.

TIEMPO

La unidad principal de tiempo es el segundo.

El segundo es la fracción 1/86.400 del día solar medio, tal como ha sido definido por la Unión Astronómica Internacional (fecha de referencia).

ELECTRICIDAD

La unidad principal eléctrica es el amperio, unidad de intensidad de corriente, definida conforme a las resoluciones del Comité Internacional de Pesas y Medidas en octubre de 1946.

El amperio es la intensidad de una corriente constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados a una distancia de un metro uno del otro en el vacío, produce entre esos dos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} unidad M. K. S. de fuerza por metro de longitud.

TEMPERATURA

Las temperaturas son expresadas en grados centesimales.

El grado centesimal es la variación de temperatura que produce la centésima parte del incremento de presión que experimenta una masa de un gas perfecto

cuando siendo el volumen constante, la temperatura pasa del punto 0° C (temperatura del hielo fundente) al punto 100° C (temperatura de ebullición del agua), tales como han sido definidos esos dos puntos por la Conferencia general de Pesas y Medidas de 1889 y por la de 1913.

INTENSIDAD LUMINOSA

La unidad principal de intensidad luminosa es la candela.

La candela es la sexagésima parte de la intensidad luminosa emitida normalmente por un centímetro cuadrado del radiador integral (cuerpo negro) a la temperatura de solidificación del platino.

ANEXO II

PROYECTO DE TEXTO REGLAMENTARIO RESPECTO A LAS UNIDADES DE MEDIDA

Preámbulo según la modalidad de cada país.

.....

SUPERFICIE

La unidad de superficie es el metro cuadrado.

El metro cuadrado es la superficie de un cuadrado de un metro de lado.

Para la medida de las superficies agrarias, el decámetro cuadrado puede ser llamado «área«.

VOLUMEN

La unidad de volumen es el metro cúbico.

El metro cúbico es el volumen de un cubo de un metro de lado.

Para la medida de maderas, el metro cúbico puede ser llamado «estéreo».

En la práctica corriente, el decímetro cúbico puede ser denominado «litro».

ÁNGULO

Las unidades de ángulo son el radiante, el grado centesimal y el grado sexagesimal.

El radiante es el ángulo que teniendo su vértice en el centro de un círculo intercepta sobre la circunferencia de ese círculo un arco de longitud igual al radio.

El grado centesimal es la centésima parte del ángulo recto.

El grado sexagesimal es la nonagésima parte del ángulo recto; se pueden emplear, además, los submúltiplos sexagesimales del grado.

El minuto, que es la sexagésima parte del grado.

El segundo, que es la sexagésima parte del minuto.

ÁNGULO SÓLIDO

La unidad de ángulo sólido es el estereorradiante.

El estereorradiante es el ángulo sólido, que teniendo su vértice en el centro de

una esfera de un metro de radio, corta sobre la superficie de esta esfera un área de un metro cuadrado.

MASA

En las transacciones relativas a los diamantes, perlas finas y piedras preciosas, puede darse la denominación de «quilate» al doble decigramo.

TIEMPO

Además del segundo, unidad principal, se puede emplear el minuto, que vale sesenta segundos, la hora, que vale 3.600 segundos y el día.

FRECUENCIA

La frecuencia, para un fenómeno periódico, se expresa en «hertz» por la inversa de su período expresado en segundos.

FUERZA

La unidad de fuerza es el newton.

El newton es la fuerza que, en un segundo, comunica a una masa igual a un kilogramo, un incremento de velocidad de un metro por segundo.

ENERGÍA

La unidad de energía es el julio.

El julio es el trabajo producido por un newton cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección de la fuerza.

POTENCIA

La unidad de potencia es el vatio.

El vatio es la potencia que produce un julio por segundo.

PRESIÓN

La unidad de presión es el pascal.

El pascal es la presión que, ejerciéndose uniformemente sobre una superficie de un metro cuadrado, produce una fuerza de un newton.

Se puede también emplear el bar, que vale 100.000 pascals.

VISCOSIDAD

La unidad de viscosidad dinámica es el «decapoise».

La unidad de viscosidad cinemática es el «myriastokes».

El «decapoise» es la viscosidad dinámica de un flúido en el cual el movimiento rectilíneo y uniforme en su plano de una superficie plana de un metro cuadrado, da lugar a una fuerza retardatriz de un newton, cuando el gradiente de la velocidad del flúido, en contacto con la superficie es de un metro por segundo por metro de distancia normal en la superficie.

El «myriastokes» es la velocidad cinemática de un flúido cuya viscosidad dinámica es un «decapoise» y la masa, por unidad de volumen, es de un kilogramo por metro cúbico.

DIFERENCIA DE POTENCIAL ELÉCTRICO

La unidad de diferencia de potencial eléctrico, de fuerza electromotriz o de tensión, es el voltio.

El voltio es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un hilo conductor que transporta una corriente constante de un amperio, cuando la potencia disipada entre esos puntos es igual a un vatio.

RESISTENCIA ELÉCTRICA

La unidad de resistencia eléctrica es el ohmio.

El ohmio es la resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor, cuando una diferencia de potencial constante de un voltio, aplicada entre esos dos puntos, produce en ese conductor una corriente de un amperio, no siendo ese conductor asiento de fuerza electromotriz alguna.

CANTIDAD DE ELECTRICIDAD

La unidad de cantidad de electricidad o de carga eléctrica es el culombio.

El culombio es la cantidad de electricidad transportada en un segundo por una corriente de un amperio.

CAPACIDAD ELÉCTRICA

La unidad de capacidad eléctrica es el faradio.

El faradio es la capacidad de un condensador eléctrico, entre cuyas armaduras aparece una diferencia de potencial eléctrico de un voltio, cuando está cargado de una cantidad de electricidad igual a un culombio.

INDUCTANCIA

La unidad de inductancia es el henrio.

El henrio es la inductancia de un circuito cerrado en el cual se produce una fuerza electromotriz de un voltio, cuando la corriente eléctrica que recorre el circuito varía uniformemente a razón de un amperio por segundo.

FLUJO DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA

La unidad de flujo de inducción magnética es el weber.

El weber es el flujo de inducción magnética que, atravesando un circuito de una sola espira, produce en él una fuerza electromotriz de un voltio, si se la lleva a cero en un segundo, por decrecimiento uniforme.

INDUCCIÓN MAGNÉTICA

La unidad de inducción magnética es el miriagauss.

El miriagauss es la inducción que produce un flujo de inducción magnética de un weber por metro cuadrado.

CAMPO MAGNÉTICO

SISTEMA CLÁSICO

La unidad de campo magnético es el millioorsted.

El millioorsted es el campo magnético creado a una distancia de dos metros del eje de un conductor rectilíneo indefinido, de sección circular, recorrido por una corriente de un amperio.

SISTEMA RACIONALIZADO

La unidad de campo magnético es igual a 4π millioorsteds.

Es el campo magnético creado en el centro de un circuito circular de sección despreciable, de un metro de diámetro, por el paso de una corriente constante de un amperio.

FUERZA MAGNETOMOTRIZ

SISTEMA CLÁSICO

La unidad de fuerza magnetomotriz es el decigilbert igual a $\frac{1}{4\pi}$ amperio vuelta.

El decigilbert es la fuerza magnetomotriz producida por una corriente de $\frac{1}{4\pi}$ amperio recorriendo un circuito de una espira.

SISTEMA RACIONALIZADO

La unidad de fuerza magnetomotriz es el amperio-vuelta.

El amperio-vuelta es la fuerza magnetomotriz producida por una corriente de un amperio recorriendo un circuito de una espira.

CANTIDAD DE CALOR

La unidad de cantidad de calor es el julio.

FLUJO LUMINOSO

La unidad de flujo luminoso es el lúmen.

El lúmen es el flujo luminoso emitido en un estereorradiante por un foco puntual uniforme de una intensidad luminosa de una candela.

INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN

La unidad de intensidad de iluminación es el lux.

El lux es la intensidad de iluminación de una superficie que recibe normalmente un flujo luminoso uniformemente repartido de un lúmen por metro cuadrado.

POTENCIA DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS

La potencia de un sistema óptico se expresa en dioptrías, por la inversa de su distancia focal expresada en metros.

Art. 2.° Se autoriza el uso de las unidades que se definen a continuación:

LONGITUD

La milla marina, cuyo valor es de 1.852 metros, distancia aproximada de dos puntos de la tierra de la misma longitud, cuyas latitudes difieren un minuto.

A la milla marina corresponde el nudo, velocidad de un navío que recorre una milla por hora.

FUERZA

El «poinsot», o «Fortin», o ..., peso normal, esto es, correspondiente al valor normal de la intensidad de la gravedad de una masa de un kilogramo.

El «poinsot» vale 9,806 65 newtons.

CANTIDAD DE CALOR

La caloría, cantidad de calor necesaria para elevar de 14,5° C a 15,5° C, la temperatura de un gramo de agua.

Art. 3.° Para ... (nombre del país), ... los patronos nacionales son:

La copia núm. . . . del metro internacional.

La copia núm. . . . del kilogramo internacional.

Las temperaturas centesimales están definidas por la escala internacional de temperaturas, cuyos puntos fijos y los métodos de interpolación han sido propuestos por el Comité Consultivo de Termometría de 1948.

Artículos 4, 5, etc.

Disposiciones reglamentarias particulares a cada Nación, concernientes a los patrones de las unidades principales, su conservación, fórmula de ejecución, etc.

(Firmas y refrendatas.)

Se unirá a este texto reglamentario un «Cuadro general de las unidades legales», análogo al cuadro unido al decreto francés de 28 de febrero de 1948 (Anexo III), pero modificado para reemplazar las unidades M. T. S. por las unidades M. K. S. A., y dando la correspondencia entre las unidades de los sistemas C. G. S. y M. K. S. A.

ANEXO III

CUADRO GENERAL DE LAS UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES COMPUESTO EN CUMPLIMIENTO DE LA LEY DE 14 DE ENERO DE 1948 QUE MODIFICA LA LEY DE 2 DE ABRIL DE 1919 SOBRE LAS UNIDADES DE MEDIDA

CUADRO DE LOS MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS DECIMALES

Factor por el que se multiplica la unidad	Prefijo que se coloca ante el nombre de la unidad	Símbolo que se coloca ante el de la unidad
10^6 ó 1.000.000	mega	M
10^5 100.000	hectokilo	hk
10^4 10.000	miria	ma
10^3 1.000	kilo	k
10^2 100	hecto	h
10^1 10	deca	da
10^0 1	»	»
10^{-1} 0,1	deci	d
10^{-2} 0,01	centi	c
10^{-3} 0,001	mili	m
10^{-4} 0,000 1	diezmili	dm
10^{-5} 0,000 01	cienmili	cm
10^{-6} 0,000 001	micro	μ

NOTA.—En el Cuadro que sigue, se ha impreso en *itálica* los símbolos de las *unidades*, para distinguirlos de los de los prefijos que van en tipo normal.

El sistema C. G. S. está basado en el Centímetro, el Gramo (masa) y el Segundo como unidades principales.

El sistema M. T. S. está basado en el Metro, la Tonelada (masa) y el Segundo como unidades principales.

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATURALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN	PATRÓN Y REPRESENTACIÓN
			I. — Unidades
Longitud.....	**METRO**.....	Longitud a la temperatura de 0° del prototipo internacional en platino iridiado que ha sido sancionado por la Conferencia General de Pesas y Medidas, celebrada en París en 1889, y que ha sido depositado en el Pabellón de Breteuil, en Sèvres (1).	Patrón: Copia núm. 8 del metro prototipo internacional depositado en el Conservatorio Nacional de Artes y Oficios.
			A título
	Milla marina...	Longitud media del minuto sexagesimal de latitud terrestre.	
Superficie.....	**Metro cuadrado.**	Superficie contenida en un cuadrado de un metro de lado.	

(1) Como el metro de los Archivos, del que está copiado, el prototipo internacional de [illegible] boreal al Ecuador, definición primera del metro.

Valor en M. T. S.	Valor en C. G. S.	MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES — DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	OBSERVACIONES
		geométricas.			
		Megámetro.	M*m*	1 000 000 *m*	
		Kilómetro.	k*m*	1 000 *m*	
		Hectómetro.	h*m*	100 *m*	
		Decámetro.	da*m*	10 *m*	
1	10^2	**METRO**	*m*	1 *m*	Base del sistema M. T. S. Unidad principal.
		Decímetro.	d*m*	$\frac{1}{10}\ m$	
10^{-2}	1	**Centímetro.**	c*m*	$\frac{1}{100}\ m$	Base del sistema C. G. S.
		Milímetro.	m*m*	$\frac{1}{1\,000}\ m$	
		Micrón.	μm o μ	$\frac{1}{1\,000\,000}\ m$	
		Milimicrón.	mμ	$\frac{1}{1\,000\,000\,000}\ m$	
		transitorio.			
				1 852 *m*	Se emplea para la medida de las longitudes marinas.
		Kilómetro cuadrado.	$\overline{km}^2$	1 000 000 m^2	
		Hectómetro cuadrado.	$\overline{hm}^2$	10 000 m^2	
		Decámetro cuadrado.	$\overline{dam}^2$	100 m^2	
1	10^4	**Metro cuadrado.**	m^2	1 m^2	
		Decímetro cuadrado.	$\overline{dm}^2$	$\frac{1}{100}\ m^2$	

tro es, aproximadamente, 0,2 mm. inferior a la diezmillonésima parte de la distancia del polo

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATURALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN	PATRÓN Y REPRESENTACIÓN
Superficie.....	**Metro cuadrado..**	Superficie contenida en un cuadrado de un metro de lado.	
Volumen	**Metro cúbico....**	Volumen contenido en un cubo de un metro de lado.	

Valor en C. G. S.	MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES			OBSERVACIONES
	DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	
	Centímetro cuadrado.	$\overline{cm}^2$	$\frac{1}{10\,000}\ m^2$	
	Milímetro cuadrado.	$\overline{mm}^2$	$\frac{1}{1\,000\,000}\ m^2$	
	Hectárea.	ha	100 a	Se emplea para la medida de las superficies agrarias.
	Área.	a	$\overline{1\ da}m^2$ ó 100 m^2	
	Centiárea.	ca	$\frac{1}{100}$ ó 100 m^2	
10^6	Kilómetro cúbico.	$\overline{km}^3$	1 000 000 000 m^3	
	Metro cúbico.	m^3	1 m^3	
	Decímetro cúbico.	$\overline{dm}^3$	$\frac{1}{1\,000}\ m^3$	
	Centímetro cúbico.	$\overline{cm}^3$	$\frac{1}{1\,000\,000}\ m^3$	
	Milímetro cúbico.	$\overline{mm}^3$	$\frac{1}{1\,000\,000\,000}\ m^3$	
	Hectolitro.	hl	100 l	*Medidas de capacidad*, para los líquidos, cereales y materias pulverulentas.
	Decálitro.	da$l$	10 l	
	Litro (*).	l	$\overline{1\ dm}^3$	(*) El litro, definido por los metrólogos como el volumen de una masa de un kilogramo de agua, a 4° y bajo la presión de 76 cm. de mercurio, excede por lo menos en 1/30 000 al decímetro cúbico.
	Decílitro.	dl	$\frac{1}{10}\ l$	
	Centílitro.	cl	$\frac{1}{100}\ l$	
	Mililitro.	ml	$\frac{1}{1\,000}\ l$ ó $\overline{1\ cm}^3$	
	Estéreo.	st	1 m^3	
	Deciestéreo.	dst	$\frac{1}{10}\ st$	

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATURALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN	PATRÓN Y REPRESENTA
Ángulo	**Ángulo recto** ...	Angulo formado por dos rectas que se cortan según ángulos adyacentes iguales.	
			II.—Unidad
Masa	**KILOGRAMO** ...	Masa del prototipo internacional en platino iridiado, que ha sido sancionado por la Conferencia General de Pesas y Medidas celebrada en París, en 1889, y que está depositado en el Pabellón de Breteuil en Sèvres (1).	Patrón: Copia núm. 35 del kilo prototipo internacio positado en el Conse rio Nacional de Artes cios.

(1) Como el kilogramo de los Archivos, el prototipo internacional del kilogramo co sidad, definición primera de kilogramo.

Valor en C. G. S...	MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES			OBSERVACIONES
	DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	
	Angulo recto.	D	$1\ D$	
	Grado centígrado.	gr	$\frac{1}{100}\ D$	
	Decígrado.	dgr	$\frac{1}{1\,000}\ D$	
	Centígrado.	cgr	$\frac{1}{10\,000}\ D$	
	Miligrado.	mgr	$\frac{1}{100\,000}\ D$	
	Grado sexagesimal.	d o ° (*)	$\frac{1}{90}\ D$	(*) El símbolo ° puede ser empleado cuando la naturaleza de la unidad considerada no ofrezca duda, especialmente cuando el ángulo expresado comprende minutos al mismo tiempo que grados.
	Minuto de ángulo.	$'$	$\frac{1}{60}\ d$	
	Segundo de ángulo.	$''$	$\frac{1}{60}\ '$	
de masa.				
10^6	**TONELADA**	t	$1\ t$ ó $1\,000$ kg	Base del sistema M. T. S.
	Quintal.	q	$\frac{1}{10}\ t$ ó 100 kg	
10^3	**KILOGRAMO**	kg	$\frac{1}{1\,000}\ t$	Unidad principal.
	Hectogramo.	hg	$\frac{1}{10\,000}\ t$ ó $\frac{1}{10}$ kg	
	Decagramo.	dag	$\frac{1}{100\,000}\ t$ ó $\frac{1}{100}$ kg	
10^{-3} 1	**Gramo.**	g	$\frac{1}{1\,000}$ kg	Base del sistema C. G. S.
	Decigramo.	dg	$\frac{1}{10\,000}$ kg	

...proximadamente, en 27 miligramos de la masa del decímetro de agua tomada a su máxima den-

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATURALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN	PATRÓN Y REPRESENTA
Masa.....	**KILOGRAMO**...		
Densidad.....	**Grado densimétrico**.....	La densidad de los cuerpos se expresa en números decimales, tomándose como unidad la del cuerpo que tenga la masa de una tonelada bajo el volumen de un metro cúbico (*).	
	Grado alcohométrico centesimal.....	En las transacciones comerciales, el número de grados alcohométricos de una mezcla de alcohol y agua pura, a la temperatura de 15°, corresponde al título volumétrico, según la escala volumétrica centesimal de Gay-Lussac (*).	

III.—Unida

Tiempo.....	**SEGUNDO**.....	$\frac{86.400}{1}$ del día solar medio.	

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES			OBSERVACIONES
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	
Centigramo.	cg	$\frac{1}{100\,000}$ kg	
Miligramo.	mg	$\frac{1}{1\,000\,000}$ kg	
Quilate.		2 dg	Se emplea en el comercio de las piedras preciosas.
			(*) El agua privada de aire a 4°, bajo la presión de una columna de mercurio de 76 centímetros de altura, tiene una densidad igual a 1 (menos $\frac{1}{30.000}$ aproximadamente). Las densidades correspondientes a los antiguos grados Baumé están dadas en un cuadro anexo al presente decreto.
			(*) La graduación de los alcohómetros tiene por base el cuadro de densidades de las mezclas de alcohol y de agua pura que se acompaña al presente decreto.
de tiempo.			
Día.	j	86 400 s	(*) El símbolo m puede ser empleado cuando no haya ambigüedad; por ejemplo, cuando el tiempo expresado comprenda horas o segundos al mismo tiempo que minutos.
Hora.	h	3 600 s	
Minuto.	mn o m (*)	60 s	
SEGUNDO	s	1 s	Base de los sistemas M. T. S. y C. G. S. Unidad principal.

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATURALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN	PATRÓN Y REPRESENTO
			IV.—Unidade
Fuerza.....	**Estenio**.....	Fuerza que, en un segundo, comunica a una masa igual a una tonelada un aumento de velocidad de un metro por segundo.	
	Kilogramo-peso o kilogramo-fuerza.....	*Fuerza con la que una masa igual a un kilogramo es atraída por la Tierra.*	**A título**
Energía o trabajo.....	**Kilojulio**.....	Trabajo producido por un estenio cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección de la fuerza.	

Valor en C. G. S.		MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES			OBSERVACIONES
		DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	
		mecánicas.			
		Kiloestenio.	k*sn*	1 000 *sn*	
		Hectoestenio.	h*sn*	100 *sn*	
		Decaestenio.	da*sn*	10 *sn*	
1	10^8	**Estenio.**	*sn*	1 *sn*	
		Deciestenio.	d*sn*	$\frac{1}{10}$ *sn*	
		Centiestenio.	c*sn*	$\frac{1}{100}$ *sn*	Megadina.
		Miliestenio.	m*sn*	$\frac{1}{1\,000}$ *sn*	
10^{-8}	1	**Dina.**		$\frac{1}{100\,000\,000}$ *sn*	Unidad C. G. S.
		transitorio.			
				Valores prácticos:	
		Tonelada-peso.		9,8 *sn*	Los valores prácticos anteriores pueden ser empleados en toda Francia continental, con un error inferior a $\frac{1}{1.000}$.
		Kilogramo peso.		0,98 c*sn*	
		Gramo-peso.		0,98 cm*sn*	
		Miligramo-peso.		0,98 dina	
1	10^{10}	Megajulio.	M$\mathcal{J}$	1 000 k$\mathcal{J}$	
		Kilojulio.	k$\mathcal{J}$	1 k$\mathcal{J}$	
	10^7	**Julio.**	$\mathcal{J}$	$\frac{1}{1\,000}$ k$\mathcal{J}$	Un kilovatio-hora corresponde a 3,6 megajulios.
10^{-10}	1	**Ergio.**		$\frac{1}{10\,000\,000}$ $\mathcal{J}$	Unidad C. G. S.

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATURALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN	PATRÓN Y REPRESENTACIÓN
			A título
Energía o trabajo	Kilográmetro	*Trabajo producido por un kilogramo-fuerza, cuyo punto de aplicación se desplaza un metro en la dirección de la fuerza.*	
Potencia	**Kilovatio**	Potencia que produce un kilojulio por segundo.	
			A título
	Poncelet	*Potencia correspondiente a 100 kilográmetros por segundo.*	
	Caballo-vapor	*Potencia correspondiente a 75 kilográmetros por segundo.*	
Presión	**Pieze**	Presión uniforme que, repartida sobre una superficie de un metro cuadrado, produce un efecto total de un estenio.	
			A título
	Kilogramo-peso por unidad de superficie	*Presión uniforme que, repartida sobre la superficie tomada por unidad, produce un esfuerzo total de un kilogramo-peso.*	

Valor en M. T. S.	Valor en C. G. S.	MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES — DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	OBSERVACIONES
transitorio.					
		Kilográmetro.		9,8 $\mathcal{J}$	
1	10^{10}	**Kilovatio.**	k W	1 k W	
		Hectovatio.	h W	$\frac{1}{10}$ k W	
10^{-3}	10^{3}	**Vatio.**	W	$\frac{1}{1\,000}$ k W	
transitorio.					
		Poncelet.		0,98 k W	
		Caballo de vapor.		0,75 *Poncelet* ó 0,735 k W	
		Miriapieze.	mapz	10 000 pz	La hectopieze es empleada, a veces, con el nombre de *bar* para la medida de presiones barométricas.
		Hectopieze.	hpz	100 pz	
1	10^{4}	**Pieze.**	pz	1 pz	
		Centipieze.	cpz	$\frac{1}{100}$ pz	
10^{-4}	1	**Baria.**		$\frac{1}{10\,000}$ pz	Unidad C. G. S. Una megabaria igual a una megadina por cm².
transitorio.					
		Kilogramo-peso por mm²		0,98 mapz	La presión atmosférica normal de 76 centímetros de mercurio, a 0° y bajo la aceleración normal de la gravedad [980,665 cm/seg²] —frecuentemente empleada también como unidad de presión— corresponde a 1,013 hectopieze, o 1,038 kg. peso por cm².
		Kilogramo-peso por cm²		0,98 hpz	
		Kilogramo-peso por dm²		0,98 pz	
		Kilogramo-peso por m²		0,98 cpz	

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATURALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN
		V.—Unidade
Intensidad de corriente eléctrica.....	**Amperio**.....	Intensidad de una corriente constante que, mantenida en conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, sección circular despreciable y colocados a una distancia un metro el uno del otro en el vacío produce entre esos conductores una fuerza igual a 2×10^{-10} estenio por metro longitud.
Fuerza electromotriz o diferencia de potencial o tensión.....	**Voltio**.....	Diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un hilo conductor que transporta una corriente constante de un amperio, cuando la potencia disipada entre esos puntos es igual a un vatio.
Resistencia eléctrica.....	**Ohmio**.....	Resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando aplicada una diferencia de potencial constante de un voltio entre esos dos puntos, produce en ese conductor una corriente de un amperio, siendo ese conductor asiento de una fuerza electromotriz.
Cantidad de electricidad.....	**Culombio**.....	Cantidad de electricidad transportada en un segundo por una corriente de un amperio.
Capacidad eléctrica.....	**Faradio**.....	Capacidad de un condensador eléctrico entre cuyas armaduras aparece una diferencia de potencial de un voltio cuando está cargado de una cantidad de electricidad igual a un culombio.
Inductancia eléctrica.....	**Henrio**.....	Inductancia eléctrica de un circuito cerrado en el cual es producida una fuerza electromotriz de un voltio, cuando la corriente eléctrica que recorre el circuito varía uniformemente a razón de un amperio por segundo.
Flujo magnético.	**Weber**.....	Flujo magnético que, atravesando un circuito de una sola espira, produzca en él una fuerza electromotriz de un voltio si se le lleva a cero en un segundo por decrecimiento uniforme.

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES			OBSERVACIONES
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	
eléctricas.			
Kilo-amperio.	kA	1 000 A	
Amperio.	A	1 A	
Miliamperio.	mA	$\frac{1}{1\,000}$ A	
Micro-amperio.	μA	$\frac{1}{1\,000\,000}$ A	
Voltio.	V	1 V	El voltio es prácticamente igual para las necesidades de la industria a 1/1,0186 de la fuerza electromotriz a la temperatura de 20° C de la pila Weston normal (neutra y saturada) al sulfato de cadmio.
Milivoltio.	mV	$\frac{1}{1\,000}$ V	
Microvoltio.	μV	$\frac{1}{1\,000\,000}$ V	
Megohmio.	MΩ	1 000 000 Ω	
Ohmio.	Ω	1 Ω	
Microhmio.	μΩ	$\frac{1}{1\,000\,000}$ Ω	
Kiloculombio.	kC	1 000 C	
Culombio.	C	1 C	
Faradio.	F	1 F	
Microfaradio.	μF	$\frac{1}{1\,000\,000}$ F	
Henrio.	H	1 H	
Milihenrio.	mH	$\frac{1}{1\,000}$ H	
Microhenrio.	μH	$\frac{1}{1\,000\,000}$ H	
Weber.	Wb	1 Wb	

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATDRALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN	PATRÓN Y REPRESENTACIÓ
			VI.—Unidade
			Representación:
Temperatura...	**GRADO CENTESIMAL**.....	Variación de temperatura que produce la centésima parte del aumento de presión que sufre una masa de un gas perfecto cuando, permaneciendo constante el volumen, la temperatura pasa de 0° (temperatura del hielo fundente) al punto 100° (temperatura de ebullición del agua), respondiendo esos dos puntos a las definiciones que han dado las Conferencias Generales de Pesas y Medidas de 1889 y 1913.	Variación de tempera que produce la centés parte del aumento de sión que sufre una masa hidrógeno cuando, per neciendo constante el men, pasa la tempera de la del hielo puro dente (0°) a la del vapor agua destilada en ebulli (100°) bajo la presión at férica normal; la pre atmosférica normal est presentada por la pre de una columna de mer rio de 760 mm. de al que tenga la densidad 13,59593 y sometida a la tensidad normal de la vedad medida por una leración igual a 9,806 metros y segundos.
Cantidad de calor.....	**Termia**.....	Cantidad de calor necesaria para elevar en un grado centesimal la temperatura de una masa de una tonelada de un cuerpo cuyo calor específico es igual al del agua a 15°, bajo la presión de 1.013 hectopieze (presión atmosférica normal).	

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES			
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	OBSERVACIONES
caloríficas.			
GRADO CENTESIMAL	°	$1°$	Unidad principal.
Termia.	*th*	$1\ th$	
Militermia o Gran caloría.	m*th*	$\frac{1}{1\,000}\ th$	
Microtermia o Pequeña caloría.	μth	$\frac{1}{1\,000\,000}\ th$	Prácticamente, la microtermia equivale a 4,18 julios (o a 0,426 kilográmetros en la extensión de la Francia continental).
Frigoria.	*fg*	$\frac{1}{1\,000}\ th$	Se emplea en las industrias frigoríficas.

UNIDADES COMERCIALES E INDUSTRIALES

NATURALEZA	DENOMINACIÓN	DEFINICIÓN
		VII.—Uni
Intensidad luminosa.....	**BUJÍA NUEVA..**	La magnitud de la bujía nueva es tal que el brillo del radia integral (cuerpo negro), a la temperatura de solidifica del platino, será de 60 bujías nuevas por centímetro drado.
Flujo luminoso..	**Lumen nuevo...**	Flujo luminoso emitido en el ángulo sólido que corta un igual a un metro cuadrado sobre una esfera de un met radio, por un foco puntual uniforme situado en el centr la esfera y que tenga una intensidad luminosa de una nueva.
Intensidad de iluminación...	**Lux nuevo.....**	Intensidad de iluminación de una superficie que recibe malmente, repartido de una manera uniforme, un flujo noso de un lumen nuevo por metro cuadrado.
Potencia de los vidrios ópticos	**Dioptria.....**	Potencia de un sistema óptico cuya distancia focal es d metro.

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS USUALES			OBSERVACIONES
DENOMINACIÓN	SÍMBOLO	VALOR	
des ópticas.			
BUJÍA NUEVA	*B*	1 *B*	El radiador integral en la realización material del patrón debe ser establecido bajo la forma descrita en las actas del Comité Internacional de Pesas y Medidas de 1931 (pág. 249).
Lumen nuevo.	*lu*	1 *lu*	
Fot nueve. Lux nuevo.	*lx*	10 000 *lx* 1 *lx*	
Dioptría.	∂	1 ∂	

NOTA ACERCA DEL SISMO SUBMARINO DE ALICANTE DEL 9 DE JUNIO DE 1947

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

III

NOTA ACERCA DEL SISMO SUBMARINO DE ALICANTE DEL 9 DE JUNIO DE 1947

POR

ALFONSO REY PASTOR
Ingeniero Geógrafo.

MADRID
TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
—
1949

I

PRELIMINAR

En el estudio denominado «Sismicidad de la comarca costera alicantina», que realizamos a raíz del sismo ocurrido el 3 de julio de 1946, y cuyo foco radica en la bahía de Villajoyosa (1), obtuvimos datos interesantes para el conocimiento sísmico-geográfico de la comarca denominada «La Marina de Alicante». La situación del epicentro, y otra serie de circunstancias, nos hizo pensar en la posible existencia de una línea de fractura de tipo rectilíneo, desde el Peñón de Ifach hasta el Cabo de Santa Pola, línea que situamos en el mapa correspondiente a dicho estudio como un probable accidente sismo-tectónico.

El día 9 de junio de 1947 fué sentido en la capital alicantina otro movimiento sísmico algo fuerte, y con tal motivo hemos practicado los oportunos reconocimientos e investigaciones, que nos han permitido el reconocer la existencia de otro foco submarino emplazado aproximadamente en la misma línea de fractura antes citada. Por esta razón consideramos el actual estudio como continuación del anterior, y, por tanto, recomendamos la lectura de los capítulos referentes a sismicidad de la zona alicantina, su distribución en comarcas sísmicas, situación de unidades tectónicas y características de la comarca costera.

En el estudio de la comarca sísmica de Fortuna (2) figura un pequeño mapa o esquema, en el que se marcan los fundamentales elementos sismo-tectónicos de la zona, si bien, ahora, con motivo de los recientes estudios, hemos introducido algunas modificaciones complementarias.

Con el fin de poder orientar al lector que no tenga a mano nuestras publicaciones anteriores, exponemos a continuación un breve resumen de los rasgos sísmico-geológicos de la zona general.

---

(1) Véase Nota bibliográfica.

II

LA ZONA SÍSMICA ALICANTINA

(BREVE RESUMEN DESCRIPTIVO)

La zona sísmica «alicantina», o más propiamente «levantino-penibética», comprende, en términos generales, las provincias de Alicante, Murcia, el sector meridional de la de Valencia y la parte SE. de la de Albacete. En dicha zona se destacan varias comarcas sísmicas, que resultan determinadas por las correspondientes áreas influenciadas por los núcleos de focos inestables en ellas enclavados. Hasta la fecha hemos podido definir las siguientes comarcas: La de *Albacete*, con varios centros sísmicos diseminados y poco frecuentes; la de *Caravaca*, con los núcleos de Caravaca y Cehegín, la del *Sangonera*, con los centros inestables de Lorca, Totana y Alhama; la del *Mar Menor*, con varios núcleos en la sierra de Cartagena; la del *Segura Medio*, con una serie de centros sísmicos de bastante frecuencia jalonados de Cieza a Murcia; la del *Bajo Segura*, con una densa red de focos emplazados de Orihuela a Guardamar y Torrevieja; la del *Vinalopó*, con varios centros sísmicos de tipo débil, situados desde Villena a Elche; la de *Valencia*, cuyos grupos de focos están alineados desde Sagunto hacia el S.; la de *Alcoy*, continuación de la anterior; la de *Denia*, de escasa actividad, y por último, la de *La Marina alicantina*, en el sector costero. La comarca de mayor coeficiente sísmico es la de el Bajo Segura, cuyo grado máximo sobrepasó al *X* en el sismo catastrófico de 1829.

Los principales bloques tectónicos, o unidades corticales, resultan definidos en la superficie del suelo por las proyecciones de las líneas de fractura inestables. Las unidades fundamentales son: *Bloque de Espuña*, entre la línea tectónica del Guadalentín Medio y la del Segura

Medio; *Bloque del Carche*, entre la anterior y la del Vinalopó; *Bloque de Aitana*, entre esta última y la costa de Denia; *Bloque del Mar Menor*, al SE. de la falla del Sangonera; *Bloque costero alicantino*, al SE. de la arista de dislocación «Crevillente-Cabo de San Martín». Por último, en la parte N. de la zona caben considerar el *Bloque del Sistema Ibérico* y el de la *Meseta Castellana*.

Para nuestro estudio, dedicaremos una especial atención a los *Bloques de Aitana* y al *costero alicantino*.

III

ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA ZONA AFECTADA POR EL MOVIMIENTO SÍSMICO DE 9 DE JUNIO DE 1947

La superficie afectada por este sismo comprende una parte continental y otra submarina, correspondientes al Bloque de Aitana y al costero alicantino. Expondremos los rasgos fundamentales de carácter geográfico-geológico de ambas unidades tectónicas.

Desde el punto de vista orográfico, engloban dichos bloques el conjunto de macizos y cadenas situadas al E. de la falla del Vinalopó, las cuales presentan las máximas elevaciones del sector oriental de la Cordillera Penibética (3).

Los ejes orográficos se presentan según dos direcciones fundamentales: Las cadenas orientadas en general de NE. a SO. (o bien de E. a O.) de directriz alpídica, corresponden a la Cordillera Penibética, mientras que las situadas de NO. a SE. pertenecen a los últimos elementos del Sistema Ibérico. Ambos sistemas montañosos se entrelazan de tal modo, que es muy difícil el definir la línea de contacto, y por tanto hay que recurrir a consideraciones de índole tectónica.

El sector NO. o pre-bético (4) se caracteriza por la situación de las dos alineaciones de tipo rectilíneo formadas: la primera por la Sierra Grossa (800 m. de altitud), y la segunda por la serie de sierras de Benejama, Onteniente (900 m.), Agullent, Benicadell y Acuta, con pliegues inclinados hacia el N. y algunos cabalgamientos de poca amplitud.

El sector central o sub-bético, lo forman: la Sierra Mariola (1.390 m.), la cual termina en forma aguda al O., mientras que por el E. sufre una amplia bifurcación cuyas ramas llegan hasta la costa, entre Gandía y Denia. Las imbricaciones de sus pliegues corresponden también a un empuje proviniente del S. o SE.

El sector meridional o de Aitana comprende un doble arco de sie-

rras de núcleo eoceno y con las mayores altitudes de la zona (1.558 m.). El arco exterior o frontal lo forman las sierras de Onil, Carrascal, Serreta, Serrella, Xorta, Bernia y Olta. Este arco corresponde a un radio aproximado de 140 kms. La curva interior la forman las sierras de la Carrasqueta, Ancrusa, Penáguila, Aitana y Puig-Campana. La curvatura es de unos 45 kms. de radio, y su centro, que es el mismo del arco frontal, está situado en el mar, aproximadamente en el epicentro del sismo de Villajoyosa (1) de 3 de junio de 1946. Darder ha demostrado la existencia de un potente manto de corrimiento en la Sierra de Aitana (4).

Como pliegues derivados de tipo alpídico, son las sierras de Enguera y La Plana, situadas al N. de la falla del Montesa; pueden considerarse formadas como efecto resultante de reacción del empuje de tipo alpino sobre el borde de la Meseta Castellana, representado por la falla del Montesa. En dichas sierras obsérvase también los efectos atenuados de recubrimientos.

El Sistema Ibérico ocupa el sector NE. de la zona alicantina-valenciana, con las sierras de El Montot, Ave, Agullés, Corbera, Daya y Macizo de Montuber. Como último elemento destacado del Sistema, puede considerarse el macizo del Mongó, según Darder.

El Bloque tectónico de Aitana queda limitado al O. por la línea de fractura del Vinalopó, al N. por la falla del Montesa, al S. por la arista de dislocación Crevillente-Cabo de San Martín y al E. por la línea, mal definida, de contacto con el Sistema Ibérico. En el interior del Bloque de Aitana se destacan algunas líneas importantes de tipo tectónico y carácter sísmico, como son: La de Cocentaina-Alicante, que se relaciona hacia el N. con la de Albaida-Játiva-Sagunto; la de Guadalest, interpuesta entre los dos arcos del sector Aitana, y que está jalonada por potentes asomos de Trías y masas hipogénicas de rocas ofíticas, y por último, la de Jalón que presenta débil actividad. La sismicidad de estas líneas tectónicas internas es mucho menor que la de las periféricas.

El Bloque costero alicantino afecta una forma triangular determinada por la arista de dislocación, la fractura submarina y la falla del Bajo Segura. En realidad, este segmento cortical constituye un desgaje o fragmento del Bloque de Aitana. Dicho bloque costero comprende un área continental y otra sumergida.

IV

DETERMINACIÓN DEL EPICENTRO

Las gráficas obtenidas en el sismólogo Mainka, de mil kilos de masa (componentes horizontales) y en el Wiechert de componente Z y ochenta kilos de masa, nos han permitido deducir el siguiente resultado: La componente vertical registró el primer impulso de la fase $\bar{P}$, con carácter de onda de condensación, con este dato, y por la relación de impulsos de las componentes horizontales pudimos trazar un acimut aproximado de 150° (de N. al S. por el E.). El impulso de la $\bar{S}$ se registró perfectamente con un intervalo $\bar{S} - \bar{P} = 2^s$, lo cual nos proporciona un valor de $\triangle$ comprendido entre 0 y 16 kms.; las correspondientes profundidades hipocentrales oscilarán de 16 a 0 kms.

Por tratarse de un foco submarino, el trazado de las isosistas ha sido incompleto, como vemos en la lámina final, pero a pesar de ello, fácilmente puede deducirse que el epicentro debe hallarse a una distancia comprendida entre 10 y 14 kms., con lo que la incertidumbre de la profundidad focal queda reducida entre los límites de 13 y 6 kms.

El sismograma de la componente vertical sólo nos proporcionó el primer impulso de la $\bar{P}$, pues por la violencia del choque, la pluma salió fuera de la banda. En las gráficas del Mainka hemos podido utilizar los seis primeros impulsos bien caracterizados. Para su interpretación hemos construído una pequeña tabla auxiliar para el cálculo de las ondas reflejadas en la superficie de Mohorovicic, según profundidades de la misma de 33 a 57 kms. La primera interpretación de la hipótesis de situación de dicha superficie a 57 kms. nos da discrepancias negativas, mientras que para el valor de 50 kms. las discrepancias resultan casi nulas. Esta concordancia se verifica para la hipótesis de la distancia epicentral de 12 kms., con la que resulta una profundidad hipocentral de 10 kms. El valor obtenido para la situación de la discontinuidad de

Mohorovicic, resulta de acuerdo con los recientes estudios de Gutenberg (5), en los cuales se acepta como valor más probable para la Europa meridional el de 50 kms.

Las velocidades de propagación de ondas han sido: Para las longitudinales 5,5 kms./s. en la capa granítica y 6,0 kms./s. para la basáltica. Para las transversales 3,3 y 3,6 respectivamente.

La interpretación del sismograma no puede aceptarse como una tesis fundamental, puesto que la situación del epicentro está afectada de un error de ± 2 kms., pero sin embargo, debemos hacer constar que en otros casos de estudios de sismos muy próximos (6) hemos visto también que la interpretación de las gráficas se ajustan mejor a la hipótesis de situación de la superficie de discontinuidad de 50 kms. que a 57.

INTERPRETACIÓN DEL SISMOGRAMA

DÍA 9 DE JUNIO DE 1947

FASES	H. M. O.	Fase menos $\overline{F}$	OBSERVACIONES
	h. m. s.		
Ho	7-39-19		$\triangle = 12$ kms.
He	20		h = 10.
$i\overline{P}$	21,0		
iS	23,0	2,0	Sup. de reflexión a 50 kms.
$S_{15}S$	25,5	4,5	
$\overline{P}^2$	33,5	12,5	
$\overline{P}\,\overline{S}$	40,0	19,0	
$\overline{S}^2$	43,0	22,0	
F	40 —		

V

LÍNEAS ISOSISTAS

Aunque incompleta la carta de isosistas por la situación del foco en área submarina, podemos, no obstante, anotar algunas observaciones interesantes.

El radio medio del área macrosísmica resulta muy reducido en comparación con los obtenidos en otros sismos, también submarinos y de análoga intensidad. En el adjunto cuadro pueden compararse los valores de los tres primeros con respecto al último, que ahora estudiamos.

Sismos.	Grado.	ÁREA MACROSÍSMICA		Epicentro.
		Radio medio.	Radio máximo.	
14-IV-1941	V.	40	50	Submarino. S. de Torrevieja.
30-IX-1946	V.	38	62	Submarino. S. de Torrevieja.
3-VII-1946	V.	50	60	Submarino. 5 kms. S. Villajoyosa.
9-VI-1947	V.	23	26	Submarino. 12 kms. S. Alicante.

Nótase también una proporción aproximada de las longitudes de los radios medios con los grados de intensidad. Este detalle, así como el anterior, son característicos de la poca profundidad focal.

La propagación del movimiento vibratorio ha sufrido fuerte amortiguamiento en sentido NE. hacia el pueblo de San Juan, dando lugar a un apretamiento de las curvas II, III y IV; este fenómeno lo hemos observado de un modo análogo en la carta de isosistas del sismo de

Villajoyosa, ya citado, así como los ocurridos en Elche el 28 de agosto de 1947 y 13 de septiembre del mismo año. En el estudio de estos últimos (6) hacemos constar la circunstancia de la presencia de unos pequeños asomos triásicos en las proximidades de la Albufereta y una discordancia manifiesta en las estratificaciones de la Sierra de San Julián y el promontorio del Cabo de las Huertas, ambos correspondientes al mioceno medio (Helveciense), lo que parece indicar la existencia de una pequeña fractura o falla en dicho lugar.

Alicante, junio de 1948.

El Ingeniero Geógrafo,

ALFONSO REY PASTOR

NOTA BIBLIOGRÁFICA

(1) ALFONSO REY PASTOR: *Sismicidad de la comarca costera alicantina.* (Instituto Geográfico y Catastral, 1948.)

(2) ALFONSO REY PASTOR: *La Comarca sísmica de Fortuna.* (Instituto Geográfico y Catastral. Madrid 1944.)

(3) ALFONSO REY PASTOR: *Estudio sísmico-geográfico de la Región SE. de la Península Ibérica.* (Instituto Geográfico y Catastral. Madrid 1943.)

(4) BARTOLOMÉ DARDER PERICÁS: *Estudio geológico del S. de la provincia de Valencia y N. de la de Alicante.* («Boletín del Instituto Geológico y Minero». TOMO LVII, 1045.)

(5) BENO GUTENBERG: *Seismological servicie for roots of mountains.* («Bull of the Geol. Society of Americana, 1943.

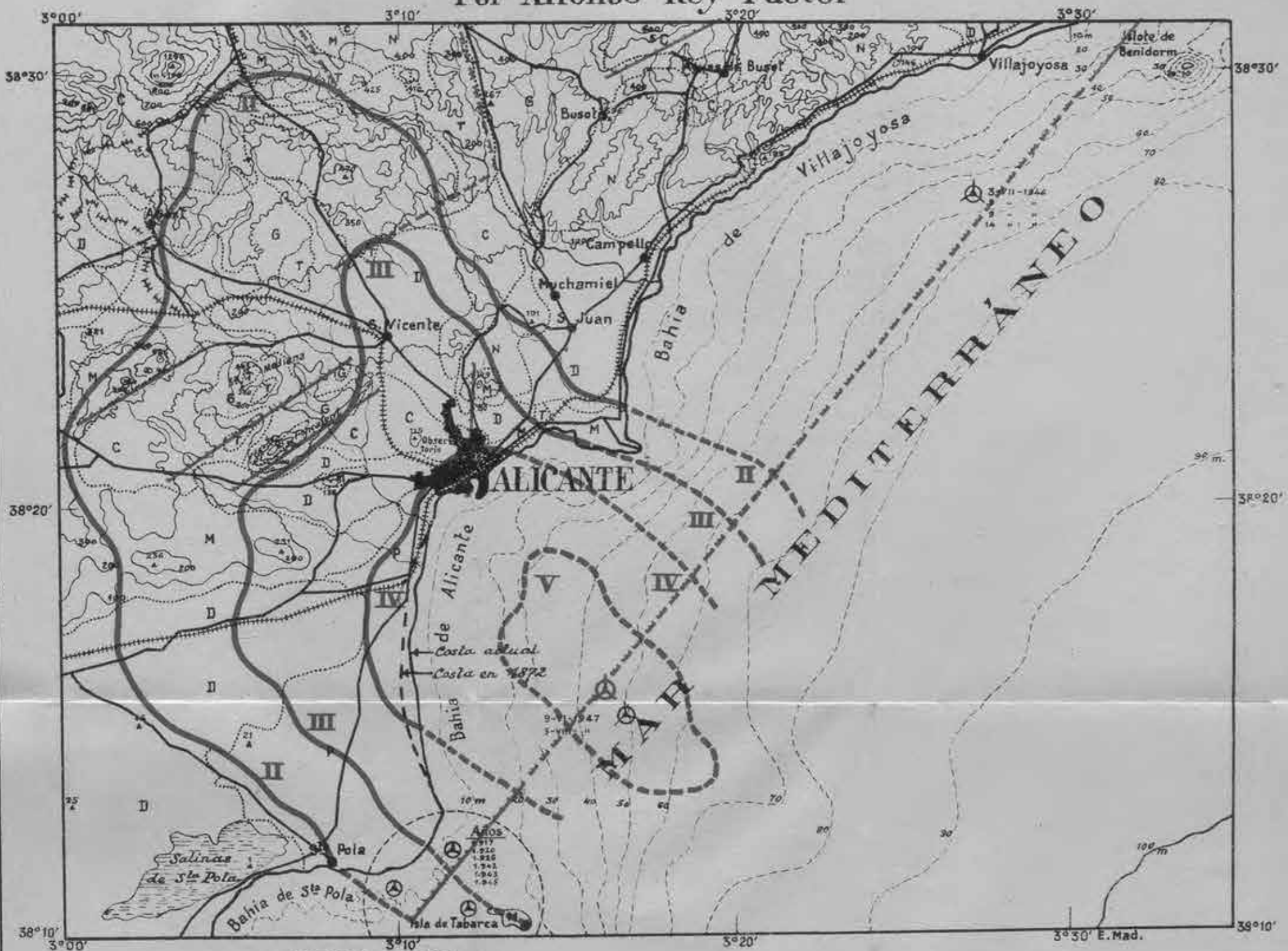
(6) ALFONSO REY PASTOR: *Los sismos de Elche de agosto a noviembre de 1947.* (Instituto Geográfico y Catastral.)

OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DE ALICANTE

SISMO DEL DIA 9 DE JUNIO DE 1947

MAPA SISMOTECTÓNICO

Por Alfonso Rey Pastor



SIGNOS

▲471	Vértice geodésico
	Carreteras
	Ferrocarril
	Límite de terrenos geológicos
●	Ayuntamiento
	Líneas isosistas
	Epicentro submarino } Grado II-III " IV-V
	Líneas de fractura

D	Terreno Diluvial
P	" Plioceno
M	" Mioceno
N	" Eoceno
C	" Cretáceo
G	" Infracretáceo
T	" Triásico
	" Ofitas

EPICENTRO

λ = 3°16' E. Mad. / 0°25' W. Grw.

ρ = 38°30' N.

h = 10 Km

He 7h 39m 19s

Ho 7h 39m 18s

Grado FM: V

ESCALA DE 1:200.000

0 1 2 3 4 5 10 15 20 Km.

ESTUDIO SOBRE EQUIPOS MAGNÉTICOS PARA DETERMINACIÓN DE VALORES ABSOLUTOS

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

IV

Servicio de Magnetismo y Electricidad Terrestre.

ESTUDIO SOBRE EQUIPOS MAGNÈTICOS PARA DETERMINACIÓN DE VALORES ABSOLUTOS

POR

PEDRO DE YRIZAR - ALFONSO MÉNDEZ DE VIGO - VICENTE PEÑA y JOSÉ MARÍA MUNUERA

Ingenieros Geógrafos.

MADRID
TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

1950

PRÓLOGO

Durante el verano del año 1944 se encargó a los Ingenieros de las Brigadas de Observaciones magnéticas realizar un estudio detallado del instrumental disponible en el Instituto, en vista de las dificultades de importación de equipos más modernos.

Este instrumental se componía de elementos pertenecientes a cuatro equipos del tipo Kew, formando dos parejas. El primer par de aparatos (núms. 2.123 y ¿?) estaba prácticamente completo y compuesto por instrumentos para observación de D. y H., siguiendo el método tradicional de Lamont, y de inductores terrestres con galvanómetros filares para la determinación de I. Los otros dos equipos (núms. 8.193 y 8.194) estaban incompletos y dotados de inclinómetros para la observación de I. Se creyó lo más oportuno realizar el estudio con la primera pareja de equipos, que no habían sido empleados para observaciones completas de campo desde antes de nuestra guerra civil de 1936 al 1939, y que, evidentemente, necesitaban un minucioso reconocimiento y nueva determinación de características.

En primer lugar fué formulado un informe en octubre de 1944, con el título *Descripción y estado de los equipos de observación magnética núms. 2.123 y ¿?*, que constituye la primera parte del presente trabajo. Este informe se inició con la descripción de los distintos elementos del instrumental, por

considerar interesante poseer una reseña de ellos; en segundo lugar fueron enumeradas todas las deficiencias existentes entonces en los aparatos, lo cual sirvió de base a las órdenes de trabajo para que orientasen a los aparatistas del Taller de precisión del Instituto. Además, se agregó al informe mencionado el inventario de aparatos, consignándolo por las cajas en que ha de colocarse para su transporte durante las campañas de observación. Por consiguiente, este informe evidenciaba los desperfectos y faltas que era necesario subsanar, y que obligaron a desmontar, repasar y volver a montar todos los instrumentos, bajo la inmediata dirección de los Ingenieros que suscriben, una vez realizado lo cual, fué posible empezar las contrastaciones subsiguientes.

La marcha seguida en las contrastaciones y los resultados obtenidos en ellas se consignan en la segunda parte del estudio, bajo el título *Contrastación de los equipos de observación magnética núms. 2.123 y ¿?,* presentada en 9 de noviembre de 1945. En esa parte se incluyen las tablas de corrección de errores, cuando han sido precisas, para permitir reducir las observaciones de campo, y también se han calculado y consignado las tablas para facilitar el cálculo de M y H. En lo referente a inclinación no hemos tenido oportunidad de dejar listos los equipos por imposibilidad, incluso hasta este momento, de adquisición de los hilos de wollaston de que hay que dotar a los galvanómetros y que faltan en todos ellos. También se ha tenido que ampliar extraordinariamente la tabla de valores $\left(\frac{\alpha\alpha'}{16}\right)$ dependientes de la amplitud de oscilaciones, ya que particularmente los imanes A y B tienen un período muy grande, y, asimismo, la tabla de valores $\left(1+\frac{F}{MH}\right)$ para la corrección de torsión, a causa de que los hilos de suspensión que poseemos son bastantes rígidos; para el futuro, cuando se disponga de hilos de suspensión más adecuados, según en la se-

gunda parte de este estudio se especifica, quedarán las tablas con valores a utilizar inferiores a 10 divisiones, como es corriente.

La tercera parte del presente trabajo, titulada *Determinación de los coeficientes de los imanes de barra de los equipos números 2.123 y ¿?*, contiene la descripción de los métodos utilizados y los resultados obtenidos. En esta parte se indican sistemas de la marcha de las observaciones que son originales, al menos en cuanto a los trabajos efectuados hasta ahora en el Instituto. La determinación de los coeficientes de temperatura ha demostrado que su variación no es una recta, sino solo aproximadamente, y que en algunos imanes (concretamente en el C de nuestro estudio), es preciso aplicar no un coeficiente constante, sino una expresión variable con la temperatura de la observación. La tercera parte fué presentada en 28 de enero de 1946, cuando los cálculos de los momentos de inercia del imán C no pudieron deducirse por haber coincidido las observaciones con tormenta magnética, muy acusada en la variación de *H*, y cuando tampoco se habían practicado y calculado todas las series de observaciones de los otros imanes. Posteriormente, en marzo de 1946, fueron terminadas las observaciones y los cálculos, formando así el cuadro resumen del final de la tercera parte a que nos referimos. El incluir en ella los estados de observaciones y de cálculos que se han realizado para todos los coeficientes de los cuatro imanes A, B, C y D estudiados, hubiera sido excesivo, ya que basta un ejemplar como tipo y expresión de la marcha de las operaciones; por esta razón sólo se han incluído, como ejemplo y para no hacer más voluminosa esta MEMORIA, los datos referentes al momento de inercia del imán B (núm. 4 del equipo 2.123, observado por el Ingeniero Sr. Peña), la del factor de inducción del imán D (núm. 2C del equipo ¿?, observado por el Ingeniero Sr. Yrizar), y las del

coeficiente de temperatura del imán C (núm. 2B del equipo ¿?, observado por el Ingeniero Sr. Méndez de Vigo) cuya variación es curva, y el del imán A (núm. 10 del equipo 2.123, observado por el Ingeniero Sr. Munuera), que es constante con la temperatura.

* * *

Decidida por la Superioridad la publicación de los trabajos a que nos hemos referido en lo antes expuesto, pierden interés las particularidades del estado de los equipos 2.123 y ¿? y el inventario de las cajas. La utilidad que pudieran reportar a otras personas que se dediquen a investigaciones de magnetismo, será derivada de la sistemática de contrastación y de la determinación de coeficientes, y solamente como un dato gráfico de información conviene publicar también la «Descripción de los equipos.»

Madrid, 31 de mayo de 1946.

PARTE PRIMERA

CAPÍTULO PRIMERO

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

Constan de un instrumental para la determinación de los tres elementos que definen el vector magnético en un punto y momento (D. H. I.); siendo comunes a todas estas observaciones el trípode y la base, y acomodándose cada equipo en tres cajas y tres estuches, quedando sueltos los trípodes (general y del galvanómetro), la banqueta y una sombrilla; además, independientemente, van el estuche de los imanes deflectores, el de la barra de desviaciones y un cronómetro ajustado a tiempo medio. Existen algunas diferencias en la composición de los equipos y cajas de transporte con las que figuran en la obra *Magnetismo Terrestre*, de los Ingenieros Geógrafos Azpiazu y Gil, debidas, principalmente, al inductor terrestre, que sustituye al inclinómetro.

Los trípodes, cajas y demás accesorios están construídos con materiales no magnéticos.

Base de los aparatos. Es común, como hemos dicho, a todos los aparatos. Está formada por un limbo azimutal fijo, de 12 centímetros de diámetro, dividido de 20 en 20 minutos, en el sentido de las agujas de un reloj, que descansa sobre una plataforma *P*, por medio de tres brazos provistos de tornillos nivelantes *T*, fijada al trípode por una tuerca, y un equipo giratorio sobre el que van los nonius, con 40 divisiones cada uno para apreciar el medio minuto.

El equipo giratorio lleva montado un anteojo *A*, que permite dirigir visuales de poca inclinación, encajado en unas muñoneras *m*. Los tornillos *t* y *t'* sirven para los movimientos rápido y lento. Un espejo *r*

sirve para iluminar el retículo, y un tornillo *k* para mover la cremallera de enfoque. Al ocular del anteojo puede adaptarse una pieza (fig. 1.ª), sobre la que van montados tres cristales ahumados de distinta intensidad para permitir la observación solar.

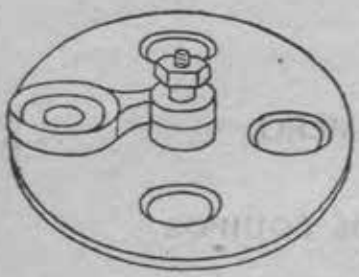


Figura 1.ª

En el otro extremo del diámetro que contiene el anteojo, va un contrapeso *c* y dos muñoneras *e* para el espejo obscuro *E*, así como el nivel *N*. Un anillo de movimiento independiente, con dos brazos, diametralmente opuestos, sostiene los microscopios *M* para la lectura del limbo.

Perpendicularmente a la dirección del anteojo hay unas piezas *F* que sirven para introducir la regla de desviaciones *B* (lámina II) que hade soportar los imanes deflectores.

Los movimientos, rápido y lento, del equipo se consiguen con los tornillos *H* de presión y coincidencia; sobre la base encajan los demás aparatos en unos pivotes, lográndose la inmovilidad con auxilio de las palancas acodadas *L*.

Anteojo acodado. Para la observación astronómica se dispone de un anteojo acodado *Q* con los tornillos *V* de presión y coincidencia. El retículo tiene la forma que representamos en la figura 2.ª. En el ocular se puede adaptar también la pieza de la figura 1.ª.

El limbo zenital *Z*, graduado de 0° a 360° en sentido contrario a las agujas de un reloj, está dividido en tercios de grado. La pieza portanonius tiene, horizontalmente y en los extremos de un diámetro, dos nonius *n*, divididos en 40 partes para apreciar en la lectura medios minutos.

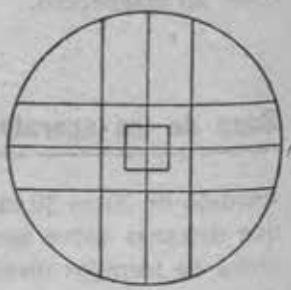


Figura 2.ª

Unos tornillos *s* sirven para corregir la falta de horizontalidad del cero de los nonius y un nivel *N'* nos indica, al operar, si se ha descorregido. El acodado lleva en su pie un nivel esférico para comprobar si ha asentado bien en los encajes de la plataforma base.

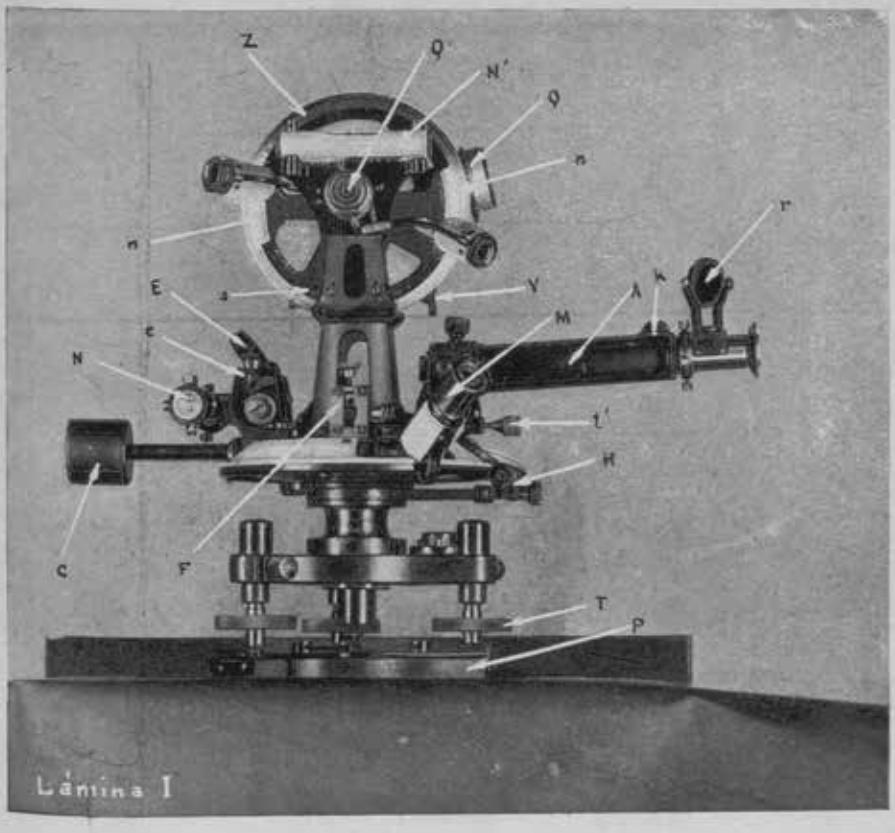


Lámina I

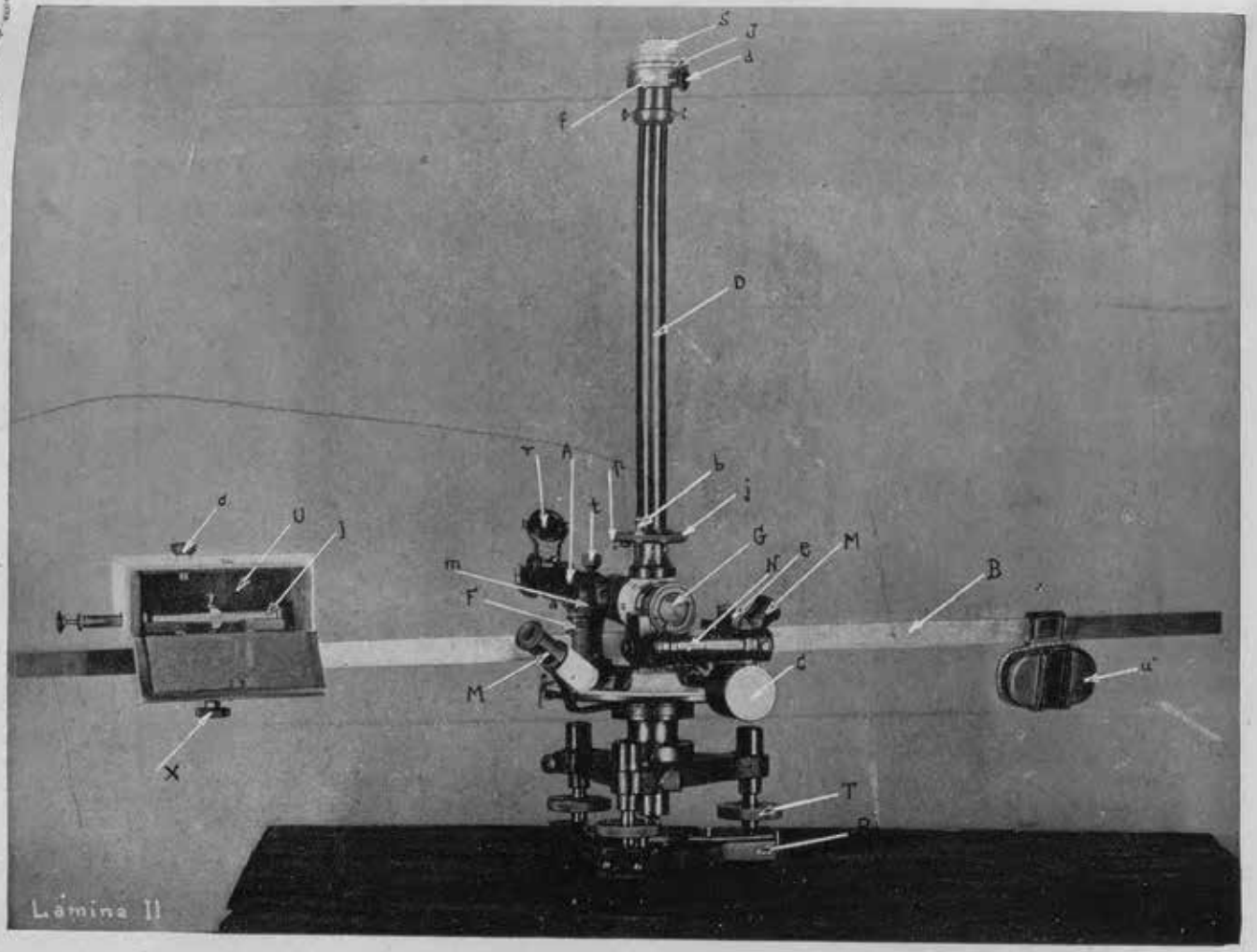


Lámina II

Declinómetro. Es de tipo monofilar y se compone del tubo de torsión *D* montado a rosca sobre la cámara del imán G, la cual tiene dos orificios, por los que pasan los pivotes de sujeción a la base común; esta cámara tiene dos tapas de cristal, una de ellas entra a rosca y la otra a bayoneta, dentro de ellas van dos amortiguadores de cobre.

Un hilo, de aleación no magnética, se sujeta en la parte superior a un vástago con rosca, que atraviesa el interior de la cabeza de suspensión *J* y al cual se adapta una tuerca *c*, que gira y permite subir o bajar este vástago y que se cubre por medio del sombrerete *S*. El movimiento lento se consigue con un tornillo *d* que está embragado a una corona dentada, por la presión de un fleje *f*; el movimiento rápido se obtiene tirando del tornillo para vencer la resistencia del fleje. Del extremo inferior del hilo cuelga un estribo (fig. 3.ª), del que se suspende un imán, por medio del corchete en forma de T que tiene éste. El estribo puede quedar inmovilizado desde el exterior por unas mordazas, guiadas por un pasador *p*, que evita la caída del imán en caso de rotura del hilo; estas mordazas son accionadas por el giro de un anillo *j*, después de aflojar el tornillo *b*.

Fig. 3.ª

La cabeza de suspensión está graduada de 2 en 2 grados y es fija, siendo móvil un nonius que sirve para apreciar 12 minutos; con este dispositivo y los imanes de declinación, fuerte y débil, se estudia la torsión del hilo. Cada equipo está provisto de dos imanes para declinación de iguales dimensiones y de distinto momento magnético; son tubulares y en su interior, y normalmente al eje geométrico, llevan un espejo para reflejar los hilos del retículo. Su polaridad viene marcada por una N grabada en los imanes. Al colocarlos en los estuches deben coincidir los polos de signo contrario.

Caja de oscilaciones. La caja de oscilaciones *K* (lámina III), es de madera, revestida interiormente de corcho para aminorar los efectos de los cambios de temperatura; en la cara superior se atornilla un tubo de torsión como el del declinómetro, con la diferencia de que el estribo lleva un espejo que sustituye al que en el declinómetro llevaba el imán; en este espejo

se reflejan las divisiones de una escala (fig. 4.ª), grabada en un cristal que forma parte de una pieza que puede deslizarse verticalmente por una ensambladura a cola de milano que le sujeta a la pared anterior de la caja. A esta pieza se adapta el anteojo de observación de oscilaciones *O*, cuyo enfoque se hace a frotamiento. Un espejo *g* sirve para iluminar la escala y se le pueden dar los movimientos necesarios para esta iluminación por medio de un sistema de rótulas. El soporte *R* puede moverse verticalmente desde el exterior por medio del tornillo *v*, sirve para que descanse el imán de oscilaciones o para amortiguar, por rozamiento de unas cerdas, el movimiento pendular del imán.

Figura 4.ª

En la parte superior de la caja hay un orificio *k* para adaptar el termómetro que acusará la temperatura del interior.

: Regla y caja : de desviaciones.

Para la observación de desviaciones se utiliza la misma cámara y tubo de torsión que hemos descrito al tratar de la determinación de la declinación, introduciendo la regla de desviaciones *B* por las piezas *F* y por la ranura que tiene la cámara del imán *G* para este objeto, quedando inmovilizada esta barra por un pivote que tiene la base común en su parte superior y por los tornillos que hay en las piezas.

En esta regla hay cuatro señales, simétricamente colocadas dos a dos respecto al centro, que señalan las posiciones que deben ocupar para la observación las cajas de desviaciones *U*, que sirven de alojamiento al imán deflector *I*. Estas cajas se fijan a la regla por medio del tornillo *X*, cuyo extremo penetra en una hendidura situada en la regla debajo de cada señal.

Las cajas de desviaciones están revestidas de corcho para procurar mantener la temperatura lo más constante posible en su interior. El imán I queda apoyado por un extremo en una pieza fija, provista de unos tornillos de corrección, quedando comprimido por un tope sobre el que actúa un muelle, y este dispositivo sirve para inmovilizar el imán y hacer que ocupe el centro de la caja. El corchete del imán se aloja en una hendidura practicada en el centro de la caja. Hay que tener la

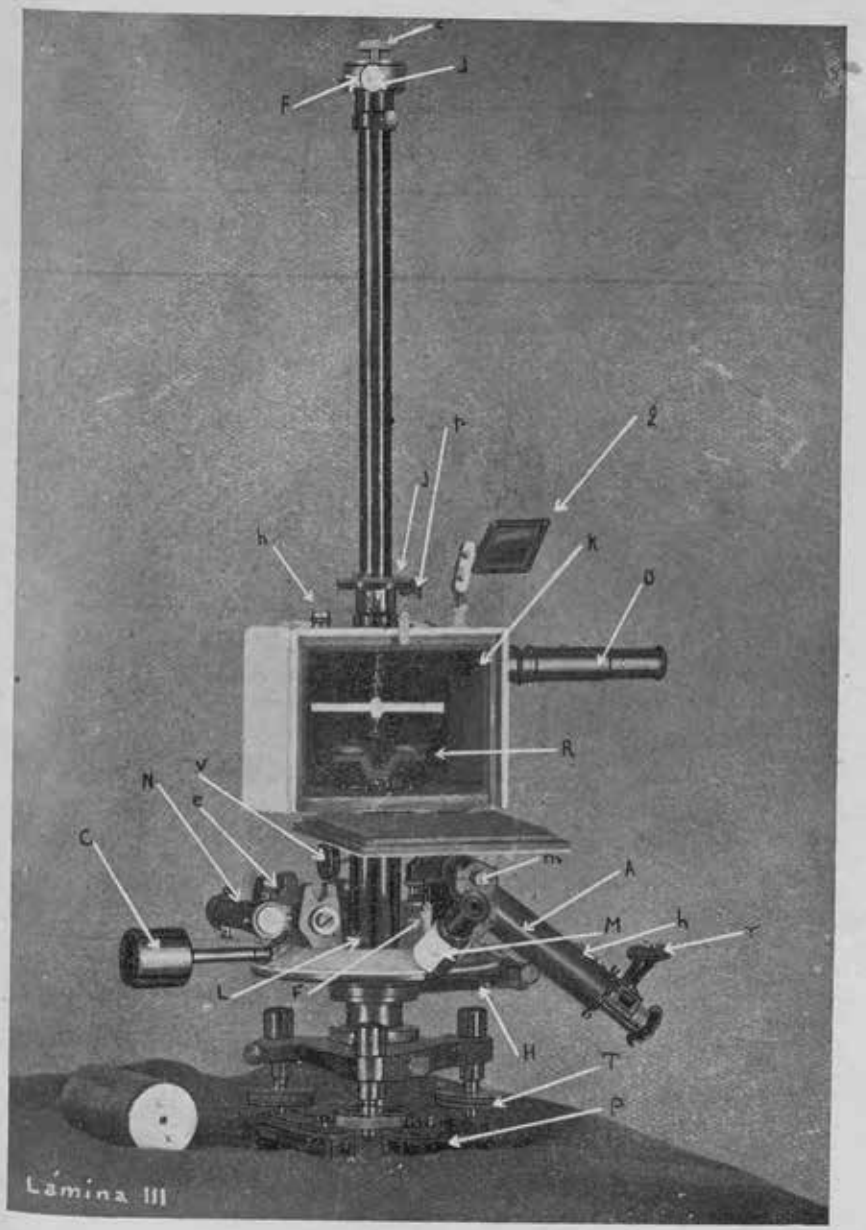


Lámina III

precaución de colocar el imán de manera que la N grabada en el mismo quede al costado de la N marcada en la tapa de la caja. En la parte superior existe un orificio O por donde se introduce el termómetro que nos indica la temperatura del interior de la cámara. En cada observación se coloca, en posición simétrica a la caja, un contrapeso *u'*.

Inductor terrestre. Para la determinación de la inclinación se emplea el inductor terrestre representado en la lámina IV. Es una máquina de inducción que, bajo la influencia del campo terrestre, da lugar a una pequeña corriente acusada por un galvanómetro muy sensible. El inducido está formado por una bobina de muchas espiras que gira rápidamente por la acción de un manubrio *i* cuyo movimiento se transmite por un flexible en espiral y un juego de tres piñones cónicos.

Las delgas *l* forman el colector y sobre ellas rozan las escobillas, de las que parte el circuito exterior, que se cierra con el galvanómetro mediante conductores y enchufes. El eje de la bobina puede inclinarse más o menos por el movimiento del círculo *q*, lo que se mide en el limbo vertical *u* graduado de 0° a 360° en sentido contrario a las agujas de un reloj y dividido de 20 en 20 minutos. Las lecturas se hacen con los microscopios *x*. Dos nonius fijos, colocados diametralmente opuestos, sirven para apreciar el minuto en la lectura.

La horizontalidad del cero de los nonius se consigue por los tornillos *z* y se comprueba con el nivel *n'*. Para el movimiento rápido y lento se emplean los tornillos *Y* e *y*, este último tiene graduada su cabeza en 50 divisiones, correspondiendo cada división a medio minuto del círculo vertical.

La declinatoria y el nivel, representados en la lámina IV, se colocan a caballero sobre el eje del giro del carrete.

El galvanómetro es de tipo Arsonval. Las vibraciones producidas por el paso de la corriente se observan por el anteojo $\tilde{N}$ y se amortigua dando más tensión al hilo mediante el tornillo $\tilde{n}$.

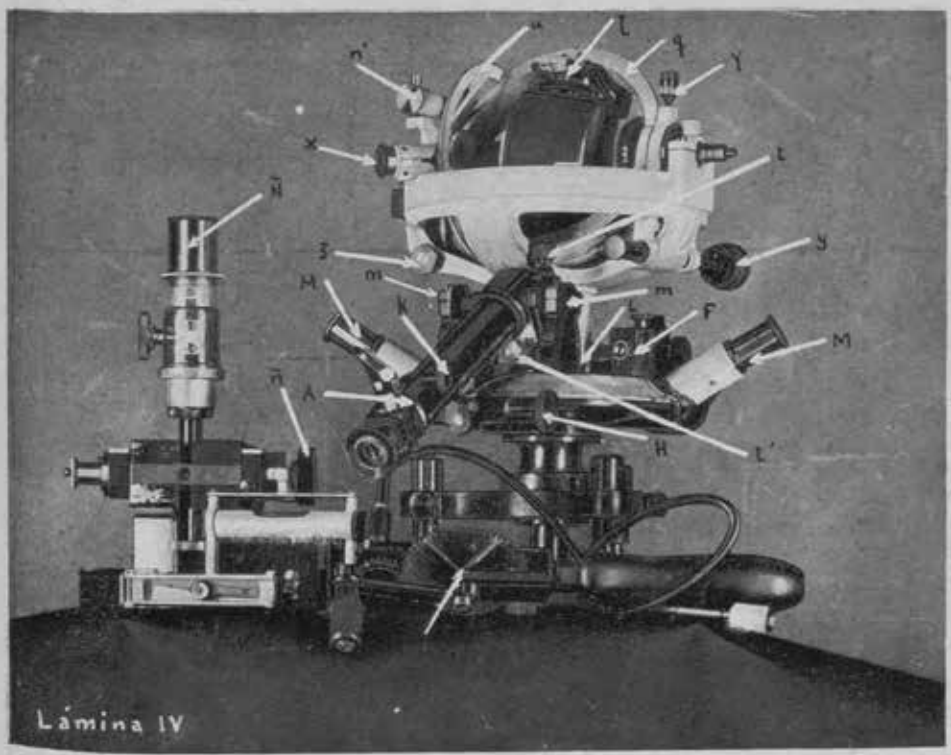


Lámina IV

CAPÍTULO II

RESUMEN

Declinación. Observando con el anteojo acodado, hemos visto que se obtienen lecturas con el ocular a la izquierda y el ocular a la derecha que se diferencian en unos cuatro minutos. Este error es probablemente debido a la inclinación del soporte del anteojo acodado, como consecuencia de la falta de ajuste entre su base y la plataforma común.

Para una posición cualquiera (tal como la 1) medida en el limbo azimutal, se aprecia claramente en la figura 9.ª, cómo, por formar el eje de muñones del acodado un ángulo b con el plano horizontal, el plano descrito por el anteojo no es vertical, sino que forma con ese plano vertical que pasa por la posición citada, el mismo ángulo b.

Supongamos el anteojo (en 2) dirigido en la visual a una mira; al pasar el anteojo a su posición horizontal irá al punto 2 y no al 3, como ocurriría de no existir la descorrección a que nos referimos; si pasamos ahora el anteojo al punto 3, y volviésemos a elevarla la cantidad suficiente para visar la mira anterior, el anteojo se encontraría en 3' y no en 2'.

El error a_0, de lectura azimutal, el ángulo de inclinación b, y la altura de la visual a la mira, están ligadas por las expresiones

$$\left.\begin{aligned} \operatorname{tg} b &= \frac{\operatorname{tg} a_1}{\operatorname{sen} h} \\ \frac{\operatorname{tg} a_1}{\operatorname{tg} a_0} &= \cos h \end{aligned}\right\} \quad \operatorname{tg} b = \frac{\operatorname{tg} a_0}{\operatorname{tg} h}$$

y para los pequeños valores angulares b y a_0 que es el caso real:

$$b = \frac{a_0}{\operatorname{tg} h}.$$

Para una altura de 30° y una diferencia de lecturas azimutales de 4', tendremos:

$$b = 0{,}0020153.$$

Como la base tiene de diámetro 30 mm., basta una falta de acoplamiento del montaje del acodado en la base de 0,06 mm., para que se produzca el error de lectura azimutal de 4', con miras a 30° de altura, y, por lo tanto, es necesario acudir a la formación de tablas de corrección.

En el equipo 2.123 se necesita corregir previamente todo el sistema de presión y coincidencia, pues ya indicamos que por cada cambio de sentido en el giro del tornillo de coincidencia se comete un error de 2', lo que es inadmisible. Este cambio se produce también al pasar de la observación con el ocular a la derecha a la del ocular a la izquierda.

Realizando esta reparación en el equipo 2.123, se dispondría de los dos aparatos en igualdad de condiciones, pudiendo efectuarse las observaciones de Sol con acodado, que, como ya se sabe, facilita la práctica operatoria, puesto que el anteojo A de la base, que también se ha utilizado en observaciones de Sol por horario, sólo permite observar directamente en un sector muy pequeño, que coincide con la altura conveniente del Sol, pero obliga a una posición del observador sumamente incómoda, y la interposición del espejo obscuro no merece garantía.

En cuanto al azimut magnético, se puede determinar con exactitud, porque el instrumental está en buen estado.

Intensidad. Para la determinación de la componente *H* por oscilaciones y desviaciones, hemos visto que el aparato se encuentra en perfectas condiciones. El no poder comprobar en oscilaciones si el imán suspendido queda o no horizontal, y en desviaciones si el imán suspendido y desviador están en un plano, así como si la regla de desviaciones queda o no horizontal, tienen muy poca importancia, como se sabe, dentro de las circunstancias en que normalmente se efectúan las observaciones, siguiendo el método de Lamont.

Por lo tanto, para conocer el estado en conjunto del aparato mediante la determinación del error total, es imprescindible determinar las características de los imanes (coeficientes) y de la regla de desviaciones, y hacer observaciones de comparación con un aparato de absoluta garantía, que podría ser el Carnegie del Observatorio de Geofísica de Toledo; pero antes deben repararse los aparatos.

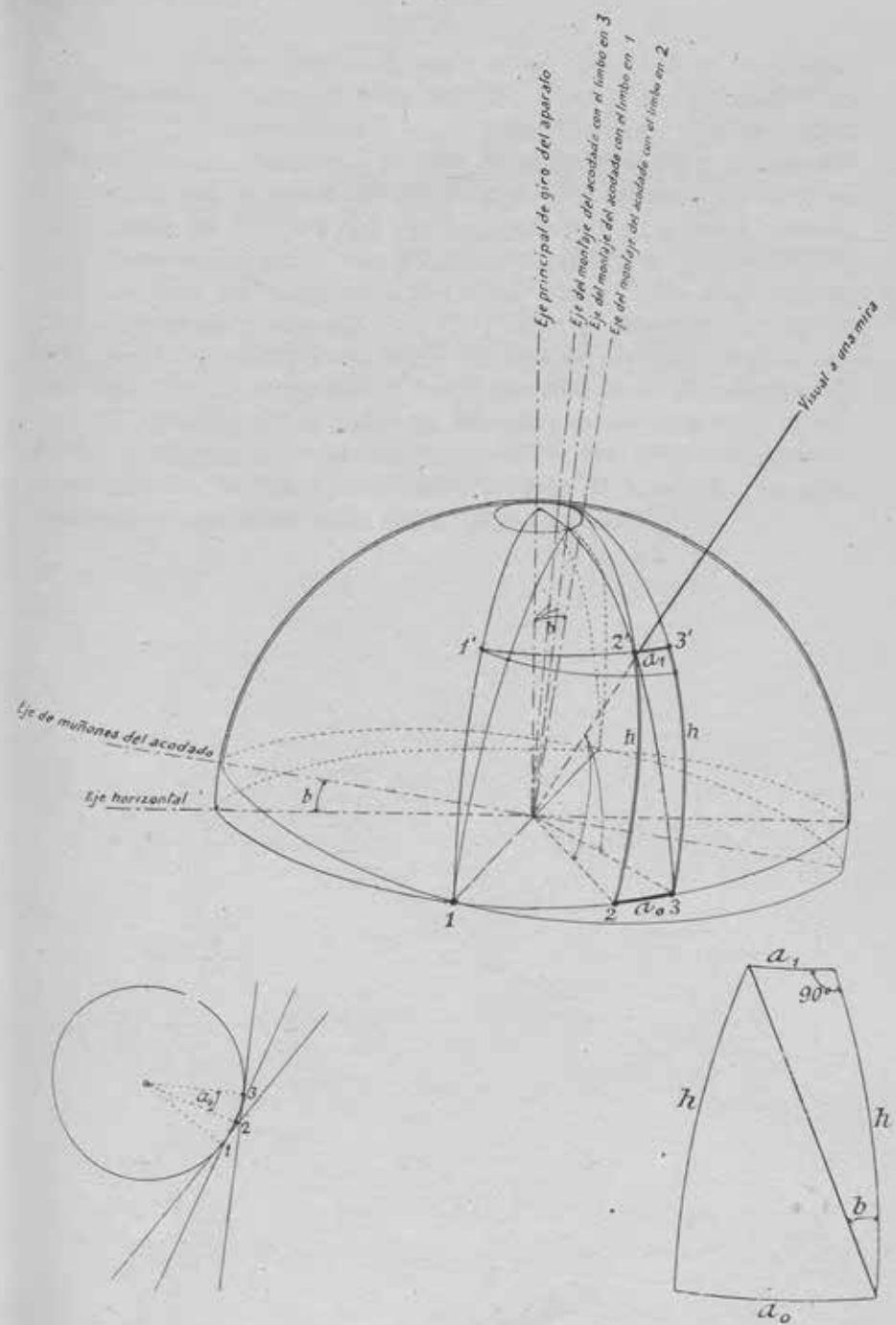

Eje principal de giro del aparato
Eje del montaje del acodado con el limbo en 3
Eje del montaje del acodado con el limbo en 1
Eje del montaje del acodado con el limbo en 2
Visual a una mira
Eje de muñones del acodado
Eje horizontal
f'
2'
3'
h
b
1
2
3

Figura 9.ª

Inclinación. No hemos llegado a formar un juicio en la determinación de la inclinación. Uno de los galvanómetros tiene montado un hilo excesivamente grueso que no acusa el paso de corriente, y el otro galvanómetro tiene el hilo con poca tensión por lo que se adhiere a las paredes del porta y unas veces acusa el paso de corriente con vibración intensa y otras queda inmóvil. Los circuitos conductores y las bobinas están bien y se les ha comprobado con pilas; los transmisores son útiles, aunque están muy deteriorados. Existen los portas números 731 y 904, de repuesto, ambos sin hilos, por lo que podría interesarse el montaje de hilos nuevos con tensiones diferentes hasta que el funcionamiento fuera el apetecido. El montaje realizado por el Taller de Precisión de Artillería en el número 890, que figura en el equipaje 2.123, parece que sería aprovechable si se aumentase la tensión, desplazando el tope de mordaza, para dejar que la cabeza graduada tenga mayor campo de acción.

PARTE SEGUNDA

CAPÍTULO III

CONTRASTACIÓN PARA LAS OBSERVACIONES ASTRONÓMICAS

1.° *Corrección de índice (c. i.).*—La corrección del índice del limbo vertical del acodado se efectuó cada vez que fueron realizados trabajos, llegando a dejar diferencias de lecturas, con posiciones de anteojo normal o invertido, menores de $\pm$ 2'.

La c. i. es preciso hacerla en cada estación y agregar el residuo con su signo a las lecturas del limbo zenital, puesto que las trepidaciones de transporte hacen variar la posición de los índices, como hemos comprobado.

2.° *Corrección de los ejes de colimación.*—La corrección de la posición de cada uno de los retículos de los dos anteojos para colocar los ejes de colimación normales a los de giro, se realizó visando una misma mira horizontal con anteojo normal y segunda vez con anteojo invertido, y trasladando lateralmente el retículo la mitad de la diferencia de lectura.

Posteriormente fué comprobada la correcta posición del retículo con varias series de observaciones y manipulaciones como la indicada, hasta llegar a una diferencia de lectura menor de $\pm$ 0'5.

3.° *Corrección de la inclinación del eje de giro del anteojo acodado.* Hemos adoptado el siguiente procedimiento por no disponer los equipos de nivel caballero.

Se instaló una plomada de longitud suficiente para permitir visarla con un ángulo de elevación convenientemente grande, practicándose la observación en dos series encajando de nuevo el montaje del acodado y volviendo a nivelar completamente el aparato. Cada serie consta de cuatro lecturas con el máximo de elevación y tres lecturas con anteojo horizontal, y repetidas las observaciones para la posición normal

del anteojo y para anteojo invertido. Las diferentes lecturas han sido consignadas en los cuadros anejos (núms. I a IV), y aplicando los mínimos cuadrados se determinó el error probable (cuadros V y VI) de la diferencia media de lecturas azimutales entre visual elevada y horizontal.

El valor de estas diferencias es:

Equipo 2.123:	Equipo ¿?:
$a_0 = 10'0625 \pm 0'0390$	$a_0 = 6'9427 \pm 0'0692$

La inclinación del eje de giro se calculó por la fórmula (Bock, página 17).

$$b = \frac{a_0}{\operatorname{tg} h},$$

en la que b = inclinación del eje y h = ángulo de elevación de las visuales anotadas «arriba», y aplicando los valores:

Equipo 2.123:	Equipo ¿?:
$h = 308^\circ - 270^\circ = 38^\circ$	$h = 90^\circ - 46^\circ\,50' = 43^\circ\,10'$
$a_0 = 10'\ \ 3'',75$	$a_0 = 6'\ \ 56'',6$

se llegó a determinar:

Equipo 2.213:	Equipo ¿?:
$b = 12'\ \ 52'',76$	$b = 7'\ \ 24'',10$

con un error probable de:

Equipo 2.122:	Equipo ¿?:
$\pm$ 4 por 100 = $\pm$ 3'',1	$\pm$ 1 por 100 = $\pm$ 4'',4.

Partiendo de estos valores de b, haciendo variar h y aplicando la misma fórmula anterior se han formado las *tablas de corrección de azimut por inclinación del eje acodado*, que figuran a continuación.

APARATO 2.123

Acodado h. en grados.	Corrección de azimutal.	Diferencias tabulares.
0°	0′	
		0,57
2° 30′	0′56	
		0′57
5°	1′13	
		0′57
7° 30′	1′70	
		0′57
10°	2′27	
		0′58
12° 30′	2′85	
		0′60
15°	3′45	
		0′61
17° 30′	4′06	
		0′63
20°	4′69	
		0′64
22° 30′	5′33	
		0′67
25°	6′00	
		0′70
27° 30′	6′70	
		0′73
30°	7′43	
		0′78
32° 30′	8′21	
		0′81
35°	9′02	
		0′86
37° 30′	9′88	
		0′99
40°	10′87	

APARATO ¿?

Acodado h. en grados.	Corrección de azimutal.	Diferencias tabulares.
0°	0′	
		0′65
5°	0′65	
		0′65
10°	1′30	
		0′68
15°	1′98	
		0′72
20°	2′70	
		0′75
25°	3′45	
		0′83
30°	4′28	
		0′90
35°	5′18	
		1′03
40°	6′21	

Las correcciones son positivas con el anteojo normal y negativas con anteojo invertido.

4.° *Corrección de la inclinación del eje de giro del anteojo azimutal.*—En las observaciones de Sol por horario se emplea el anteojo azimutal con ángulos de elevación considerables, por lo que se contrastó la inclinación del eje de giro. Como este anteojo carece de limbo vertical, se midió el ángulo de elevación con auxilio del acodado.

El sistema empleado consistió también, como para el acodado, en enfilar una mira con anteojo sensiblemente horizontal y con máxima elevación. Puesto que el anteojo no puede invertirse en su montaje, se hicieron tres series de observaciones directas, desmontando y volviendo a ajustar la base, con giro de 120° para la segunda y tercera series, de de modo que se varió el sector de limbo.

Las lecturas figuran en los cuadros VII y VIII, y la determinación del error probable en los IX y X.

El valor de la diferencia media de lecturas azimutales es:

Equipo 2.123:	Equipo ¿?:
$a_0 = 3'14583 \pm 0{,}05265$	$a_0 = 2'32291 \pm 0{,}07697$

Aplicando la misma fórmula que para el anteojo acodado, con los valores:

Equipo 2.123:	Equipo ¿?:
$h = 40°\ 15'$	$h = 39°\ 50'$
$a_0 = 3'\ 08'',7$	$a_0 = 2'\ 19'',4$

con lo que se obtiene:

Equipo 2.123:	Equipo ¿?:
$b = 3'\ 43''0$	$b = 2'\ 47''1$

con un error probable de:

Equipo 2.123:	Equipo ¿?:
$\pm 1{,}7\ \% = \pm 3'',8$	$\pm 3{,}3\ \% = \pm 5'',5$

Y de la misma manera que para el anteojo acodado, se han formado las *tablas de corrección de azimut por inclinación del eje del azimutal*, que figuran a continuación:

APARATO 2.123

Azimutal h. en grados.	Corrección azimutal.	Diferencias tabulares.
0°	0'	0'32
5°	0'32	0'33
10°	0'65	0'34
15°	0'99	0'36
20°	1'35	0'38
25°	1'73	0'41
30°	2'14	0'46
35°	2'60	0'52
40°	3'12	

Las correcciones siempre positivas.

APARATO ¿?

Azimutal h. en grados.	Corrección azimutal.	Diferencias tabulares.
0°	0'	0'24
5°	0'24	0'25
10°	0'49	0'26
15°	0'75	0'27
20°	1'02	0'28
25°	1'30	0'30
30°	1'60	0'35
35°	1'95	0'39
40°	2'34	

Las correcciones siempre negativas.

5.° *Movimiento del cronómetro.*—Se ha calculado una tabla con los valores de $1 \pm \frac{S}{86.400}$, siendo S el movimiento del cronómetro que se utilice, para valores desde 1 seg. a 20 seg.

TABLA DE VALORES DE $1 \pm \frac{S}{86.400}$

Movimiento diario = S	Adelanta $-S$	Atrasa $+S$	Movimiento diario = S	Adelanta $-S$	Atrasa $+S$
1ˢ	0,999988	1,000012	11ˢ	0,999873	1,000127
2	0,999977	1,000023	12	0,999861	1,000139
3	0,999965	1,000035	13	0,999850	1,000150
4	0,999954	1,000046	14	0,999838	1,000162
5	0,999942	1,000058	15	0,999826	1,000174
6	0,999931	1,000069	16	0,999815	1,000185
7	0,999919	1,000081	17	0,999803	1,000197
8	0,999907	1,000093	18	0,999792	1,000208
9	0,999896	1,000104	19	0,999780	1,000220
10	0,999884	1,000116	20	0,999768	1,000232

CAPÍTULO IV

CONTRASTACIÓN PARA LAS OBSERVACIONES MAGNÉTICAS

1.° *Medición de las distancias entre las muescas de la barra de desviaciones.*—Se efectuó en el comparador de Metrología anotándose en los cuadros 11 y 12 las lecturas y correcciones, con lo que se dedujo para 20° C.

Equipo 2123:	Equipo ¿?:
37,00922 cm. distancia larga	36,98439 cm.
28,00456 cm. distancia corta	28,00777 cm.

Partiendo de estos datos se han formado las *tablas de la Barra*, en las que figuran los valores de $\log \frac{1}{2} r^s$ y C° 2 log r para distancias corta y larga, correspondientes a cada temperatura desde 4° a 34° C.

EQUIPO 2.123

TABLA DE LA BARRA

Temperatura	DISTANCIA LARGA				DISTANCIA CORTA			
	$\log \frac{1}{2} r^2$		$C^s 2 \log r.$		$\log \frac{1}{2} r^2$		$C^s 2 \log r.$	
	Valores.	Δ	Valores.	Δ	Valores.	Δ	Valores.	Δ
4	4,403 5038	248	6,863 6441	165	4,040 2602	248	7,105 8065	165
5	5286	248	6276	165	2850	248	7900	165
6	5534	247	6111	165	3098	247	7735	165
7	5781	248	5946	165	3345	248	7570	165
8	6029	247	5781	165	3593	247	7405	165
9	6276	248	5616	165	3840	248	7240	165
10	6524	248	5451	165	4088	248	7075	165
11	6772	248	5285	165	4336	248	6909	165
12	1 24'7 7020	247	5120	165	4584	247	1 16'5 6744	165
13	2 49'4 7267	248	4955	165	4831	248	2 33'0 6679	165
14	3 74'1 7515	247	4790	165	5079	248	3 49'5 6414	165
15	7762	248	4625	165	5327	247	6249	165
16	4 98'8 8010	247	4460	165	5574	247	4 66'0 6134	165
17	5 123'5 8257	248	4295	165	5821	248	5 82'5 5919	165
18	6 148'2 8505	247	4130	165	6069	247	6 99'0 5754	165
19	7 172'9 8752	248	3965	165	6316	248	7 115'5 5589	165
20	8 197'6 9000	247	3800	165	6564	247	8 132'0 5424	165
21	9 222'3 9247	248	3635	165	6811	248	9 148'5 5259	165
22	9495	247	3470	165	7059	247	5194	165
23	9742	248	3305	165	7306	248	4929	165
24	9990	247	3140	165	7554	247	4764	165
25	4,404 0237	248	2975	165	7801	248	4599	165
26	0485	247	2810	165	8049	248	4434	165
27	0732	248	2645	165	8297	247	4269	165
28	0980	247	2480	165	8544	247	4104	165
29	1 24'8 1227	248	2315	165	8791	248	1 16'6 3939	165
30	2 49'6 3 74'4 1475	248	2150	165	9039	248	2 33'2 3 49'8 3774	165
31	1723	247	1985	165	9287	247	3609	165
32	4 99'2 1970	248	1820	165	9534	248	4 66'4 3444	165
33	5 124'0 2218	247	1655	165	9782	247	5 83'0 3279	165
34	6 148'8 2465		1490		4,041 0029		6 99'6 3114	
	7 173'6						7 116'2	
	8 198'4						8 132'8	
	9 223'2						9 149'4	

EQUIPO ¿?

TABLA DE LA BARRA

Temperatura	DISTANCIA LARGA						DISTANCIA CORTA					
	$\log \frac{1}{2} r^3 \epsilon$			$C^{te} 2 \log r.$			$\log \frac{1}{2} r^3$			$C^{te} 2 \log r.$		
	Valores.		Δ	Valores.		Δ	Valores.		Δ	Valores.		Δ
4	4,402	6290		6,864	2273		4,040	4096		7,105	7069	
5		6538	248		2108	165		4344	248		6904	165
6			248			165			248			165
7	247	6786	247		1943	165		4592	247	165	6739	165
8		7033	248		1778	165		4839	248		6574	165
9	1 24'7	7281	247		1613	165		5087	247	1 16'5	6409	165
10	2 49'4	7528	248		1448	165		5334	248	2 33'0	6244	165
	3 74'1	7776			1283			5582		3 49'5	6079	
11			248			166			248			166
12	4 98'8	8024	248		1117	165		5830	248	4 66'0	5913	165
13	5 123'5	8272	247		0952	165		6078	247	5 82'5	5748	165
14	6 148'2	8519	248		0787	165		6325	248	6 99'0	5583	165
15		8767	247		0622	165		6573	247		5418	165
	7 172'9	9014			0457			6820		7 115'5	5253	
16	8 197'6		248			165			248	8 132'0		165
17	9 222'3	9262	247		0292	165		7068	247	9 148'5	5088	165
18		9509	248		0127	165		7315	248		4923	165
19	4,403	9757	247	6,863	9962	165		7563	247		4758	165
20		0004	248		9797	165		7810	248		4593	165
		0252			9632			8058			4428	
21			247			165			247			165
22	248	0499	248		9467	165		8305	248	166	4263	165
23		0747	247		9302	165		8553	247		4098	165
24	1 24'8	0994	248		9137	165		8800	248	1 16'6	3933	165
25	2 49'6	1242	247		8972	165		9048	247	2 33'2	3768	165
	3 74'4	1489			8807			9295		3 49'8	3603	
26			248			165			248			165
27	4 99'2	1737	247		8642	165		9543	247	4 66'4	3438	165
28	5 124'0	1984	248		8477	165		9790	248	5 83'0	3273	165
29	6 148'8	2232	247		8312	165	4,041	0038	247	6 99'6	3108	165
30		2479	248		8147	165		0285	248		2943	165
	7 173'6	2727			7982			0533		7 116'2	2778	
31	8 198'4		248			165			248	8 132'8		165
32	9 223'2	2975	247		7817	165		0781	247	9 149'4	2613	165
33		3222	248		7652	165		1028	248		2448	165
34		3470	247		7487	165		1276	247		2283	165
		3717			7322			1523			2118	

2.° *Regulación de los topes de las cajitas de desviaciones.*—Como se sabe, los imanes deflectores se encajan en unas cajitas con topes regulables para conseguir que el centro del imán coincida con el punto de giro de la cajita, que consiste en el tornillo que entra en las muescas labradas en la barra de desviaciones y cuyas distancias han sido medidas en el apartado anterior.

La comprobación se verificó del modo siguiente: Instalado el imán en la caja con su norte al W., y puesta la cajita al W., fué observada la desviación del imán-aguja. Dando vuelta a la cajita quedó ésta al W. y el norte del imán al E., y fué observada la nueva desviación de la aguja.

Después de retirada la cajita con el imán-barra, fué tomada la lectura correspondiente a la aguja libre, comprobándose que era exactamente la media de las dos anteriores, con lo que quedó demostrado que los topes de regulación dejaban al imán deflector con su centro coincidente con el eje de giro de la cajita.

3.° *Valor angular de las divisiones de escala de la cámara de oscilaciones.*—Se enfiló, con imán parado, a las divisiones + 20 y — 20 y fueron anotadas las lecturas correspondientes en el limbo horizontal, obteniéndose 20 diferencias, cuyo valor medio fué:

Equipo 2.123:	Equipo ¿?:
3° 21'2	3° 22'8

Por lo que el valor de cada división resulta:

Equipo 2.123:	Equipo ¿?:
$d = 5'03$	$d = 5'07$

A este valor es necesario aplicarle la corrección debida a la torsión, que fué determinada en la forma acostumbrada para oscilaciones. La torsión media para un giro de 90° en la cabeza de suspensión, con el hilo con que se operó, es de:

14,600 divisiones 5,875

y en arco, con suficiente aproximación, será:

73'438 29'786

TABLA DE VALORES DE $1 + \frac{F}{MH}$

Divisiones.	Grados.	$1 + \frac{d}{90 - d}$	Δ	Divisiones.	Grados.	$1 + \frac{d}{90 - d}$	Δ
			94				95
0,1	0,008	1,000094	94	3,6	0,306	1,003411	95
0,2	0,017	1,000188	95	3,7	0,314	1,003506	96
0,3	0,025	1,000283	94	3,8	0,323	1,003602	95
0,4	0,034	1,000377	95	3,9	0,331	1,003697	95
0,5	0,042	1,000472	94	4,0	0,340	1,003792	95
0,6	0,051	1,000566	95	4,1	0,348	1,003887	95
0,7	0,059	1,000661	94	4,2	0,357	1,003982	95
0,8	0,068	1,000755	95	4,3	0,365	1,004077	96
0,9	0,076	1,000850	95	4,4	0,374	1,004173	95
1,0	0,085	1,000945	94	4,5	0,382	1,004268	95
1,1	0,093	1,001039	95	4,6	0,391	1,004363	95
1,2	0,102	1,001134	94	4,7	0,399	1,004458	96
1,3	0,110	1,001228	95	4,8	0,408	1,004554	95
1,4	0,119	1,001323	95	4,9	0,416	1,004649	96
1,5	0,127	1,001418	94	5,0	0,425	1,004745	95
1,6	0,136	1,001512	95	5,1	0,433	1,004840	95
1,7	0,144	1,001607	94	5,2	0,442	1,004935	96
1,8	0,153	1,001701	95	5,3	0,450	1,005031	95
1,9	0,161	1,001796	95	5,4	0,459	1,005126	96
2,0	0,170	1,001891	95	5,5	0,467	1,005222	95
2,1	0,178	1,001986	95	5,6	0,476	1,005317	95
2,2	0,187	1,002081	95	5,7	0,484	1,005412	96
2,3	0,195	1,002176	95	5,8	0,493	1,005508	95
2,4	0,204	1,002271	95	5,9	0,501	1,005603	96
2,5	0,212	1,002366	95	6,0	0,510	1,005699	95
2,6	0,221	1,002461	95	6,1	0,518	1,005794	96
2,7	0,229	1,002556	95	6,2	0,527	1,005890	95
2,8	0,238	1,002651	95	6,3	0,535	1,005985	96
2,9	0,246	1,002746	95	6,4	0,544	1,006081	96
3,0	0,255	1,002841	95	6,5	0,552	1,006177	95
3,1	0,263	1,002936	95	6,6	0,561	1,006272	96
3,2	0,272	1,003031	95	6,7	0,569	1,006368	95
3,3	0,280	1,003126	95	6,8	0,578	1,006463	96
3,4	0,289	1,003221	95	6,9	0,586	1,006559	96
3,5	0,297	1,003316		7,0	0,595	1,006655	

Divisiones.	Grados.	$1+\frac{d}{90-d}$	Δ	Divisiones.	Grados.	$1+\frac{d}{90-d}$	Δ
			95				96
7,1	0,603	1,006750	96	11,1	0,943	1,010594	96
7,2	0,612	1,006846	96	11,2	0,952	1,010690	97
7,3	0,620	1,006942	96	11,3	0,960	1,010787	96
7,4	0,629	1,007038	96	11,4	0,969	1,010883	97
7,5	0,637	1,007134	95	11,5	0,977	1,010980	96
7,6	0,646	1,007229	96	11,6	0,986	1,011076	97
7,7	0,654	1,007325	96	11,7	0,994	1,011173	97
7,8	0,663	1,007421	96	11,8	1,003	1,011270	96
7,9	0,671	1,007517	96	11,9	1,011	1,011366	97
8,0	0,680	1,007613	96	12,0	1,020	1,011463	97
8,1	0,688	1,007709	96	12,1	1,029	1,011560	96
8,2	0,697	1,007805	96	12,2	1,037	1,011656	97
8,3	0,705	1,007901	96	12,3	1,046	1,011753	97
8,4	0,714	1,007997	96	12,4	1,054	1,011850	96
8,5	0,722	1,008093	96	12,5	1,063	1,011946	97
8,6	0,731	1,008189	96	12,6	1,071	1,012043	97
8,7	0,739	1,008285	96	12,7	1,080	1,012140	97
8,8	0,748	1,008381	96	12,8	1,088	1,012237	96
8,9	0,756	1,008477	96	12,9	1,097	1,012333	97
9,0	0,765	1,008573	96	13,0	1,105	1,012430	97
9,1	0,773	1,008669	96	13,1	1,114	1,012527	97
9,2	0,782	1,008765	96	13,2	1,122	1,012624	97
9,3	0,790	1,008861	96	13,3	1,131	1,012721	97
9,4	0,799	1,008957	96	13,4	1,139	1,012818	96
9,5	0,807	1,009053	96	13,5	1,148	1,012914	97
9,6	0,816	1,009149	96	13,6	1,156	1,013011	97
9,7	0,824	1,009245	96	13,7	1,165	1,013108	97
9,8	0,833	1,009341	96	13,8	1,173	1,013205	97
9,9	0,841	1,009437	97	13,9	1,182	1,013302	97
10,0	0,850	1,009534	96	14,0	1,190	1,013399	97
10,1	0,858	1,009630	96	14,1	1,199	1,013496	97
10,2	0,867	1,009726	97	14,2	1,207	1,013593	97
10,3	0,875	1,009823	96	14,3	1,216	1,013690	97
10,4	0,884	1,009919	97	14,4	1,224	1,013787	97
10,5	0,892	1,010016	96	14,5	1,233	1,013884	98
10,6	0,901	1,010112	96	14,6	1,241	1,013982	97
10,7	0,909	1,010208	97	14,7	1,250	1,014079	97
10,8	0,918	1,010305	96	14,8	1,258	1,014176	97
10,9	0,926	1,010401	97	14,9	1,267	1,014273	97
11,0	0,935	1,010498		15,0	1,275	1,014370	

Divisiones.	Grados.	$1+\frac{d}{90-d}$	Δ	Divisiones.	Grados.	$1+\frac{d}{90-d}$	Δ
			97				98
15,1	1,284	1,014467	98	17,6	1,496	1,016904	97
15,2	1,292	1,014565	97	17,7	1,505	1,017001	98
15,3	1,301	1,014662	97	17,8	1,513	1,017099	97
15,4	1,309	1,014759	97	17,9	1,522	1,017196	98
15,5	1,318	1,014856	98	18,0	1,530	1,017294	98
15,6	1,326	1,014954	97	18,1	1,539	1,017392	98
15,7	1,335	1,015051	97	18,2	1,547	1,017490	97
15,8	1,343	1,015148	98	18,3	1,556	1,017587	98
15,9	1,352	1,015246	97	18,4	1,564	1,017685	98
16,0	1,360	1,015343	97	18,5	1,573	1,017783	98
16,1	1,369	1,015440	98	18,6	1,581	1,017881	98
16,2	1,377	1,015538	97	18,7	1,590	1,017979	97
16,3	1,386	1,015635	98	18,8	1,598	1,018076	98
16,4	1,394	1,015733	97	18,9	1,607	1,018174	98
16,5	1,403	1,015830	98	19,0	1,615	1,018272	98
16,6	1,411	1,015928	97	19,1	1,624	1,018370	98
16,7	1,421	1,016025	98	19,2	1,632	1,018468	98
16,8	1,428	1,016123	97	19,3	1,641	1,018566	98
16,9	1,437	1,016220	98	19,4	1,649	1,018664	98
17,0	1,445	1,016318	98	19,5	1,658	1,018762	99
17,1	1,454	1,016416	97	19,6	1,666	1,018861	98
17,2	1,462	1,016513	98	19,7	1,675	1,018959	98
17,3	1,471	1,016611	97	19,8	1,683	1,019057	98
17,4	1,479	1,016708	98	19,9	1,692	1,019155	98
17,5	1,488	1,016806		20,0	1,700	1,019253	

	94	95	96	97	98
1	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8
2	18,8	19,0	19,2	19,4	19,6
3	28,2	28,5	28,8	29,1	29,4
4	37,6	38,0	38,4	38,8	39,2
5	47,0	47,5	48,0	48,5	49,0
6	56,4	57,0	57,6	58,2	58,8
7	65,8	66,5	67,2	67,9	68,6
8	75,2	76,0	76,8	77,6	78,4
9	84,6	85,5	86,4	87,3	88,2

TABLA DE VALORES DE $\frac{\alpha\alpha'}{16} \times 10^6$

α (INICIAL)		α' (FINAL)								
		Divisiones.	Divisiones.	Divisiones.	Divisiones.	Divisiones.	Divisiones.	Divisiones.	Divisiones.	Divisiones.
		18	17	16	15	14	13	12	11	10
Divisiones.	Minutos.	Minutos.	Minutos.	Minutos.	Minutos.	Minutos.	Minutos.	Minutos.	Minutos.	Minutos.
		91,8	86,7	81,6	76,5	71,4	66,3	61,2	56,1	51,0
28	142,80	69,3	65,5	61,6	57,8	53,9	50,1	46,2	42,4	38,6
27	137,7	66,9	63,1	59,4	55,7	52,0	48,3	44,6	40,8	37,1
26	132,6	64,4	60,8	57,2	53,6	50,1	46,5	42,9	39,3	35,8
25	127,5	61,9	58,5	55,0	51,6	48,1	44,7	41,3	37,8	34,4
24	122,4	59,4	56,1	52,8	49,5	46,2	42,9	39,6	36,3	33,0
23	117,3	56,9	53,8	50,6	47,5	44,3	41,1	38,0	34,8	31,6
22	112,2	54,5	51,4	48,4	45,4	42,4	39,3	36,3	33,3	30,3
21	107,1		49,1	46,2	43,3	40,4	37,5	34,6	31,7	28,8
20	102,6		46,7	44,0	41,3	38,5	35,8	33,0	30,3	27,5
19	96,9			41,8	39,2	36,6	34,0	31,4	28,7	26,1
18	91,8				37,1	34,7	32,2	29,7	27,2	24,8
17	86,7					32,7	30,4	28,1	25,7	23,4
16	81,6						28,6	26,4	24,2	22,0
15	76,5							24,8	22,7	20,6

Como a 90° corresponde el valor anterior, a una división de escala le corresponderían las correcciones por torsión, 0,0279 y 0,0684, con lo que

$$d_0 = \begin{cases} 5{,}07 + 0{,}0279 = 5',098 \text{ (núm. ¿?)} \\ 5{,}03 + 0{,}0684 = 5',098 \text{ (núm. 2123)} \end{cases}$$

por lo que es admisible tomar el valor aproximado 5',10 para el cálculo de tablas de $1 + \frac{F}{MH}$ y de $\frac{\alpha\alpha'}{16}$ que figuran a continuación.

4.° *Amplitud conveniente de las oscilaciones*—Partimos de la ecuación diferencial de la página 54 del *Manual de Magnetismo Terrestre* (Fossi):

$$dt = \sqrt{\frac{K}{MH}} \times \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 - u^2}}\, du + \frac{1}{24}\sqrt{\frac{K}{MH}} \times \frac{\alpha^2 + u^2}{\sqrt{\alpha^2 - u^2}}\, du.$$

Integrando, de 0 a α_1, se tiene:

$$t_1 = \sqrt{\frac{K}{MH}}\left[\int_0^{\alpha_1} \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 - u^2}}\, du + \frac{1}{24}\int_0^{\alpha_1} \frac{\alpha^2 + u^2}{\sqrt{\alpha^2 - u^2}}\, du\right],$$

y siguiendo un procedimiento de integración análogo al de la página 55 del citado manual, y teniendo en cuenta que

$$\sqrt{\frac{K}{MH}} = \frac{T_0}{\pi\left(1 + \frac{\alpha^2}{16}\right)},$$

se tiene

$$t_1 = \frac{T_0}{\pi\left(1 + \frac{\alpha^2}{16}\right)}\left[\left(\text{arco sen}\,\frac{u}{\alpha}\right)_0^{\alpha_1}\left(1 + \frac{1}{24}\,\frac{3}{2}\,\alpha^2\right) - \left(\frac{1}{48}\,u\sqrt{\alpha^2 - u^2}\right)_0^{\alpha_1}\right] =$$

$$= \frac{T_0}{\pi\left(1 + \frac{\alpha^2}{16}\right)}\left[\text{arco sen}\,\frac{\alpha_1}{\alpha}\left(1 + \frac{3}{48}\,\alpha^2\right) - \frac{1}{48}\cdot\alpha\cdot\alpha_1\sqrt{1 - \frac{\alpha_1^2}{\alpha^2}}\right],$$

que es la fórmula general exacta hasta los términos de segundo orden en α y α_1, que nos da el tiempo correspondiente a un desplazamiento α_1 a partir del centro de la escala.

Despreciando los términos de segundo grado en α y α_1, se tiene:

$$t_1 = \frac{T_0}{\pi} \text{ arco sen } \frac{\alpha_1}{\alpha},$$

en la que t_1 es el tiempo invertido en un desplazamiento α_1 para una oscilación simple de duración T_0 y amplitud α_1.

Lo aplicaremos a los imanes deflectores que figuran en el cuadro siguiente y que son los que se estudian.

Equipo 2.123:		Equipo ¿?:	
Imán núm. 10	(A)	Imán núm. 2 B	(C)
Imán núm. 4 N	(B)	Imán núm. 2 C	(D)

Como la velocidad del imán oscilante no es constante para cada una de las cuatro divisiones cercanas al cero, que son las utilizadas en las lecturas, calcularemos la amplitud de oscilación necesaria para que dos divisiones sean recorridas en dos décimas de segundo exactamente y, por lo tanto, la fórmula de aplicación será:

$$\text{arco sen } \frac{2}{\pi} = \frac{0{,}628}{T_0},$$

con la que ha sido calculado el cuadro siguiente:

Imanes.	Período medio.	Amplitud media.
A	6ˢ,25	19,9 divisiones.
B	5ˢ,71	18,2 —
C	4ˢ,16	13,3 —
D	4ˢ,43	14,2 —

Para tener en cuenta el amortiguamiento habrá que empezar la observación con una amplitud igual a la que resulta de agregar al valor medio la mitad de la disminución de la amplitud durante el curso de una observación completa.

Hemos de advertir que el amortiguamiento no es constante, sino dependiente de la rigidez y de la torsión, y que el período medio de

oscilación depende de la componente horizontal (H) del vector magnético. Por lo tanto, los valores calculados para la amplitud media son aproximados e indican desde qué divisiones de escala conviene dejar oscilar el imán al principio de la observación, para que efectivamente pueda aceptarse una división de escala como una décima de segundo, en tiempo.

5.° *Relación entre los momentos de los imanes-agujas (declinación).* Las diferencias de lecturas entre ± 15° de la cabeza de torsión, para los imanes fuerte BD, débil BT, permite formar la relación:

$$\frac{\varepsilon_D}{\varepsilon_T} = \frac{M_T}{M_D},$$

que para los dos equipos resultó muy aproximadamente = 0,5.

Los momentos magnéticos están en la debida relación para las observaciones de determinación de torsión, dando para el factor de torsión:

$$\theta = \frac{g}{K-g} = \frac{\varepsilon_D}{\varepsilon_T - \varepsilon_D} = \sim 1;$$

es decir, que la corrección por torsión es aproximadamente igual a la diferencia de las medias de las lecturas con los imanes BT y BD.

6.° *Colimación de los imanes-agujas.*—El ángulo formado por el espejo interior con la normal al eje de imán, que es la llamada colimación, es únicamente la constante que interesa conocer de los imanes-aguja, vista ya la relación de momentos entre los dos que forman cada equipo.

Los resultados de nuestras observaciones fueron, como valor medio:

Equipo 2.123:			Equipo ¿?:	
Schwach	7'5	BT débil	BT	15'75 — número 1
Stark	7'0	BD fuerte	BT	43'00 — número 2

7.° *Hilos de suspensión.*—El hilo empleado fué el único disponible; lo mismo para declinación que para oscilaciones. Las características son:

Grueso.....	0,042 mm.
Material.....	latón.

Estas son las características de un hilo de oscilaciones, pero no las convenientes para declinación.

Para las observaciones de declinación es necesario conseguir que el imán se oriente perfectamente, con el mínimo de oposición por causa del hilo; de aquí que la rigidez debe ser lo más pequeña posible. Si designamos por:

θ = rigidez del hilo o fuerza direccional;
Φ = módulo de torsión (c. g. s.);
r = radio (cm.);
l = longitud (cm.);

tenemos

$$\theta = \Phi \frac{\pi}{2} \frac{r^4}{l}$$ (pág. 121, Bock, Praxis).

Como se ve, la fuerza direccional o rigidez del hilo depende de la cuarta potencia de su diámetro; luego éste debe ser lo más pequeño posible, para lo que, aparte las dificultades de construcción, no existe otra limitación que el peso de los pequeños imanes de declinación.

En cambio, en las observaciones de oscilaciones, los imanes que se utilizan son mayores, la fuerza direccional no tiene una influencia tan perjudicial como en declinación, el efecto dinámico obliga a hilos más resistentes y lo mismo resulta de tener que emplear contrapesos para el cálculo del momento de inercia. Por esta razón los hilos son más robustos, aunque siempre finísimos.

Las casas especializadas indican los siguientes hilos:

Para declinación, platino iridio de 0,02 mm. y
Id. fd. wolframio de 0,03 mm.;
Para oscilaciones, latón de 0,04 mm.;

aplicando la fórmula anterior, y teniendo en cuenta los módulos de torsión y la longitud de la suspensión, 220 mm., en nuestros equipos hemos calculado el cuadro siguiente:

Material.	Radio. μ	Módulo de torsión. — Kg/mm^2	Coeficiente de rotura. — Kg/cm^2	Fuerza direccional. — $Dinas \times cm^2$
Latón.....	20	2.700	5.500	0,31536
Platino.....	10	6.000	4.000	0,0438
Wolframio.....	15	13.400	42.000	0,4952

Como consecuencia, se ve que el platino en hilos de $\Phi = 20\ \mu$ es conveniente para las suspensiones destinadas a las agujas de declinación; mientras para oscilaciones es el latón en hilos de $\Phi = 40\ \mu$, para soportar los imanes de barra. El wolframio no resulta aconsejable en hilos de $\Phi = 30\ \mu$; pero, a causa de su gran resistencia, podría admitirse con hilos más delgados.

8.° *Apreciación de los inductores.*—Los inductores han sido experimentados en el Observatorio de Buenavista, con auxilio del galvanómetro de espejo allí instalado. Los resultados demostraron una apreciación de hasta $\pm$ 0'5.

9.° *Galvanómetros de los inductores.*—Las características que Askania señalaba para hilo de los galvanómetros eran:

Material.....	oro.
Diámetro.....	9 μ.

Los portas de que disponemos están desprovistos de hilos y, no obstante los esfuerzos hechos para adelgazar suficientemente hilos de latón mediante baños de ácido, ninguno de los hilos ensayados ha dado resultado que merezca consideración, ya que su sensibilidad quedó en el orden de una división para un grado del limbo del inductor.

Este tipo de galvanómetro es sumamente fuerte y adecuado a los equipos de campo por su fácil instalación y aislamiento a golpes o variaciones de temperatura o higrométricas, pero exije disponer de hilo como el señalado por Askania, o bien de wollaston de oro con baño de cobre, para dejar libre, por tratamiento con ácido, el alma homogénea de oro de diámetro conveniente.

Vista la imposibilidad de disponer de hilo adecuado, de momento, se ensayarán galvanómetros de espejo, para lo que contamos con dos juegos de bobinas de la Casa Leeds Northrup C°, de Filadelfia, provistos de las hojas de características eléctricas.

Y con objeto de informar a la Superioridad del estado en que se encuentran los trabajos de contrastación de los dos equipos de campo, se redacta la presente Memoria, en Madrid a 9 de noviembre de 1945.

RESUMEN

Esta parte se compone de dos capítulos, uno dedicado al estudio de las correcciones relativas a las observaciones astronómicas y otro referente a las magnéticas.

En el primero se han calculado las tablas de corrección de azimutes como consecuencia de la inclinación residual de los ejes de giro de los anteojos acodado y azimutal, ya que el ajuste mecánico no puede sobrepasar ciertos límites de precisión. Previamente se efectuó la corrección de índice, imprescindible en toda estación, y la de perpendicularidad del eje de colimación con el de giro.

Se incluye una tabla que contiene los valores de $1 + \frac{S'}{86.400}$, que permite efectuar la corrección por movimiento del cronómetro.

El capítulo dedicado a la contrastación de las observaciones magnéticas comprende:

1.° La medición de las distancias entre las muescas de las barras de desviaciones; tomando estas medidas como base se han formado las tablas de barra, que contienen los valores de $\log \frac{1}{2} r^3$ y C° 2 log r necesarios para el cálculo de H.

2.° La regulación de los topes de las cajitas de desviaciones para conseguir un centrado perfecto del imán.

3.° La determinación del valor angular de las divisiones de escala de la cámara de oscilaciones.

4.° El estudio de la amplitud que es preciso dar a las oscilaciones para conseguir que las divisiones de la escala correspondan a décimas de segundo en tiempo.

5.° La relación entre los momentos de los imanes de declinación, con objeto de comprobar si es la conveniente, y la colimación de los citados imanes.

6.° Un estudio de los hilos de suspensión más adecuados para las observaciones de declinación y oscilaciones.

7.° Apreciación de los inductores y examen de sus galvanómetros.

Se acompañan, además, unas tablas de los valores $\left(1 + \frac{F}{MH}\right)$ y $\frac{\alpha\alpha'}{16}$ que permiten aplicar, en el cálculo de H, las correcciones de torsión y amplitud de oscilación.

I

APARATO 2.123

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ACODADO

Observación: Primera nivelación.

Serie número.	OBSERVACIONES	ARRIBA		ABAJO		DIFERENCIAS	
		I	II	I	II	I	II
A 1	Anteojo normal: I 308° II 128°	15° 51′	195° 51′				
2				16° 1′5	196° 1′5	10′5	10′5
3	Limbo vertical...	51′25	51′5			10′25	10′
4				1′5	1′5	10′25	10′
5		51′5	51′5			10′	10′
6				1′5	1′5	10′	10′
7		51′	51′			10′5	10′5
A 8	Anteojo invertido: I 52° II 232°	196° 12′	16° 12′5				
9				196° 2′5	16° 2′5	9′5	10′
10	Limbo vertical...	12′5	12′5			10′	10′
11				2′5	2′5	10′	10′
12		12′5	13′			10′	10′5
13				2′5	2′5	10′	10′5
14		12′75	13′			10′25	10′5

II

APARATO 2.123

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ACODADO

Observación: Segunda nivelación.

Serie número.		OBSERVACIONES	ARRIBA		ABAJO		DIFERENCIAS	
			I	II	I	II	I	II
B	1	Anteojo normal quitando y poniendo el acodado: Limbo vertical.. I 308° II 128°	15° 52'5	195° 52'5				
	2				16° 2'5	196° 2'5	10'	10'
	3		52'5	52'5			10'	10'
	4				2'	2'25	9'5	9'75
	5		53'	53'			9'	9'25
	6				2'75	2'75	9'75	9'75
	7		53'	53'25			9'75	9'50
B	8	Anteojo invertido quitando y poniendo el acodado: Limbo vertical.. I 52° II 232°	196° 11'	16° 11'				
	9				196° 1'5	16' 1'0	9'5	10'
	10		11'5	11'5			10'	10'5
	11				1'0	1'0	10'5	10'5
	12		12'	12'			11'	11'
	13				1'75	1'75	10'25	10'25
	14		11'5	11'5			9'75	9'75

III

APARATO ¿?

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ACODADO

Observación: Primera nivelación.

Serie número.	OBSERVACIONES	ARRIBA		ABAJO		DIFERENCIAS	
		I	II	I	II	A	B
A 1	Anteojo izquierda: I 46° 50' / II 226° 50' — Limbo vertical.	269° 26'	89° 26'5				
2				269° 19'5	89° 20'	6'5	6'5
3		26'	26'5			6'5	6'5
4				19'	19'	7'	7'5
5		26'	26'5			7'	7'5
6				19'5	20'	6'5	6'5
7		25'75	26'25			6'25	6'25
A 8	Anteojo derecha: I 46° 50' / II 226° 50' — Limbo vertical.	89° 12'5	269° 13'				
9				89° 20'	269° 20'	7'5	7'
10		12'5	12'75			7'5	7'25
11				20'	20'5	7'5	7'25
12		13'	13'			7'	7'5
13				19'	19'	6'	6'
14		12'5	13'			6'5	6'

IV

APARATO ¿?

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ACODADO

Observación: Segunda nivelación.

Serie número.	OBSERVACIONES	ARRIBA		ABAJO		DIFERENCIAS	
		I	II	I	II	A	B
B 1	Anteojo izquierda: I 46° 50' II 226° 50' Limbo vertical.	269° 30'5	89° 31'5				
2				269° 23'	89° 23'5	6'5	8'
3		30'	31'			7'	7'5
4				24'	25'	6'	6'
5		30'5	31'5			6'5	6'5
6				22'	23'	8'5	8'5
7		30'75	31'5			8'75	8'5
B 8	Anteojo derecha: I 46° 50' II 226° 50' Limbo vertical.	89° 17'	269° 17'25				
9				89° 24'	269° 24'5	7'	7'25
10		17'5	17'5			6'5	7'
11				24'5	25'	7'	7'5
12		17'5	18'			7'	7'
13				24'	24'	6'5	6'
14		17'5	17'75			6'5	6'25

V

APARATO 2.123

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ACODADO

Error probable.

Serie	Microscopio	Observaciones	Valores	$a - a_o$	$(a - a_o)^2$
A a. n.	I	1	10,5	+ 0,4375	0,191406
		2	10,25	+ 0,1875	0,035156
		3	10,25	+ 0,1875	0,035156
		4	10	− 0,0625	0,003906
		5	10	− 0,0625	0,003906
		6	10,5	+ 0,4375	0,191406
	II	1	10,5	+ 0,4375	0,191406
		2	10	− 0,0625	0,003906
		3	10	− 0,0625	0,003906
		4	10	− 0,0625	0,003906
		5	10	− 0,0625	0,003906
		6	10,5	+ 0,4375	0,191406
A a. i.	I	1	9,5	− 0,5625	0,316406
		2	10	− 0,0625	0,003906
		3	10	− 0,0625	0,003906
		4	10	− 0,0625	0,003906
		5	10	− 0,0625	0,003906
		6	10,25	+ 0,1875	0,035156
	II	1	10	− 0,0625	0,003906
		2	10	− 0,0625	0,003906
		3	10	− 0,0625	0,003906
		4	10,5	+ 0,4375	0,191406
		5	10,5	+ 0,4375	0,191406
		6	10,5	+ 0,4375	0,191406
B a. n.	I	1	10	− 0,0625	0,003906
		2	10	− 0,0625	0,003906
		3	9,5	− 0,5625	0,316406
		4	9	− 1,0625	1,128906
		5	9,75	− 0,3125	0,097656
		6	9,75	− 0,3125	0,097656
	II	1	10	− 0,0625	0,003906
		2	10	− 0,0625	0,003906
		3	9,75	− 0,3125	0,097656
		4	9,75	− 0,3125	0,097656
		5	9,75	− 0,3125	0,097656
		6	9,50	− 0,5625	0,316406

Serie	Microscopio	Observaciones	Valores	$a - a_0$	$(a - a_0)^2$
B a. i.	I	1	9,5	− 0,5625	0,316406
		2	10	− 0,0625	0,003906
		3	10,5	+ 0,4375	0,191406
		4	11	+ 0,9375	0,878906
		5	10,25	+ 0,1875	0,035156
		6	9,75	− 0,3125	0,097656
	II	1	10	− 0,0625	0,003906
		2	10,5	− 0,4375	0,191406
		3	10,5	− 0,4375	0,191406
		4	11	+ 0,9375	0,878906
		5	10,25	+ 0,1875	0,035156
		6	9,75	− 0,3125	0,097656
			483,00	10,0625	7,564488

Error probable:

$$\varepsilon = \pm 0{,}6745 \sqrt{\frac{\Sigma (a - a_0)^2}{n(n-1)}} = \pm 0{,}6745 \sqrt{\frac{7{,}584488}{48 \times 47}} = \pm 0{,}039057 \simeq 0{,}04 .$$

VI

APARATO ¿?

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ACODADO

Error probable.

Serie	Microscopio	Observaciones	Valores	$a - a_0$	$(a - a_0)^2$
A a. n.	I	1	6,50	− 0,4427	0,19598
		2	6,50	− 0,4427	0,19598
		3	7,00	+ 0,0573	0,00328
		4	7,00	+ 0,0573	0,00328
		5	6,50	− 0,4427	0,19598
		6	6,25	− 0,6927	0,47983
	II	1	6,50	− 0,4427	0,19598
		2	6,50	− 0,4427	0,19598
		3	7,50	+ 0,5573	0,31058
		4	7,50	+ 0,5573	0,31058
		5	6,50	− 0,4427	0,19598
		6	6,25	− 0,6927	0,47983
A a. i.	I	1	7,50	+ 0,5573	0,31058
		2	7,50	+ 0,5573	0,31058
		3	7,50	+ 0,5573	0,31058
		4	7,00	+ 0,0573	0,00328
		5	6,00	− 0,9427	0,88868
		6	6,50	− 0,4427	0,19598
	II	1	7,00	+ 0,0573	0,00328
		2	7,25	+ 0,3073	0,09443
		3	7,25	+ 0,3073	0,09443
		4	7,50	+ 0,5573	0,31058
		5	6,00	− 0,9427	0,88868
		6	6,00	− 0,9427	0,88868
B a. n.	I	1	6,50	− 0,4427	0,19598
		2	7,00	+ 0,0573	0,00328
		3	6,00	− 0,9427	0,88868
		4	6,50	− 0,4427	0,19598
		5	8,50	+ 1,5573	2,42518
		6	8,75	+ 1,8073	3,26633
	II	1	8,00	+ 1,0573	1,11788
		2	7,50	+ 0,5573	0,31058
		3	6,00	− 0,9427	0,88868
		4	6,50	− 0,4427	0,19598
		5	8,50	+ 1,5573	2,42518
		6	8,50	+ 1,5573	2,42518

Serie	Microscopio	Observaciones	Valores	$a - a_0$	$(a - a_0)^2$
B a. i.	I	1	7,00	+ 0,0573	0,00328
		2	6,50	− 0,4427	0,19598
		3	7,00	+ 0,0573	0,00328
		4	7,00	+ 0,0573	0,00328
		5	6,50	− 0,4427	0,19598
		6	6,50	− 0,4427	0,19598
	II	1	7,25	+ 0,3073	0,19443
		2	7,00	+ 0,0573	0,00328
		3	7,50	+ 0,5573	0,31058
		4	7,00	+ 0,0573	0,00328
		5	6,00	− 0,9427	0,88868
		6	6,25	− 0,6927	0,47983
			333,25	6,9427	23,77980

Error probable:

$$\varepsilon = \pm 0{,}6745 \sqrt{\frac{\Sigma(a - a_0)^2}{n(n-1)}} = \pm 0{,}6745 \sqrt{\frac{23{,}7798}{48 \times 47}} = \pm 0{,}069234 \simeq \pm 0{,}07 .$$

VII

APARATO 2.123

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ANTEOJO AZIMUTAL

Observación.

Serie número.	OBSERVACIONES	ARRIBA		ABAJO		DIFERENCIAS	
		I	II	I	II	I	II
A 1	Primera nivelación: Altura.... 40° 15′	189° 49′	9° 49′			3′	3′25
A 2				189° 52′	9° 52′25	3′50	4′
A 3		48′5	48′25			3′50	3′25
A 4				52′	51′75	4′	3′75
A 5		48′	48′				
B 1	Segunda nivelación con giro de 120° de la plataforma.	64° 26′5	244° 27′			3′	2′5
B 2				64° 29′5	244° 29′5	2′75	3′
B 3		26′75	26′5			3′	3′
B 4				29′75	29′5	3′25	3′
B 5		26′5	26′5				
C 1	Tercera nivelación con giro de plataforma de 240°	302° 34′	122° 34′5			3′25	3′
C 2				302° 37′25	122° 37′5	3′25	3′
C 3		34′	34′25			2′75	2′75
C 4				36′75	37′	2′75	3′
C 5		34′	34′				

VIII

APARATO ¿?

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ANTEOJO AZIMUTAL

Observación.

Serie número.		OBSERVACIONES	ARRIBA		ABAJO		DIFERENCIAS	
			I	II	I	II	A	B
A	1	Primera nivelación: Altura.... 39° 50'	333° 49'	153° 50'			2'	1'50
	2				333° 47'	153° 48'5	2'	1'50
	3		49'	50'			2'25	2'
	4				46'75	48'	1'75	1'50
	5		48'5	49'5				
B	1	Segunda nivelación con giro de 120° de la plataforma.	92° 44'	272° 44'5			3'	3'
	2				92° 41'	272° 41'5	2'50	3'
	3		43'5	44'5			2'	2'75
	4				41'5	41'75	2'	2'75
	5		43'5	44'5				
C	1	Tercera nivelación con giro de la plataforma de 240°	209° 59'75	30° 00'			2'75	2'
	2				209° 57'	29° 58'	2'50	2'
	3		59'5	00'			2'50	2'50
	4				57'	57'5	3'	3'
	5		210° 00'	00'5				

IX

APARATO 2.123

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ANTEOJO AZIMUTAL

Error probable.

Serie.	Microscopio.	Observaciones.	Valores.	$a - a_0$	$(a - a_0)^2$
A	I	1	3,00	− 0,14583	0,02123
		2	3,50	+ 0,35417	0,12544
		3	3,50	+ 0,35417	0,12544
		4	4,00	+ 0,85417	0,72961
	II	1	3,25	+ 0,10417	0,01085
		2	4,00	+ 0,85417	0,72961
		3	3,25	+ 0,10417	0,01085
		4	3,75	+ 0,60417	0,36502
B	I	1	3,00	− 0,14583	0,02123
		2	2,75	− 0,39583	0,15668
		3	3,00	− 0,14583	0,02123
		4	3,25	+ 0,10417	0,01085
	II	1	2,50	− 0,64583	0,41709
		2	3,00	− 0,14583	0,02123
		3	3,00	− 0,14583	0,02123
		4	3,00	− 0,14583	0,02123
C	I	1	3,25	+ 0,10417	0,01085
		2	3,25	+ 0,10417	0,01085
		3	2,75	− 0,39583	0,15668
		4	2,75	− 0,39583	0,15668
	II	1	3,00	− 0,14583	0,02123
		2	3,00	− 0,14583	0,02123
		3	2,75	− 0,39583	0,15668
		4	3,00	− 0,14583	0,02123
			75,50	3,14583	3,36427

Error probable:

$$\epsilon = \pm\, 0{,}6745 \sqrt{\frac{\Sigma(a - a_0)^2}{n(n-1)}} = \pm\, 0{,}6745 \sqrt{\frac{3{,}36427}{24 \times 23}} = 0{,}052657 \simeq \pm\, 0{,}05.$$

X

APARATO ¿?

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO DEL ANTEOJO AZIMUTAL

Error probable.

Serie.	Microscopio.	Observaciones.	Valores.	$a - a_0$	$(a - a_0)^2$
A	I	1	2,00	— 0,32291	0,10427
		2	2,00	— 0,32291	0,10427
		3	2,25	— 0,07291	0,00531
		4	1,75	— 0,57291	0,32823
	II	1	1,50	— 0,82291	0,67718
		2	1,50	— 0,82291	0,67718
		3	2,00	— 0,32291	0,10427
		4	1,50	— 0,82291	0,67718
B	I	1	3,00	+ 0,67709	0,45845
		2	2,50	+ 0,17709	0,31361
		3	2,00	— 0,32291	0,10427
		4	2,00	— 0,32291	0,10427
	II	1	3,00	+ 0,67709	0,45845
		2	3,00	+ 0,67709	0,45845
		3	2,75	+ 0,42709	0,18241
		4	2,75	+ 0,42709	0,18241
C	I	1	2,75	+ 0,42709	0,18241
		2	2,50	+ 0,17709	0,31361
		3	2,50	+ 0,17709	0,31361
		4	3,00	+ 0,67709	0,45845
	II	1	2,00	— 0,32291	0,10427
		2	2,00	— 0,32291	0,10427
		3	2,50	+ 0,17709	0,31361
		4	3,00	+ 0,67709	0,45845
			55,75	2,32291	7,18889

Error probable:

$$\varepsilon = \pm 0{,}6745 \sqrt{\frac{\Sigma(a - a_0)^2}{n(n-1)}} = 0{,}6745 \sqrt{\frac{7{,}18889}{24 \times 23}} = 0{,}076974 \simeq \pm 0{,}08.$$

XI

MEDICIÓN EN EL COMPARADOR DE LA BARRA PARA DESVIACIONES DEL EQUIPO NÚM. 2.123

Día 30 de octubre de 1945.

Distancia larga. Temperaturas... $\left\{\begin{matrix} i & 18°,5 \\ f & 18°,5 \end{matrix}\right\}$ media 18°,5.

MICROSCOPIO	HILO EXTREMO IZQUIERDA		HILO EXTREMO DERECHA	
	tg izquierda.	tg derecha.	tg izquierda.	tg derecha.
Izquierda.....	120,734	116,730	120,730	116,450
Derecha.....	860,909	856,560	860,912	856,555
Diferencias..	740,175	740,115	740,182	740,105

Valor medio de la distancia entre centros de muescas = 740,14425 mm.

e_t (a 18°,5) = 37,0072125 cm.

Distancia corta. Temperaturas... $\left\{\begin{matrix} i & 18°,5 \\ f & 18°,5 \end{matrix}\right\}$ media 18°,5.

MICROSCOPIO	HILO EXTREMO IZQUIERDA		HILO EXTREMO DERECHA	
	tg izquierda.	tg derecha.	tg izquierda.	tg derecha.
Izquierda.....	210,777	206,444	210,769	206,446
Derecha.....	770,824	766,528	770,827	766,526
Diferencias..	560,047	560,084	560,058	560,080

Valor medio de la distancia entre centros de muescas = 560,06725 mm.

e_t (a 18°,5) = 28,0033625 cm.

Patrón de miras a 20° = 1m,000028, cuyo coeficiente de dilatación = $(1{,}280\mu - 0{,}002110)\ 10^{-6}$, luego a 18°,5 serán las distancias verdaderas

$$e_t\ 1{,}000028\ [1 + 0{,}00000128\ (t - t_0) - 0{,}00000000211\ (t - t_0)^2].$$

Despreciando el término cuadrático y reduciendo la barra de latón a 20°

$$\log r_{20} = \log e_t + \log 1{,}000028 + \log 0{,}99999808 + \log 1{,}0000285.$$

XII

MEDICIÓN EN EL COMPARADOR DE LA BARRA PARA DESVIACIONES DEL EQUIPO NÚM. ¿?

Día 31 de octubre de 1945.

Distancia larga. Temperaturas... $\left\{\begin{matrix} i & 18°,0 \\ f & 18°,0 \end{matrix}\right\}$ media 18°,0.

MICROSCOPIO	HILO EXTREMO IZQUIERDA		HILO EXTREMO DERECHA	
	tg izquierda.	tg derecha.	tg izquierda.	tg derecha.
Izquierda.....	135,460	131,060	135,467	131,096
Derecha.....	875,537	870,310	875,531	870,268
Diferencias..	740,077	739,250	740,064	739,172

Valor medio de la distancia entre centros de muescas = 739,64075 mm.

e_t (a 18°) = 36,9820375 cm.

Distancia corta. Temperaturas... $\left\{\begin{matrix} i & 18°,0 \\ f & 18°,0 \end{matrix}\right\}$ media 18°,0.

MICROSCOPIO	HILO EXTREMO IZQUIERDA		HILO EXTREMO DERECHA	
	tg izquierda.	tg derecha.	tg izquierda.	tg derecha.
Izquierda.....	225,522	221,300	225,666	221,270
Derecha.....	785,728	781,315	785,756	781,437
Diferencias..	560,206	560,015	560,090	560,167

Valor medio de la distancia entre centros de muescas = 560,11975 mm.

e_t (a 18°) = 28,0059875 cm.

Patrón de miras a 20° = 1^m,000028, cuyo coeficiente de dilatación = $(1{,}280\mu - 0{,}002110)\ 10^{-6}$, luego a 18° serán las distancias verdaderas

$$e_t\ 1{,}000028\ [1 + 0{,}00000128\ (t - t_0) - 0{,}00000000211\ (t - t_0)^2].$$

Despreciando el término cuadrático y reduciendo la barra de latón a 20°

$$\log r_{20} = \log e_t + \log 1{,}000028 + \log 0{,}99999744 + \log 1{,}0000380.$$

PARTE TERCERA

CAPÍTULO V

COEFICIENTE DE INDUCCIÓN

Los coeficientes que han sido determinados son los de inducción, temperatura y momento de inercia del sistema oscilante; todos habían sido ya calculados en los años 1935-36; sin embargo, las ligeras modificaciones realizadas en algunas suspensiones han aconsejado volver a determinar el de inercia y, desde luego, los de inducción y temperatura, que indudablemente han sufrido variación en tan largo período de tiempo.

Entre los varios métodos que pueden utilizarse para esta determinación, actualmente uno de los más perfectos es el de Weber, que hemos empleado por existir en el Observatorio de Buenavista un equipo instrumental adecuado a este fin.

El clásico procedimiento debido a Lamont, que se venía utilizando en el Instituto, hubiera sido también seguido por nosotros además del de Weber, para evidenciar la superioridad del de Weber sobre el de Lamont, pero esto no nos ha sido posible por carecer de los suplementos para colocar vertical el imán que se contrasta.

: Fundamento del : método de Weber.

Para llegar a la determinación del factor de inducción o capacidad inductiva $\mu = Mh$, siguiendo la notación del manual de Fossi, se utiliza la fórmula siguiente:

$$\mu = \frac{1}{2} \times \frac{m_p}{Z} \times \frac{i_2 - i_1}{i_2}$$

en la que

m_p = momento conocido de un imán patrón.

Z = componente vertical del campo magnético terrestre.

i_1 = lectura de escala de un galvanómetro balístico cuando. gira la bobina sola 180°.

i_2 = lectura de escala de un galvanómetro balístico cuando. gira la bobina con el imán que se investiga.

i_3 = lectura de escala de un galvanómetro balístico cuando. se introduce o extrae con rapidez en la bobina el imán patrón.

Siempre que se tome para i_3 la media de las observaciones con N_i y N_d, ya que para cada una de éstas m_p viene multiplicado por la expresión $(1 \pm h_m Z)$.

En efecto; si una bobina bajo la acción del campo magnético terrestre gira 180°, partiendo de la posición vertical, se induce en ella una fuerza electromotriz que vale

$$\Phi \cdot 2Z$$

siendo Φ el área de devanado de la bobina (Bock). Llamando R a la resistencia total del circuito, la intensidad de la corriente será

$$\Phi \cdot 2Z \cdot \frac{1}{R},$$

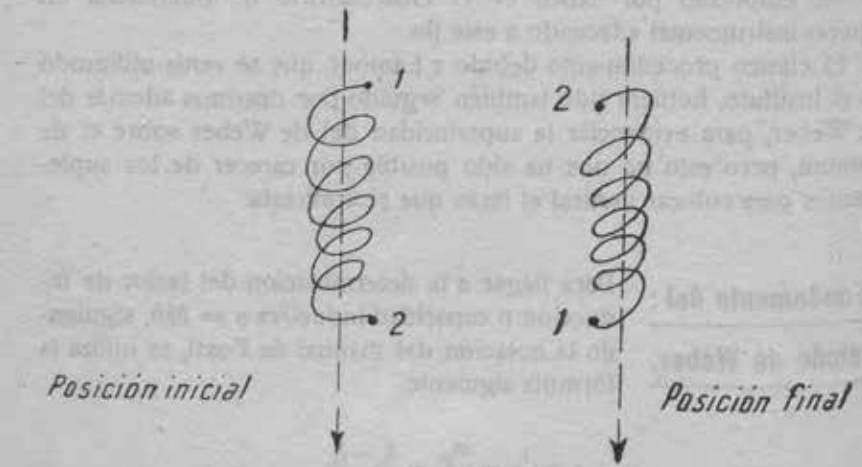


Figura 5.ª

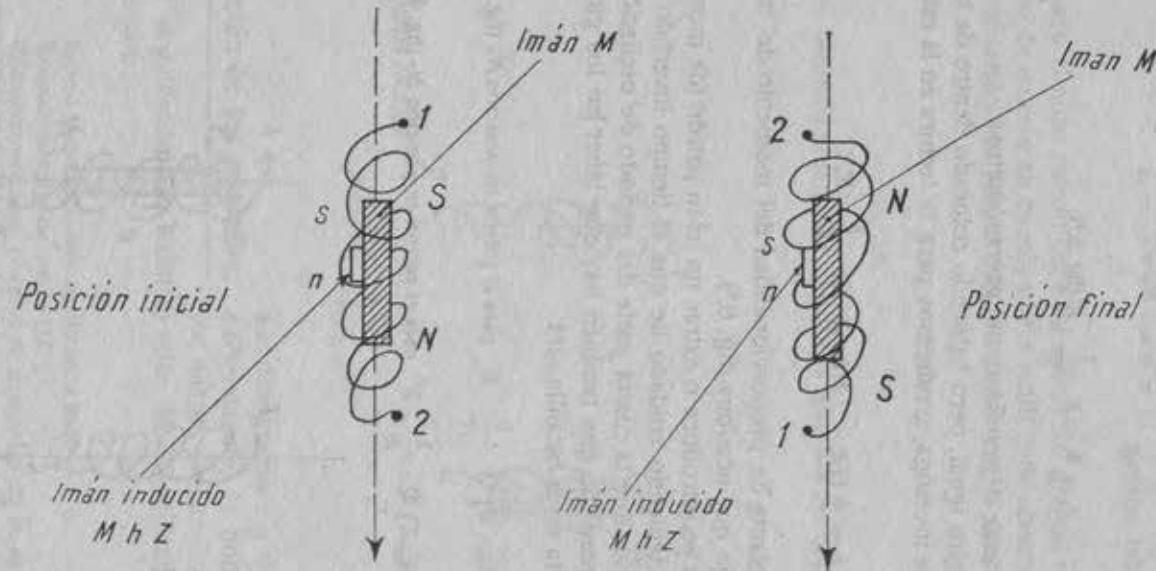


Figura 6.ª

En la variación de flujo no interviene el imán real *N S*, de momento *M*, por ser invariable su posición con respecto a la bobina.
Sí interviene el imán inducido *n s*, de momento *h M Z*.

y, por lo tanto, el impulso en un galvanómetro balístico, o sea la lectura en la escalilla del mismo:

$$i_1 = \Phi \cdot 2Z \cdot \frac{1}{R} \cdot K \text{ (fig. 5.ª)};$$

siendo K una constante dependiente del galvanómetro.

Al efectuar un giro igual, pero habiendo colocado dentro de la bobina el imán que se investiga, tendremos para la lectura en la escalilla del galvanómetro

$$i_2 = \Phi\,(2Z + 2\,Mh \cdot Z - Q) \cdot \frac{1}{R} \cdot K,$$

siendo Q una constante de proporcionalidad del momento del imán a la variación de flujo que ocasiona (fig. 6.ª).

Si en la bobina se introduce o extrae un imán patrón (de momento conocido $= m_p$), teniendo cuidado de que el tiempo invertido en la operación sea menor que la cuarta parte del período de oscilación del galvanómetro, precaución que también hay que tener en los giros de la bobina, la lectura en la escalilla será

$i'_2 = \Phi\,(m_p + m_p h_m \cdot Z)\,Q \cdot \frac{1}{R} \cdot K$ para el patrón en posición N_d (fig. 7.ª).

$i''_2 = \Phi\,(m_p - m_p h_m Z)\,Q \cdot \frac{1}{R} \cdot K$ para el patrón en posición N_e (fig. 8.ª).

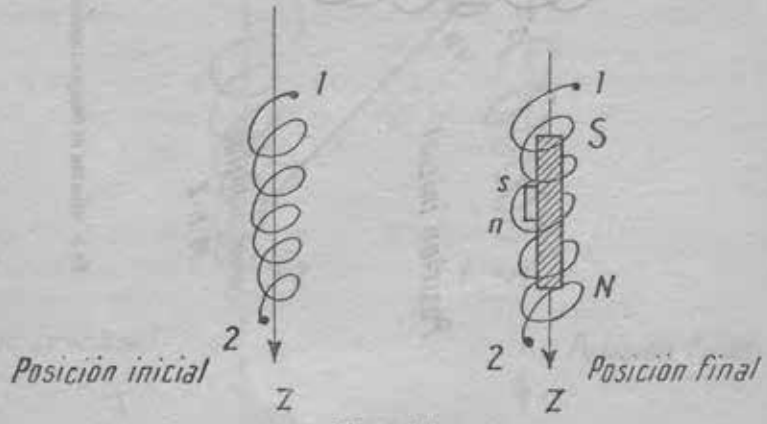


Figura 7.ª

de donde

$$i_3 = \frac{i'_3 + i''_3}{2} = \Phi\, m_p Q\, \frac{1}{R}\, K.$$

Cuando el imán patrón tiene un momento grande el imán inducido apenas ha de tenerse en cuenta y será indiferente observar con N_d o N_e.

Combinando los resultados obtenidos en las tres operaciones, se tiene

$$\frac{i_2 - i_1}{i_3} = \frac{2\,Mh \cdot Z}{m_p},$$

de donde inmediatamente se deduce la fórmula general ya expuesta.

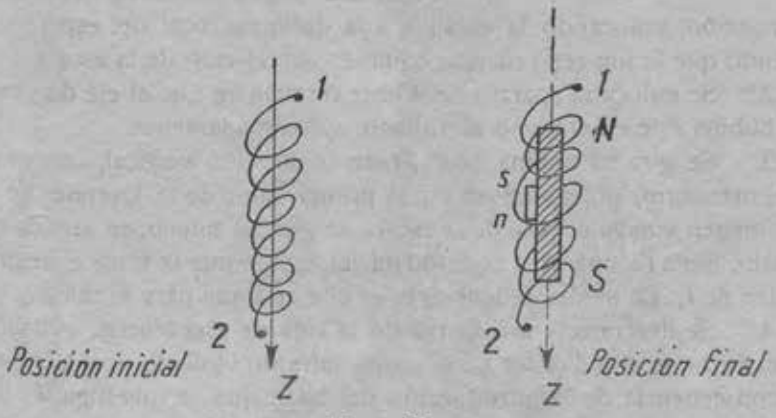


Figura 8.ª

Descripción de los aparatos. Las fotografías 1 y 2 muestran, respectivamente, la bobina de Weber, los imanes preparados para la observación y el galvanómetro balístico núm. 40.799 utilizado, cuyas características son:

Espejo plano con lente de distancia focal = 1 m.
Resistencia entre bornas = 500 Ω
Constante ordinaria por mm. de desviación a 1 m. de distancia $C = 14{,}2 \times 10^{-9} A$.
Constante balística para 1.500 Ω del circuito exterior $C_b = 24 \times 10^{-9} Cb$.

Este galvanómetro forma parte del instrumental de la Sección geoeléctrica del Observatorio.

En la fotografía núm. 3 puede verse el conjunto de la instalación provisional que utilizamos para la contrastación. Además de los instrumentos antes mencionados aparece la escala de lectura del galvanómetro y la caja de resistencias, que permite reducir la sensibilidad de la instalación de modo conveniente y en armonía con los imanes que se manejen; en nuestro caso fué empleada la reducción 1/10 para los valores de i_s (imán patrón).

Método operatorio. Esta operación, que es muy sencilla, se realiza del modo siguiente:

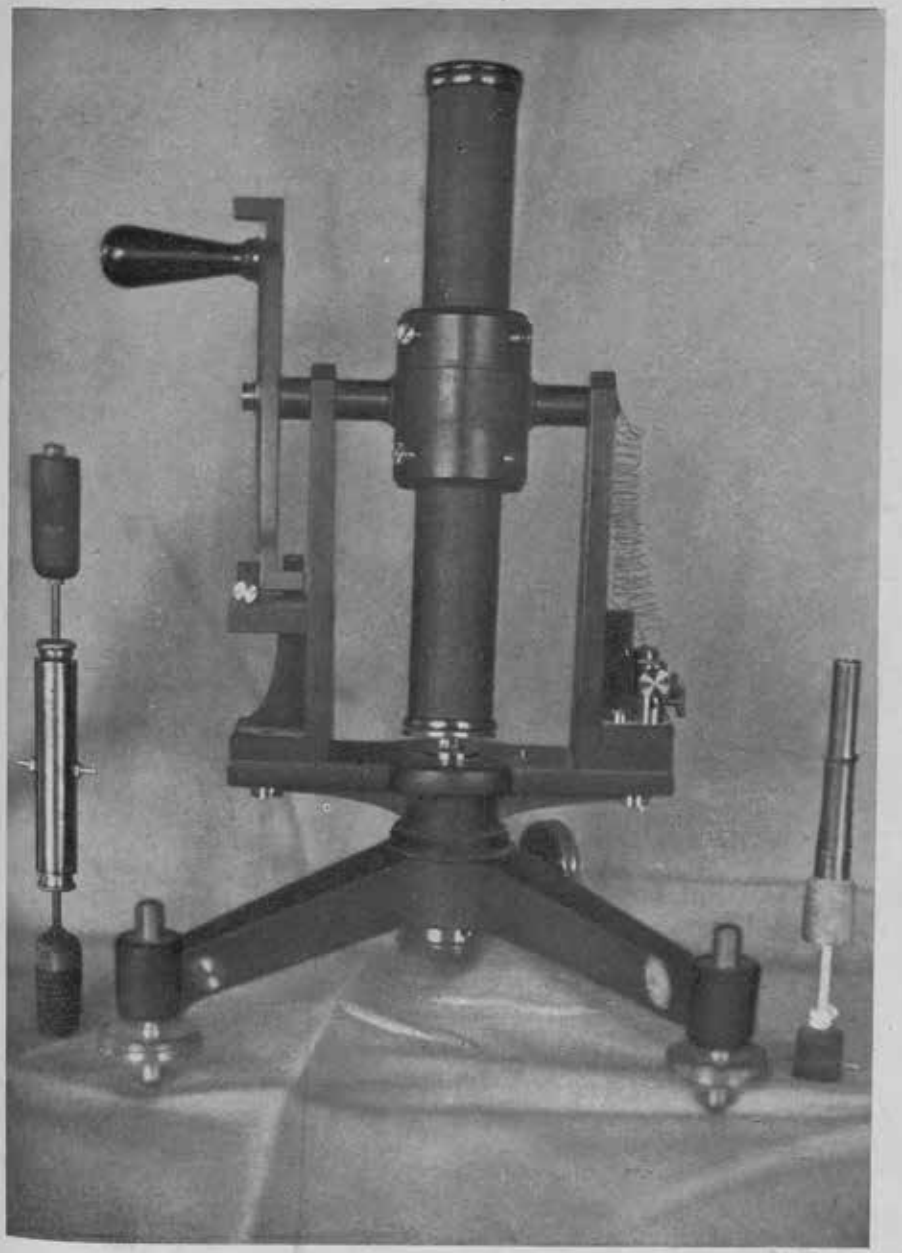
1.° Se instala el galvanómetro cuidando la nivelación, colocando la escalilla a la distancia focal del espejo y haciendo que la imagen reflejada coincida con el cero de la escala.

2.° Se coloca el aparato de Weber de manera que el eje de giro de la bobina esté en el plano meridiano, aproximadamente.

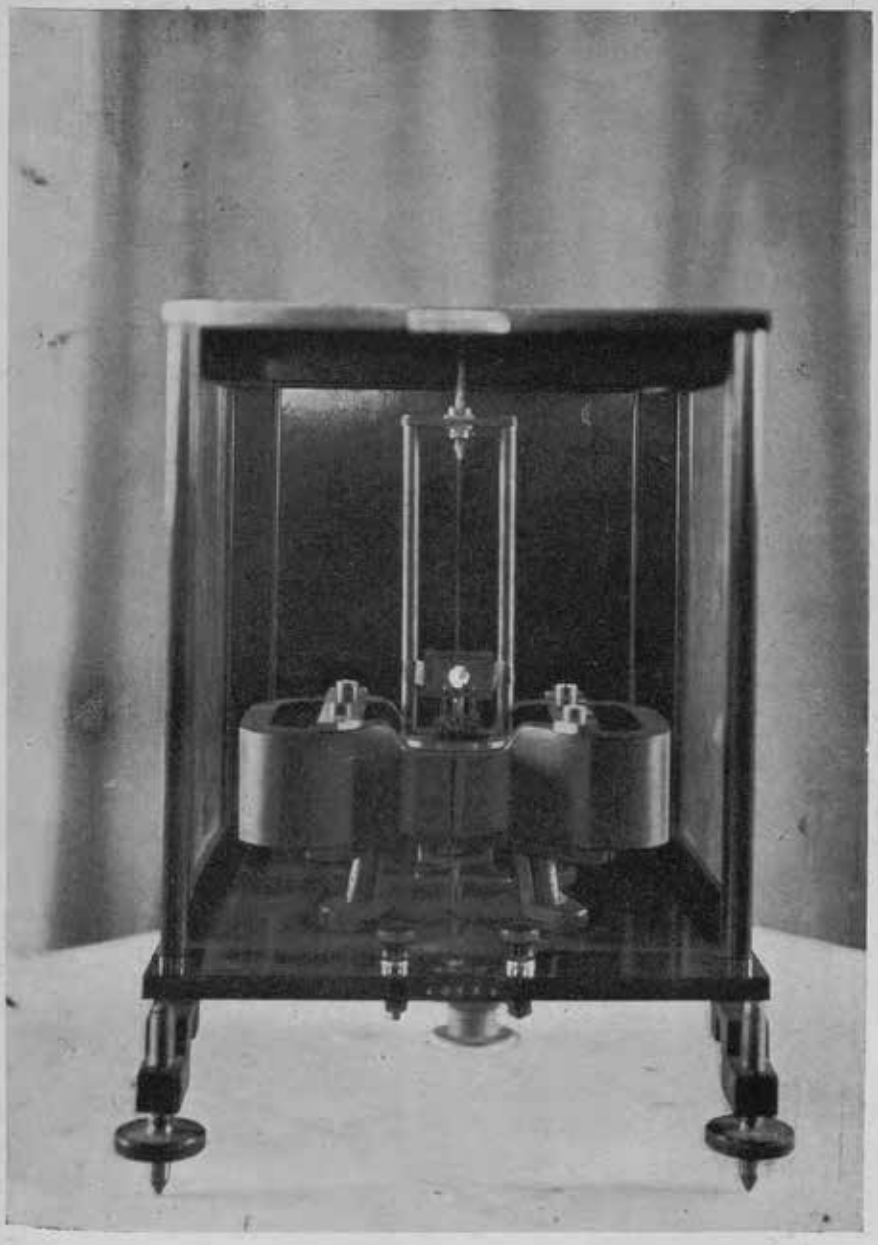
3.° Se gira la bobina 180° desde la posición vertical, con auxilio del manubrio, obteniéndose así el primer valor de i_1. Después de que la imagen vuelve al cero de la escala, se gira de nuevo, en sentido contrario, hasta recuperar la posición inicial, con lo que se toma el segundo valor de i_1. La media de ambos es el que se toma para el cálculo.

4.° Se desconecta una borna de la caja de resistencias, evitándose con ello que el indicador de la escala sufra un violento desplazamiento a consecuencia de la introducción del imán que se investiga. El imán debe quedar sensiblemente centrado en el interior de la bobina, para lo cual deben regularse los topes a tornillo que le sujetan en el vástago; además, la longitud entre las cabezas de madera debe ser tal, que el conjunto encaje lo más perfectamente posible en el interior de la bobina, para evitar huelgos que, al girar la bobina, darían lugar a desplazamientos del imán y, por lo tanto, a corrientes inducidas que conducen a resultados erróneos en i_2. Una vez instalado el imán dentro de la bobina de Weber y conectada la borna de la caja de resistencias, se opera análogamente al punto 3.°; obteniéndose así dos valores de i_2, cuya media se toma para el cálculo.

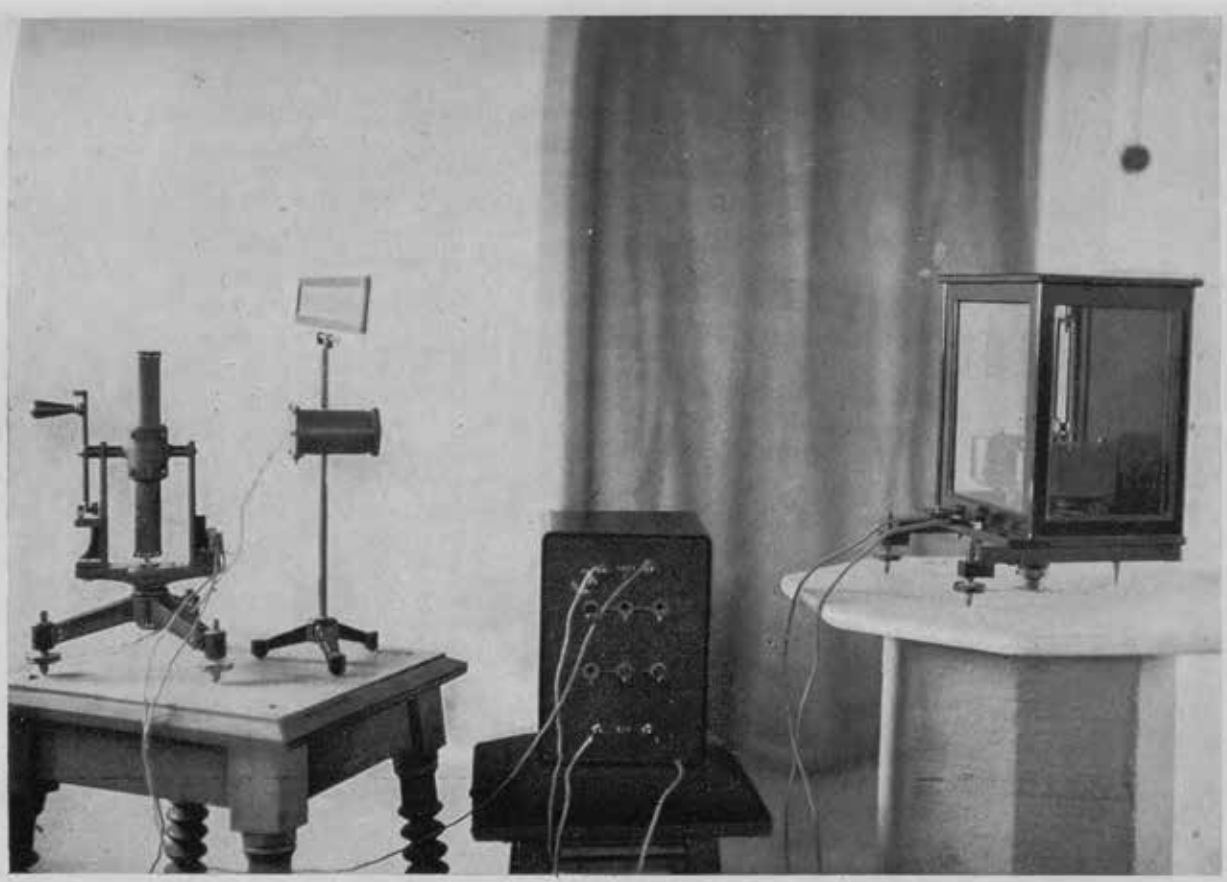
5.° Se desemborna la caja de resistencias antes de extraer el imán de barra. Se preparan las clavijas de la caja de resistencias para la reducción conveniente, según el patrón a emplear. Practicamos la opera-



FOTOGRAFÍA 1.—Bobina de Weber, en el centro. A la izquierda, el imán que se investiga montado en el vástago; las muletillas han de separarse para introducir el imán en la bobina de Weber. A la derecha, el imán-patrón, montado en su sujeción.



FOTOGRAFÍA 2. – Galvanómetro balístico del Gabinete Geoeléctrico del Observatorio.



FOTOGRAFÍA 3.—Instalación completa del instrumental utilizado para la determinación del coeficiente de inducción, por el método de Weber. De izquierda a derecha: bobina de Weber; escalilla del galvanómetro con su foco; caja de resistencias y galvanómetro balístico.

ción con el imán núm. 103 L del equipo Carnegie, cuyo momento es de 233 Γ cm.^{3}, al que conviene la reducción de 1/10 en la sensibilidad (intensidad de corriente 10 veces menor), para que el indicador no se salga del campo de la escalilla. A continuación, conectada la caja nuevamente, se introduce el vástago con el imán patrón con la mayor rapidez posible, estando el Weber en posición vertical, leyéndose en la escala el primer valor i_s. Una vez vuelto a cero el indicador de la escalilla, se extrae bruscamente el vástago con el patrón, obteniéndose la segunda lectura de i_s. Ambas lecturas, pues, son con el norte del imán patrón en la misma posición; entre todas las observaciones practicadas se colocó el patrón la mitad de las veces con el N_e y la otra mitad con N_d.

Cuadros de observación :: :: y cálculo. :: ::

Los resultados de observación y el desarrollo de cálculo se consignan en dos cuadros independientes para cada uno de los cuatro imanes ensayados, habiéndose obtenido los valores siguientes:

	IMANES	$\mu = M \cdot h$
A	Número 10.....	13,712
B	Número 4 N....	13,005
C	Número 2 B....	12,066
D	Número 2 C....	11,927

IMÁN NÚM. 2 C EQUIPO ¿?

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE INDUCCIÓN

26 de noviembre de 1945.

PRIMERA SERIE (Patrón N_d)

Hora.....	Temperatura.	IMPULSOS a	IMPULSOS b	Media....	Posición..
h m					
13 50	12° 2	15	16	15,5	i_1
		39	39	39	i_2
		53	62,5	62,75	i_3
13 57	12° 3	16	15,5	15,75	i_1
		39	39	39	i_2
		63,5	62,5	63	i_3
14 00	12° 4	15,5	15,5	15,5	i_1
		38,5	39	38,75	i_2
		64	62,5	63,25	i_3
14 06	12° 5	15	15	15	i_1
		39	39	39	i_2
		63	63	63	i_3
14 10	12° 6	16	15	15,5	i_1
		38,5	39	38,75	i_2
		63	63,5	63,25	i_3

SEGUNDA SERIE (Patrón N_e)

Hora.....	Temperatura.	IMPULSOS a	IMPULSOS b	Media....	Posición..
h m					
14 17	12° 8	15	15	15	i_1
		38	39	38,5	i_2
		62	63	62,5	i_3
14 22	12° 6	15	15	15	i_1
		38,5	39,2	38,85	i_2
		62,5	63	62,75	i_3
14 27	12° 7	15,5	15,2	15,35	i_1
		37,5	39	38,25	i_2
		62	63,5	62,75	i_3
14 33	13°	15,3	15,2	15,25	i_1
		38,7	39,7	39,20	i_2
		62,5	63,5	63	i_3
14 39	13°	15,3	15,5	15,4	i_1
		38,5	39	38,75	i_2
		62	63	62,5	i_3

Patrón = Carnegie L 105.
Momento del patrón = 233 Γ cm³.
Las observaciones i_2 están afectadas del factor de reducción $^1/_{10}$.

IMÁN NÚM. 2 C EQUIPO ¿?

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE INDUCCIÓN

$$\mu = \frac{1}{2} \times \frac{m_p}{z} \times \frac{i_2 - i_1}{i_3}$$

$$m_p = 233\ \Gamma\ \text{cm.}^3$$

z - base	36.120γ	$z = 36.120 + 51{,}5 \times 6{,}9 = 36.475\gamma$
sensibilidad	$6{,}9\gamma$	
ordenada	51,5 mm.	

$\log m_p$	=	2.367 3559
cotlog 2	=	$\bar{1}$.698 9700
cotlog z	=	0.438 0047
$\log \frac{1}{2} \times \frac{m_p}{z}$	=	2.504 3306

IMÁN NÚM. 2 C EQUIPO ¿?

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE INDUCCIÓN

$$\mu = \left[\frac{1}{2}\frac{m_p}{Z}\right] \times \frac{i_2 - i_1}{i_2} \qquad \log \mu = \log\left[\frac{1}{2}\frac{m_p}{Z}\right] + \log(i_2 - i_1) - \log i_2$$

PRIMERA SERIE.

$$\frac{39 - 15.5}{62.75} = \frac{23.5}{62.75} \left\{ \begin{array}{ll} \log & 23.5 = 1.371\ 0679 \\ \log & 627.5 = 2.797\ 6137 \\ \log \dfrac{i_2 - i_1}{i_2} & = \bar{2}.573\ 4542 \end{array} \right\} \log \mu = 1.077\ 7848 \quad \mu = 11.953$$

$$\frac{39 - 15.75}{63} = \frac{23.25}{63} \left\{ \begin{array}{ll} \log & 23.25 = 1.366\ 4230 \\ \log & 630 = 2.799\ 3405 \\ \log \dfrac{i_2 - i_1}{i_2} & = \bar{2}.567\ 0825 \end{array} \right\} \log \mu = 1.071\ 4131 \quad \mu = 11.788$$

$$\frac{38.75 - 15.5}{63.25} = \frac{23.25}{63.25} \left\{ \begin{array}{ll} \log & 23.25 = 1.366\ 4230 \\ \log & 63.25 = 2.801\ 0605 \\ \log \dfrac{i_2 - i_1}{i_2} & = \bar{2}.565\ 3625 \end{array} \right\} \log \mu = 1.069\ 6931 \quad \mu = 11.741$$

$$\frac{39 - 15}{63} = \frac{24}{63} \left\{ \begin{array}{ll} \log & 24 = 1.380\ 2112 \\ \log & 630 = 2.799\ 3405 \\ \log \dfrac{i_2 - i_1}{i_2} & = \bar{2}.580\ 8707 \end{array} \right\} \log \mu = 1.085\ 2013 \quad \mu = 12.167$$

$$\frac{38.75 - 15.5}{63.25} = \frac{23.25}{63.25} \left\{ \begin{array}{ll} \log & 23.25 = 1.366\ 4230 \\ \log & 632.5 = 2.801\ 0605 \\ \log \dfrac{i_2 - i_1}{i_2} & = \bar{2}.565\ 3625 \end{array} \right\} \log \mu = 1.069\ 6931 \quad \mu = 11.741$$

SEGUNDA SERIE.

$$\frac{38.5-15}{62.5}=\frac{23.5}{62.5}\left\{\begin{array}{l}\log\ 23.5=1.371\ 0679\\ \log\ 625=2.795\ 8800\\ \log\dfrac{i_2-i_1}{i_3}=\bar{2}.575\ 1879\end{array}\right\}\log\mu=1.079\ 5185\quad\mu=12.009$$

$$\frac{38.85-15}{62.75}=\frac{23.85}{62.75}\left\{\begin{array}{l}\log\ 23.85=1.377\ 4884\\ \log\ 627.5=2.797\ 6137\\ \log\dfrac{i_2-i_1}{i_3}=\bar{2}.579\ 8747\end{array}\right\}\log\mu=1.084\ 2053\quad\mu=12.139$$

$$\frac{38.25-15.35}{62.75}=\frac{22.90}{62.75}\left\{\begin{array}{l}\log\ 22.90=1.359\ 8355\\ \log\ 627.5=2.797\ 6137\\ \log\dfrac{i_2-i_1}{i_3}=\bar{2}.562\ 2218\end{array}\right\}\log\mu=1.066\ 5524\quad\mu=11.656$$

$$\frac{39.2-15.25}{63.00}=\frac{23.95}{63.00}\left\{\begin{array}{l}\log\ 23.95=1.379\ 3055\\ \log\ 630=2.799\ 3405\\ \log\dfrac{i_2-i_1}{i_3}=\bar{2}.579\ 9650\end{array}\right\}\log\mu=1.084\ 2956\quad\mu=12.142$$

$$\frac{38.75-15.4}{62.5}=\frac{23.35}{62.5}\left\{\begin{array}{l}\log\ 23.35=1.368\ 2869\\ \log\ 625=2.795\ 8800\\ \log\dfrac{i_2-i_1}{i_3}=\bar{2}.572\ 4069\end{array}\right\}\log\mu=1.076\ 7375\quad\mu=11.933$$

Media: $\mu=11.927\ \Gamma\text{cm}^3$.

IMÁN NÚM. 2 C BARRA EQUIPO ¿?

CORRECCIONES DE INDUCCIÓN Y TEMPERATURA

Desv. Dist. larga.

$$1 + \frac{2\mu}{r^3} + q(t-20) = 1 + \frac{11.927}{\frac{1}{2}r^3} + 0.000\ 7095\,(t-20).$$

$$\log \mu = 1.076\ 5312.$$

t	$\operatorname{colog}\frac{1}{2}r^3$	$\log\frac{2\mu}{r^3}$	$\frac{2\mu}{r^3}$	$q(t-20)$	$\left[1+\frac{2\mu}{r^3}+q(t-20)\right]$	$\log\left[1+\frac{2\mu}{r^3}+q(t-20)\right]$
5°	$\bar{5}.597\ 3462$	$\bar{4}.673\ 8774$	0.000 472	— 0.01 0642	0.98 9830	$\bar{1}.995\ 5606$
6	3214	8526		00 9933	0.99 0539	8716
7	2967	8279		9223	1249	996 1828
8	2719	8031		8514	1958	4933
9	2472	7784		7804	2668	8040
10	2224	7536		7095	3377	997 1141
11	1976	7218		6385	4087	4244
12	1728	7040		5676	4796	7340
13	1481	6793		4966	5506	998 0438
14	1233	6545		4257	6215	3531
15	0986	6298		3547	6925	6625
16	0738	6050		2838	7634	9713
17	0491	5803		2128	8344	999 2802
18	0243	5555		1419	9053	5885
19	$\bar{5}.596\ 9996$	5308		0709	9763	8971
20	9748	5060	471	0000	1.00 0471	000 2045
21	9501	4813		+ 0709	1180	5122
22	9253	4565		1419	1890	8200
23	9006	4318		2128	2599	001 1273
24	8758	4070		2838	3309	4347
25	8511	3823		3547	4018	7415
26	8263	3575		4257	4728	002 0485
27	8016	3328		4966	5437	3549
28	7768	3080		5676	6147	6614
29	7521	2833		6385	6856	9674
30	7273	2585		7095	7566	003 2735
31	7025	2337		7804	8275	5790
32	6778	2090		8514	8985	8847
33	6530	1842		9223	9694	004 1898
34	6283	1595		9933	01 0404	4951

IMÁN NÚM. 2 C BARRA EQUIPO ¿?

CORRECCIONES DE INDUCCIÓN Y TEMPERATURA

Desv. Dist. corta.

$$1 + \frac{2\mu}{r^3} + q(t-20) = 1 + \frac{11.927}{\frac{1}{2}r^3} + 0.000\ 7095\ (t-20).$$

$$\log \mu = 1.076\ 5312.$$

t	colog $\frac{1}{2}r^3$	log $\frac{2\mu}{r^3}$	$\frac{2\mu}{r^3}$	$q(t-20)$	$\left[1+\frac{2\mu}{r^3}+q(t-20)\right]$	log $\left[1+\frac{2\mu}{r^3}+q(t-20)\right]$
5°	$\bar{5}$.959 5656	$\bar{3}$.036 0968	0.001 087	— 0.01 0642	0.99 0645	$\bar{1}$.995 8304
6	5408	0720		00 9933	1154	996 1412
7	5161	0473		9223	1864	4522
8	4913	0225	086	8514	2572	7620
9	4666	$\bar{3}$.035 9978		7804	3282	997 0725
10	4418	9730		7095	3991	3824
11	4170	9482		6385	4701	6925
12	3922	9234		5676	5410	998 0020
13	3675	8987		4966	6120	3117
14	3427	8739		4257	6829	6207
15	3180	8492		3547	7539	9300
16	2932	8244		2838	8248	999 2384
17	2685	7997		2128	8958	5472
18	2437	7749		1419	9667	8554
19	2190	7502		— 0709	1.00 0377	000 1637
20	1942	7254		0000	00 1086	4714
21	1695	7007		+ 0709	1795	7789
22	1447	6759		1419	2505	001 0865
23	1200	6512		2128	3214	3936
24	0952	6264	085	2838	3923	7000
25	0705	6017		3547	4632	002 0070
26	0457	5769		4257	5342	3138
27	0210	5522		4966	6051	5200
28	$\bar{5}$.958 9962	5274		5676	6761	9264
29	9715	5027		6385	7470	003 2321
30	9467	4779		7095	8180	5381
31	9219	4531		7804	8889	8434
32	8972	4284		8514	9599	004 1489
33	8724	4036		9223	01 0308	4537
34	8477	3789		9933	1018	7589

CAPÍTULO VI

COEFICIENTE MAGNÉTICO DE TEMPERATURA

Entre los varios métodos que pueden seguirse para la deducción del coeficiente de temperatura, el de Lamont, calentando el imán por inmersión, parece el más apropiado, puesto que conduce a la determinación de β, aisladamente, sin influencia de ningún coeficiente de dilatación del acero del imán, ni del latón del instrumental. Hemos seguido un procedimiento basado en el método de Lamont, pero deduciendo, no dos valores aislados del ángulo de desviación, sino una serie de ellos, entre las temperaturas más extremas que nos ha sido posible, consiguiéndose la curva de la variación del ángulo de desviación en función de la temperatura del imán de barra. Hemos podido conseguirlo gracias al teodolito magnético Schmidt, instalado en el Observatorio, cuya escala ocular permite efectuar, con gran precisión efectiva, las pequeñas variaciones del ángulo de desviación, sin mover el instrumento.

Descripción de los aparatos. En las fotografías 4 y 5 figuran los accesorios empleados. El imán barra se inmovilizó en su soporte de latón, y éste también en el vaso, por medio de cuñas de fleje de latón. La vaselina fué calentada en un hornillo eléctrico; la regulación inicial de la temperatura del baño se hizo extrayendo o inyectando la vaselina con una jeringa, para evitar cualquier movimiento del imán. El vaso se rodeó de una lámina de corcho para aislarlo térmicamente de la pletina de latón, que le da mejor asiento en el platillo del Schmidt.

En la fotografía núm. 6 puede verse la instalación montada sobre el platillo izquierdo del teodolito Schmidt, tal como se mantuvo durante toda la observación.

Método operatorio.

Este procedimiento, además de ser fácil y cómodo, tiene la ventaja de que, sobre su gran exactitud y abundancia de datos, permite al observador ir comprobando la bondad de cuanto observa y darse cuenta a tiempo para corregir los defectos que pudieran presentarse, siguiendo la marcha normal deseada durante toda la observación.

1.° En primer lugar se hace la lectura correspondiente a la dirección del meridiano magnetico.

2.° Se instala el vaso vacío y el imán barra en su soporte, y, girando el teodolito y teniendo la precaución de que en la escala ocular se lea cero, se toma la lectura en el limbo, que por diferencia con la observada en el punto 1.° nos dará la desviación (φ_1) inicial producida por la barra en la aguja, a la temperatura ambiente, que se anota. Nuestras observaciones se hicieron en el platillo izquierdo del Schmidt y colocando el imán barra en posición N_e y Norte al Este.

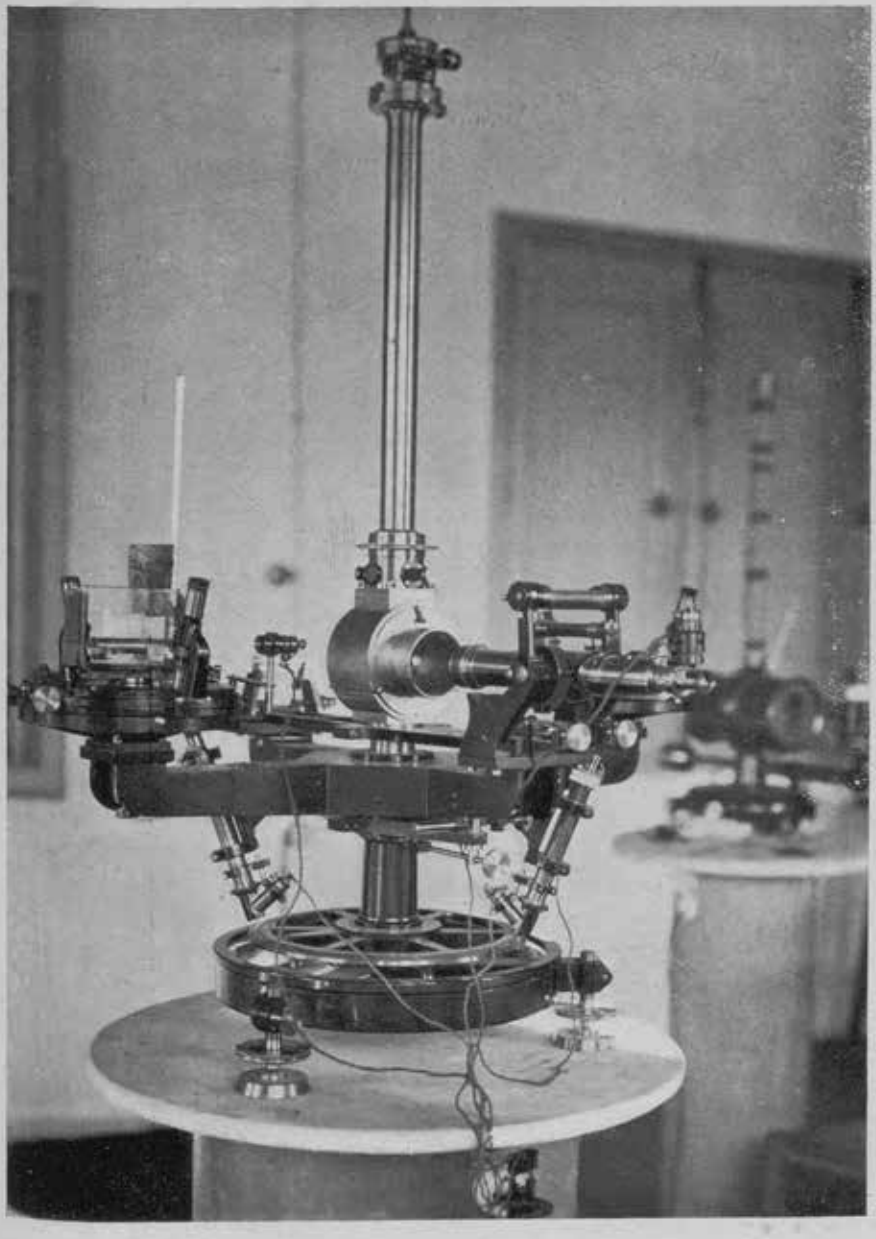
3.° El instrumento queda amordazado para que no se haga giro alguno y tampoco ha de moverse en absoluto el imán barra, habiéndose de observar las variaciones del ángulo de desviación por influencia de la temperatura con el único auxilio de la escalilla ocular. Las divisiones de dicha escala valen 0',5, pudiendo apreciarse perfectamente cuartas partes de división y, aun con entrenamiento, se llega a la décima de división, con lo que en la práctica pueden observarse variaciones del ángulo φ de $0',05 = 3''$.

Se inyecta en el vaso vaselina caliente hasta conseguir que el imán quede completamente cubierto. Adicionando o extrayendo líquido, tantas veces como sea necesario, se mantiene la temperatura del baño lo más constante que sea posible y por encima de 40° C. Se comprueba que el imán ha tomado la temperatura del líquido por el hecho de que la lectura en la escalilla, creciente hasta ese momento, queda estacionaria. A partir de este instante empieza la observación de la influencia de la temperatura en el ángulo φ.

4.° Se deja que el baño vaya perdiendo por sí solo su calor, descendiendo su temperatura lentamente hasta igualarse con la ambiente. El descenso de temperatura del imán es paralelo al del baño y, por lo tanto, las diferencias de temperatura leídas en el termómetro del baño serán iguales a las diferencias de temperatura que el imán experimenta también. Basta, pues, leer simultáneamente el termómetro, la escalilla

FOTOGRAFÍA 4.– Elementos empleados para la determinación del coeficiente magnético de temperatura. Vaso preparado para montarlo en el platillo del Schmidt; termómetro centígrado en décimas; imán que se va a investigar; cuna para el imán; flejes de latón para acuñar firmemente el imán, y corcho para soportar el termómetro y mantenerlo aislado del vaso.

FOTOGRAFÍA 5.—Elementos auxiliares para la determinación del coeficiente magnético de temperatura, utilizados para la preparación y calentamiento del líquido en el que se sumerge el imán. El termómetro está dividido en grados centígrados.



FOTOGRAFÍA 6.—Vista del Schmidt, en cuyo platillo izquierdo se aprecia la instalación para la determinación del coeficiente magnético de temperatura.

y un cronómetro, anotando los distintos datos correspondientes a tantos momentos como se deseen. Se obtienen así puntos de la curva de variación de φ, en función de la temperatura del imán barra, sin alteración de la de las demás partes del instrumental.

5.° Cuando el baño ha adquirido la temperatura ambiente, incluso adicionando al final vaselina fría, vuelve a tomarse la lectura del limbo soltando la mordaza del teodolito y con escalilla en cero, y tendremos el valor del ángulo φ_f, al final de la observación, que será distinto de φ_i porque la declinación e intensidad horizontal habrán variado durante la observación.

Cuadros de observación y gráficos.

Los resultados de observación se consignan en los cuadros adjuntos, uno para cada imán.

Tomando como abscisas las temperaturas y por ordenadas las divisiones de la escalilla ocular (sin corregir), se han dibujado las cuatro gráficas que se acompañan, en las que puede advertirse la forma de la variación del ángulo φ en función de la temperatura. Se deduce que para el imán B esta variación es una recta y prácticamente también son rectas las gráficas correspondientes a los imanes A y D, mientras que para el C la variación es sensiblemente una curva. Es decir, que para los tres primeros imanes B, A y D hubiera sido suficiente tomar dos valores de φ para deducir el coeficiente de temperatura, y esto no con todo rigor para los imanes A y D, puesto que es difícil que dos valores escogidos arbitrariamente den un valor igual al que se deduce de la media de una serie de puntos de la curva, como se hace en este procedimiento que seguimos. Para el imán C ya se ve que es variable con la temperatura y se ha calculado, por consiguiente, el término cuadrático.

Cuadros de cálculo de los imanes A, B y D.

Se acompañan los cuadros de cálculo correspondientes a los imanes A, B y D. Los valores obtenidos por observación tienen que ser corregidos a causa de la variación experimentada durante la observación por D y H. El valor de estas correcciones se deduce de las bandas del variómetro y el signo es el mismo que el de la variación; es decir, para aumentos de la declinación o de la intensidad horizontal las correccio-

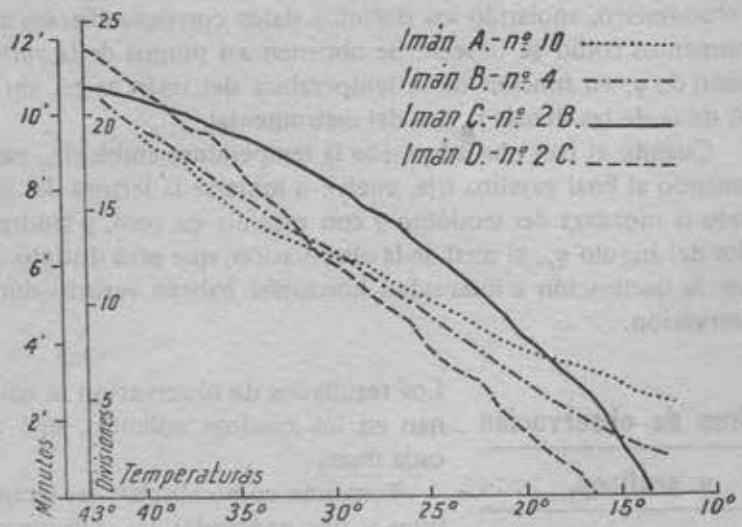


Gráfico 1.

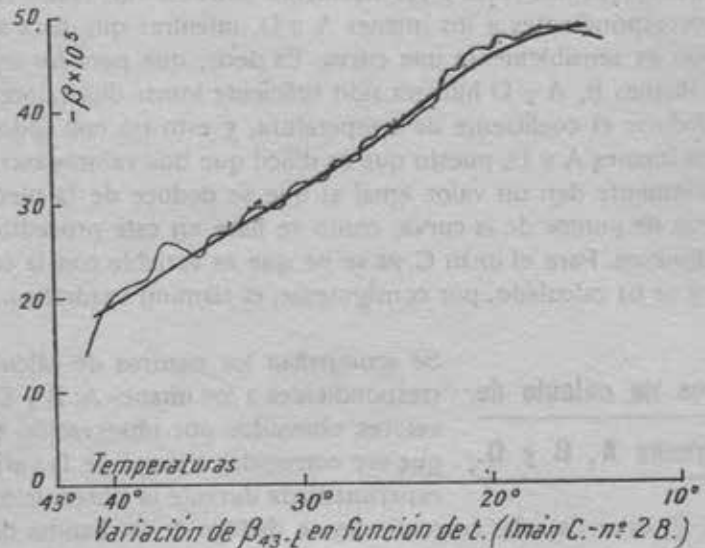
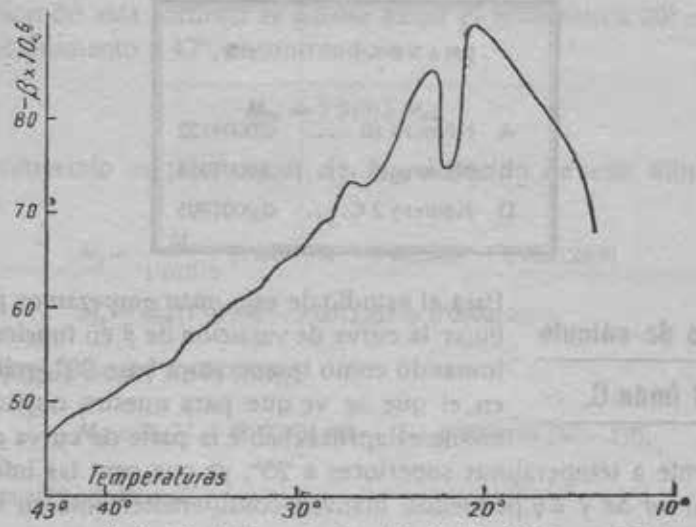


Gráfico 2.



Variación de β_{20-t} en función de t. (Imán C.- nº 2 B.)

Gráfico 3.

nes son positivas, teniendo en cuenta la posición dada al imán barra en el platillo del Schmidt, la graduación del limbo de este aparato (sentido de las agujas de un reloj), y que la declinación es occidental en nuestro país. Se recuerda que la escalilla del ocular va marcada con un signo + para lecturas a la derecha y que este signo es contrario; por lo tanto, en la columna de «minutos de arco» han sido consignados signos menos y en las de $\Delta_H\varphi$ y $\Delta_D\varphi$ los signos que corresponden a las correcciones. Calculado $\Delta\varphi$ total que se consigna en la casilla «diferencias al origen», se han deducido los valores $\Delta\varphi$ que se refieren a 20° y con ellos se ha hecho aplicación de la fórmula

$$\beta = \frac{\Delta\varphi^{(')}}{\Delta t} \operatorname{cotg} \varphi_0 \times \frac{2\pi}{21.600}$$

(Bock, pág. 39)

φ_0 es el ángulo de desviación, corregido.

Los resultados obtenidos para estos imanes, en que prácticamente β puede tomarse constante para cualquier temperatura entre 40° y 10°, fueron

IMANES	β
A Número 10.....	0,0009122
B Número 4.....	0,0007988
D Número 2 C....	0,0007095

Cuadro de cálculo del imán C.

Para el estudio de este imán empezamos por dibujar la curva de variación de β en función de t, tomando como temperatura base 20° (gráfico 2), en el que se ve que para nuestro objeto solamente es aprovechable la parte de curva correspondiente a temperaturas superiores a 25°, ya que para las inferiores a 25° al ser Δt y $\Delta \varphi$ pequeños, influyen considerablemente en la relación $\frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ los errores inevitables de observación.

Como, por otra parte, es muy necesario conocer los valores de β para estas últimas temperaturas, que son los que utilizaremos con más frecuencia, se dibujó la curva de variación de β, tomando como base la temperatura más elevada 43°, con lo cual la zona de valores imprecisos se localiza en estas temperaturas altas que no tienen un interés práctico (gráfico 3).

En este gráfico se ve que la variación de β, en función de t, puede ser representada por una recta entre los valores de t comprendidos entre 17° y 42°, a los que corresponden los de β 48.10^{-5} y 16×10^{-5}. La pendiente de la variación de β viene dada por

$$\frac{\Delta \beta}{\Delta t} = \frac{(48 - 16)\,10^{-5}}{42 - 17} = 1'28.10^{-5},$$

lo que nos permite determinar los valores de β en función de t (base 43°).

$$10^5 \cdot \beta_{43-t} = 16 + 1'28\,(42 - t) = 69'76 - 1'28t.$$

De donde deducimos el momento magnético del imán a cualquier temperatura en función del momento a 43°.

$$M_t = M_{43}[1 + \beta(43 - t)]$$

$$M_t = M_{43}[1 + 10^{-5}(69'76 - 1'28t)\,(43 - t)]$$

$$[1] \quad M_t = M_{43}[1 + 10^{-5}(2999'68 - 124'80t + 1'28t^2)].$$

Aplicando esta fórmula se puede hallar el momento a 20° en función del momento a 43°, encontrándose

$$M_{20} = 1'01015\, M_{43}.$$

Sustituyendo en [1] el valor de M_{43} deducido de esta última expresión

$$M_t = \frac{M_{20}}{1'01015} [1'0299968 - 0'001248\, t + 0'000128\, t^2]$$

$$M_t = M_{20} [1'01966 - 0'001235\, t + 0'0000126\, t^2],$$

que se puede poner de la forma

$$M_t = M_{20} [1 + 0'000731\, (20 - t) + 0'0000126\, (20 - t)^2],$$

que comparándola con

$$M_t = M_{20} [1 + \beta\, (20 - t)]$$

deducimos

$$\beta = 0'000731 + 0'0000126\, (20 - t).$$

IMÁN NÚM. 10 EQUIPO 2.123

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Hora.	Temperatura		LECTURAS A	LECTURAS B	MEDIA
h m					
9 7	10°	Meridiano inicial..	67° 25′ 30″	247° 30′ 53″	67° 28′ 11″5
9 15	10°	Imán desviador con N. al E.....	72° 16′ 41″	252° 22′ 30″	72° 19′ 35″5
11 38	12°,2	Meridiano final....	67° 23′ 47″	247° 29′ 32″	67° 26′ 39″5

Hora.	Temperatura.	Divisiones.
h m		
10 3,0	39,9	19,2
5,0	39,5	18,8
5,5	39,0	18,5
6,5	38,5	18,3
7,0	38,0	18,0
8,0	37,5	17,6
9,0	37,0	17,1
9,5	36,5	16,5
10,0	36,0	16,1
10,5	35,5	15,7
11,0	35,0	15,1
11,7	34,5	14,8
12,5	34,0	14,4
13,0	33,5	14,2
13,7	33,0	14,0
14,5	32,5	13,7
15,0	32,0	13,5
16,0	31,5	13,3
16,8	31,0	13,1

Hora.	Temperatura.	Divisiones.
h m		
10 17,5	30,5	13,0
18,5	30,0	12,8
20,0	29,0	12,3
21,5	28,0	11,8
23,0	27,0	11,2
25,0	26,0	10,8
27,0	25,0	10,3
29,5	24,0	9,8
32,0	23,0	9,2
35,5	22,0	8,7
38,0	21,0	8,1
42,0	20,0	7,9
50,5	18,0	7,1
56,0	17,0	6,8
11 13,0	16,0	7,0
13,5	15,0	6,1
14,5	14,0	5,5
19,0	13,0	4,8

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TEMPERATURA

$$\beta = \frac{\Delta\varphi^{[']}}{\Delta t}\ \mathrm{cotg}\ \varphi_0 \times \frac{2\pi}{21.600}, \qquad \log\beta = \log\frac{\Delta\varphi^{[']}}{\Delta t} + \log\mathrm{cotg}\ \varphi_0 + \log\frac{2\pi}{21.600},$$

$$\log\mathrm{cotg}\ \varphi_0 = 1{,}062\ 1413$$

$$\log\frac{2\pi}{21.600} = \bar{4}{,}463\ 7261$$

$$\bar{3}{,}525\ 8674$$

$$\log\beta = \log\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} + \bar{3}{,}525\ 8674$$

Diferencias hora a origen.	Divisiones.	Minutos de arco.	$\Delta\varphi_H$	$\Delta\varphi_D$	Suma Δ	Diferencias al origen.	$\Delta\varphi$	t	Δt
0,0	19,2	9,600	0,000	0,000	0,000	9,600	6,215	39,9	19,9
2,0	18,8	400	01	030	29	371	5,986	5	5
2,5	18,5	250	02	038	36	214	829	0	0
3,5	18,3	150	03	053	50	100	715	38,5	18,5
4,0	18,0	000	03	061	58	8,942	557	0	0
5,0	17,6	8,800	04	076	72	828	443	37,5	17,5
6,0	17,1	550	04	091	87	463	078	0	0
6,5	16,5	250	05	099	94	156	4,771	36,5	16,5
7,0	16,1	050	05	107	102	048	663	0	0
7,5	15,7	7,850	06	114	108	7,842	457	35,5	15,5
8,0	15,1	550	06	122	116	434	049	0	0
8,7	14,8	400	07	133	126	274	3,889	34,5	14,5
9,5	14,4	200	07	145	138	062	677	0	0
10,0	14,2	100	08	152	144	6,956	571	33,5	13,5
10,7	14,0	000	08	163	155	845	460	0	0
11,7	13,7	6,850	09	168	159	691	306	32,5	12,5
12,0	13,5	750	09	182	173	577	192	0	0
13,0	13,3	650	10	198	188	462	077	31,5	11,5
13,8	13,1	550	10	210	200	350	2,965	0	0
14,5	13,0	500	11	221	210	290	905	30,5	10,5
15,5	12,8	400	12	236	224	176	791	0	0
17,0	12,3	150	13	258	245	5,905	520	29,0	9,0
18,5	11,8	5,900	14	282	268	632	247	28,0	8,0
20,0	11,2	600	15	305	290	310	025	27,0	7,0
22,0	10,8	400	17	335	318	082	1,697	26,0	6,0
24,0	10,3	150	18	366	348	4,802	417	25,0	5,0
26,5	9,8	4,900	20	404	384	616	231	24,0	4,0
29,0	9,2	600	22	442	420	180	0,795	23,0	3,0
32,5	8,7	350	25	496	471	3,879	494	22,0	2,0
35,0	8,1	050	27	534	507	543	158	21,0	1,0
39,0	7,9	3,950	30	595	565	385	—	20,0	—
47,5	7,1	550	36	724	688	2,862	0,523	18,0	2,0
53,0	6,8	400	40	808	768	632	753	17,0	3,0
70,0	7,0	500	53	1,067	1,014	486	899	16,0	4,0
70,5	6,1	050	53	075	022	028	1,357	15,0	5,0
71,5	5,5	2,750	54	090	036	1,714	671	14,0	6,0
76,0	4,8	400	58	159	101	299	2,086	13,0	7,0
						221,636	Media:	5,99	

IMÁN NÚM. 10 EQUIPO 2.123

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TEMPERATURA

CORRECCIÓN POR VARIACIÓN DE H:

$$\left.\begin{aligned} H_{\text{inicial}} &= 23825\gamma + 52\text{ mm.} \times \bar{3}',9 = 24027,8\gamma \\ H_{\text{final}} &= 23825\gamma + 50\text{ mm.} \times \bar{3}',9 = 24020,0\gamma \end{aligned}\right\} H = 24023,9\gamma = 0,24023\,\Gamma.$$

$$\Delta H = 2\text{ mm.} \times \bar{3}',9 = -7,8\gamma \text{ en dos horas,}$$

$$\frac{\Delta H}{120} = 0,065\gamma, \text{ por minuto de tiempo, decreciendo.}$$

72° 19′ 35″,5	72° 19′ 35″,5	
67° 28′ 11″,5	67° 26′ 39″,5	
$\varphi_{\text{inicial}} = 4°\ 51'\ 24'',0$	$\varphi_{\text{final}} = 4°\ 52'\ 56'',0$	$\varphi_{\text{medio}} = 4°\ 52'\ 10''$

valor de $\Delta\varphi_H^{[']}$ deducido de la tabla 17 de R. Bock (por cada minuto de tiempo) =

$$= \Delta\varphi_H^{[']} = 0,1432 \times \operatorname{tg} 4°\ 52'\ 10'' \times 0,065 = 0,000792977$$

$$\left.\begin{aligned} \log 0,1432 &= \bar{1}.1559430 \\ \log \operatorname{tg} 4°\ 52'\ 10'' &= \bar{2}.9304042 \\ \log 0,065 &= \bar{2}.8129134 \\ \log \Delta\varphi_H &= \bar{4}.8992606 \end{aligned}\right| \quad \Delta\varphi_H^{[']} = 0',00079, \text{ signo de la corrección: } -$$

CORRECCIÓN POR VARIACIÓN DE D:

$$\left.\begin{aligned} D_{\text{inicial}} &= 9°\ 33',6 + 16,0\text{ mm.} \times 1',22 = 9°\ 53',12 \\ D_{\text{final}} &= 9°\ 33',6 + 17,5\text{ mm.} \times 1',22 = 9°\ 54',95 \end{aligned}\right\} D = 9°\ 54',035$$

$$\Delta D = 1,5\text{ mm.} \times 1',22 = 1',83 \text{ en dos horas,}$$

$$\frac{\Delta D}{120} = 0',01525, \text{ por minuto de tiempo, creciendo.}$$

$$\Delta D_D^{[']} = 0',01525, \text{ signo de la corrección: } +$$

DETERMINACIÓN DE φ MEDIO:

$\varphi_{\text{final}} = 4^\circ\ 52'\ 56'',00$

Corrección por H y D = — 1' 55'',48

φ_{inicial} corregido = $4^\circ\ 51'\ 01'',48$

φ_{inicial} observado = $4^\circ\ 51'\ 24'',00$

Diferencia..... 22'',52

Corrección por lectura..... — 11'',26

φ a 10° = $4^\circ\ 51'\ 12'',74$

$\varphi = 4^\circ\ 51'\ 13''$

$\Delta\varphi_{\text{medio}} = 5'\ 59''$

$4^\circ\ 57'\ 12'' = \varphi_0$ de la observación.

IMÁN NÚM. 10 EQUIPO 2.123

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TEMPERATURA

$\beta = 0{,}0009122$

$\log \Delta\varphi$	$\log \Delta t$	$\log \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$	$\log \beta$	β
0,793 4411	1,298 8531	$\bar{1}$,494 5880	$\bar{3}$,020 4554	0,001 0428
777 1367	290 0346	487 1021	012 9695	1 0303
765 5941	278 7536	486 8405	012 7079	1 0297
757 0162	267 1717	489 8445	015 7119	1 0368
744 8404	255 2725	489 5679	015 4853	1 0362
735 8383	243 0380	492 8003	018 6677	1 0439
705 6927	230 4489	475 2438	001 1112	1 0025
678 6094	217 4839	461 1255	$\bar{4}$,986 9929	0 9705
668 6654	204 1200	464 5454	990 4128	0 9782
659 0426	190 3317	468 7109	994 5783	0 9876
607 3478	176 0913	431 2565	957 1239	0 9060
589 8379	161 3680	428 4699	954 3373	0 9002
564 3109	146 1280	428 1829	954 0503	0 8996
552 7899	130 3338	422 4561	948 3235	0 8878
539 0761	113 9434	425 1327	951 0001	0 8933
519 3028	096 9100	422 3928	948 2602	0 8876
504 0629	079 1812	424 8817	950 7491	0 8928
488 1275	060 6978	427 4297	953 2971	0 8980
472 0247	041 3927	430 6320	956 4994	0 9047
463 1461	021 1893	441 9568	967 8242	0 9286
445 7598	000 0000	445 7598	971 6272	0 9370
401 4005	0,954 2425	447 1580	973 0254	0 9398
351 6031	903 0900	448 5131	974 3805	0 9427
306 4250	845 0980	461 3270	987 1944	0 9709
229 6818	778 1513	451 5305	977 3979	0 9493
151 3699	698 9700	452 3999	978 2673	0 9512
090 2581	602 0600	488 1981	$\bar{3}$,014 0655	(1 0329 eliminado)
$\bar{1}$,900 3671	477 1213	423 2458	$\bar{4}$,949 1132	0 8894
693 7269	301 0300	391 6969	917 5643	0 8271
198 6571	000 0000	198 6571	724 5245	(0 5303 eliminado)
—	—	—	—	—
$\bar{1}$,718 5017	0,301 0300	407 4717	933 3391	0 8577
876 7950	477 1213	399 6737	925 5411	0 8424
953 7597	602 0600	351 6997	877 5571	(0 7544 eliminado)
0,132 5798	698 9700	433 6098	959 4772	0 9109
222 9764	778 1513	444 8251	970 6925	0 9347
319 3143	845 0980	474 2163	999 0837	0 9979

33 valores.

IMÁN NÚM. 2 B EQUIPO ¿?

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Hora.	Temperatura	POSICIONES	LECTURAS A	LECTURAS B	MEDIA
h m					
11 11		Meridiano inicial..	67° 12' 02''	247° 17' 25''	67° 14' 43''5
12 04	13°,3	Imán desviador con N. al E.....	77° 54' 28''	258° 00' 12''	77° 57' 20''
14 45		Meridiano final....	67° 11' 08''	247° 16' 26''	67° 13' 47''

Hora.		Temperatura.	Divisiones.
h	m	°	
12	31	43	21,5
	31,5	42	21,4
	32	41,3	21,2
	32,5	40,7	21
	33	40,1	20,8
	33,5	39,2	20,5
	34,5	38	20,1
	35	37,2	19,6
	36	36,6	19,4
	37	35,4	19,1
	38	34,8	18,8
	40	33	18
	41,5	32,3	17,5
	43	31,3	17,1
	45	30,4	16,5
	46	29,7	16,1
	48	28,6	15,5
	50	28,1	15,1

Hora.		Temperatura.	Divisiones.
h	m	°	
12	51,5	27,1	14,6
	53	26,6	14
	55	26	13,6
	56	25,4	13,1
	58	24,7	12,6
13	01	24	12,1
	04	22,9	11,1
	05	22,6	10,8
	08	22,1	10
	10	21,6	9,6
	13	20,7	8,8
	16	20,3	8,2
	19	19,6	7,8
	22	19,1	7,2
	25	18,6	6,9
	37	17,3	6
14	05	15,2	3,2
	32	14,2	1,9

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TEMPERATURA

$$\beta = \frac{\Delta\varphi^{[']}}{\Delta t} \cot \varphi_0 \times \frac{2\pi}{21.600}, \qquad \log \beta = \log \frac{\Delta\varphi^{[']}}{\Delta t} + \log \operatorname{cotg} \varphi_0 + \log \frac{2\pi}{21.600}$$

Horas.	LECTURAS	Banda D en m/m.	ΔD en m/m.	ΔD en ''	ΔD en '	LECTURAS CORREGIDAS	Ángulos de desviación.	φ_0 corregido.
h m								
11 11	67° 14' 43''	11'6				67° 16' 40''5	10° 34' 36''5	10° 35' 26''75
13 01	77° 51' 17''	13'2	+ 1'6	1'952	1'57''	77° 51' 17''		
14 45	67° 13' 47''	12'2	+ 1'0	1'22	1'13''	67° 15' 00''	10° 36' 17''	

Diferencias hora al origen	Divisiones.	Minutos de arco.	ΔH en m/m	ΔH en γ	$\Delta\varphi_H$	ΔD en m/m	$\Delta\varphi_D$	SUMA Δ	Diferencias al origen.	$\Delta\varphi$	t	Δt
0,0	21,5	— 10,75	0,0	0,0	— 0,000	0,0	0,00	+ 0,00	— 10,75	— 6,85	43°	23°
0,5	21,4	10,70			0,000		0,00	0,00	10,70	6,80	42°	22°
1,0	21,2	10,60			0,000		0,00	0,00	10,60	6,70	41° 3	21° 3
1,5	21,0	10,50			0,000		0,00	0,00	10,50	6,60	40° 7	20° 7
2,0	20,8	10,40			0,000		0,01	0,01	10,39	6,49	40° 1	20° 1
2,5	20,5	10,25			0,000		0,01	0,01	10,24	6,34	39° 2	19° 2
3,5	20,1	10,05			0,000		0,01	0,01	10,04	6,14	38°	18°
4,0	19,6	9,80			0,000		0,01	0,01	9,79	5,89	37° 2	17° 2
5,0	19,4	9,70			0,001		0,02	0,01	9,69	5,79	36° 6	16° 6
6,0	19,1	9,55			0,001		0,02	0,01	9,54	5,64	35° 4	15° 4
7,0	18,8	9,40			0,001		0,02	0,01	9,39	5,49	34° 8	14° 8
9,0	18,0	9,00			0,001		0,03	0,02	8,98	5,08	33°	13°
10,5	17,5	8,75			0,001		0,03	0,02	8,73	4,83	32° 3	12° 3
12,0	17,1	8,55			0,001		0,04	0,03	8,52	4,62	31° 3	11° 3
14,0	16,5	8,25			0,002		0,04	0,02	8,23	4,33	30° 4	10° 4
15,0	16,1	8,05			0,002		0,05	0,03	8,02	4,12	29° 7	9° 7
17,0	15,5	7,75			0,002		0,05	0,03	7,72	3,82	28° 6	8° 6
19,0	15,1	7,55			0,002		0,06	0,04	7,51	3,61	28° 1	8° 1
20,5	14,6	7,30			0,002		0,07	0,05	7,25	3,35	27° 1	7° 1
22,0	14,0	7,00			0,003		0,08	0,05	6,95	3,05	26° 6	6° 6
24,0	13,6	6,80			0,003		0,09	0,06	6,74	2,84	26°	6°
25,0	13,1	6,55			0,003		0,09	0,06	6,49	2,59	25° 4	5° 4
27,0	12,6	6,30			0,003		0,09	0,06	6,24	2,34	24° 7	4° 7
30,0	12,1	6,05			0,004		0,10	0,06	5,99	2,09	24°	4°
33,0	11,1	5,55			0,004		0,10	0,06	5,49	1,59	22° 9	2° 9
34,0	10,8	5,40			0,004		0,12	0,08	5,32	1,42	22° 6	2° 6
37,0	10,0	5,00			0,004		0,13	0,09	4,91	1,01	22° 1	2° 1
39,0	9,6	4,80			0,005		0,14	0,09	4,71	0,81	21° 6	1° 6
42,0	8,8	4,40			0,005		0,15	0,10	4,30	0,40	20° 7	0° 7
45,0	8,2	4,10			0,005		0,16	0,11	3,90	0,09	20° 3	0° 3
48,0	7,8	3,90			0,006		0,17	0,11	3,79	+ 0,11	19° 6	+ 0° 4
51,0	7,2	3,60			0,006		0,18	0,12	3,48	0,42	19° 1	0° 9
54,0	6,9	3,45			0,007		0,19	0,12	3,33	0,57	18° 6	1° 4
66,0	6,0	3,00			0,008	+ 0,2	+ 0,24	0,16	2,84	1,06	17° 3	2° 7
94,0	3,2	1,60	— 1,0	— 4,15	0,111	— 0,3	— 0,36	0,47	2,07	1,83	15° 2	3° 8
121,0	1,9	— 0,95	— 0,8	— 3,32	— 0,092	— 0,7	— 0,85	— 0,94	1,89	2,01	14° 2	5° 8

IMÁN NÚM. 2 B EQUIPO ¿ ?

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TEMPERATURA

Temperatura base 20°

$$\log \cot 10^{\circ}\ 35'\ 26\ 75 = 0{,}728\ 2093$$

$$\log \frac{2\pi}{21.600} = \bar{4}{,}463\ 7261$$

$$\textit{Suma}\ldots = \bar{3}{,}191\ 9354$$

$\log \Delta\varphi$	$\log \Delta t$	$\log \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$	$\log \beta$	β
0,835 6906	1,361 7278	$\bar{1}$,473 9628	$\bar{4}$,665 8982	0,000 4633
832 5089	342 4227	490 0862	682 0216	4809
826 0748	328 3796	497 6952	689 6306	4894
819 5439	315 9703	503 5736	695 5090	4960
812 2447	303 1961	509 0486	700 9840	5023
802 0893	283 3012	518 7881	710 7235	5137
788 1684	255 2725	532 8959	724 8313	5307
770 1153	235 5284	534 5869	726 5223	5327
762 6786	220 1081	542 5705	734 5059	5426
751 2791	187 5207	563 7584	755 6938	5698
739 5723	170 2617	569 3106	761 2460	5771
705 8637	113 9439	591 9203	783 8567	6079
683 9471	089 9051	594 0420	785 9774	6109
664 6420	053 0784	611 5636	803 4990	6361
636 4879	017 0333	619 4546	811 3900	6477
614 8972	0,986 7717	628 1255	820 0609	6608
582 0634	934 4985	647 5649	839 5003	6910
557 5072	908 4850	649 0222	840 9576	6934
525 0448	851 2583	673 7865	865 7219	7340
484 2998	819 5439	664 7559	856 6913	7189
453 3183	778 1513	675 1670	866 1024	7347
413 2998	732 3938	680 9060	872 8414	7462
369 2159	672 0979	697 1180	889 0534	7746
320 1463	602 0600	718 0863	910 0217	8129
201 3971	462 3980	738 9991	930 9345	8530
152 2883	414 9733	737 3150	929 2504	8497
004 3214	322 2193	682 1021	874 0375	7482
$\bar{1}$,908 4850	204 1200	704 3650	896 3004	7876
602 0600	$\bar{1}$,845 0980	756 9620	948 8974	8890
$\bar{2}$,954 2425	477 1213	477 1212	669 0566	4667
$\bar{1}$,041 3927	602 0600	439 3327	631 2681	4278
623 2493	954 2425	669 0068	860 9422	7260
755 8749	0,146 1280	609 7469	801 6823	6334
0,025 3059	431 3638	593 9421	785 8775	6108
262 4511	579 7836	682 6675	874 6029	7492
303 1961	763 4280	639 7681	831 7035	6787

IMÁN NÚM. 2 B EQUIPO ¿?

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TEMPERATURA

Temperatura base 43°

$\log \cot 10° 35' 26'',75 = 0,728\ 2093$

$\log \frac{\pi}{21.600} = \bar{4},463\ 7261$

$\bar{3},191\ 9354$

$\beta = 0,000731 + 0,0000126\ (20 - t)$

$\Delta\varphi$	Δt	$\log \Delta\varphi$	$\log \Delta t$	$\log \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$	$\log \beta$	β
0	0					
0,05	1	$\bar{2},698\ 9700$	0,000 0000	$\bar{2},698\ 9700$	$\bar{5},890\ 9054$	0,0000 778
15	1,7	$\bar{1},176\ 0913$	0,230 4489	$\bar{2},945\ 6424$	$\bar{4},137\ 5778$	1 373
25	2,3	397 9400	361 7278	$\bar{1},036\ 2122$	228 1476	1 691
36	2,9	556 3025	462 3980	093 9045	285 8399	1 931
51	3,8	707 5702	579 7836	127 7866	319 7220	2 088
71	5,0	851 2583	698 9700	152 2883	344 2237	2 209
96	5,8	982 2712	763 4280	218 8432	410 7786	2 575
1,06	6,4	0,025 3059	806 1800	219 1259	411 0613	2 577
21	7,6	082 7854	880 8136	201 9718	393 9072	2 477
36	8,2	133 5389	913 8139	219 7250	411 6604	2 580
77	10,0	247 9733	1,000 0000	247 9733	439 9087	2 754
2,02	10,7	305 3514	029 3838	275 9676	467 9030	2 937
23	11,7	348 3049	068 1859	280 1190	472 0544	2 965
52	12,6	401 4005	100 3705	301 0300	492 9654	3 111
73	13,3	436 1626	123 8516	312 3110	504 2464	3 193
3,03	14,4	481 4426	158 3625	323 0801	515 0155	3 273
24	14,9	510 5450	173 1863	337 3587	529 2941	3 383
50	15,9	544 0680	201 3971	342 6709	534 6063	3 425
80	16,4	579 7836	214 8438	364 9398	556 8752	3 605
4,01	17,0	603 1444	230 4489	372 6955	564 6309	3 670
26	17,6	629 4096	245 5127	383 8969	575 8323	3 766
51	18,3	654 1765	262 4511	391 7254	583 6608	3 834
76	19,0	677 6070	278 7536	398 8534	590 7888	3 897
5,26	20,1	720 9857	303 1961	417 7896	609 7250	4 071
43	20,4	734 7998	309 6302	425 1696	617 1050	4 141
84	20,9	766 4128	320 1463	446 2665	638 2019	4 347
6,04	21,4	781 0369	330 4138	450 6231	642 5585	4 391
45	22,3	809 5597	348 3049	461 2548	653 1902	4 500
76	22,7	829 9467	356 0259	473 9208	665 8562	4 633
96	23,4	842 6092	369 2159	473 3933	665 3287	4 627
7,33	23,9	865 1040	378 3979	486 7061	678 6415	4 771
42	24,4	870 4039	387 3898	483 0141	674 9495	4 731
91	25,7	898 1765	409 9331	488 2434	680 1788	4 788
8,68	27,8	938 5197	444 0448	494 4749	686 4103	4 857
86	28,8	947 4337	459 3925	488 0412	679 9766	4 780

CAPÍTULO VII

MOMENTO DE INERCIA

Para la determinación del momento de inercia se ha seguido el método dado por Gauss, aplicando las correcciones debidas a temperatura, amplitud, variación de H, torsión e inducción. El movimiento del cronómetro no ha de ser tenido en cuenta, siempre que se utilice el mismo en todas las observaciones. En efecto: la corrección vale, en unidades de quinto orden:

$$+ 1{,}157 \times \Delta s \times T = C \times T;$$

la fórmula para determinar el momento de inercia es

$$k = k_1 \frac{T^2}{T_1^2 - T^2},$$

que se convierte en

$$k = k_1 \frac{T^2 (1 + C^2)}{T_1^2 (1 + C^2) - T^2 (1 + C^2)} = k_1 \frac{T^2}{T_1^2 - T^2},$$

que nos demuestra cómo no influye en k.

Método operatorio y cuadros de observación

Se han hecho observaciones alternativas, con y sin contrapeso, al objeto de comparar los resultados sucesivos lo más próximo en tiempo, con lo que las correcciones alcanzarán los valores más pequeños posibles; practicándose dos series, una para cada contrapeso de la pareja que forma parte de cada equipo.

Como los cilindros de inercia (o contrapesos) no han variado en el tiempo, se han tomado los momentos de inercia que constan en los trabajos de observaciones anteriores.

Los cuadros de observación son los impresos reglamentarios del Instituto, en su parte destinada a los datos de oscilaciones.

Se adjunta un cuadro con los valores de las amplitudes de observación correspondientes a los tiempos de oscilación, para los imanes empleados e incluso con los cilindros encajados.

$$\text{arc sen}\,\frac{2}{n} = \frac{0{,}62832}{T_0}\,, \qquad n = \frac{2}{\text{sen}\,\dfrac{0{,}62832}{T_0}}$$

	3,17	T_0 Período medio.	Amplitud media.	Δ		3,18
		3ª	9,62			
1	0,317			3,17	1	0,318
2	0,634	4ª	12,79		2	0,636
3	0,951			3,17	3	0,954
4	1,268	5ª	15,96		4	1,272
5	1,585			3,17	5	1,590
6	1,902	6ª	19,13		6	1,908
7	2,219			3,18	7	2,226
8	2,536	7ª	22,31		8	2,544
9	2,853			3,18	9	2,862
		8ª	25,49			
				3,18		
		9ª	28,67			

Cuadros de cálculo. Para cada uno de los cuatro imanes se acompaña un cuadro de cálculo. La casilla de horas se consigna para poder entrar en la banda del variómetro y deducir los valores de H.

La corrección de H se deduce aplicando la fórmula

$$10^5\,\Delta_H\,T = -\frac{1}{2}\,\frac{T}{H^{[\Gamma]}}\,H^{[\Gamma]}\,;$$

para H se ha tomado un valor constante $= 0{,}24\ \Gamma$, y para T la media de los valores observados, uno para cada contrapeso y otro para imán sólo.

La corrección de temperatura se obtiene de la expresión

$$10^5\,\Delta_t\,T = -\frac{1}{2}\,T \times \beta_{\text{osc.}} \times 10^5 \times \Delta t\,;$$

para T se han tomado los mismos tres valores que en la anterior corrección. Sin contrapeso,

$$\beta_{osc.} = \beta - 2\beta_1 = \beta - 210 \times 10^{-7},$$

ya que β_1 es el coeficiente de dilatación del acero del imán. Con contrapeso interviene también el coeficiente de dilatación del latón, y, por lo tanto,

$$\beta_{osc.} = \beta - 2\beta_2,$$

siendo β_2 el coeficiente de dilatación del conjunto formado por el imán (de acero) con el cilindro de inercia (de latón) encajado en el interior del primero. Para deducir β_2, se tiene:

$$M = 4\pi^2 \frac{k + k_1}{T^2 H};$$

ecuación a la temperatura de referencia.

A otra temperatura ($t = t_0 + \Delta t$), como k variará con β_1 y k_1 con β_2' se tendrá:

$$M(1 + \beta\Delta t) = \frac{4\pi^2(k + k_1)}{T^2 H} + \frac{4\pi^2}{T^2 H} k 2\beta_1 \Delta t + \frac{4\pi^2}{T^2 H} k_1 2\beta_2 \Delta t =$$

$$= \frac{4\pi^2(k + k_1)}{T^2 H} + \frac{4\pi^2}{T^2 H} 2(k\beta_1 + k_1\beta_2)\Delta t;$$

si hacemos:

$$\beta_2 = \frac{k\beta_1 + k_1\beta_2}{k + k_1}, \quad k\beta_1 + k_1\beta_2 = (k + k_1)\beta_2,$$

llegamos a

$$M(1 + \beta\Delta t) = \frac{4\pi^2(k + k_1)}{T^2 H} + \frac{4\pi^2(k + k_1)}{T^2 H} 2\beta_2 \Delta t = \frac{4\pi^2(k + k_1)}{T^2 H} + M 2\beta_2 \Delta t$$

(la última sustitución no es rigurosamente exacta, pero sí grandemente aproximada y la que usualmente se emplea para calcular coeficientes conjuntos de temperatura), y, finalmente,

$$M\left[1 + (\beta - 2\beta_2)\Delta t\right] = \frac{4\pi^2(k + k_1)}{T^2 H}.$$

Los valores de β_2 serán distintos para cada contrapeso.

Para la corrección de amplitud se ha aplicado la fórmula

$$\Delta_\alpha T = \left(-\frac{1}{16}\,\mathrm{sen}^2\,1^\circ \times p^2 \times 10^5\right) \alpha\alpha' \times T,$$

en la que T tiene también los tres valores de las correcciones anteriores; α es la media de los valores de las semiamplitudes iniciales, a uno y otro lado; α', análogamente, la media de las finales, y tanto α como α' expresadas en divisiones; p es el valor en grados de una división de la escalilla ($5',1 = 0°,085$).

Para la corrección de torsión se aplica la fórmula

$$\Delta_\eta T = \frac{1}{2}\,\eta\, T,$$

en la que tomamos un valor inicial de η, deducido de la expresión

$$\eta = \frac{\delta}{90° - \delta},$$

en la cual δ es la desviación en grados de la aguja que corresponde a un giro de 90° en la cabeza de torsión.

Ahora bién: como $\eta = \dfrac{\theta}{MH}$, hay que tener en cuenta las variaciones de M y H para calcular la variación de η.

Para ello, si diferenciamos esta última expresión, obtenemos:

$$\Delta_\eta = -\frac{\theta}{MH}\left(\frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta M}{M}\right).$$

La variación de temperatura es

$$\frac{\Delta M}{M} = \beta \Delta t;$$

sustituyendo, se obtiene

$$\Delta_\eta = -\frac{\theta}{MH}\left(\frac{\Delta H}{H} + \beta \Delta t\right)$$

La corrección a introducir será:

$$10^5\,\Delta_\eta T = -\frac{\delta}{90° - \delta}\,\frac{T}{2}\left(\frac{\Delta H^{(T)}}{H^{(T)}} + 10^5 \beta \Delta t\right),$$

debida a la variación de η, ya que la parte constante de la misma no es preciso considerarla por influir con el mismo valor en todos los de T, análogamente a lo que dijimos con el movimiento del cronómetro.

Análogamente para la corrección de inducción sólo se tienen en cuenta las diferencias de las correcciones para cada caso.

El momento magnético inducido vale μH y su variación

$$\Delta_i M = \mu \Delta H;$$

la corrección en el tiempo por variación del momento, en unidades de quinto orden:

$$10^5 \Delta T = -\frac{1}{2} T \frac{\Delta M}{M} \times 10^5,$$

y como

$$\Delta M = \Delta_t M + \Delta_i M,$$

la corrección por causa de inducción será:

$$10^5 \Delta_i T = -\frac{1}{2} T \frac{\Delta_i M}{M} \times 10^5 = -\frac{1}{2} T \frac{\mu}{M} \Delta H = -\frac{1}{2} T \cdot h \cdot \Delta H^{[T]},$$

en la que T tiene igual significación que en las anteriores correcciones y h es el coeficiente de inducción.

Resumiendo todas las correcciones y llamando T al valor del tiempo observado y T_0 al corregido, tendremos:

$$T_0 = T \left[1 - \underbrace{\frac{1}{16} \operatorname{sen}^2 1^\circ \times p^2 \times 10^5 \times \alpha\alpha'}_{\text{amplitud}} - \right.$$

$$- \underbrace{\frac{1}{2} \frac{\delta^{[\circ]}}{90 - \delta^{[\circ]}} \left(\frac{\Delta H^{[T]}}{H^{[T]}} + 10^5 \beta \Delta t \right)}_{\text{torsión}} - \underbrace{\frac{1}{2H^{[T]}} \Delta H^{[T]}}_{\substack{\text{intensidad horizontal} \\ (H)}} -$$

$$\left. - \underbrace{\frac{1}{2} \delta_{\text{Posc.}}}_{\text{temperatura}} \times 10^5 \times \Delta t - \underbrace{\frac{1}{2} h \times \Delta H^{[T]}}_{\text{inducción}} \right].$$

Con estos valores de T_0 aplicaremos la fórmula general. Se han combinado los valores con cilindro con los inmediatos observados,

antes y después, solamente con el imán, para deducir así varios valores de k, cuya media debe tomarse como una primera aproximación, ya que la importancia del momento de inercia aconseja practicar varias nuevas series, combinando los resultados de observación con mayor número de contrapesos; lo cual puede conseguirse utilizando para cada imán, no solamente los dos cilindros de inercia de su equipo, sino también los del otro equipo.

Los valores finales obtenidos para los imanes son los siguientes:

IMANES	K $g \times cm^2$	Error probable	Temperatura
A núm. 10....	268,48	± 0,025	20°
B núm. 4....	278,45	± 0,013	9°
C núm. 2 B..	268,44	± 0,029	20°
D núm. 2 C.	273,43	± 0,031	11°

Sin contrapeso.

Con contrapeso $^{56}/_{30}$

Estación OBSERVATORIO DE TOLEDO

Intensidad horizontal.

Oscilaciones Nd.

Día 17 *de* Diciembre *de* 1945

Equipo 2.123 *Imán n.º* 4

Cronómetro Dent. 1.688 *E. A.* + 1h 3m 50s

h = 10-11 *Oscilaciones Ne.* *s* = + 6s 5

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	47	40,7	57	9,8	29	1
2		57,7		26,7		0
3		14,7		44,8		1
4		31,8		1,0		2
5		48,9		18,1		2
6		6,0		35,1		1
7		33,1		52,2		1
8		40,1		9,1		0
9		57,2		26,2		0
10		14,2		43,3	T = 5s,691335	1
11		31,3		0,6		3
12		48,4		17,6		2
13		5,5		34,8		3
14		22,6		51,7		1
15		39,7		8,8		1
16		56,7		25,9		2
17		13,8		43,0		2
18		30,9		0,0		1
19		48,0		17,1		1
20		5,1		34,2		1
21	53	22,1	2	51,3		2

Torsión.

T	d.
0	0
+ 90º	+ 13,7
− 90º	− 13,9
+ 90º	+ 13,8
− 90º	− 14,2
0	− 0,3

	L.	89	87
	−	21	15
	+	20,5	14,1
		α	α'

	m.	s.
H_{11}	53	22,1
H_1	47	40,7
I	5	41,4
$\frac{1}{3}$	1	53,8
$\frac{3\Delta s}{3}$	3	47,6
H_{100}	57	9,7

h = 11

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	15	18,1	30	19,1	15,01	0
2		45,1		46,1		0
3		12,1		13,2		1
4		39,1		40,2		1
5		6,1		7,2		1
6		33,1		34,2		1
7		0,2		1,3		1
8		27,2		28,3		1
9		54,3		55,4		1
10		21,3		22,3		0
11		48,4		49,4		0
12		15,4		16,5		1
13		42,5		43,5		0
14		9,5		10,6		1
15		36,6		37,7		1
16		3,6		4,7		1
17		30,6		31,7		1
18		57,6		58,7		1
19		24,7		25,7		0
20		51,7		52,7		0
21	24	18,7	39	19,7		0

T = 9s,010618

	L.	9	8,8
	−	30,5	20
	+	30,5	20
		α	α'

	m.	s
H_{11}	24	18,7
H_1	15	18,1
I	9	0,6
$\frac{1}{3}$	3	0,2
$\frac{3\Delta s}{3}$	6	0,4
H_{100}	30	19,1

Toledo *a* 17 *de* Diciembre *de* 1945

El Ingeniero Geógrafo,

V. Peña Geromini.

Sin contrapeso. *Con contrapeso* $^{58}/_{30}$

Estación OBSERVATORIO DE TOLEDO

Intensidad horizontal.

Oscilaciones Nd.

Día 17 *de* Diciembre *de* 1945

Equipo 2.123 *Imán n.º* 4

Cronómetro Dent. 1.688 *E. A.* $+ 1^h\ 3^m\ 50^s$

$h =$ 11-12 *Oscilaciones Ne.* $s = + 6^s\,5$

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	57	36,1	7	5,5	29	4
2		53,2		22,5		4
3		10,2		39,6		4
4		27,3		56,7		4
5		44,4		13,8		4
6		1,5		30,9		4
7		18,6		48,0		4
8		35,7		5,1		4
9		52,7		22,1		4
10		9,8		39,1		3
11		26,9		56,2		3
12		44,0		23,3		3
13		1,1		30,5		4
14		18,1		47,5		4
15		35,2		4,6		4
16		52,3		21,7		4
17		9,4		38,8		4
18		26,5		55,9		4
19		43,5		12,9		4
20		0,6		30,0		4
21	3	17,7	12	47,1		4

$= 5^s{,}6938572$

Torsión.

T	d.
0	
$+ 90^o$	
$- 90^o$	
$+ 90^o$	
$- 90^o$	
0	

	t.	9	9
	−	20	15
	+	20	15
		α	α'

	m.	s.
H_{11}	3	17,7
H_1	57	36,1
I	5	41,6
$\frac{1}{3}$	1	53,86
$\frac{2}{3}$	3	47,7
H_{100}	7	5,4

$h =$ 12

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	17	14,6	32	15,9	15,01	3
2		41,6		42,9		3
3		8,6		10,0		4
4		35,6		37,0		4
5		2,7		4,1		4
6		29,7		31,1		4
7		56,7		58,1		4
8		23,8		25,2		4
9		50,8		52,2		4
10		18,0		19,4		4
11		45,0		46,3		3
12		12,0		13,4		4
13		39,0		40,5		5
14		6,1		7,5		4
15		33,1		34,5		4
16		0,2		1,6		4
17		27,2		28,6		4
18		54,2		55,7		5
19		21,2		22,6		4
20		48,3		49,7		4
21	26	15,3	41	16,7		4

$T = 9^s{,}01390477$

	t.	9	9
	−	30	22
	+	30	22
		α	α'

	m.	s
H_{11}	26	15,3
H_1	17	14,6
I	9	0,7
$\frac{1}{3}$	3	0,23
$\frac{2}{3}$	6	0,46
H_{100}	32	15,76

Toledo *a* 17 *de* Diciembre *de* 1945

El Ingeniero Geógrafo,

V. Peña Geromini.

Sin contrapeso. *Con contrapeso* $^{38}/_{90}$

Estación OBSERVATORIO DE TOLEDO

Intensidad horizontal.

Oscilaciones Nd.

Día 17 *de* Diciembre *de* 1945

Equipo 2.123 *Imán n.º* 4

Cronómetro Dent. 1.688 *E. A.* + 1h 3m 50s

h = 13′ *Oscilaciones Ne.* *s* = + 6s 5

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	6	52,6	16	21,9	29	3
2		9,6		39,1		5
3		26,6		56,1		5
4		43,7		13,2		5
5		0,8		30,3		5
6		17,9		47,5		6
7		35,0		4,5		5
8		52,0		21,6		6
9		9,1		38,7		6
10		26,1		55,8		7
11		43,2		13,0		8
12		0,3		30,1		8
13		17,5		47,2		7
14		34,6		4,3		7
15		51,7		21,3		6
16		8,8		38,4		6
17		25,9		55,5		6
18		43,0		12,6		6
19		0,1		29,6		6
20		17,1		46,7		6
21	12	34,17	22	3,8		6

T = 5s,69609523

Torsión.

T	d.
0	
+ 90°	
— 90°	
+ 90°	
— 90°	
0	

	t.	5,9	9
	—	20,5	15
	+	20,5	15
		α	α′

	m.	s.
H_{11}	12	34,17
H_1	6	52,6
I	5	41,5
$\frac{1}{28}$	1	53,8
$\frac{3}{280}$	3	47,7
H_{100}	16	21,8

h = 13

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	28	28,1	43	29,8	01	7
2		55,1		56,8		7
3		22,1		23,8		7
4		49,2		50,9		7
5		16,2		18,0		8
6		43,2		45,0		8
7		10,3		12,1		8
8		37,4		39,1		7
9		4,5		6,2		7
10		31,6		33,2		6
11		58,6		0,3		7
12		25,7		27,3		6
13		52,7		54,3		6
14		19,7		21,4		7
15		46,8		48,4		6
16		14,9		15,5		6
17		41,9		42,5		6
18		8,1		9,6		5
19		35,1		36,6		5
20		2,1		3,7		6
21	37	29,1	52	30,7		6

T = 9s,016571

	t.	9	9,2
	—	31	23
	+	31	23
		α	α′

	m.	s
H_{11}	37	29,1
H_1	28	28,1
I	9	1,0
$\frac{1}{28}$	3	0,33
$\frac{3}{280}$	6	0,66
H_{100}	43	29,7

Toledo a 17 de Diciembre de 1945

El Ingeniero Geógrafo,

V. Peña Geromini.

Con contrapeso $^{57}/_{50}$ *Sin contrapeso.*

Estación OBSERVATORIO DE TOLEDO

Oscilaciones Nd.

Intensidad horizontal.

Día 17 *de* Diciembre *de* 1945

Equipo 2.123 *Imán n.º* 4

Cronómetro Dent. 1.688 *E. A.* $+ 1^h\ 3^m\ 50^s$

$h =$ 15-16 *Oscilaciones Ne.* $s =$ $+ 6^s\,5$

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	45	5,1	59	25,2	20	1
2		31,0		51,0		0
3		56,8		16,8		0
4		22,6		36,7		1
5		48,3		8,4		1
6		14,1		34,1		0
7		39,9		59,9		0
8		5,7		25,8		1
9		31,6		51,7		1
10		57,5		17,5		0
11		23,2		43,3		1
12		49,1		9,1		0
13		14,9		34,9		0
14		40,7		0,8		1
15		6,4		26,5		1
16		32,2		52,3		1
17		58,0		18,1		1
18		23,8		43,9		1
19		49,5		9,6		1
20		15,4		35,4		0
21	53	41,2		1,3		1

$T = 8^s,600619$

Torsión.

T	d.
0	
+ 90°	
— 90°	
+ 90°	
— 90°	
0	

t.	9,6	9,6
—	30	23
+	30	23
	a	*a'*

	m.	s.
H_{11}	53	41,2
H_1	45	5,1
I	8	36,1
$\frac{1}{3}$	2	52,0
$\frac{3}{3}$	5	44,0
H_{100}	59	25,2

$h =$ 13-14

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	59	8,5	8	38,3	29	8
2		25,6		55,3		7
3		42,7		12,4		7
4		59,8		29,5		7
5		16,9		46,6		7
6		34,0		3,7		7
7		51,1		20,8		7
8		8,1		37,9		8
9		25,2		55,0		8
10		42,2		12,1		9
11		59,4		29,2		8
12		16,5		46,2		7
13		33,6		3,4		8
14		50,7		20,5		8
15		7,8		37,5		7
16		24,9		54,6		7
17		42,0		11,8		8
18		59,1		28,8		7
19		16,2		46,0		8
20		33,3		3,0		7
21	4	50,4	14	20,1		7

$T = 5^s,697400$

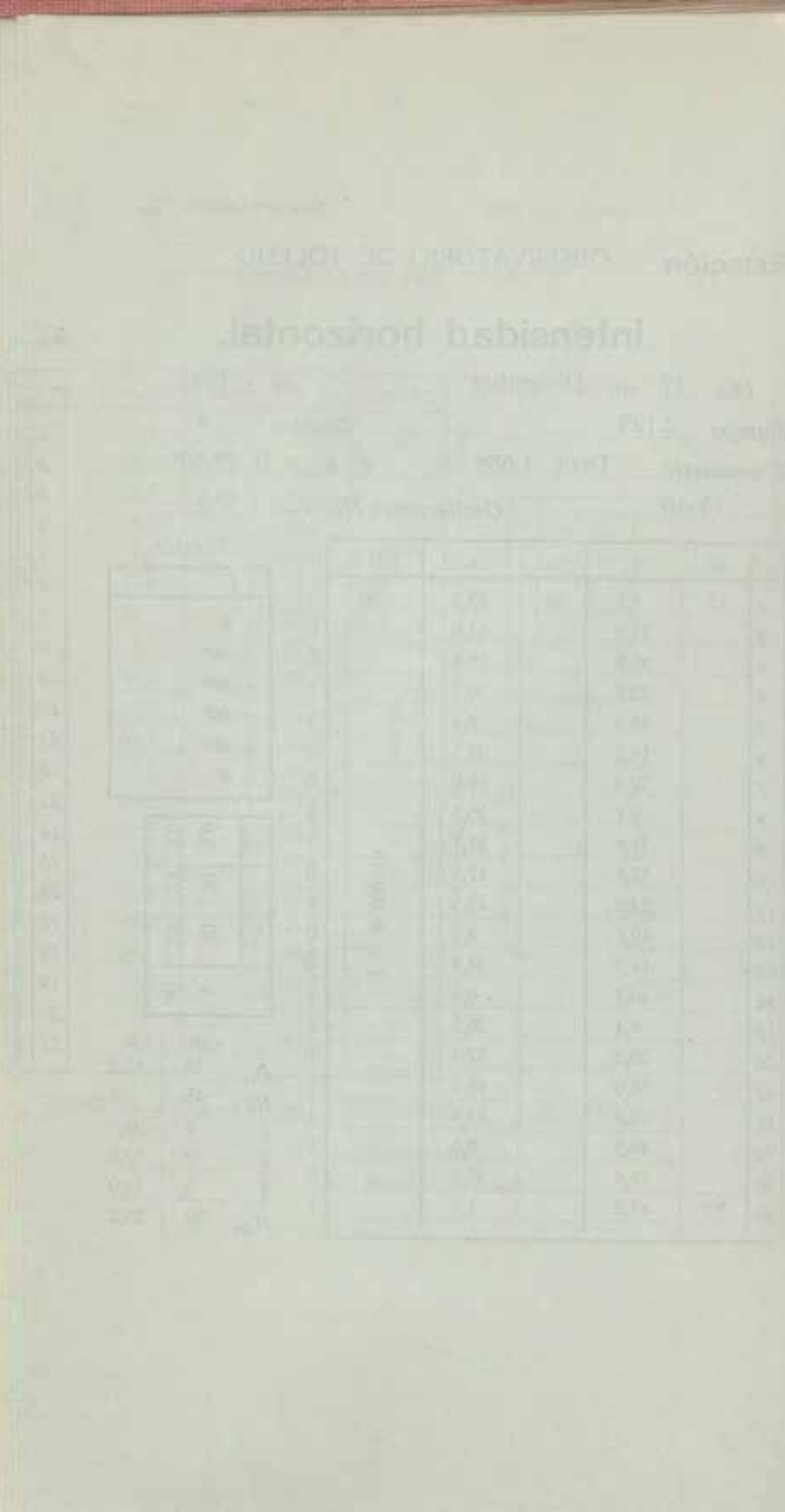
t.	9,3	9,5
—	20	15
+	20	15
	a	*a'*

	m.	s
H_{11}	4	50,4
H_1	59	8,5
I	5	41,9
$\frac{1}{3}$	1	53,9
$\frac{3}{3}$	3	47,9
H_{100}	8	38,3

Toledo *a* 17 *de* Diciembre *de* 1945

El Ingeniero Geógrafo,

V. Peña Geromini.



Con contrapeso $^{87}/_{30}$ *Sin contrapeso.*

Estación OBSERVATORIO DE TOLEDO

Intensidad horizontal.

Oscilaciones Nd.

Día 17 *de* Diciembre *de* 1945

Equipo 2.123 *Imán n.º* 4

Cronómetro Dent. 1.688 *E. A.* + 1h 3m 50s

h = 14-15 *Oscilaciones Ne.* *s* = + 6s 5

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	52	8,2	6	27,0	14,18	8
2		34,0		52,7		7
3		59,7		18,4		7
4		25,4		44,2		8
5		51,2		10,0		8
6		16,9		35,7		8
7		42,7		1,5		8
8		8,5		27,2		7
9		34,2		53,0		8
10		0		18,8		8
11		25,8		44,6		8
12		51,6		10,3		7
13		17,4		35,9		5
14		43,1		1,7		6
15		8,9		27,5		6
16		34,6		53,3		7
17		0,3		19,1		8
18		26,1		44,8		7
19		51,9		10,6		7
20		17,7		36,4		7
21	00	43,5	15	2,22		7

T = 8s,58733331

Torsión.

T	d.
0	
+ 90°	
− 90°	
+ 90°	
− 90°	
0	

	t.	9,5	9,5
−		29	22
+		29	22
		α	α'

	m.	s.
H_{11}	0	43,5
H_1	52	8,2
I	8	35,3
$\frac{1}{3}$	2	51,76
$\frac{3}{3}$	5	43,5
H_{100}	6	27,0

h = 15

N.º	m.	s.	m.	s.	100 T.	
1	22	8,5	31	38,1	29	6
2		25,6		55,1		5
3		42,7		12,2		5
4		59,7		29,3		6
5		16,9		46,4		6
6		34,0		3,6		6
7		51,1		20,7		6
8		8,1		37,8		6
9		25,2		55,9		7
10		42,2		12,0		8
11		59,4		29,1		7
12		16,5		46,2		7
13		33,6		3,3		7
14		50,6		20,3		7
15		7,7		37,4		7
16		24,9		54,5		6
17		42,0		11,6		6
18		59,0		28,6		6
19		16,1		45,7		6
20		33,1		2,8		7
21	27	50,2	37	19,8		6

T = 5s,69633331

	t.	9,6	9,5
−		20	15
+		20	15
		α	α'

	m.	s
H_{11}	27	50,2
H_1	22	8,5
I	5	41,7
$\frac{1}{3}$	1	53,9
$\frac{3}{3}$	3	47,8
H_{100}	31	38,0

Toledo *a* 17 *de* Diciembre *de* 1945

El Ingeniero Geógrafo,

V. Peña Geromini.

DETERMINACION DEL MOMENTO DE INERCIA DEL IMÁN NÚM. 4

IMÁN NÚM. 4

DETERMINACIÓN DE

CÁLCULO DE T CORREGIDO

OBSERVACIÓN		PERÍODO OBSERVADO	HORA		ΔH		$-\Delta_H T$	TEMPERATU
Núm.	CARACTERÍSTICAS		Inicial.	Final.	m/m	T	10^{-3} seg.	Inicial.
			h m	h m				o
1.ª	Sin contrapeso.....	5ª 69133	11 51	12 06	0	0	0	8,8
2.ª	Con contrapeso $^{58}/_{30}$..	9ª 01062	12 19	12 43	0,7	2,8	— 52,5	9
3.ª	Sin contrapeso.....	5ª 69386	13 01	13 16	2,8	11,2	132,8	9
4.ª	Con contrapeso $^{58}/_{30}$..	9ª 01390	13 21	13 45	4	16	300,3	9
5.ª	Sin contrapeso.....	5ª 69609	14 10	14 26	6	24	284,6	9,1
6.ª	Con contrapeso $^{58}/_{30}$..	9ª 01657	14 32	14 56	6,9	27,6	518,0	9,2
7.ª	Sin contrapeso.....	5ª 69740	15 03	15 18	8,5	34	403,2	9,3
8.ª	Con contrapeso $^{57}/_{30}$..	8ª 58728	15 30	15 53	8,2	32,8	586,8	9,5
9.ª	Con contrapeso $^{57}/_{30}$..	8ª 58733	15 56	16 19	7,5	30	536,7	9,5
10.ª	Sin contrapeso.....	5ª 69633	16 26	16 41	5,5	22	260,9	9,6

EQUIPO 2.123

MOMENTO DE INERCIA

SERIES I Y II.

Δt °	$-\Delta_t T$ 10^{-5} seg.	AMPLITUD Inicial.	AMPLITUD Final.	$-\Delta_\gamma T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\gamma_H} T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\gamma_t} T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $\Delta_{\gamma_i} T$ 10^{-5} seg.	Inducción $-\Delta_i T$ 10^{-5} seg.	ΔT Total. 10^{-5} seg.	PERÍODO CORREGIDO
−0,15	+ 35,3	20,75	14,55	− 23,64	0	− 0,46	− 0,46	0	+ 11,2	5ˢ 69144
0	0	30,5	20	75,58	+ 0,7	0	+ 0,7	− 0,5	−128,15	9ˢ 00934
0	0	20	15	23,49	1,8	0	1,8	1,2	156	5ˢ 69230
0	0	30	22	81,77	4,0	0	4,0	2,7	381	9ˢ 01009
+0,1	− 23,6	20,5	15	24,08	3,8	+ 0,31	4,1	2,5	331	5ˢ 69278
0,2	75,5	31	23	88,41	7,0	0,97	8,0	4,6	678	9ˢ 00979
0,4	94,3	20	15	23,49	5,4	1,23	6,6	3,6	518	5ˢ 69222
0,5	179,7	30	23	81,49	7,8	2,32	10,1	5,2	843	8ˢ 57885
0,5	179,7	29	22	75,35	7,2	2,32	9,5	4,7	787	8ˢ 57946
0,55	129,6	20	15	23,49	3,5	1,69	5,2	2,3	411	5ˢ 69222

IMÁN NÚM. 4 EQUIPO 2.123

MOMENTO DE INERCIA — CÁLCULO DE LAS CORRECCIONES

Contrapeso $^{58}/_{30}$ y $^{57}/_{30}$

CORRECCIÓN POR VARIACIÓN DE H:

Fórmula: $$-\Delta_H T = \frac{1}{2} \times T \times \frac{1}{H^{[T]}} \times \Delta H^{[T]}$$

$$\left.\begin{matrix}\text{Sin patrón}\\ \text{Patrón } ^{58}/_{30}\\ \text{Patrón } ^{57}/_{30}\end{matrix}\right\} -\Delta_H T = \frac{1}{2} \times \left\{\begin{matrix}5^s\ 694\\ 9^s\ 013\\ 8^s\ 587\end{matrix}\right\} \times \frac{1}{0{,}24} \times \Delta H^{[T]} = \left\{\begin{matrix}11{,}86\\ 18{,}77\\ 17{,}89\end{matrix}\right\} \times \Delta H^{[T]} = \text{columna } 8.^a$$

Signo: el de ΔH.

CORRECCIÓN POR VARIACIÓN DE TEMPERATURA:

β_{osc} (sin contrapeso) $= (\beta + 2\beta_1)\ 10^{-7} = 82{,}78 \times 10^{-5}$

β_{osc} (patrón $^{58}/_{30}$) $= (\beta + 2\beta_2)\ 10^{-7}$, $\beta_2 = \dfrac{K\beta_1 + K_{58}\beta_2}{K_1 + K_{58}} = 0{,}0000156$, siendo

β_1 (acero) $= 105 \times 10^{-7}$
β_2 (latón) $= 190 \times 10^{-7}$
$K = 278$
$K_{58} = 418{,}9$

β_{osc} (patrón $^{58}/_{30}$) $= 83{,}80 \times 10^{-7}$

β_{osc} (patrón $^{57}/_{30}$) $= (\beta + 2\beta_4) \times 10^{-7}$, $\beta_4 = \dfrac{K\beta_1 + K_{57}\beta_2}{K + K_{57}} = 0{,}0000153$, siendo

β_1 (acero) $= 105 \times 10^{-7}$
β_2 (latón) $= 190 \times 10^{-7}$
$K = 278$
$K_{57} = 353{,}9$

β_{osc} (patrón $^{57}/_{30}$) $= 83{,}74 \times 10^{-7}$

Fórmula: $$-\Delta_t T = -\frac{1}{2} \times T \times \beta_{osc}\ 10^5 \times \Delta_t$$

$$\left.\begin{matrix}\text{Sin patrón}\\ \text{Patrón } ^{58}/_{30}\\ \text{Patrón } ^{57}/_{30}\end{matrix}\right\} -\Delta_t T = -\frac{1}{2} \times \left\{\begin{matrix}5^s\ 694 \times 82{,}78\\ 9^s\ 013 \times 83{,}80\\ 8^s\ 587 \times 83{,}74\end{matrix}\right\} \times \Delta t = -\left\{\begin{matrix}235{,}7\\ 377{,}6\\ 359{,}5\end{matrix}\right\} \times \Delta t^{[°]}$$

Signo: el contrario a Δt.

CORRECCIÓN POR AMPLITUD DE OSCILACIÓN:

$$-\Delta_\alpha T = -\frac{1}{2} \times T \times \frac{1}{16} \operatorname{sen}^2 1^\circ \times 0^\circ{,}085^2 \times 10^{-5} \times \alpha\alpha' \text{ [divi]}$$

$$\left.\begin{matrix}\text{Sin patrón}\\ \text{Patrón } {}^{58}/_{30}\\ \text{Patrón } {}^{57}/_{30}\end{matrix}\right\} -\Delta_\alpha T = -\frac{1}{2} \times \left\{\begin{matrix}5^s\ 694\\ 9^s\ 013\\ 8^s\ 587\end{matrix}\right\} \times \frac{1}{16} \operatorname{sen}^2 1^\circ \times 0^\circ{,}085^2 \times 10^{-5} \times \alpha\alpha' = -$$

$$-\left\{\begin{matrix}0{,}0783\\ 0{,}1239\\ 0{,}1181\end{matrix}\right\} \times \alpha\alpha' \text{ [divi]} = \text{columna 15.ª}$$

Signo: siempre negativo.

CORRECCIÓN POR TORSIÓN:

Fórmula: $-\Delta_\eta T = -\Delta_{\eta_H} T - \Delta_{\eta_t} T$

a) $$-\Delta_{\eta_H} T = -\frac{1}{2} \times T \times \eta \times \frac{1}{H^{[\Gamma]}} \times \Delta H^{[\Gamma]}$$

$$\left.\begin{matrix}\text{Sin patrón}\\ \text{Patrón } {}^{58}/_{30}\\ \text{Patrón } {}^{57}/_{30}\end{matrix}\right\} -\Delta_{\eta_H} T = -\frac{1}{2} \times \left\{\begin{matrix}5^s\ 694\\ 9^s\ 013\\ 8^s\ 587\end{matrix}\right\} \times 0{,}0134 \times \frac{1}{0{,}24} \times \Delta H^{[\Gamma]} = -$$

$$-\left\{\begin{matrix}0{,}156\\ 0{,}252\\ 0{,}239\end{matrix}\right\} \times \Delta H^{[\Gamma]} = \text{columna 16.ª}$$

Signo: el contrario a ΔH.

b) $$-\Delta_{\eta_t} T = -\frac{1}{2} \times T \times \eta \times \beta 10^5 \times \Delta t^{[\circ]}$$

$$\left.\begin{matrix}\text{Sin patrón}\\ \text{Patrón } {}^{58}/_{30}\\ \text{Patrón } {}^{57}/_{30}\end{matrix}\right\} -\Delta_{\eta_t} T = -\frac{1}{2} \times \left\{\begin{matrix}5^s\ 694\\ 9^s\ 013\\ 8^s\ 587\end{matrix}\right\} \times 0{,}0134 \times \beta \times 10^5 \times \Delta t^{[\circ]} = -$$

$$-\left\{\begin{matrix}3{,}07\\ 4{,}87\\ 4{,}64\end{matrix}\right\} \times \Delta t = \text{columna 17.ª}$$

Signo: el de Δt.

CORRECCIÓN POR INDUCCIÓN:

$$\left.\begin{matrix}\text{Sin patrón}\\ \text{Patrón } {}^{58}/_{30}\\ \text{Patrón } {}^{57}/_{30}\end{matrix}\right\} -\Delta_t T = -\frac{1}{2} \times \left\{\begin{matrix}5^s\ 694\\ 9^s\ 013\\ 8^s\ 587\end{matrix}\right\} \times 0{,}03682 \times \Delta H^{[\Gamma]} = -\left\{\begin{matrix}0{,}105\\ 0{,}166\\ 0{,}158\end{matrix}\right\} \times \Delta H^{[\Gamma]}$$

Signo: el de ΔH.

IMÁN NÚM. 4 EQUIPO 2.123

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE INERCIA

$$K = K_c \frac{T_s}{(T_s + T_c)(T_c - T_s)}$$

Contrapeso $^{58}/_{30}$

	log 418,94	= 2,6221518		log 418,94	= 2,6221518
(1)	2 log T	= 1,5104442	(4)	2 log T	= 1,5106488
(2)	colog $(T_c + T_s)$	= $\bar{2}$,8326596	(5)	colog $(T_c + T_s)$	= $\bar{2}$,8325979
	cotg $(T_c + T_s)$	= $\bar{1}$,4791367		cotg $(T_c + T_s)$	= $\bar{1}$,4792532
		2,4443923			2,4446517
	K = **278,22**			K = **278,39**	

	log 418,94	= 2,6221518		log 418,94	= 2,6221518
(2)	2 log T	= 1,5105816	(5)	2 log T	= 1,5106488
(3)	colog $(T_c + T_s)$	= $\bar{2}$,8326330	(6)	colog $(T_c + T_s)$	= $\bar{2}$,8326067
	cotg $(T_c + T_s)$	= $\bar{1}$,4792545		cotg $(T_c + T_s)$	= $\bar{1}$,4792532
		2,4446209			2,4446605
	K = **278,37**			K = **278,39**	

	log 418,94	= 2,6221518		log 418,94	= 2,6221518
(3)	2 log T_s	= 1,5105816	(6)	2 log T	= 1,5105634
(4)	colog $(T_c + T_s)$	= $\bar{2}$,8326109	(7)	colog $(T_c + T_s)$	= $\bar{2}$,8326233
	cotg $(T_c + T_s)$	= $\bar{1}$,4791564		cotg $(T_c + T_s)$	= $\bar{1}$,4791799
		2,4445007			2,4445184
	K = **278,30**			K = **278,30**	

Contrapeso $^{57}/_{30}$

	log 353,91	= 2,5488928	(9)	log 353,91	= 2,5488928
(7)	2 log T	= 1,5105634	(10)	2 log T	= 1,5105634
(8)	colog $(T_c + T_s)$	= $\bar{2}$,8455435		colog $(T_c + T_s)$	= $\bar{2}$,8455250
	cotg $(T_c + T_s)$	= $\bar{1}$,5396089		cotg $(T_c + T_s)$	= $\bar{1}$,5395171
		$\bar{1}$,4446086			2,4444983
	K = **278,36**			K = **278,29**	

(8) (10) } K = **278,36**

(7) (9) } K = **278,29**

K_m = **278,33** cm.^{2} a **9°**

IMÁN NÚM. 4

DETERMINACIÓN DEL

CÁLCULO DE T CORREGIDO

OBSERVACIÓN		PERÍODO OBSERVADO	HORA				ΔH		$-\Delta_H T$	TEMPERATURA	
Núm.	CARACTERÍSTICAS		Inicial.		Final.		m/m.	γ	10^{-5} seg.	Inicial.	Final.
			h	m	h	m				°	°
1.ª	Sin contrapeso.....	5ª 75995	17	03	17	18	0	0	0	13,5	13,5
2.ª	Sin contrapeso.....	5ª 76043	17	21	17	36	1,0	4,0	48	13,4	13,4
3.ª	Con contrapeso $^{58}/_{50}$..	9ª 12030	17	43	18	07	1,5	6,0	114	13,7	13,6
4.ª	Con contrapeso $^{57}/_{50}$..	8ª 68647	18	27	18	50	5,3	21,2	318	13,7	13,5
5.ª	Sin contrapeso.....	5ª 76490	18	58	19	14	6,75	27,0	324	13,7	13,7
6.ª	Con contrapeso $^{58}/_{50}$..	9ª 12600	19	24	19	48	9,3	37,0	703	13,8	13,7
7.ª	Con contrapeso $^{57}/_{50}$..	8ª 68855	20	18	19	41	7,5	30,0	540	13,5	13,5

EQUIPO 2.123

MOMENTO DE INERCIA

SERIES III Y IV.

Δt °	$-\Delta_t T$ 10^{-5} seg.	AMPLITUD Inicial.	AMPLITUD Final.	$-\Delta_\alpha T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\eta H} T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\gamma_i t} T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\eta_i} T$ 10^{-5} seg.	Inducción. $-\Delta_i T$ 10^{-5} seg.	ΔT Total. 10^{-5} seg.	PERÍODO CORREGIDO
4,5	998,8	20,5	14,5	— 23,5	0	14,0	+ 14,0	0	— 1008	5ª 74987
4,4	998,8	21,0	15,0	24,9	0	13,9	14,0	0	1060	5ª 74993
4,65	1641,4	30,0	20,5	77,2	1,4	23,3	23,7	— 1,0	1811	9ª 10219
4,8	1550,2	30,0	21,0	75,3	5,2	21,2	26,4	3,3	1921	8ª 66726
4,4	1044,2	21,0	15,0	24,9	4,5	14,3	28,8	2,8	1378	5ª 75112
3,6	1623,8	31,5	21,5	84,9	9,4	22,3	31,7	6,3	2386	9ª 10214
4,5	1516,5	30,0	21,0	75,2	7,2	20,7	27,9	5,7	2109	8ª 66746

IMÁN NÚM. 4

DETERMINACIÓN DEL

CÁLCULO DE T CORREGIDO

OBSERVACIÓN		PERÍODO OBSERVADO	HORA				ΔH		$-\Delta_H T$	TEMPERATURA	
Núm.	CARACTERÍSTICAS		Inicial.		Final.		m/m.	τ	10^{-5} seg.	Inicial.	Final.
			h	m	h	m				°	°
1.ª	Sin contrapeso.....	5ª 75725	7	45	8	01	0	0	0	9,0	9,3
2.ª	Con contrapeso 322..	9ª 09609	8	10	8	34	1,5	6,0	114	9,8	9,7
3.ª	Sin contrapeso.....	5ª 75942	8	52	9	08	2,0	8,0	96	9,95	10,0
4.ª	Con contrapeso 321..	8ª 65600	9	13	9	36	1,0	4,0	70	10,2	10,0
5.ª	Sin contrapeso.....	5ª 75957	9	48	10	03	2,25	9,0	108	10,0	10,0
6.ª	Con contrapeso 322..	9ª 10050	10	10	10	34	3,75	15,0	285	10,2	10,2
7.ª	Con contrapeso 321..	8ª 65614	10	40	11	03	1,25	5,0	90	10,3	10,3
8.ª	Sin contrapeso.....	5ª 76058	11	58	12	14	2,5	10,0	120	10,25	10,3
9.ª	Con contrapeso 322..	9ª 10309	12	18	12	43	5,5	22,0	418	10,5	10,5
10.ª	Con contrapeso 321..	8ª 66315	12	47	13	10	9,3	37,2	669	10,6	10,6
11.ª	Sin contrapeso.....	5ª 76509	13	19	13	35	13,3	53,2	638	10,85	10,8
12.ª	Con contrapeso $^{56}/_{30}$..	9ª 12914	13	50	14	14	17,0	68,0	1301	11,0	11,0

EQUIPO 2.123I

MOMENTO DE INERCIA

SERIES V y VI.

Δr cm	$-\Delta_t T$ 10^{-5} seg.	AMPLITUD Inicial.	AMPLITUD Final.	$-\Delta_\alpha T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\eta_H} T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\eta_t} T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_\eta T$ 10^{-5} seg.	Inducción. $-\Delta_i T$ 10^{-5} seg.	ΔT Total. 10^{-5} seg.	PERÍODO CORREGIDO
0,15	— 34,2	19,5	14,0	— 22,0	0	+ 0,6	+ 0,6	0	— 55	5ª 75670
0,75	264,7	30,5	21,5	82,0	2,6	3,8	6,4	— 1,6	456	9ª 09153
0,97	220,0	20,6	14,95	24,5	1,5	2,9	4,4	1,0	337	5ª 75605
1,10	370,7	30,5	22,0	80,0	1,2	5,0	6,2	0,8	515	8ª 65085
1,00	227,0	21,0	15,0	25,0	1,4	3,0	4,4	1,0	357	5ª 75600
1,20	423,4	31,5	23,0	85,0	3,7	5,8	9,5	2,4	786	9ª 09264
1,30	438,0	30,0	22,0	79,0	1,2	5,9	7,1	0,8	600	8ª 65014
1,30	295,0	20,5	15,0	24,0	1,0	3,9	4,9	0,6	435	5ª 75623
1,50	529,5	31,0	22,0	84,0	6,0	7,3	13,3	3,9	1022	9ª 09287
1,60	539,0	30,5	22,5	80,0	9,0	7,3	16,3	5,9	1277	8ª 65038
1,90	386,6	20,0	14,75	23,0	8,5	5,7	14,2	6,2	1039	5ª 75470
2,00	707,0	31,0	23,0	87,2	11,0	17,2	— 28,2	11,7	2077	9ª 10837

IMÁN NÚM. 4

DETERMINACIÓN DEL

CÁLCULO DE T CORREGIDO

OBSERVACIÓN		PERÍODO OBSERVADO	HORA			ΔH		$-\Delta_H T$	TEMPERATURA	
Núm.	CARACTERÍSTICAS		Inicial.		Final.	m/m.	γ	10^{-5} seg.	Inicial.	Final.
			h	m	h m				°	°
1.ª	Sin contrapeso.....	5ª 75170	10	50	11 06	1,75	+ 7,0	+ 84	10,0	10,0
2.ª	Con contrapeso 322 ..	9ª 08904	11	14	11 38	0	0	0	10,55	10,45
3.ª	Sin contrapeso.....	5ª 75562	11	48	12 03	2,0	— 8,0	— 96	10,6	10,6
4.ª	Con contrapeso 321 ..	8ª 65152	12	13	12 35	— 1,6	6,4	116	10,75	10,8
5.ª	Sin contrapeso..	5ª 75644	12	56	13 11	0,1	0,4	4	10,97	11,0
6.ª	Con contrapeso 321 ..	8ª 65386	13	20	13 43	+ 0,7	+ 2,8	+ 50	11,05	11,1
7.ª	Sin contrapeso.....	5ª 75835	13	56	14 11	0,5	— 2,0	— 24	11,5	11,5
8.ª	Con contrapeso 322 .	9ª 09719	14	22	14 46	1,0	4,0	76	12,00	12,00
9.ª	Con contrapeso $^{56}/_{80}$..	9ª 11666	15	01	15 25	— 3,0	12,0	228	12,2	12,4
10.ª	Sin contrapeso.....	5ª 76009	15	30	15 46	3,5	14,0	168	12,5	12,5

EQUIPO 2.123

MOMENTO DE INERCIA

SERIES VII Y VIII.

Δt °	$-\Delta_t T$ 10^{-5} seg.	AMPLITUD Inicial.	AMPLITUD Final.	$-\Delta_\alpha T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\eta H} T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_{\eta t} T$ 10^{-5} seg.	TORSIÓN $-\Delta_\eta T$ 10^{-5} seg.	Inducción. $-\Delta_I T$ 10^{-5} seg.	ΔT Total. 10^{-5} seg.	PERÍODO CORREGIDO
0	0	19	13,5	— 20	— 1,1	0	— 1,1	+ 1,4	+ 64	5ˢ 75234
0,5	176	32	2,3	92	0	+ 2,4	+ 2,4	— 0,3	— 266	9ˢ 08638
0,6	136	19,5	1,4	21	+ 0,9	1,8	2,7	1,2	252	5ˢ 75310
0,8	269	31,5	24,5	91,8	1,7	3,7	5,4	1,8	473	8ˢ 64679
1,0	227	20	14,5	22	— 0,1	3,0	3,0	+ 0,2	260	5ˢ 75384
1,3	371	31	24	89	0,7	5,0	4,3	0,7	405	8ˢ 64981
1,5	340	20,5	14,75	24	+ 0,5	4,5	5,0	— 0,4	383	5ˢ 75452
2,0	706	32	24	93	1,2	9,6	11,0	1,7	865	9ˢ 08854
2,3	814	31,5	23,5	93	3,0	11,0	14,0	4,0	1125	9ˢ 10541
2,5	567	20	14,75	23	2,4	7,5	10,0	5,0	753	5ˢ 75256

IMÁN NÚM. 4 EQUIPO 2.123

DETERMINACIÓN DEL MOMENTO DE INERCIA

$\alpha = 0{,}0000105$

OBSERVACIÓN	K_1	t	$20 - t$	$1 + \alpha(20 - t)$	$[1 + \alpha(20 - t)]^2$	K_{20}	δ	δ^2
I. SERIE								
1	278,22	9	11	1,0001155	1,0002310	278,28	— 0,17	— 0,0289
2	37	9	11			43	0,02	04
3	30	9	11			36	0,09	81
4	39	9	11			45	+ 0,00	00
5	39	9	11			45	0,00	00
6	30	9	11			36	— 0,09	81
II. SERIE								
1	278,36	9	11			278,42	0,03	09
2	29	9	11			35	0,10	100
3	29	9	11			35	0,10	100
4	36	9	11			42	0,03	09
III. SERIE								
1	276,20	9	11			278,26	0,19	361
2	39	9	11			45	0,00	000
3	39	9	11			45	0,00	000
IV. SERIE								
1	278,20	9	11			278,26	0,19	361
2	40	9	11			46	+ 0,01	01
3	38	9	11			44	— 0,01	01
V. SERIE								
1	278,59	9	11			278,65	+ 0,20	400
2	47	9	11			53	0,08	64
3	51	9	11			57	0,12	144
4	49	9	11			55	0,10	100
VI. SERIE								
1	278,46	9	11			278,52	0,07	49
2	45	9	11			51	0,06	36
3	53	9	11			59	0,14	196
4	60	9	11			66	0,21	441
5	54	9	11			60	0,15	225

OBSERVACIÓN	K_1	t	$20-t$	$1+\alpha(20-t)$	$[1+\alpha(20-t)]^3$	K_{20}	δ	δ^2
VII SERIE								
1	278,43	10	10	1,000105	1,000210	278,49	+ 0,04	— 0,016
2	55	10	10			61	0,16	256
3	21	10	10			26	— 0,19	361
4	33	10	10			39	0,36	036
VIII SERIE								
1	278,53	10	10			278,59	+ 0,14	196
2	35	10	10			41	— 0,04	016
3	30	10	10			36	0,09	081
						$K_m = 278,45$		$\Sigma\delta^2 = 0,4014$

Error probable:

$$\varepsilon_p = 0,6745\sqrt{\frac{\Sigma\delta^2}{n(n-1)}} = 0,0136; \quad K_{20} = 278,45 \pm 0,0136$$

IMÁN NÚM. 4 EQUIPO 2.123

MOMENTO DE INERCIA

$K_t = K_{20}\,[1 + 0{,}000021\,\Delta t]$, $\log \pi^2 K = 2\log\pi + \log K_{20} +$
$+ \log\,[1 + 0{,}000021\,(t - 20)]$, $2\log\pi + \log K_{20} = 3{,}4390469$

t	$[1 + 0{,}000021\,(t-20)]$	log $[1 + 0{,}000021\,(t-20)]$	$\log \pi^2 K$.	Δ
5	0,999 685	$\bar{1}$,999 8631	3,438 9100	92
6	706	8723	192	91
7	27	8814	283	91
8	48	8905	374	91
9	69	8996	465	92
10	790	9088	557	91
11	811	179	648	91
12	32	270	739	91
13	53	361	830	91
14	74	452	921	91
15	895	543	3,439 0012	92
16	916	635	0104	91
17	37	726	195	91
18	58	817	286	91
19	79	908	377	92
20	1,000 000	2,000 0000	3,439 0469	91
21	21	091	560	91
22	42	182	651	92
23	63	274	743	91
24	84	365	834	91
25	105	456	925	91
26	26	547	1016	91
27	47	638	107	92
28	68	730	199	91
29	89	821	290	91
30	210	912	381	91
31	31	1003	472	91
32	52	1094	563	91
33	73	1185	654	92
34	94	1277	746	

91	
1	9'1
2	18'2
3	27'3
4	36'4
5	45'5
6	54'6
7	63'7
8	72'8
9	81'9

92	
1	9'2
2	18'4
3	27'6
4	36'8
5	46'0
6	55'2
7	64'4
8	73'6
9	82'8

RESUMEN

El capítulo V está dedicado al coeficiente de inducción; contiene una exposición detallada del método de Weber, descripción de los aparatos empleados y la marcha sistemática para desarrollar la operación y calcular los resultados. Para que pueda servir de norma se incluye un anejo correspondiente al imán D.

El capítulo VI se refiere a la determinación del coeficiente de temperatura, habiéndose empleado el sistema de calentar exclusivamente el imán estudiado. El método operatorio seguido se ha ilustrado con fotografías, y se ha detallado también la manera de introducir las correcciones y las gráficas de variación del ángulo de desviación en función de la temperatura. Como para el imán C esta gráfica es, desde luego, una curva, se ha especificado la deducción de la expresión que, en este caso, ha de tomarse para el coeficiente de temperatura. Se incluyen las observaciones y cálculos correspondientes a los imanes C y A, que comprenden el caso de gráfica en curva y en recta, respectivamente.

El capítulo VII, relativo al momento de inercia, no ofrece otra novedad que la manera de ordenar las correcciones, puesto que el método operatorio es el conocido de observar las oscilaciones por series mixtas con y sin contrapeso o patrón; se han utilizado los juegos de los dos equipos en cada imán. En el anejo se incluyen las observaciones y cálculos del imán B.

ÍNDICE

Páginas.

PRÓLOGO..... 5

PARTE PRIMERA

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE OBSERVACIÓN MAGNÉTICA NÚMEROS 2.123 Y ¿?

CAPÍTULO PRIMERO —DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS..... 11
Base de los aparatos..... 11
Anteojo acodado..... 12
Declinómetro..... 13
Caja de oscilaciones..... 13
Regla y caja de desviaciones..... 14
Inductor terrestre..... 15
CAPÍTULO II.—RESUMEN..... 17
Declinación..... 17
Intensidad..... 18
Inclinación..... 19

PARTE SEGUNDA

CONTRASTACIÓN DE LOS EQUIPOS DE OBSERVACIÓN MAGNÉTICA NÚMS. 2.123 Y ¿?

CAPÍTULO III. — CONTRASTACIÓN PARA LAS OBSERVACIONES ASTRONÓMICAS..... 23
1.° Corrección de índice..... 23
2.° Corrección de los ejes de colimación..... 23
3.° Corrección de la inclinación del eje de giro del anteojo acodado 23
4.° Corrección de la inclinación del eje de giro del anteojo azimutal 25
5.° Movimiento del cronómetro..... 27

Páginas.

CAPÍTULO IV.—CONTRASTACIÓN PARA LAS OBSERVACIONES MAGNÉTICAS 29
1.° Medición de las distancias entre las muescas de la barra de desviaciones 29
2.° Regulación de los topes de las cajitas de desviaciones 32
3.° Valor angular de las divisiones de escala de la cámara de oscilaciones 32
4.° Amplitud conveniente de las oscilaciones 37
5.° Relación entre los momentos de los imanes-agujas (declinación). 39
6.° Colimación de los imanes-aguja 39
7.° Hilos de suspensión 39
8.° Apreciación de los inductores 41
9.° Galvanómetros de los inductores 41
Resumen 43

PARTE TERCERA

DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE LOS IMANES DE BARRA DE LOS EQUIPOS NÚMS. 2.123 Y ¿?

CAPÍTULO V.—COEFICIENTE DE INDUCCIÓN 61
Fundamento del método de Weber 61
Descripción de los aparatos 65
Método operatorio 66
Cuadros de observación y cálculo 67
CAPÍTULO VI.—COEFICIENTE MAGNÉTICO DE TEMPERATURA 75
Descripción de los aparatos 75
Método operatorio 76
Cuadros de observación y gráficos 77
Cuadros de cálculo de los imanes A, B y D 77
Cuadro de cálculo del imán C 80
CAPÍTULO VII.—MOMENTO DE INERCIA 91
Método operatorio y cuadros de observación 91
Cuadros de cálculo 92
Resumen 113

LA COMARCA SISMICA DE CARAVACA
Y
EL SISMO DE 23 DE JUNIO DE 1948

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL

TOMO XX

V

Sección 1.ª—Servicio de Sismología

LA COMARCA SISMICA DE CARAVACA
Y
EL SISMO DE 23 DE JUNIO DE 1948

POR

ALFONSO REY PASTOR

Ingeniero Geógrafo, Jefe del Observatorio Sismológico de Alicante.

MADRID. — TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL. — 1949

MEMORIAS

DEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

TOMO XX

V

Sección 1.ª—Servicio de Sismología

LA COMARCA SÍSMICA DE CARAVACA

Y

EL SISMO DE 23 DE JUNIO DE 1948

POR

ALFONSO REY PASTOR

Ingeniero Geógrafo, Jefe de Sismología
Colaborador de la Sección

MADRID.—Talleres del Instituto Geográfico y Catastral.—1950

INDICE

Páginas

PRELIMINAR 7

PRIMERA PARTE

LA COMARCA SISMICA DE CARAVACA

I. Delimitación 11
II. Geomorfología 12
III. Sismicidad 17

SEGUNDA PARTE

EL SISMO DE 23 DE JUNIO DE 1948

I. Información macrosísmica 21
II. Líneas isosistas 23
III. Coordenadas focales 24
IV. Registros instrumentales 28

COORDINACIONES 31
NOTA BIBLIOGRÁFICA 35

PRELIMINAR

Este modesto trabajo de investigación forma parte de una serie de Memorias publicadas por el Instituto Geográfico y Catastral (I a VIII) referentes al estudio de la sismicidad y estructura tectónica de la *Zona sísmica levantino-penibética*, que abarca las provincias de Alicante y Murcia, el sector meridional de la de Valencia y el Sureste de la de Albacete. Para la mayor facilidad de exposición hemos dividido el área total de la zona dicha (asignada al Observatorio de Alicante) en varias comarcas sísmicas, cada una de las cuales comprende un determinado sector, influenciado de modo directo por las vibraciones o conmociones telúricas de uno o más núcleos sísmicos activos.

En las páginas que siguen dedicamos la primera parte para una breve reseña de la *Comarca sísmica de Caravaca*, en sus aspectos geográfico, geológico y sísmico; la segunda parte contiene un resumen del estudio del sismo de 23 de junio de 1948, cuyo epicentro está situado en las proximidades de Cehegín y corresponde al núcleo sísmico de Caravaca.

PRELIMINAR

PRIMERA PARTE

LA COMARCA SISMICA DE CARAVACA

I.—Delimitación.

De un modo convencional denominaremos *Comarca sísmica de Caravaca* a la superficie directamente afectada por los temblores de tierra procedentes de los focos que forman el núcleo de Caravaca, de los cuales, hasta ahora, solamente hemos identificado dos.

Podemos considerar limitada la comarca como sigue: por el Norte, en el contacto de los pliegues penibéticos sobre el borde de la Meseta de Albacete, según una línea aproximada, que va de Caudete a Peñas de San Pedro; por el Este, en el Medio Segura; al Sur, por las Sierras de Espuña y Topares, y al Oeste, por el macizo de la Sagra. Dicha superficie resulta además expuesta, como es natural, a las sacudidas procedentes de otros núcleos próximos.

En la provincia de Murcia hemos definido las siguientes comarcas: 1.ª, *Medio Segura*, con cuatro núcleos de mediana intensidad, pero gran frecuencia; 2.ª, *Sangonera*, con menos actividad que la anterior; 3.ª, *Fortuna*; 4.ª, *Cartagena;* 5.ª, *Yecla-Jumilla*, y 6.ª, *Caravaca*. Estas dos últimas se encuentran relacionadas por sus características sismo-tectónicas, como luego diremos.

Al Norte de la comarca de Caravaca queda, en la provincia de Albacete, el núcleo de la comarca de *Chinchilla de Monte-Aragón*, de carácter esporádico y de menos actividad que los de la provincia de Murcia.

Al Este de Murcia están emplazados, en la provincia de Alicante, los núcleos sísmicos de la comarca del *Bajo Segura*, conmovida con gran frecuencia por sacudidas débiles y medianas, y especialmente fué afectada en el año 1829 por un catastrófico temblor de grado X, el cual ocasionó más de 2.500 víctimas, entre muertos y heridos.

II.—Geomorfología·

Geográficamente, la comarca de Caravaca queda enclavada en la *Cordillera Penibética*, de génesis alpina, según la denominación de Novo, adoptada por el Instituto Geológico y Minero (9) y aceptada por nosotros en los estudios anteriores (10). En las brillantes investigaciones de los Sres. Hernández Pacheco (11) y (12), la denominación es la de *Serranías Subbéticas* y este criterio también es el adoptado por Fallot (13).

La Cordillera Penibética, o *Serranías Subbéticas*, puede considerarse dividida para su estudio en cuatro sectores (10): 1.°, de Punta de Tarifa al Alto Guadalhorce; 2.°, hasta el Guadiana Menor; 3.°, hasta el Medio Segura, y, por último, el 4.°, hasta el Cabo de la Nao.

La comarca de Caravaca queda, pues, englobada casi totalmente en el tercer sector de la Cordillera. Los elementos orográficos fundamentales de esta unidad, o sector, forman un fuerte núcleo central, cuya culminación máxima es la Sierra de la Sagra, con 2.383 metros. De este núcleo se desprenden una serie de cadenas hacia el Nordeste, con fuerte encorvamiento, las que determinan el denominado «arco del Alto Segura», cuyo centro (geográficamente hablando) queda emplazado en el núcleo sísmico de Caravaca-Cehegín. El nudo orográfico de la Sagra determina la separación de aguas entre las vertientes del Guadalquivir al Oeste, del Segura al Este, y del Mediterráneo al Sur.

El nudo montañoso fundamental, así como sus ramificaciones hacia el Nordeste, como son las Sierras de Alcaraz, Calar de Mundo y Taibilla, corresponden al «sector pre-bético», según Fallot, mientras que las de Topares, Espuña, Orce y María, de orientación hacia el Este, quedan en el «sector sub-bético».

El río Segura es el más importante de la comarca, y en el mismo se destacan tres sectores bien definidos: El «alto», que con su curvatura impuesta por las Sierras de Calar de Mundo y Taibilla que lo ciñen, presenta un trazado orográfico; el «medio» desde Calasparra hasta Alcantarilla, sigue por una línea quebrada de dos segmentos impuestos por otras tantas fracturas sismo-tectónicas; el tercer sector, desde Alcantarilla a Guardamar, queda también encajado en dos importantes accidentes sismo-tectónicos.

Rasgos geológicos

Los datos que exponemos a continuación han sido obtenidos, en su mayoría, del interesante trabajo de Fallot, titulado *Estudios geológicos de la zona sub-bética, entre Alicante y el Guadiana Menor* (13), completados con apuntes obtenidos por nosotros en la zona pleistosista. Nos limitaremos en esta breve reseña a exponer los rasgos fundamentales de los terrenos del área inmediata al accidente tectónico determinado por la fractura Cehegín-Calasparra, en la cual está enclavado el epicentro del sismo de 23 de junio de 1948.

Sectores sub-bético y pre-bético.—Existe una marcada diferencia en los caracteres tectónicos de ambos, correspondiendo el segundo a la zona autóctona del Noroeste, mientras que el primero presenta grandes cabalgamientos sobre aquél. La línea de separación queda marcada, aproximadamente, en la forma que se indica en la lámina I. Ya dijimos que las importantes sierras del nudo de la Sagra y sus ramificaciones en sentido Nordeste, quedan en el pre-bético, mientras que las sierras de menores altitudes que se ramifican desde dicho nudo hacia el Este, quedan en el sub-bético.

Triásico.—En el sector central de la comarca de Caravaca aparece la mancha más importante de este terreno, tanto por su extensión como por su significado geológico; forma el elemento avanzado del sub-bético, en cuyo borde del Noroeste se producen cabalgamientos sobre el Mioceno del valle del Moratalla; por el Sur llega hasta más allá de Bullas, y por el Norte engloba los valles de los ríos Argos y Quipar en sus cursos bajos, hasta el Segura (figs. 1, 2 y 3).

En conjunto, esta mancha se presenta sumamente accidentada por una serie de cerros de potentes estratos del Muschelkalk fuertemente inclinados hacia el Sureste. En el valle del Quipar se destaca el Trías fuertemente yesífero. La característica de estos terrenos es la de presentar una disposición aparentemente sencilla, pero sumamente complicada en sus detalles. Así vemos como al Norte de Cehegín, en el barranco de Yeseras, el Trías cubre terrenos más modernos. Al Sur de la Sierra de Benamor se observa un fuerte manto de corrimiento.

Toda el área del sector citado queda salpicada de múltiples y potentes asomos de rocas hipogénicas y ferruginosas, las cuales complican aún más la estructura de sus elementos estratigráficos (fig. 1).

En el Segura Medio, desde Cieza hasta Archena, surgen también varios asomos triásicos en el Neógeno, en los que hay intercalados varios diques eruptivos

Al Sur de la Sierra de Bullas, y en el límite de las provincias de Murcia y Almería, otras manchas triásicas surgen interpuestas entre las masas jurásicas y eocenas.

Jurásico-Liásico.—Debemos mencionar como el elemento más notable, a la mancha de gran extensión integrada por la Sierra de Benamor y el macizo de Revolcadores, emplazados en el sector subbético y en límite occidental con el pre-bético. La Sierra del Frontón constituye un eslabón de la Sierra de Benamor hacia el Norte. Esta sierra, que culmina con el pico del Buitre, de 1.428 metros, presenta sus terrenos con fuertes bancos de calizas y dolomías, que cabalgan sobre el Mioceno de Moratalla, en el pre-bético. La Sierra de San Miguel, situada al Oeste de Calasparra, forma una importante masa de dolomías corridas hacia el Oeste (fig. 4). El macizo de Revolcadores, al Oeste de la Sierra de Benamor, se une con ella y sus masas calizas cabalgan al Norte sobre el terciario del pre-bético.

Al Sur de Cehegín-Bullas yace otra importante mancha jurásico-liásica, sin las complicaciones tectónicas de la anterior. En ella se destaca la Sierra de Bullas.

Cretáceo.—En el sector pre-bético y al Norte del Segura, en el trayecto Calasparra-Cieza, se destacan varias sierras alargadas de Nordeste a Suroeste, paralelamente al eje de la depresión de Jumilla. Dichas sierras son: las de Mostenses, Cabeza de Asno, Molar, Larga, etc., integradas por calizas dolomíticas de finos estratos. La Sierra del Carche forma la más elevada cresta de este conjunto, con 1.371 metros.

También en el sector pre-bético, aunque fuera de la comarca cuyo detalle estudiamos, se eleva una importante masa montañosa del sistema Cretáceo, con las Sierras de Calar de Mundo y Taibilla, que encuadran el arco del Alto Segura.

En general, las sierras cretáceas del pre-bético forman, según Fallot, un ante-país del sub-bético, estando formado aquél por eslabones dolomíticos rodeados por depósitos cuaternarios o neógenos. No se ven cabalgamientos ni despegamientos.

En el sector sub-bético debemos mencionar la pequeña mancha de Cretáceo medio e inferior, situada en la orilla izquierda del Qui-

par al Sureste de Calasparra, la cual queda interpuesta entre el Mioceno y el Trías. Al Sur de Caravaca, entre el Argos y el Quipar, están las Sierras de Peñarrubia y la Solana, correspondientes al Cretáceo, con núcleo jurásico.

Eoceno.—En el sector pre-bético, la Sierra de La Muela, que constituye una estribación de la Sierra del Taibilla, está formada en su mayor parte por Eoceno (Luteciense), en contacto con el Mioceno de Moratalla. La Sierra de La Puerta representa el elemento de más interés y sus estratos están fuertemente inclinados hacia el Sureste, los que se ocultan por bajo de las masas triásicas corridas, procedentes de la mancha de Calasparra-Cehegín. Por su estructura estratigráfica, afecta la forma de una fuerte barrera paralela al Argos, la cual tiene una solución de continuidad en la fractura denominada «La Puerta». Las figuras 2 y 3 contienen cortes de dicha sierra, en las que puede observarse una completa inversión de estratos, cabalgando el Trías sobre el Cretáceo y éste sobre el Eoceno, el cual a su vez se apoya sobre el Mioceno del Valle de Moratalla.

Bordeando por el Sur la línea de contacto de los sectores pre-bético y sub-bético, se extiende una serie de cadenas eocenas, como son las de Calasparra, Pila, Quivas y Cantón, hasta las proximidades del Pinoso.

Mioceno.—En general, las manchas de este sistema ocupan el fondo de los valles o depresiones. En el sector pre-bético, el valle de Moratalla constituye un anticlinal mioceno que se apoya sobre el Numulítico de la sierra de La Muela, al Oeste, mientras que por el Sureste queda bajo el Eoceno de la Sierra de La Puerta. Al Norte del Segura, en su trayecto Calasparra-Cieza, se observa una vasta superficie que rellena las depresiones entre las sierras cretáceas y eocenas del campo de Jumilla.

En el sector sub-bético, una amplia mancha se extiende a ambos lados del Segura Medio (Cieza-Alcantarilla), la cual enlaza por el Este con la extensa faja miocena de la provincia de Alicante.

Al Suroeste de Caravaca, el valle del Alto Quipar, está cubierto también por terreno neógeno. Además, varios asomos o pequeñas manchas miocenas se interponen entre el Trías y el Cretáceo, tapando los contactos de ambos. En Bullas, otra mancha miocena se enlaza con la del Medio Segura.

Rocas eruptivas.—Según ya antes dijimos, son muy abundantes

los asomos hipogénicos que surgen en el Trías, especialmente en la mancha del cuadrilátero Calasparra-Cieza-Bullas-Caravaca. Todas ellas se presentan con gran irregularidad y con evidentes señales de haber sufrido desplazamientos posteriores a su formación, por las dislocaciones habidas en el Trías.

Al Norte de la Sierra de San Miguel (Noroeste de Calasparra), hay un cerro que representa, según Fallot, los restos de una colada volcánica de «jumillita». En las inmediaciones de Cehegín y a lo largo del río Quipar se destacan muchos asomos hipogénicos, con intercalaciones de filones ferruginosos, y uno de magnetita próximo a Cehegín (14).

Unos autores consideran las rocas hipogénicas del sector de Cehegín como inyectadas en la Era secundaria, mientras que otros las consideran como de edad post-helvetiense, producidas por las bases eruptivas del terciario, y todas ellas procedentes de un mismo magna de tipo gábrico. Las que tienen caracteres doleríticos u ofíticos son consideradas por Fallot como de edad triásica.

Además de los asomos eruptivos citados, existe otra serie correspondiente a una fase de actividad volcánica que tuvo lugar en el período plioceno. A este grupo corresponde la «jumillita», del Cerro de San Miguel, y ya fuera de la comarca de Caravaca, los asomos en las proximidades de Fortuna y las de Jumilla.

Rasgos tectónicos.—Expondremos solamente los detalles más interesantes de los elementos geológicos de la comarca de Caravaca y sus inmediaciones, para más adelante establecer las posibles relaciones entre las características geológicas, tectónicas y sísmicas.

La Sierra de Benamor constituye un anticlinal tumbado, cuya rama invertida desaparece casi por completo. Se presentan en la misma cabalgamientos hasta de dos kilómetros del Jurásico sobre el Cretáceo; varias fallas locales se observan. La Sierra del Frontón puede considerarse como una escama de la de Benamor. En el valle de Moratalla aparecen fragmentos de Cretáceo y Eoceno arrastrados sobre el Mioceno. En la Sierra de la Puerta, ya hemos visto cuál es su estructura típica de cabalgamientos. Al Sur de la Sierra de San Miguel, también se observa la inversión del Trías sobre el Cretáceo, con una extensión de unos cinco kilómetros. En todos los contactos anormales, el Trías es sub-bético y el Cretáceo pre-bético.

Fallot calcula que el valor del corrimiento del borde del sub-

bético sobre el autóctono, puede evaluarse en unos 12 kilómetros. El conjunto del sub-bético presenta señales de haber sufrido un movimiento de traslación hacia el Noroeste; el Trías forma la base de este corrimiento, en forma tal, que sin dejar de descansar sobre zócalo antiguo, parte de sus capas han seguido el movimiento de la serie caliza secundaria; esta traslación tuvo cierta independencia respecto del resto del sub-bético.

III.—Sismicidad.

Así, como por ejemplo, en la comarca del Bajo Segura es característica la frecuencia de pequeños choques sísmicos y la formación de enjambres y períodos de gran duración, en cambio, en la comarca de Caravaca son pocos los sismos que hemos podido identificar, pero todos ellos de carácter fuerte, y aun destructor (grados V al VIII) y de fechas muy recientes.

He aquí los datos retrospectivos aportados a nuestro fichero:

Fechas	Epicentro	Grado	OBSERVACIONES
24-10-1927	Próx. Caravaca (Murcia).	V	Epicentro aproximado.
24-11-1941	Próx. Cehegín.....	V-VII	— correcto.
26-10-1941	Próx. Caravaca.....	VI	— aproximado.
23- 6-1948	6 Km. NE. Cehegín.....	VIII	— correcto.

De las comarcas inmediatas de Chinchilla y Jumilla-Yecla tenemos los siguientes datos:

Fechas	Epicentro	Grado	OBSERVACIONES
20- 3-1923	Chinchilla (Albacete)....	V	Epicentro correcto.
26- 1-1931	NE. Yecla (Murcia).....	VI-VII	— —
27- 1-1931	— — —	V	— — réplica.
14- 5-1945	2 Km. SE. Jumilla.....	VI	— —

De fechas anteriores a 1900, sólo tenemos noticias de temblores en toda la comarca, procedentes de los fuertes sismos ocurridos en la región andaluza y en las comarcas del Bajo y Medio Segura.

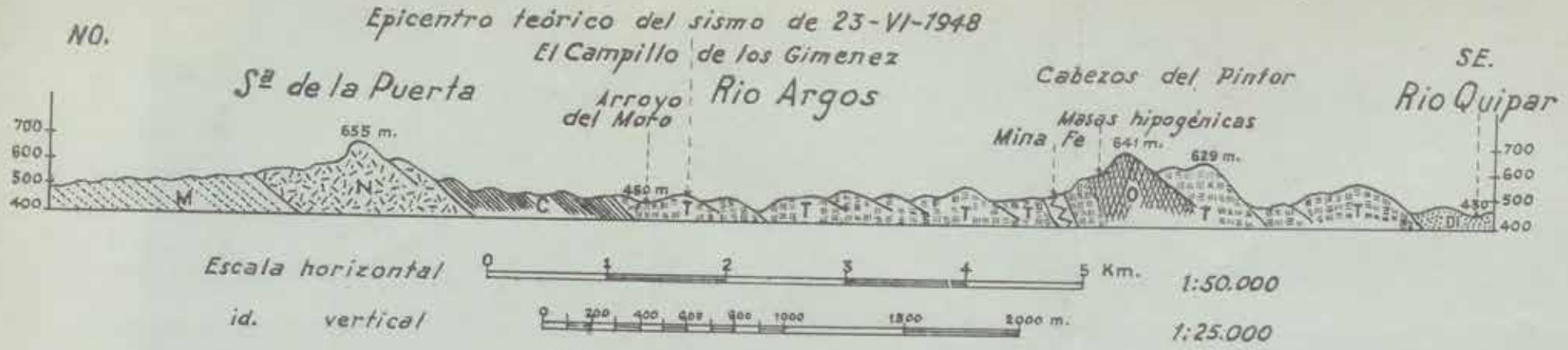


FIGURA 1.ª – CORTE NO.-SE. DE LA ZONA PLEISTOSISTA

O: Asomos ofíticos. - Fe: Id. ferruginosos. - T: Triásico. - C: Cretáceo. - N: Eoceno. - M: Mioceno. - Di: Diluvial.

(Apunte a escala por el autor.)

FIGURA 2.ª – CORTE DE LA SIERRA DE LA PUERTA

1: Trias (Werfeniense). - 2: Muschelkalk. - 3: Margas cretáceas. - 4: Arenisca numulítica. - 5: Calizas luteciense. - 6: Margas del Burdigaliense.

(Según Faliot.)

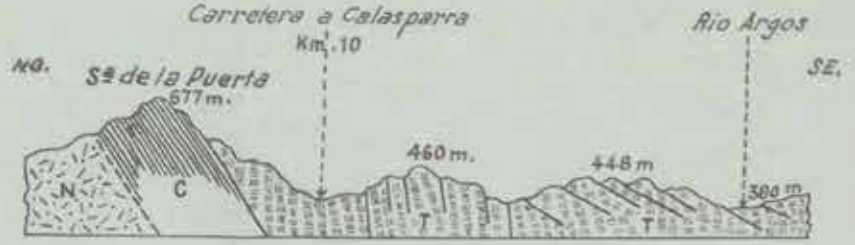


FIGURA 3.ª – CORTE NO.-SE. DE LA SIERRA DE LA PUERTA

KM. 10 DE LA CARRETERA CARAVACA-CALASPARRA

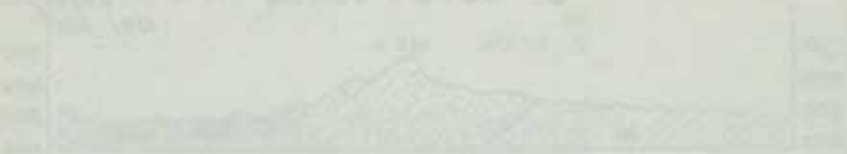
Terrenos. - T: Triásico. - C: Cretáceo. - N: Eoceno.

(Apuntes del autor.)

FIGURA 4.ª – CORTE N.-NO. S.-SE. DE LA SIERRA DE SAN MIGUEL AL O. DE CALASPARRA.

Terrenos. - T: Triásico. - J-L: Jurásico-Liásico.

(Apuntes del autor.)



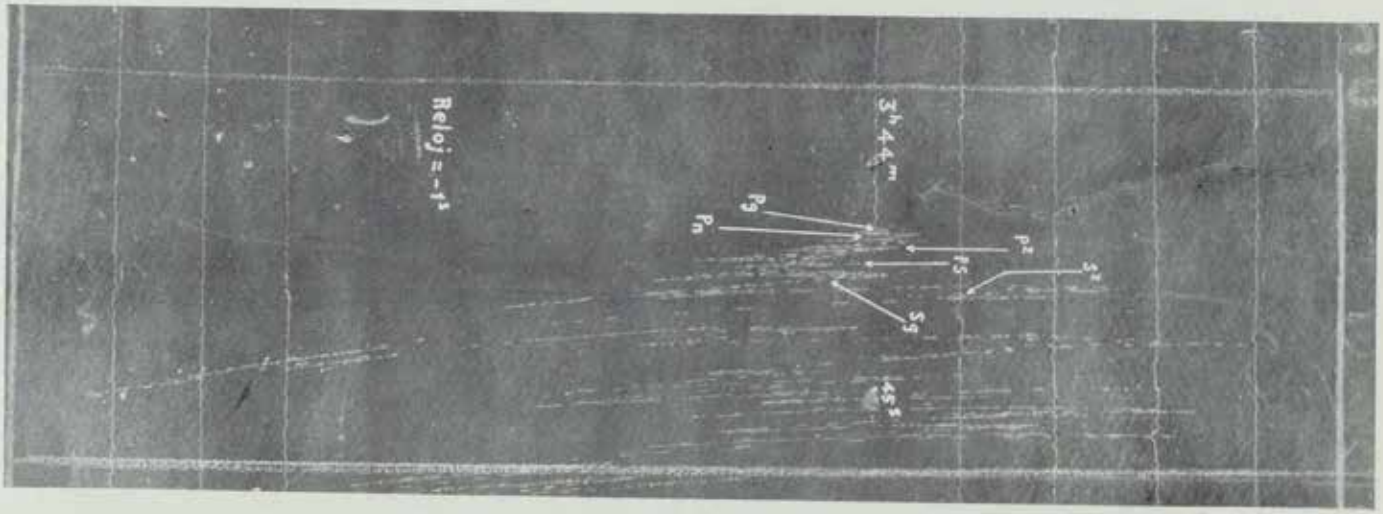


Fig. 5.ª Gráfica amplificada de la componente N-S registrada por el sismógrafo «Wainka reformado». Alicante.

SEGUNDA PARTE

EL SISMO DE 23 DE JUNIO DE 1948

I.—Información macrosísmica.

Area de conmoción.—Comprende, en términos generales, una superficie aproximada de 17.100 kilómetros cuadrados, en la forma que se indica en la lámina I. Por el Norte llegó el movimiento a ser sentido hasta el Júcar, en tierras de Albacete; por el Este casi hasta el Vinalopó, en la provincia de Alicante; hacia el Oeste fué detenido en los potentes macizos montañosos de la Sagra y sierra de Segura; por último, al Sur se ciñe el límite del área macrosísmica hasta la depresión del Guadalentín o Sangonera, en las provincias de Murcia y Almería. La zona conmovida comprende dos subzonas: la del foco principal de Cehegín y la secundaria de Chinchilla.

Intensidad.—La clasificación de los grados de intensidad, deducida de los cuestionarios diligenciados por los informadores, es siempre tarea muy delicada y expuesta a errores en los primeros valores de la escala. Por eso, es preciso obtener informes duplicados o triplicados y reiterar los dudosos o contradictorios. La escala de intensidades empleada ha sido la Forell-Mercalli-Sieberg (*).

La determinación del grado II supone definir el límite del sector en el cual ha sido sentido el movimiento por el hombre, lo cual se realiza siempre de modo poco preciso, y por eso el valor numérico del radio obtenido no lo hacemos intervenir en el cálculo de la profundidad focal, como veremos en el capítulo III. Para los grados III al VI, inclusive, la abundante información nos ha facilitado el trazar las curvas isosistas con bastante corrección, y aun mejores resultados hemos obtenido en los grados VII y VIII mediante una serie de reconocimientos practicados en el terreno.

El área de grado VIII ha sido muy reducida, pues sólo abarca un grupo de construcciones del caserío de «Valentín», situado al Oeste del río Argos, en el cual hubo hasta destrucción casi total de una

(*) En los EE. UU. la reglamentaria es la de Wood y Neuman, que difiere poco de la F. Mercalli-Sieberg.

casa. Otros efectos fueron los de caída de piedras, roturas de rocas, con lanzamiento de fragmentos, análogos a una voladura, vuelco de muebles pesados, aumento de caudal en los manantiales, personas lanzadas al suelo, etc. En Cehegín, a pesar de haberse sentido solamente con intensidad VII, los daños en las viejas y mal construídas casas, fueron tales, que hubo que derribar un pequeño barrio por completo.

Número de sacudidas.—En los puntos donde el sismo fué sentido con grados II al V, solamente se percibió la sacudida principal, sin poder apreciar bien la dirección del movimiento. Para los grados V y VI, la mayoría de los cuestionarios acusan haber sentido dos sacudidas y en los VI y VII, tres o cuatro. En Caravaca notaron cuatro y en Cehegín y caseríos inmediatos al epicentro, cinco.

El acimut del movimiento.—Fué perfectamente determinado por varios observadores en los pueblos y lugares próximos al río Argos bajo, ytodos coinciden en haber notado la sacudida principal con una componente Norte, Nordeste, Sur, Suroeste, es decir, en el sentido aproximado de la línea de fractura Calasparra-Cehegín.

La duración del choque principal.—Ha sido determinada con valores de tres a diez segundos.

El ruido sísmico—Fué apreciado diversamente según la distancia al epicentro: En Cehegín y caseríos del Argos, fué notado al mismo tiempo del movimiento del suelo, como truenos o motor de explosión; en los lugares de grados V y VI fué sentido después del choque principal, como ruido de una escuadrilla de aviones; pero en el sector de grado III unos sintieron el ruido como de motor y otros no. En el II nadie los notó.

Centros sísmicos.—Por el examen de los datos informativos, fácilmente se deduce que el foco principal del fenómeno queda enclavado en el núcleo sísmico de Caravaca-Cehegín, conmovido últimamente en el año 1941, y como fenómeno derivado, o de relación, se ha producido una relajación sísmica en las fallas de la comarca de Chinchilla y El Bonete (Albacete), que corresponden a epicentros conmovidos en el año 1923 (15).

II.—Líneas isosistas.

El trazado de estas interesantes líneas, que indican o representan la propagación del movimiento vibratorio por la superficie del suelo, se ha llevado a cabo mediante una detenida y minuciosa información macrosísmica, facilitada por los «Informadores del Servicio» y por los «Puestos de la Guardia civil». Para la zona pleistosista hemos completado los datos anteriores con los reconocimientos practicados personalmente, gracias a los cuales hemos podido localizar el punto de máxima intensidad, que hemos tomado como epicentro teórico.

La superficie total conmovida, representada por la curva de grado II (área macrosísmica), comprende unos 17.100 kilómetros cuadrados; tal superficie debemos considerarla dividida en dos, según la línea que de Oeste a Este marcha desde Pozohondo, pasa por el Sur de Fuente Alamo y llega hasta cerca de Caudete. El sector meridional queda bien determinado como el área normal de propagación (13.500 kilómetros cuadrados), correspondiente al foco sísmico de Cehegín, mientras que el septentrional (3.600 kilómetros), responde a un efecto de influencia que ha motivado la reactivación de los focos periféricos de Chinchilla de Monte-Aragón y El Bonete, ya conocidos (15).

Foco de Cehegín.—Las superficies de las áreas determinadas por las isosistas de grados VIII al II, así como sus radios medios, son los que se indican en el cuadro [**1**] del capítulo III.

La curva de grado VIII abarca una pequeña extensión y ha permitido fijar el epicentro con un error menor de medio kilómetro, merced a un reconocimiento minucioso sobre el terreno. Este punto es el situado muy cerca de la desembocadura de la Rambla del Moro, en el río Argos, a seis kilómetros al Nordeste de Cehegín. La forma alargada de la curva responde a la situación de la línea de fractura del Argos, desde Cehegín a Calasparra.

La curva VII presenta dos deformaciones: la mayor, en sentido Este-Oeste, tal vez influenciada por una probable línea de fractura en la depresión del río Argos, de Caravaca a Chirivel, al pie de las Sierras del Buitre y del Gavilán. La deformación en sentido Norte-Sur corresponde a la línea tectónica Cehegín-Caravaca.

Las curvas restantes, de grados VI a II inclusive, aparecen en cierto modo concordantes entre sí, y en todas ellas se acentúan las dos deformaciones generales que se inician en la VII. La línea tectónica del bajo Argos se inflexiona en Calasparra, y parece continuarse por la depresión de Jumilla-Yecla, orientada en sentido Nordeste-Suroeste. La otra línea, o eje de anomalía marcado por la VII en sentido Este-Oeste, se encorva también y cambia su trazado orientándose hacia el Noroeste. La línea IV, desde Cieza a Ceutí, se ciñe mediante una serie de inflexiones a la conocida falla del Segura Medio. En la curva II se marcan además otros salientes o senos: uno hacia el Norte en Masegoso, otro hacia el Sur en Orce y otro hacia el Oeste en Pontones, los cuales pueden ser debidos a causas locales de carácter geológico.

Foco de Chinchilla.—Si analizamos ahora el sector septentrional, se observa que el trazado de las curvas presenta una gran analogía con el correspondiente al obtenido por Rodríguez Navarro (15) en la Memoria del sismo de 20 de marzo de 1933, en la cual aparecen también definidos los dos focos de Chinchilla y El Bonete, relacionados con otras tantas fallas marcadas por el Instituto Geológico y Minero. Lámina II.

III.—Coordenadas focales.

Epicentro.—Tomando como base los primeros datos de los tres Observatorios más próximos (Alicante, Almería y Cartuja), pudimos localizar rápidamente el epicentro en las inmediaciones de los pueblos de Caravaca y Cehegín (Murcia), cuyos antecedentes sísmicos son ya conocidos. Los informes obtenidos poco después por correo, confirmaron el primer tanteo de situación del epicentro, y nos permitieron marcar el grado VII de intensidad máxima, según escala de Forell-Marcalli-Sieberg, si bien luego en nuestro reconocimiento vimos que, en una reducida área, la intensidad llegó francamente al grado VIII 1/4.

El centro de dicha área es un punto situado en la orilla derecha del río Argos, próximo a la confluencia con el mismo, de la Rambla del Moro. Las coordenadas de este punto, determinado con un error menor de 500 metros, son las siguientes: $\varphi = 38°08'30''$ N.; $\lambda = 1°55'50''$ E. Mad. $= 1°45'28''$ W. Grw.

Tanto por el trazado de las curvas isosistas, como por los cálculos posteriores basados en los registros de los demás Observatorios de España y Portugal, podemos considerar como epicentro real el así definido, situado seis kilómetros al Nordeste de Cehegín.

Si pasamos de las coordenadas geográficas anteriores a las rectangulares Lambert, que proporcionan la ventaja de cálculos rápidos de distancias, obtenemos los siguientes valores: $X_0 = 169{,}120$ Km. $Y_0 = -204{,}260$ Km., siendo el origen de dicho sistema el punto: 40° N. — 0° Madrid. Podemos prescindir de la altitud geográfica (450 metros) por no influir en el cálculo de la profundidad hipocentral.

Profundidad focal.—Una vez conocida con la mayor garantía la distancia epicentral, $\Delta = 113{,}6$ Km., examinemos ahora la gráfica, convenientemente amplificada (fig. 5), y podremos apreciar el valor de $(\bar{S} - \bar{P})$ como comprendido entre 13,2 y 13,5 segundos, para los cuales, según las Tablas de Jeffreys-Bullen, resultan las profundidades focales entre 9 y 20 kilómetros. Hay que tener en cuenta que, para estas profundidades, por cada 0,1 segundos de variación de $(\bar{S} - \bar{P})$, corresponden cinco kilómetros de variación del valor de (h).

Vemos en la lámina I, que las líneas de igual intensidad sísmica marcan la situación de los focos periféricos de Chinchilla y El Bonete, pero prescindiremos de las áreas conmovidas por este efecto derivado y tomemos en consideración solamente el trazado de las curvas correspondientes al foco principal de Cehegín.

Los valores de las áreas isosistas y sus radios medios teóricos son:

Grados F. M.	Areas en Km.²	Radios medios en Km.
$G_1 = VIII$	20	$\rho_1 = 2{,}52$
$G_2 = VII$	420	$\rho_2 = 11{,}56$
$G_3 = VI$	1.480	$\rho_3 = 21{,}71$
$G_4 = V$	2.855	$\rho_4 = 30{,}15$
$G_5 = IV$	4.925	$\rho_5 = 39{,}60$
$G_6 = III$	7.810	$\rho_6 = 49{,}87$
$G_7 = II$	13.620	$\rho_7 = 65{,}86$

[1]

Si hacemos aplicación del método Kövesligethy-Inglada (16), basado en los radios medios de las curvas isosistas, encontramos los resultados que a continuación se indican:

Hagamos aplicación previa de las fórmulas de Inglada para simplificar el método de Kövesligethy $h > 0{,}52\,\rho_1$ [2] $h < 0{,}88\,\rho_2$ [3].

Sustituyendo los valores correspondientes de los radios de las dos primeras isosistas resulta: $h > 1{,}31$ Km. y $h < 10{,}17$ Km.

Estas fórmulas sólo dan valores aproximados, los cuales permiten reducir el número de tanteos al hacer aplicación de las expresiones fundamentales que siguen:

$$\beta_1 = \frac{\frac{1}{3}(G_1 - G_3) - (\log r_3 - \log r_1)}{r_3 - r_1}$$

$$\beta_2 = \frac{\frac{1}{3}(G_2 - G_4) - (\log r_4 - \log r_2)}{r_4 - r_2} \qquad [4]$$

en las cuales son (G_1), (G_2) son, como ya hemos visto, los valores numéricos de los grados de intensidad de las áreas isosistas; $(r_1)\,(r_2)\ldots$ los obtenidos por las sucesivas distancias hipocentrales:

$r_1 = \sqrt{h^2 + \rho^2}$ [5]. Los valores de β de [4] corresponden a $\beta = \alpha \log e$ [6]

siendo (α) el coeficiente de absorción sísmica, y (e) la base de los logaritmos neperianos.

Si las líneas isosistas hubiesen sido trazadas con rigor matemático, las áreas medidas serían exactas, y obtendríamos cantidades iguales para $\beta_1\ \beta_2\ldots$; pero, como desgraciadamente se dista mucho de tal exactitud, hay que hallar el valor de (h) que haga mínima la suma de cuadrados de las diferencias $(\beta - \beta_0)$, siendo

$$\beta_0 = \frac{\beta_1 + \beta_2 + \ldots}{m} = \frac{\Sigma\beta}{m} \qquad [7]$$

y obtendremos un valor de β_0 para cada tanteo de (h).

Para el acoplamiento de las magnitudes de las fórmulas [4] se forman las parejas de valores diferentes de dos en dos grados, es decir, tomando los valores alternados. Prescindiremos de los correspondientes a la curva G_7, o sea la de grado II, por ser siempre su trazado muy dudoso, ya que es muy difícil determinar el límite entre la zona macrosísmica y la microsísmica.

En los tanteos de la profundidad hipocentral, hemos partido del valor ($h = 5$), y los resultados de los valores de β obtenidos, son los siguientes:

Para $h = 5$

$\beta_1 = 0{,}004308$	$\beta_1 - \beta_0 = -0{,}012323$	$(\beta_1 - \beta_0)^2 = 0{,}00015086$
$\beta_2 = 0{,}015678$	$\beta_2 - \beta_0 = -0{,}000953$	$(\beta_2 - \beta_0)^2 = 0{,}00000091$
$\beta_3 = 0{,}023441$	$\beta_3 - \beta_0 = +0{,}006810$	$(\beta_3 - \beta_0)^2 = 0{,}00004637$
$\beta_4 = 0{,}023099$	$\beta_4 - \beta_0 = +0{,}006468$	$(\beta_4 - \beta_0)^2 = 0{,}00004183$
$\Sigma\beta = 0{,}066526$	$\Sigma(\beta - \beta_0) = 0{,}000002$	$[\Delta\Delta_5] = 0{,}00023997$
$\beta_0 = 0{,}016631$		

[8]

Para $h = 6$	se llega análogamente al resultado:	$[\Delta\Delta_6] = 0{,}00016331$
— 7	.....	$[\Delta\Delta_7] = 0{,}00010136$
— 8	.....	$[\Delta\Delta_8] = 0{,}00005698$
— 9	.....	$[\Delta\Delta_9] = 0{,}00002925$
— 10	.....	$[\Delta\Delta_{10}] = 0{,}00001308$
— 11	.....	$[\Delta\Delta_{11}] = 0{,}00000778$
— 12	.....	$[\Delta\Delta_{12}] = 0{,}00001405$
— 13	.....	$[\Delta\Delta_{13}] = 0{,}00002998$

En los tanteos practicados con los valores hipotéticos de (h), ha sido preciso seguir hasta ($h = 13$) en que comienzan a crecer las magnitudes de las sumas de los cuadrados de las diferencias ($\beta - \beta_0$).

El mínimo buscado queda comprendido entre 10 y 12 kilómetros, y debe estar muy próximo a 11 kilómetros.

Para precisar ahora cuál es la magnitud mínima buscada, apreciando fracción de kilómetro, habría que proceder a nuevos tanteos entre $h = 10$ y $h = 12$ Km. Para ahorrar tales tanteos haremos aplicación del método gráfico Inglada en la forma siguiente:

En sistema de coordenadas rectangulares, y en escala conveniente (lámina III), tomemos como ordenadas los valores $[\Delta\Delta]$ de sumas de cuadrados del cuadro [**8**] multiplicados por 10^{-5} para tener valores enteros, y por abscisas los valores de (h) tomando como origen el punto $h = 11$, cuyas coordenadas son: $x = 0$ $y = 778$. Así resultan los datos del cuadro [**9**].

Valores de las magnitudes $[\Delta\Delta] = f(h)$, resultado de las observaciones practicadas.

$\Delta\Delta_5$	$= 0{,}00023997 = 23997.10^{-8}$
$\Delta\Delta_6$	$= 0{,}00016331 = 16331.10^{-8}$
$\Delta\Delta_7$	$= 0{,}00010130 = 10130.10^{-8}$
$\Delta\Delta_8$	$= 0{,}00005698 = 5698.10^{-8}$
$\Delta\Delta_9$	$= 0{,}00002925 = 2925.10^{-8}$
$\Delta\Delta_{10}$	$= 0{,}00001308 = 1308.10^{-8}$
$\Delta\Delta_{11}$	$= 0{,}00000778 = 0778.10^{-8}$
$\Delta\Delta_{12}$	$= 0{,}00001405 = 1405.10^{-8}$
$\Delta\Delta_{13}$	$= 0{,}00002998 = 2998.10^{-8}$

Coordenadas (Lámina III)	
Y	X
23.997	— 6
16.331	— 5
10.130	— 4
5.698	— 3
2.925	— 2
1.308	— 1
778	0
1.404	+ 1
2.998	+ 2

{9}

Calculemos ahora la parábola que mejor se ajuste a los valores anteriores, especialmente en las proximidades del mínimo.

Ecuación fundamental: $y = ax^2 + bx + c$. Calcularemos los parámetros (a) (b) (c).P ara $x = 0$, $y = 778$, con lo cual $y = ax^2 + bx + 778$

Para $x = 1$ $\quad y = 1404 = a + b + 778 \quad a + b = 626$

» $x = -1$ $\quad y = 1308 = a - b + 778 \quad a - b = 530$

de donde resulta: $a = 578$, $b = 48$, y la ecuación será:

$$y = 578x^2 + 48x + 778 \qquad \{10\}$$

Si derivamos e igualamos a cero, para hallar el mínimo, resulta:

$$y' = 1156x + 48 = 0 \quad x = -\frac{48}{1156} = -0{,}041$$

Este valor de x representa el desplazamiento del vértice en el eje de las abscisas, que designaremos por (α) al cual le corresponderá una ordenada $\beta = 777{,}004$ o desplazamiento en el eje de las Y.

Calculadas de este modo las coordenadas del vértice, vemos que para la abscisa $x = 0{,}0041$ le corresponde el valor de $h = 10{,}959$, o sea, prácticamente $h = 11$ Km.

IV.—Registros instrumentales.

En la figura 5 reproducimos la gráfica registrada por el sismógrafo Mainka, componente Norte-Sur, reformado en este Observatorio de Alicante. Las constantes correspondientes son: $M = 1.000$ Kg.

$T_0 = 12{,}1 \quad V = 410 \quad \frac{r}{T_0^2} = 0{,}005$ = Velocidad de registro: 15 mm. por minuto. Dicha gráfica ha sido ampliada al doble. En la interpretación del sismograma nos hemos limitado a identificar las fases directas y monoreflejadas. Los registros recibidos de los demás observatorios son los que siguen, en los cuales hemos tomado solamente las fases principales identificadas.

Fecha	Observatorio	Fase	Hora (h. m. Grw.)	Δ	H.	OBSERVACIONES
			h. m. s.			
23-6-1948	Alicante.....	*Pg*	3 44 16,5			
		Pn	18			
		P^2	19,5			
		PS	26,5	114	11	Choque principal.
		Sg	30			
		S^2	35			
		F	58 —			
	Alicante.....	*iPg*	3 51 45	112		1.ª réplica.
		iSg	51 53			
	Alicante.....	*iPg*	6 28 52			
		iSg	29 05	112		2.ª réplica.
		i	29 10			
	Alicante.....	*iPg*	10 49 04			
		iS	49 17	112		3.ª réplica.
		S	49 19			
	Alicante.....	*iPg*	18 55 09			
		iS	55 22	112		4.ª réplica.
		S	55 24			
	Almería.....	*Pn*	3 44 21,5			
		Pg	44 24,5	155		
		Sg	44 40			

Fecha	Observatorio	Fase	Hora (h. m. Grw.)	Δ	H.	OBSERVACIONES
			h. m. s.			
	Cartuja.....	*Pg*	3 44 31	190		
		P̄	44 35			
		iSg	44 55			
	Toledo.....	*Pn*	3 44 36	250		
		Pg	44 44			
		Sn	45 11			
	Málaga.....	*iPn*	3 44 37	280		
		Sg	45 19			
	Ebro.....	*iPn*	3 44 48	354		
		iSg	45 39			
	Fabra	*Pn*	3 45 04	423		
		Sn	46 02			
	Lisboa.....	*Pn*	3 45 24			
		Pg	45 48			
		Sn	46 26			
	Strasbourg.....	*e*	3 49 40			
	Kew.....	*e*	3 49 53			
	De Bilt.....	*e*	3 51 40			
	Ximeniano (Florencia)	*e*	3 54 20			
	Trieste.....	*e*	3 54 30			

Líneas dromocrónicas.— Han sido trazadas tomando como base las distancias focales, previamente calculadas para los observatorios de la Península (lámina IV).

Coordinaciones.

El núcleo sísmico de Caravaca, que comprende los focos de Caravaca y de Cehegín, presenta una inestabilidad actual manifestada en los movimientos del suelo ocurridos en 1927, 1941 y 1948, con grados del V al VIII. Dada la intensidad creciente de las sacudidas, nos hace suponer que éstas han de reproducirse en un período más o menos largo, y por lo tanto es conveniente que se tomen las medidas pertinentes en las construcciones que se realicen en los pueblos inmediatos a los epicentros ya definidos.

Las modernas teorías de Hobbs (17) referentes a las *relaciones de las líneas estructurales de la corteza terrestre con la situación de los focos sísmicos*, encuentran justa aplicación en el estudio que hemos realizado. Si examinamos el Mapa sísmico de la Península, vemos que el núcleo de Caravaca se encuentra relacionado, geográfica, geológica y sísmicamente, con los de Jumilla y Yecla, ambos dotados de una actividad sísmica parecida al de Caravaca, tanto por intensidad como por la modernidad de las sacudidas.

La depresión deteminada por los núcleos citados presenta accidentes tectónicos, que indican la situación de una línea de fractura profunda, no consolidada, como lo demuestra la inestabilidad de los focos antes apuntados. Los asomos de rocas eruptivas (jumillita), consideradas de edad postpliocena, acusan una relación de procedencia consecuente al rejuvenecimiento de un accidente longitudinal situado en el substrato cortical.

El accidente geológico en el cual está emplazado el epicentro del sismo de 23 de junio de 1948, corresponde a una fractura entre el Trías y el Cretáceo, en la zona de cabalgamiento de aquél sobre éste, en la falda Este de la Sierra de la Puerta.

Los asomos ofíticos, doleríticos y ferruginosos, que salpican la potente mancha del Trías de Calasparra-Cehegín, demuestran cuál es el fuerte grado de dislocación sufrido después de la fase eruptiva, ya que los filones hipogénicos presentan fuertes desplazamientos junto con las masas arcillosas y calizas del Trías.

Si examinamos el Mapa geológico de la región levantino-penibética, vemos que la línea de carácter sismotectónico, definida desde

Cehegín a Yecla, se enlaza geográficamente con la falla del Montesa desde Fuente La Higuera a Játiva. A esta importante línea general la podríamos denominar *Depresión pre-bética*, por estar trazada en el sector prebético de la Cordillera. Hacia el Suroeste, tal vez tenga relación a través de los centros sísmicos de Puebla de Don Fadrique y Huéscar, con la *Depresión penibética*, definida por Hernández Pacheco (E.) (11), a lo largo del Genil.

El epicentro de Cehegín corresponde al punto de máxima intensidad de las sacudidas, según se deduce de las isosistas y de los valores de las distancias epicentrales obtenidas de las líneas dromocrónicas (lámina III). Geológicamente resulta emplazado en la línea de fractura del Argos, junto a la confluencia de su afluente el Barranco del Moro o de Yeseras, donde se presentan los más fuertes accidentes y fenómenos de corrimiento. La línea de contacto del sub-bético con el pre-bético pasa precisamente por las inmediaciones del epicentro.

El foco sísmico de Caravaca, conmovido en el año 1941 con intensidad de grado VII, queda situado al Sur de la ciudad, muy próximo al río Argos, en la fractura situada entre el Trías, al Norte, y el Cretáceo, con Jurásico, al Sur, en la Peña Rubia. Los trazados de isosistas, tanto del sismo de 1948 como de los dos sentidos en 1941, han marcado alargamientos de las curvas de grados superiores, hacia el Oeste, paralelamente al eje del Argos en su trayecto medio de Cehegín a Caravaca. Los asomos hipogénicos de Cehegín siguen hasta las proximidades de Caravaca.

El valor de la profundidad focal que hemos obtenido para el sismo de 1948, es de unos 11 kilómetros. Aunque dicho valor no tenga la exactitud matemática deseada, nos indica, sin embargo, que el hipocentro corresponde a un accidente geológico superficial, el cual es reflejo de otro profundo situado en la base de la serie sedimentaria, bien en el estrato cristalino, o en el subtrato granítico. Las profundidades focales obtenidas para los otros sismos de 1941, resultaron parecidas a las de 1948.

Los antecedentes geológicos, expuestos en los brillantes estudios de Fallot, demuestran cuáles han sido los efectos de los movimientos orogénicos de tipo alpínico en sus diversas fases, y muy especialmente en la del Mioceno medio y en la postpliocena. Los actuales sismos constituyen una reminiscencia de los fenómenos de hundimien-

tos, basculaciones, corrimientos y volcanismo de la fase última, que tan violentas huellas ha dejado en las provincias de Murcia y Alicante.

Alicante, julio de 1949.

El Ingeniero Jefe del Observatorio Sismológico,

ALFONSO REY PASTOR.

NOTA BIBLIOGRAFICA

(1) Rey Pastor (A.) — *Traits Sismiques de la Peninsule Ibérique.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1927.

(2) — — *La comarca sísmica del Bajo Segura.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1943.

(3) — — *La comarca sísmica de Villena.* Instituto Nacional de Geofísica. Madrid, 1944.

(4) — — *El sismo del Segura Medio de 25 de agosto de 1940.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1944.

(5) — — *La comarca sísmica de Fortuna.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1944.

(6) — — *La comarca sísmica de Aspe.* Instituto Nacional de Geofísica. Madrid, 1946.

(7) — — *Sismicidad de la comarca costera alicantina.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1948.

(8) — — *Los fenómenos sísmicos de Elche, de agosto a noviembre de 1947.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1948.

(9) Instituto Geológico de España.—*De Sierra Morena a Sierra Nevada.* Madrid, 1926.

(10) Rey Pastor (A.) — *Estudio sísmico-geográfico de la región Sudeste de la Península Ibérica.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1943.

(11) Hernández Pacheco (E.) — *Síntesis fisiográfica y geológica de España.* Museo de Ciencias Naturales. Madrid, 1932.

(12) Hernández Pacheco de la Cuesta (F.) — *La tectónica peninsular y su relación con las aguas mineromedicinales.* Real Academia de Farmacia. Madrid, 1949.

(13) Fallot (P.) — *Estudios geológicos en la zona sub-bética entre Alicante y el río Guadiana Menor.* Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 1945.

(14) Jiménez de Cisneros (D.) — «El yacimiento de magnetita de Cehegín». *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural.* Julio 1903.

(15) Rodríguez Navarro (J.) — *Isosistas y Geología.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1942

(16) Inglada Ors (V.) — *Nuevas fórmulas para abreviar el cálculo de la profundidad aproximada del foco sísmico por el método de Kövesligethy y su aplicación a algunos temblores de tierra.* Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1921.

(17) Herbert Hobbs (W.) — *Earthquakes.* New York, 1907.

SISMO DE CEHEGÍN DEL 23 DE JUNIO DE 1948
MAPA SISMOTECTÓNICO

POR

ALFONSO REY PASTOR

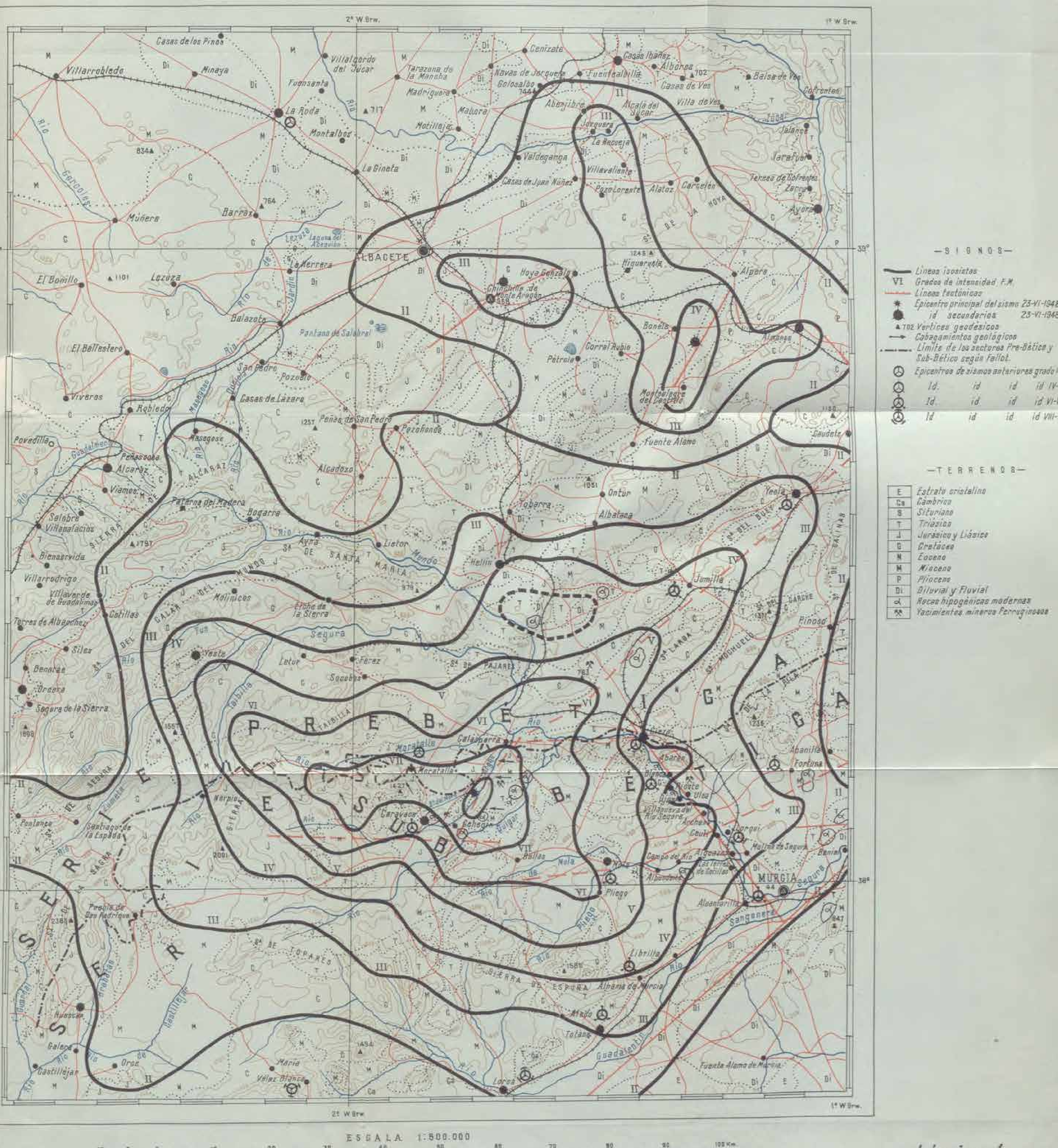
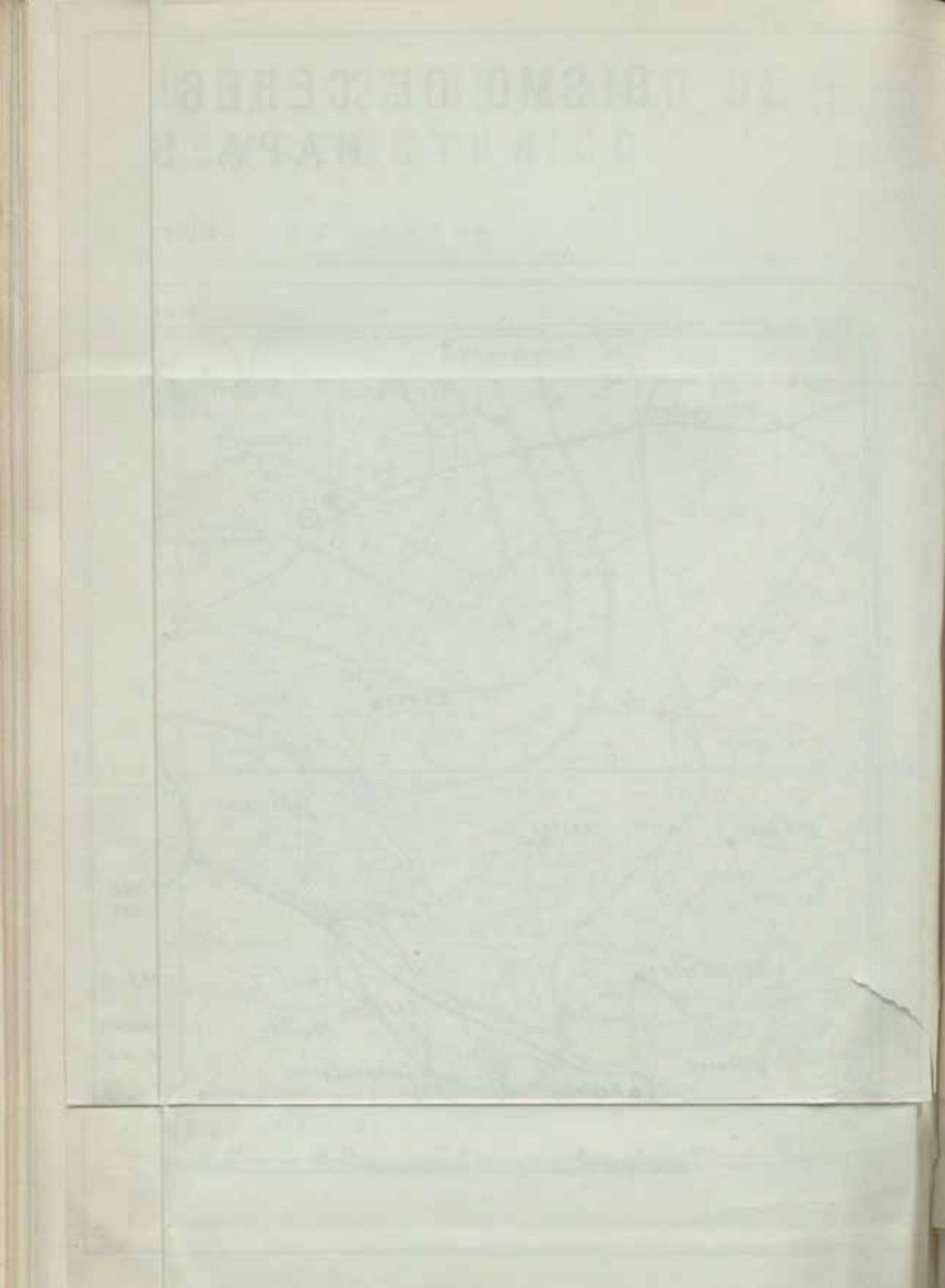


Lámina I.



SISMO DEL 20 DE MARZO DE 1933

LÍNEAS ISOSISTAS

POR

J. RODRÍGUEZ NAVARRO

ESCALA 1:500.000

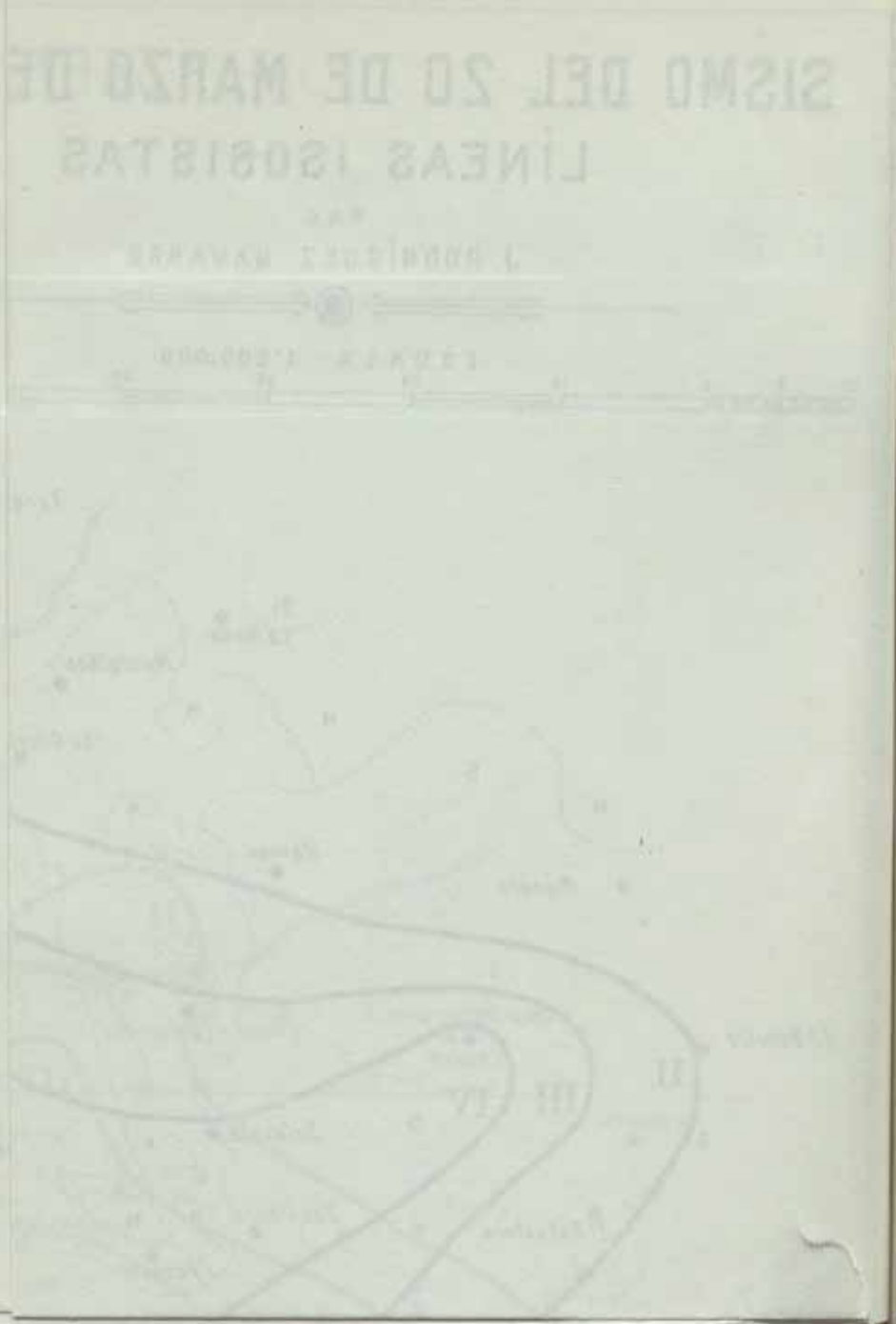
10 5 0 10 20 30 40 50 60

Villamalea
Ledaña
Villagarcía del Llano
Cenizate
Navas de Jorquera
Casas Ibáñez
Fuentealbilla
Tarazona de la Mancha
Madrigueras
Abenjíbre
Júcar
Río
La Roda
Mahora
Motilleja
La Recueja
Alcalá del Júcar
Jorquera
Montalbos
La Gineta
Valdeganga
Casas de Juan Núñez
Alatoz
Barrax
Pozo Lorente
Munera
ALBACETE
Higueruela
Alpera
El Bonillo
Lezuza
La Herrera
Hoya Gonzalo
Chinchilla de Monte Aragón
Balazote
Bonete
Almansa
El Ballestero
San Pedro
Pozuelo
Pétrola
Corral Rubio
Robledo
Casas de Lázaro
Montealegre del Castillo
Masegoso
Peñas de Sª Pedro
Pozohondo
Fuente Álamo
Alcaraz
Alcadozo
Ontur
Yecla
Paterna del Madera
Bogarra
Ayna
Tobarra
Albatana
Lietor
Río
Mundo
Hellín

TERRENOS

A	Aluvial
Di	Diluvial
M	Mioceno
C	Cretáceo
G	Infracretáceo
J	Jurásico
T	Triásico

Lámina II



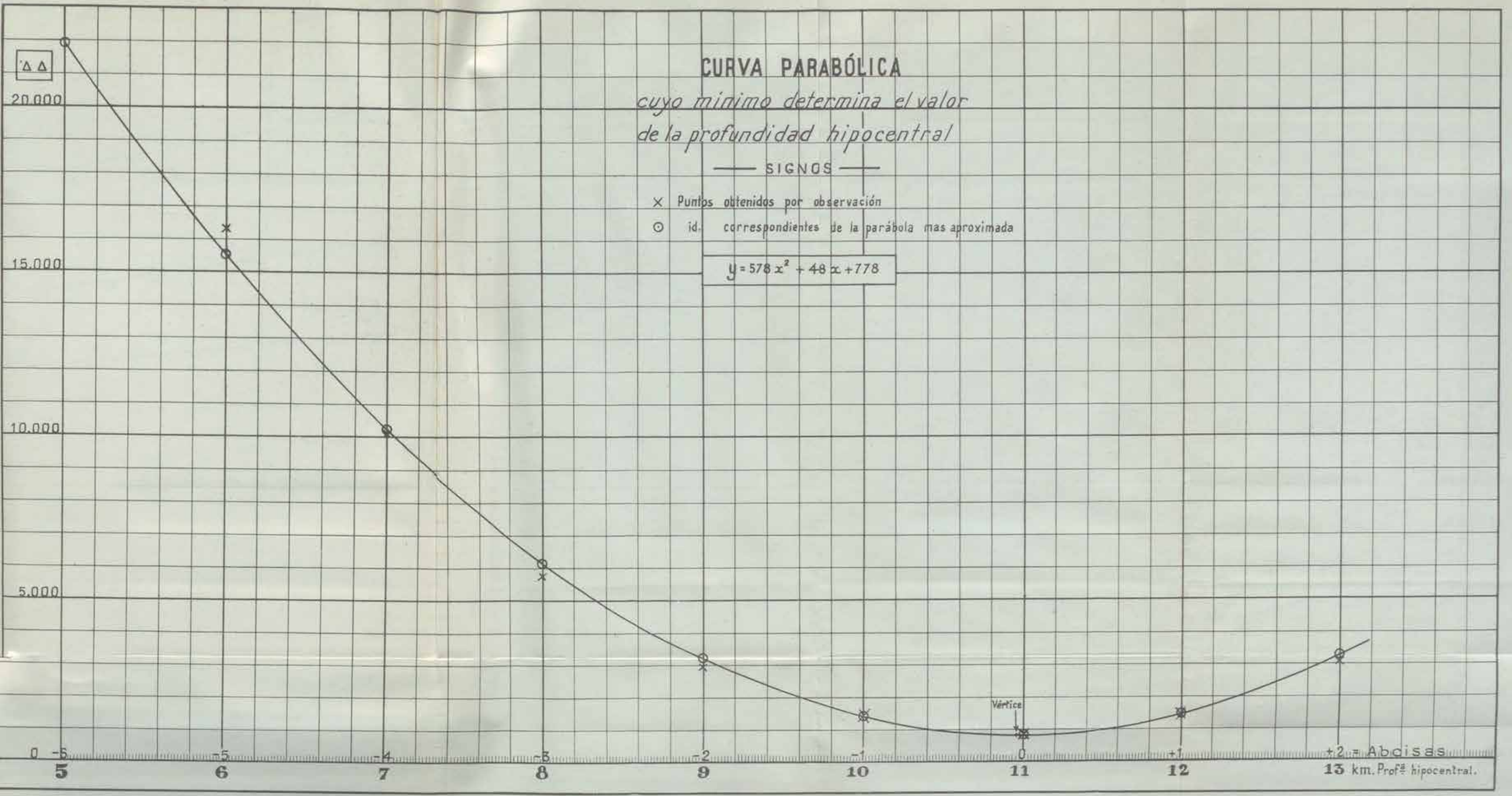
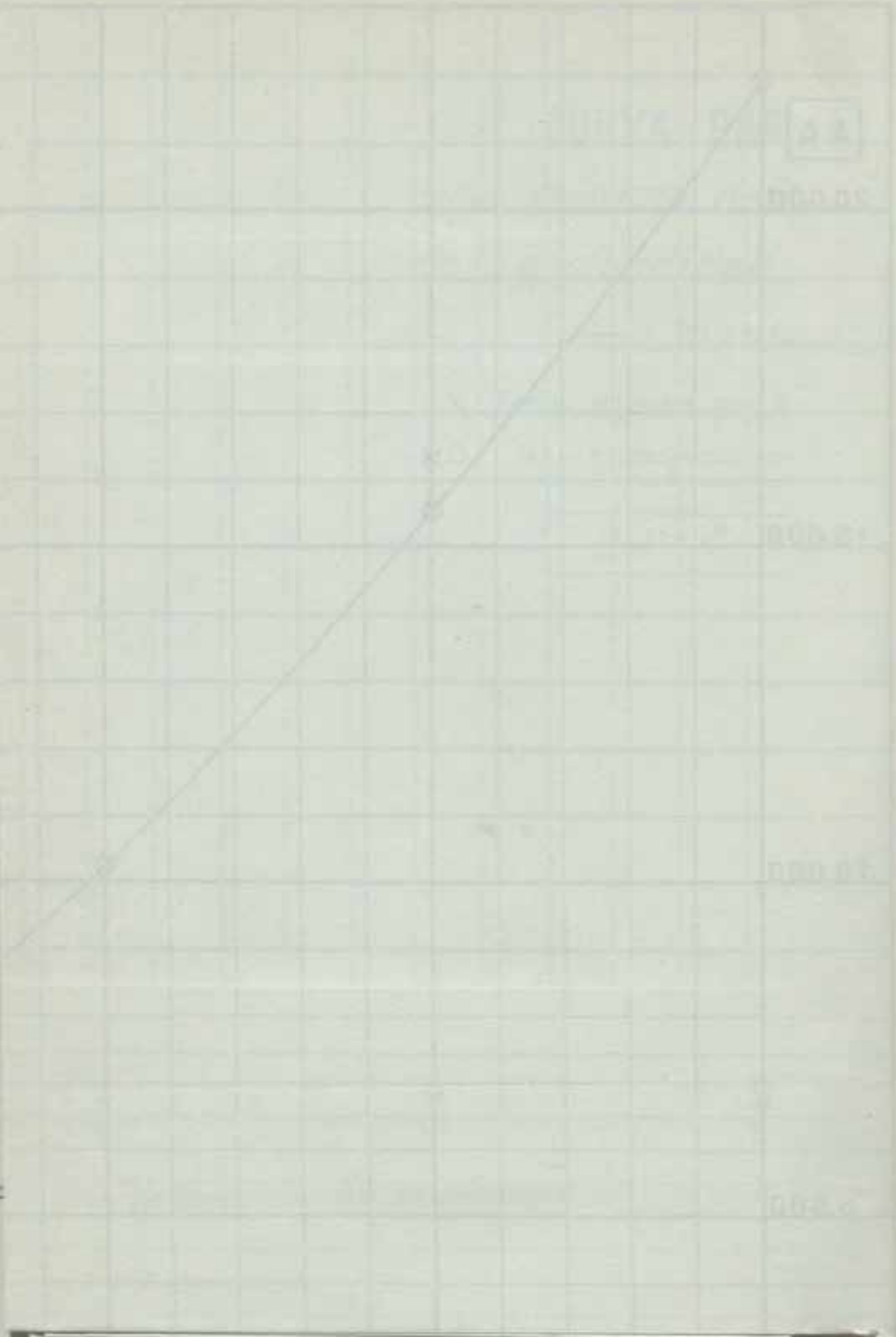

CURVA PARABÓLICA
cuyo mínimo determina el valor
de la profundidad hipocentral
SIGNOS
× Puntos obtenidos por observación
⊙ id. correspondientes de la parábola mas aproximada
y = 578 x² + 48 x + 778
Δ Δ
20.000
15.000
10.000
5.000
0
Vértice
-5
-4
-3
-2
-1
0
+1
+2 = Abcisas
5
6
7
8
9
10
11
12
13 km. Profª hipocentral.

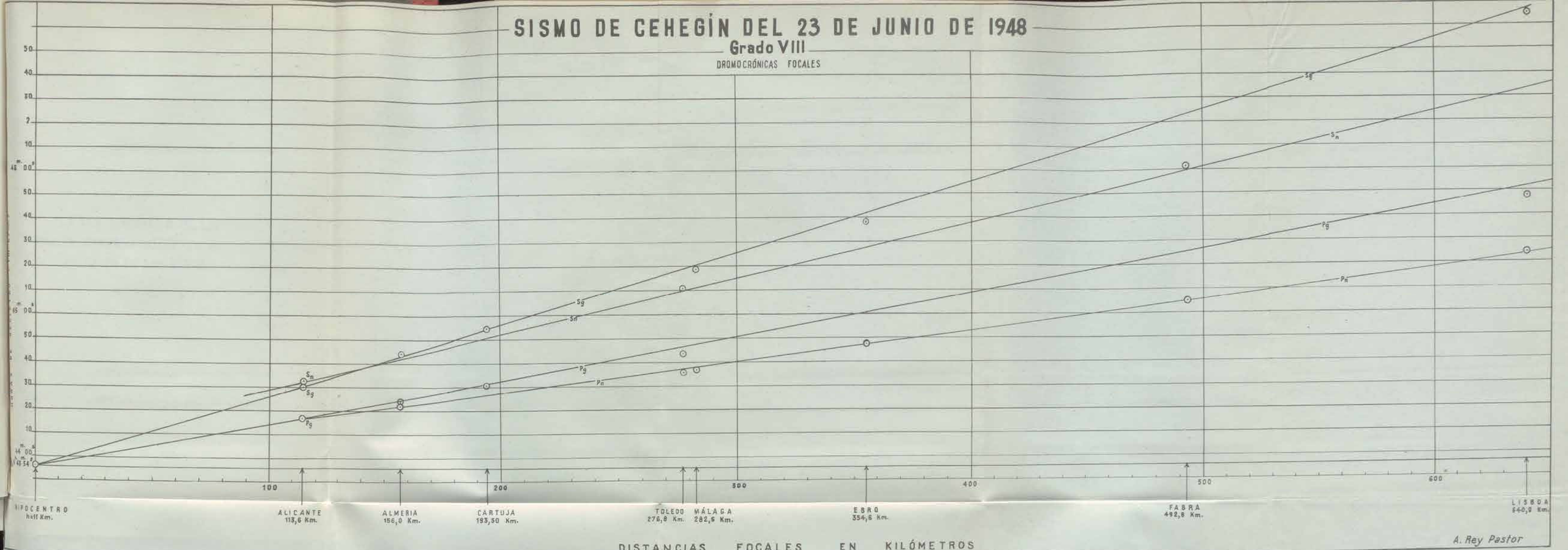
Lámina III.



SISMO DE CEHEGÍN DEL 23 DE JUNIO DE 1948

Grado VIII

DROMOCRÓNICAS FOCALES



DISTANCIAS FOCALES EN KILÓMETROS

A. Rey Pastor

Lámina IV.

LA LEY NORMAL, O DE LAPLACE-GAUSS, DE LOS ERRORES ACCIDENTALES Y EL PRINCIPIO DE GAUSS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

VI

Sección 1.ª—Servicio de Geodesia.

LA LEY NORMAL, O DE LAPLACE-GAUSS, DE LOS ERRORES ACCIDENTALES Y EL PRINCIPIO DE GAUSS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

POR

SANTOS ANADÓN LAPLAZA

Ingeniero Geógrafo (Jefe del Servicio.)

MADRID
TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

1950

MEMORIAS

DEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

VI

Sección 1.ª—Servicio de Geodesia

LA LEY NORMAL, O DE LAPLACE-BRUNS, DE LOS ERRORES RECIDEN-TALES Y EL PRINCIPIO DE GAUSS DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

POR

SANTOS VIANDIN LAPLAZA

Teniente Coronel, Jefe del Servicio

MADRID

IMPRENTA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

1920

PRÓLOGO

No es fácil encontrar en los tratados de cálculo de probabilidades indicaciones suficientemente concretas sobre la marcha a seguir para poder justipreciar lo aceptable, o no, de un grupo de observaciones experimentales y, en consecuencia, para poder juzgar de la plausibilidad de los resultados obtenidos con ellas. Ni tampoco es fácil encontrar, en dichos tratados, resumidos los fundamentos teóricos del método de Gauss, cuya necesidad de conocer siente más o menos imperiosamente el técnico, poco dispuesto, en general, por su formación científica, a seguir completamente a ciegas, reglas cuyo fundamento teórico desconoce.

Nos proponemos, por dicho motivo, dar en este trabajo reglas sencillas y prácticas para el experimentador, con una fundamentación rigurosa para el teórico, por estar basada en una demostración de la ley de los errores accidentales, exenta de las hipótesis que la hacen discutible.

El propósito está tanto más justificado cuanto que la validez general de dicha ley ha sido discutida y, como dice Darmois en su Statistique mathématique, *por de* bons esprits.

Y ello proviene, sin duda, de que los matemáticos la demuestran apoyándose en determinadas hipótesis que no pueden ser consideradas como principios desde un punto de vista natural o físico. Así se dice: Son más frecuentes los errores pequeños que los grandes, y se producen tantos errores accidentales positivos como negativos. O bien, los errores accidentales son el resultado de la suma de otros elementales que actúan al azar, etc.

Todo ello se refiere, pues, a cómo se comportan o se producen dichos errores accidentales, admitiendo determinadas hipótesis físicas sobre ello que no pueden ser consideradas como indiscutibles y de las que únicamente cabe decir, en todo caso, que parece *que han de ser ciertas.*

Y dichas hipótesis físicas, unidas a ciertos razonamientos matemáticos, éstos, indiscutibles ya desde el punto de vista lógico, conducen racionalmente a la ley normal de Laplace-Gauss.

Pero, a nuestro juicio, en todo ello se olvida lo fundamental; que está constituido siempre, en buena lógica, por la definición del ente cuyo comportamiento se trata de estudiar. Y en realidad, dentro de esa buena lógica, dicha definición, en unión, en todo caso, de principios indiscutibles desde el punto de vista físico o natural, puesto que se trata de hechos de observación, debe ser suficiente al objeto pretendido.

Y añadiremos todavía algo más, apoyándonos en esa buena lógica: Si se prescinde de la definición del ente a estudiar, forzosamente deberá ser considerada sospechosa la demostración; *puesto que nunca podrá afirmarse que en realidad se ajuste a ella un ente de cuya naturaleza definida se ha prescindido en la demostración de la ley que nos ha de indicar su comportamiento.*

A salir al paso de todas esas dificultades con el mejor deseo de subsanarlas y la pretensión, quizá ambiciosa, de haberlo conseguido, tiende este trabajo, en el que se da también el fundamento o razón, de la utilización de las distintas medias, aritmética, geométrica y armónica; fundamento que tampoco es fácil encontrar en los tratados de probabilidad o de estadística.

Y dicho todo lo anterior a modo de preámbulo que justifique nuestro propósito al ocuparnos de un asunto ya muy trillado, aunque no lo bastante, entraremos en materia.

Demuestra Darmois en su *Statistique mathématique* la estabilidad del valor medio de una serie de apreciaciones experimentales de una magnitud, por la tendencia estocástica (esto es, en verdad estadística solamente, y no en verdad rígida o funcional), que tiene a un valor nulo la dispersión de las observaciones con respecto a su esperanza matemática.

Pero sin necesidad de reproducir aquí su demostración, es fácil ver también al experimentador la estabilidad de dicho valor medio y, en consecuencia, por qué debe ser considerado este valor medio como el valor más probable de la magnitud que se desea determinar; considerando, además, que es tanto más aceptable dicho valor medio cuanto mayor es el número de observaciones.

En efecto, es conocido por todos los que hacen uso de la ley de errores, que el error cuadrático de la media aritmética de una serie de observaciones viene representado por la fórmula

$$\sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

en la que v representa la discrepancia de cada observación con la media, y n es el número de observaciones hechas; el cual es igual, por otra parte, al número de sumandos que figura en la representación simbólica de suma expresada por el signo [ ] de Gauss, que figura en dicha fórmula. Si, pues, se conviene en que los errores no pueden pasar en su valor absoluto de un cierto límite, so pena de ser considerados, en tal caso, de groseros e inadmisibles, dada la precisión que quepa esperar de los instrumentos de medida que se utilicen, habrá que admitir también que el valor $\frac{[vv]}{n}$ se mantiene siempre finito, aun cuando n pueda crecer tanto como se quiera. En consecuencia la dispersión o «standard», representada por el valor de

$$\sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

tiende estocásticamente a cero, o lo que es lo mismo, la media es estable.

Pero el valor de dicha media cabe determinarlo directamente o bien indirectamente, sirviéndose a este efecto del llamado principio de Gauss, o sea de la condición de mínimo establecida para la dispersión cuadrática de Gauss representada por la función

$$y = (x_1 - x)^2 + (x_2 - x)^2 + \cdots + (x_n - x)^2,$$

en la que x_1, x_2, x_3, $\cdots$, x_n, representan los distintos valores obtenidos en las observaciones hechas, y x la media a determinar.

En efecto, dicha condición exige que sea nula la derivada de dicha función con respecto a x, o sea que se verifique

$$-2(x_1 - x) - 2(x_2 - x) - \cdots - 2(x_n - x) = 0;$$

de donde se obtiene que ha de ser

$$x = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n},$$

esto es, que el valor de x, que satisface a la condición de que sea mínima la indicada dispersión cuadrática de Gauss, es precisamente la media aritmética de los valores observados.

Este resultado, generalizado al caso de varias variables, nos dice que la condición de mínimo funcional de la dispersión cuadrática de Gauss considerada, o dicho más rigurosamente, para el caso de varias variables, la condición de que sean nulas las distintas derivadas parciales con respecto a dichas variables, no es otra cosa que un medio indirecto de determinación de medias experimentales; las cuales, por otra parte y según hemos visto antes, son los valores más probables de las magnitudes que se desean determinar.

Las consideraciones anteriores constituyen, pues, una justificación completa de la utilización del principio de Gauss a los fines de determinación de los valores más plausibles de magnitudes desconocidas. Sin embargo, tanto la demostración de Darmois, a que nos hemos referido, como todas las que se dan para la obtención de la fórmula

$$\sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

que nosotros hemos utilizado, no están exentas de objecciones serias desde el punto de vista del rigor matemático, y, en consecuencia, dichas objecciones alcanzan también a las conclusiones a que hemos llegado con respecto a la máxima probabilidad de la media aritmética, a la que, por otra parte, parece asignársele un papel exclusivo de otras medias, reafirmado por el indicado principio de Gauss.

Interesa, pues, precisar bien las cosas, y para ello seguiremos un camino totalmente distinto del habitual, empezando por dar una nueva demostración de la ley normal, o de Laplace-Gauss, de los errores accidentales, exenta del carácter de discutible que ofrecen las que han sido dadas hasta ahora con respecto a la validez de dicha ley, a pesar de que constantemente la corrobora la experimentación. Pero se acepta esto como un hecho, en cierto modo, motivo de asombro por lo inexplicable, dadas las hipótesis en que se fundamentan corrientemente las demostraciones de dicha ley, y a nosotros nos interesa, por el contrario, y en relación con las finalidades prácticas, hacer resaltar que se trata de un hecho de realización *a fortiori* dentro de la verdad estadística, y, en consecuencia, exigible para que pueda darse como satisfactorio un grupo de observaciones.

Para conseguir nuestro objeto no nos serviremos de las hipótesis que se han utilizado hasta ahora para demostrar dicha ley, puesto que entonces deberíamos empezar por justificar la validez de tales hipótesis, y esto es, precisamente, la materia discutible. He aquí como expresa Darmois, en su obra citada, ese carácter discutible que ofrece la ley de los errores accidentales si se apoya en las hipótesis con que suele demostrarse:

«Considérée parfois comme la loi unique, et démontrée, des erreurs expérimentales, elle a été d'autre part combattue comme telle par de bons esprits. On ne saurait nier qu'elle a joué et jouera un rôle central que nous allons essayer d'expliquer *sous certaines hypothèses fondamentales.*» (Darmois: *Statistique mathématique*, pág. 232).

No es posible expresar de manera más clara (agregamos nosotros) el carácter dubitativo que hasta ahora se le ha asignado a dicha ley y la creencia ciega, a pesar de todo, en su carácter de

verdad *natural*; carácter este último, que nos proponemos demostrar con esta *Nota*, una vez que está justificado, como vemos, la necesidad de ello. Advirtamos primeramente que un encadenamiento lógico entre hipótesis y tesis sólo puede significar bondad del razonamiento. Descartando, por consiguiente, tan indispensable condición matemática, nos queda como medio para alcanzar nuestro propósito la pureza de las hipótesis que utilicemos.

Por dicho motivo sólo podemos servirnos única y simplemente de la definición de error accidental, sin hipótesis adicionales con respecto a como se forman o como se comportan dichos errores; hipótesis que al ser utilizadas para la demostración de la ley, dan lugar a que pueda ser discutida la validez natural de la misma, y sólo queda indiscutible su validez lógica o matemática bajo dichas hipótesis.

Nada nos impide, sin embargo, para nuestro objeto, servirnos de principios naturales, siendo estos dos, el de la indiferencia y el de la suma, en que fundamentábamos todo el cálculo de probabilidades en nuestra *Nota sobre los fundamentos de la probabilidad y de la estadística*, publicada en 1946 por la Sociedad Matemática Española.

Como puede verse en dicha *Nota*, se establece con ella una axiomática rigurosa de la probabilidad discontinua, haciendo depender todo el cálculo de probabilidades de dos principios únicos, que sólo son, en resumen, dos aspectos distintos de uno mismo, que es el de la causalidad; el cual rige en todos los fenómenos naturales. En efecto, el de la indiferencia corresponde al principio natural de causalidad. «Si no hay causa no hay efecto», y el de la suma corresponde al otro aspecto distinto de dicho principio, que dice: «A mayor causa mayor efecto.» Del alcance y cifrado de este último principio natural de la suma, ya hicimos en nuestra *Nota* todas las necesarias aclaraciones, por lo que no es necesario reproducirlas aquí.

Nos serviremos, además, para nuestro objeto, de la definición de error accidental *sin ningún otro elemento de partida* y, por consiguiente, con exclusión de toda hipótesis sobre el comportamiento de dichos errores, el cual lo obtendremos después como consecuencia lógica.

Las hipótesis habituales quedarán así convertidas en simples

tesis, deducidas, lógicamente, de aquellos dos principios naturales indiscutibles, si bien el de la suma con la salvedad indicada por nosotros en la referida *Nota*.

Ahora bien: es muy sabido que las observaciones nos dan apreciaciones de la magnitud, que sólo cabe calificar de aproximadas, aunque puedan ser en algún caso exactas, pero siempre con desconocimiento nuestro de ello.

Se comete, pues, en general, en toda observación un error de cuantía desconocida, clasificándose todos esos errores posibles en *accidentales* y *sistemáticos*.

Los *sistemáticos* son, por definición, todos aquellos en que las condiciones de la observación suponen tendencia a producción de error en determinado sentido, sea en cuantía constante o variable.

En cuanto a los *accidentales*, son, también por definición, todos aquellos que teóricamente se producen sin existir tendencia a producirse en ningún sentido determinado.

Pero esto equivale a decir que la ley de distribución de su frecuencia teórica o matemática es precisamente la correspondiente a la ley de la indiferencia, la cual, como es sabido también, tiene como ley de distribución la del conocido colectivo de Bernoulli, esto es, la representada por el gráfico binomial correspondiente al desarrollo del binomio $(p + q)^n$ en el caso particular de ser

$$p = q = \frac{1}{2}.$$

Como se sabe, esa ley corresponde al juego de lanzamiento de una moneda a cara o cruz, en el caso teórico de equiprobabilidad. Y en efecto, un error *accidental*, puede ser producido indiferentemente en un sentido, por ejemplo, positivo (cara); o bien en el sentido opuesto o negativo (cruz), sin que en esto pueda influir su cuantía, pues de lo contrario no cabría calificarlo de *accidental*, sino de *sistemático*.

Ahora bien: se demuestra en la obra citada de Darmois (y la demostración puede verse también en otras obras de probabilidad y de estadística), que de aquel gráfico binomial se obtiene otro llamado reducido, dividiendo las abscisas por el valor de la «standard» $\sqrt{npq}$ de dicha ley de frecuencia y multiplicando las

ordenadas por ese mismo valor, lo que supone una transformación afín equivalente de dicho gráfico, el cual al crecer n indefinidamente tiende a otro gráfico representante de la ley normal de Laplace-Gauss, cuya expresión analítica es

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}}$$

en la que x es la variable aleatoria, σ la «standard» o desviación cuadrática media de dicha variable con respecto a la denominada moda o valor más probable de la misma, la cual viene representada por x_0.

Es de advertir que en nada quita generalidad a este resultado la transformación proyectiva utilizada para obtenerlo, puesto que con dicha transformación se pasa de una función cualquiera $y = f(x)$ a la función $y = af(ax)$, y, por consiguiente, de la función

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{\sigma^2}}$$

a la función

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\frac{\sigma}{a}} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{\left(\frac{\sigma}{a}\right)^2}}$$

con lo que designando a $\frac{\sigma}{a}$ por σ_1, se obtiene la expresión

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_1} e^{-\frac{(x-x_0)^2}{\sigma_1^2}}$$

idéntica formalmente a la anterior y en la que la «standard» viene representada ahora por σ_1. Por dicho motivo, cuando se toma a dicha «standard» como unidad y a la moda como origen de abscisas se obtiene la función

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}$$

como ley tipo límite de la ley de la indiferencia.

Dicha función es, por consiguiente, la que representa la ley límite de probabilidad o de frecuencia teórica o matemática de

los errores llamados accidentales, los cuales, de no ajustarse a la misma, no podrían ser calificados de tales.

La ley, como vemos, es así natural, y, por consiguiente, de cumplimiento forzoso dentro de la verdad estadística, puesto que se ha deducido de principios naturales por medio de razonamientos lógicos.

Obsérvese que por ser aquella transformación proyectiva del gráfico binomial en reducido, de carácter afín equivalente, el área limitada por la curva normal de Laplace-Gauss y el eje de abscisas ha de ser igual a 1, puesto que para todo valor del exponente, n, es $(p + q)^n = 1$, y, por tanto, también para la citada ley límite. De ello se deduce que la distribución de la frecuencia expresada por dicha ley ha de ajustarse a la condición de ser

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = 1$$

igualdad que, por otra parte, se demuestra en el cálculo integral.

Ahora bien: de la expresión formal de la referida ley tipo se deduce:

1.° La máxima probabilidad corresponde al valor exacto de la magnitud, puesto que el valor máximo de dicha función $f(x)$ corresponde al caso de ser $x = 0$, o sea a un error nulo. Esta consecuencia es, desde luego, trivial, puesto que era fácil de intuir, pero no deja de ser interesante, como veremos enseguida.

2.° Los errores más pequeños son más probables que los grandes, puesto que $f(x)$ crece al decrecer el valor de x.

3.° A errores de la misma cuantía, pero de distinto signo, les corresponde la misma probabilidad, por ser par la función $f(x)$.

De esta última consecuencia se deduce en verdad estadística que la media aritmética de las observaciones es el valor más probable; por lo que según la consecuencia 1.ª, dicha media aritmética tiende estocásticamente al valor exacto de la magnitud, y de ahí la estabilidad de dicha media.

Estas tres consecuencias a que hemos llegado son las que suelen tomarse como de partida para la demostración matemática de la ley, si bien por sí solas serían insuficientes, como se comprende, para encontrar el aspecto formal de la misma que hemos ha-

llado, por lo que es preciso agregarlas otras consideraciones. Se comprende con ello el mayor valor del método que aquí hemos seguido, puesto que representa una demostración de la ley normal de los errores accidentales, fundamentada solamente en la definición de éstos y en dos principios naturales (el de la indiferencia y el de la suma), fundamento del cálculo de probabilidades, que se conceptúan por todos como indiscutibles, y en cambio no ocurre así con las hipótesis en que se han fundamentado, hasta ahora, las demostraciones de dicha ley, las cuales son, como dice Darmois (véase párrafo suyo, antes citado), solamente explicaciones con las que se trata de justificar matemáticamente una ley de cuya validez nadie duda.

Hagamos notar ahora otra cuestión interesante con respecto al principio de Gauss de los mínimos cuadrados. Puesto que la media aritmética de las observaciones tiende estocástimente al valor exacto de la magnitud y a este valor exacto corresponde la máxima probabilidad, un método de determinar el valor más probable de la magnitud puede ser la condición de mínimo de la función cuadrática de dispersión de Gauss, ya que de esa condición de mínimo se obtiene el valor de la media. Pero cabe preguntar, ¿es suficiente ese carácter de método para que quepa erigir en principio (lo que supone carácter natural) a la condición de mínimo de Gauss? La contestación a dicha pregunta sería negativa, siempre que se tratase sólo de un simple artificio matemático.

Pero no es así, puesto que cabe deducirlo directamente de la ley natural de Laplace-Gauss que hemos hallado, según vamos a ver.

Para ello observamos que, si de la medida m de una magnitud desconocida M deducimos el error x, también desconocido, obtendremos el valor verdadero, y que si expresamos por m_0 a un cierto valor de las medidas experimentales ha de verificarse la condición $m - x = m_0 - x_0$, siendo x_0 el error de este valor m_0, elegido. De ello se deduce que $m - m_0 = x - x_0$, y, por tanto, que las variables m y x tienen el mismo valor para la «standard», siendo además $dm = dx$, por lo que la función de probabilidad de la variable m es también

$$f(m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\frac{(m-m_0)^2}{2\times\sigma^2}}$$

con la condición de ser

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(m-m_0)^2}{2\times\sigma^2}}\,dm = 1.$$

Por consiguiente, al conjunto de observaciones $m_1, m_2, \cdots, m_n$ le corresponde la probabilidad

$$\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma}\right)^n e^{-\frac{(m_1-m_0)^2+(m_2-m_0)^2+\ldots(m_n-m_0)^2}{2\times\sigma^2}}$$

la cual es máxima cuando es mínima la función de Gauss

$$(m_1-m_0)^2+(m_2-m_0)^2+\cdots+(m_n-m_0)^n$$

o sea cuando el valor m_0 elegido coincide con la media aritmética de $m_1, m_2, m_3, \cdots, m_n$.

Esto es lo que permite calificar de principio (carácter natural) a la condición de Gauss.

Las discrepancias $m_1 - m_0, m_2 - m_0, \cdots, m_n - m_0$, entre el valor de las observaciones y el valor de la media aritmética suelen representarse por $v_1, v_2, \cdots, v_n$, y, en consecuencia, la «standard» σ por

$$\sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}}$$

Por dicho motivo, si se toma a la media experimental m_0 como origen de abscisas y a la citada «standard» σ como unidad de medida para las magnitudes apreciadas, se obtiene también para dichas discrepancias v la misma ley tipo anterior.

$$f(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\,e^{-\frac{v^2}{2}}$$

con la condición de ser

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{v^2}{2}}\,dv = 1.$$

Dicha ley tipo nos permitirá, por tanto, constrastar siempre la mayor o menor bondad de las observaciones. Si, en realidad, únicamente ha regido en las observaciones la ley de la indiferencia, propia y peculiar del error accidental, es decir, sin actuación de influencia determinada en ningún caso, la distribución de las discrepancias de las observaciones con respecto a su media aritmética deberá ajustarse a la indica ley normal de Gauss, tanto más cuanto mayor sea el número de observaciones que hayan sido hechas, y esto siempre dentro de la verdad estadística, es decir, con máxima probabilidad de que ocurrirá así. Siendo esto un fenómeno *natural*, o lo que es lo mismo, de realización indudable dentro de esa verdad estadística, según se deduce de todo lo dicho anteriormente.

No debe hacernos creer, pues, una distribución del tipo llamado leptokúrtico, esto es, en la que aparezcan mayor número de observaciones en las proximidades de la media, que ello suponga, por sí mismo, mayor precisión conseguida, y, por tanto, mayor plausibilidad para dicha media. Ni tampoco el caso contrario, o sea el de distribución platykúrtica, es decir, en el que haya mayor número de observaciones alejadas de la media, debe sugerir la idea de observaciones poco satisfactorias. Ni así mismo una distribución más o menos asimétrica debe inspirarnos ese pensamiento. La medida de la precisión ha de dárnosla la «standard» σ, o sea la desviación cuadrática media, y *la mayor plausibilidad de la media, el mejor ajuste a la ley de Laplace-Gauss*. Los otros aspectos indicados, o sea, el exceso o defecto de kurtosis y la asimetría, solo nos indican que en determinadas observaciones o grupos de ellas, ha habido influencias no existentes en las otras, como, por ejemplo, mayor o menor aptitud de los observadores, mejor o peor estado del instrumental empleado, influencias meteorológicas, etc. Claro es que si tanta es la asimetría o el defecto o exceso de kurtosis, o ambas cosas a la vez, puede ocurrir que sean menos satisfactorias observaciones con «standard» más pequeña. Pero de esto no pueden darse reglas fijas, y por ello ha de quedar a juicio del calculador, a su *esprit de finesse*, según frase de Pascal.

La mejor manera de poder apreciar fácilmente dichas características de ajuste de un grupo de observaciones a la ley normal

de Laplace-Gauss es, quizá, la que indicamos en el cuadro que sigue a esta *Nota*, en el que utilizamos a dicho fin una división equi-areolar de la superficie comprendida entre la curva tipo de Laplace-Gauss y el eje de abscisas.

Formando dicho cuadro se pone de manifiesto claramente el exceso o defecto de kurtosis y la asimetría de la distribución obtenida, si existen, y con ello, el mejor o peor ajuste a la ley de Gauss y por ende, la calidad de las observaciones y la plausibilidad de la media, puesto que, como se deduce de todas nuestras consideraciones, el que se realice ese ajuste es un fenómeno natural, esto es, obedece a una ley *causal*, la llamada ley del azar, la cual, como hemos visto, es también, en el fondo, una ley de causalidad. De ahí que el ajuste de las observaciones a la ley de Gauss sea un hecho a esperar y, por tanto, una cosa a exigir para poder calificarlas de satisfactorias. Es esto último lo que nos interesa hacer ver para las finalidades prácticas o experimentales.

* * *

Las conclusiones a que hemos llegado con el estudio anterior son de tal importancia, que conviene insistir sobre ellas con las debidas aclaraciones. En efecto, hay una primera parte que no puede menos de llamar la atención, y que pudiéramos titular de *cómo de la falta de causalidad nace la causalidad*, a la que no debe dársele más trascendencia que la que tiene. Y hay otra segunda parte, no menos interesante, que es la de que parece asignarse a la media aritmética un papel exclusivo de otras medias.

De ambos aspectos vamos a ocuparnos ahora.

Consideremos, a este efecto, el consabido juego de *a cara o cruz* en el caso teórico de equiprobabilidad perfecta. Es decir, que en él no existe tendencia alguna a que salga con preferencia cara o cruz. Es el caso de falta de causalidad para la obtención de un resultado determinado.

Efectuemos una tirada. Lo mismo puede resultar cara que cruz. Pero efectuemos diez tiradas, por ejemplo. Entonces puede ocurrir que las diez veces se obtenga cara, o que las diez veces se obtenga cruz. Pero también puede ocurrir que se obtengan cinco

veces cara y cinco veces cruz, cuatro veces cara y seis veces cruz, etcétera.

Los casos distintos son, en verdad, solamente once, según que no salga ninguna cara, o que salga una, o que salgan dos, etc.; pero el número de casos posibles de que salgan cinco caras es $\binom{10}{5} = 252$, ya que pueda salir esas cinco caras, bien saliendo la primera vez cara, o bien la segunda vez, etc., y ocurrido esto puede ocurrir después que la vez siguiente sea también cara, o que lo sea la otra siguiente, etc. En resumen, que ese resultado de cinco caras obtenidas en diez tiradas puede obtenerse con cualquiera de las $\binom{10}{5} = 252$ combinaciones posibles.

Cada una de dichas 252 combinaciones posibles tiene exactamente la misma probabilidad de ocurrir que el caso de que se obtenga cara en cada una de las diez tiradas. Pero como dichas combinaciones posibles son 252 y las probabilidades de cada una se suman (en virtud del principio de la suma), es mucho más probable que se obtenga un resultado de cinco caras y cinco cruces, que no el de que se obtengan diez caras. Y ese *mucho más probable* cabe cifrarlo en 252 veces más probable, según lo que dijimos en nuestra *Nota sobre los fundamentos de la probabilidad y de la estadística*. Pero, a pesar de ello, ese resultado no es, ni mucho menos, seguro, y puede resultar muy bien que en las diez tiradas se obtenga siempre cara. Esta es, en resumen, la verdad estadística, sin más trascendencia.

Así, pues, de la indiferencia o equiprobabilidad podemos llegar a la gran probabilidad de un resultado determinado, con solo aumentar el número de tiradas, pudiendo agregar que esa *gran probabilidad* cabe convertirla en *casi seguridad*, si no exigimos que en 1.000 tiradas, por ejemplo, se hayan de obtener, precisamente 500 veces cara y otras 500 veces cruz, y nos conformamos con que muy aproximadamente se obtenga el mismo número de veces cara que cruz.

De la indiferencia o falta de causalidad se llega, por tanto, a la *casi seguridad* o *causalidad en verdad estadística*, la cual no cabe confundirla con la *causalidad funcional o segura*, en la que aquel *casi* o *incertidumbre* ya no existe.

Por consiguiente, la causalidad nacida de la falta de causalidad lleva anejo un estigma de incertidumbre del que nunca puede

desprenderse por muchísimas que sean las tiradas que se consideren.

No cabe, pues, confundirla con la causalidad funcional o de verdad *segura*, que carece de tal estigma de incertidumbre.

Al decir, pues, nosotros, en nuestro estudio anterior que el ajuste de observaciones a la ley de Laplace-Gauss, sea un hecho a esperar y, por tanto, una cosa a exigir para calificar a las observaciones como satisfactorias, debe entenderse que lo más probable es que el ajuste se verifique, por lo que, aunque no sea seguro ese resultado, si no ocurriese así, habrá motivo para recelar de las observaciones hechas, y, por consiguiente, que lo más prudente será rechazarlas.

El otro aspecto es el de la media aritmética, que en nuestro estudio anterior nos hemos limitado a considerar sólo por simplicidad del razonamiento, pero cuya utilización sólo cabe, en verdad, considerar cuándo los errores a temer en las observaciones de las magnitudes son independientes del valor de dichas magnitudes.

No ocurre lo mismo cuando los errores de las observaciones dependen del valor de las magnitudes medidas, siendo proporcionales dichos errores a los referidos valores, es decir, cuando se trata de errores relativos. Entonces, las medidas a considerar deben ser, o la media armónica, si se trata de observaciones de magnitudes discretas, o la media geométrica, si se trata de magnitudes continuas; siendo la razón de esto la que vamos a indicar.

La ley de Laplace-Gauss la hemos obtenido como ley límite de la ley de la indiferencia, y del carácter simétrico que tiene dicha ley se deduce que la suma de todos los errores es nula.

En el caso de la media aritmética esto se verifica evidentemente, pues de su valor

$$m_0 = \frac{m_1 + m_2 + \cdots + m_n}{n}$$

se deduce que

$$(m_1 - m_0) + (m_2 - m_0) + (m_n - m_0) = 0;$$

con lo que, teniendo en cuenta la tendencia estocástica de la media al valor exacto, queda demostrada la proposición. Ahora bien: también cuando se trate de errores relativos *accidentales*,

por ese carácter de accidentales les sigue siendo aplicable la citada ley y, por consiguiente, la suma de dichos errores accidentales sigue siendo nula. En consecuencia, también para los errores relativos accidentales debe verificarse que

$$\frac{m_1 - m_0}{m_1} + \frac{m_2 - m_0}{m_2} + \cdots + \frac{m_n - m_0}{m_n} = 0,$$

de donde se deduce que

$$\left(1 - \frac{m_0}{m_1}\right) + \left(1 - \frac{m_0}{m_2}\right) + \cdots + \left(1 - \frac{m_0}{m_n}\right) = 0,$$

o sea que

$$\frac{n}{m_0} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} + \cdots + \frac{1}{m_n}.$$

Por consiguiente, en tal caso, la media armónica es el valor más probable y, por tanto, es la magnitud que debe ser utilizada a los efectos de determinar las discrepancias relativas, cuyo mayor o menor ajuste a la ley de Gauss ha de comprobarse, y mientras se trate de magnitudes discretas o discontinuas no hay motivo para dejar de utilizar dicha media armónica, a dichos efectos.

Pero si se trata de magnitudes continuas, a la suma de errores relativos

$$\frac{m_1 - m_0}{m_1} + \frac{m_2 - m_0}{m_2} + \cdots + \frac{m_n - m_0}{m_n} = 0$$

cabe darle la forma

$$\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta m_2}{m_2} + \cdots + \frac{\Delta m_n}{m_n} = 0,$$

y recordando que muy aproximadamente, esto es, despreciando magnitudes de un orden de pequeñez más elevado, es

$$\Delta lm_1 = \frac{\Delta m_1}{m_1}$$

se convierte la expresión anterior en

$$\Delta lm_1 + \Delta lm_2 + \cdots + \Delta lm_n = 0,$$

o sea en

$$(lm_1 - lm_0) + (lm_2 - lm_0) + \cdots + (lm_n - lm_0) = 0$$

de donde

$$lm_1 \times m_2 \cdots m_n = n\,lm_0 = lm_0^n$$

y, por tanto,

$$m_0 = \sqrt[n]{m_1, m_2, \cdots, m_n},$$

o sea que, en tal caso, la media geométrica es la que debe ser utilizada a los efectos de determinar el ajuste de las observaciones a la ley de Gauss, siendo ahora dicha media geométrica el valor más probable para la magnitud.

El método para determinar si tienen un mismo valor las observaciones, es decir, que a todas ellas cabe darles el mismo peso por no haber habido circunstancias especiales que las diferencien en valor, es, por consiguiente, siempre el mismo, a saber: comprobar el ajuste de las observaciones a la ley de Laplace-Gauss en la forma práctica que luego se indica, pero utilizando la media aritmética para la apreciación de las discrepancias de las observaciones con respecto a ella si cabe considerar a dichos errores de las observaciones como magnitudes independientes de la magnitud medida. Y si, por el contrario, los errores deben ser considerados como proporcionales a la magnitud medida y éstas son magnitudes discretas, debe ser utilizada la media armónica para la apreciación de las discrepancias relativas de las observaciones con respecto a ella, a los efectos de ver su ajuste a la ley de Laplace-Gauss. Finalmente, si se trata de magnitudes continuas y los errores de las observaciones deben ser considerados como proporcionales a la magnitud medida, entonces debe ser utilizada la media geométrica a los indicados efectos. En todos los casos, cuanto más perfecto sea el ajuste, mayor motivo habrá para considerar a todas las observaciones del mismo valor o peso. Y, por consiguiente, al conjunto de todas ellas como el más satisfactorio para determinar el valor *más plausible* de la magnitud observada, el cual será siempre la media utilizada.

Se deduce, pues, de todas nuestras consideraciones, en contra de lo que dice el párrafo de Darmois, que antes transcribimos, que la ley de Laplace-Gauss debe ser considerada *siempre* (y no sólo

algunas veces) como la *ley única* y *demostrada ya, con tal carácter único*, de los errores experimentales, si éstos han sido, en verdad, solamente accidentales. Y que si ha podido ser combatida dicha ley en ese carácter único es, porque, además de los defectos de las demostraciones que se han dado de dicha ley, la verdad estadística es sólo verdad probable y los errores accidentales no existen, en rigor, más que en teoría, porque la identidad de valor o de peso de las distintas observaciones de un grupo no se puede dar por completo en la práctica.

La confianza ciega y general de los observadores en dicha ley, a pesar de todos los defectos de las demostraciones que de ella se han dado, queda así completamente justificada. Y con esto, la conveniencia de comprobar si se ajusta a ella un conjunto de observaciones antes de considerarlo como satisfactorio para ser utilizado en la determinación del valor más plausible que cabe deducir de ellas.

EJEMPLO DEL ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE OFRECE UNA DISTRIBUCIÓN DE ERRORES OBTENIDOS EXPERIMENTALMENTE

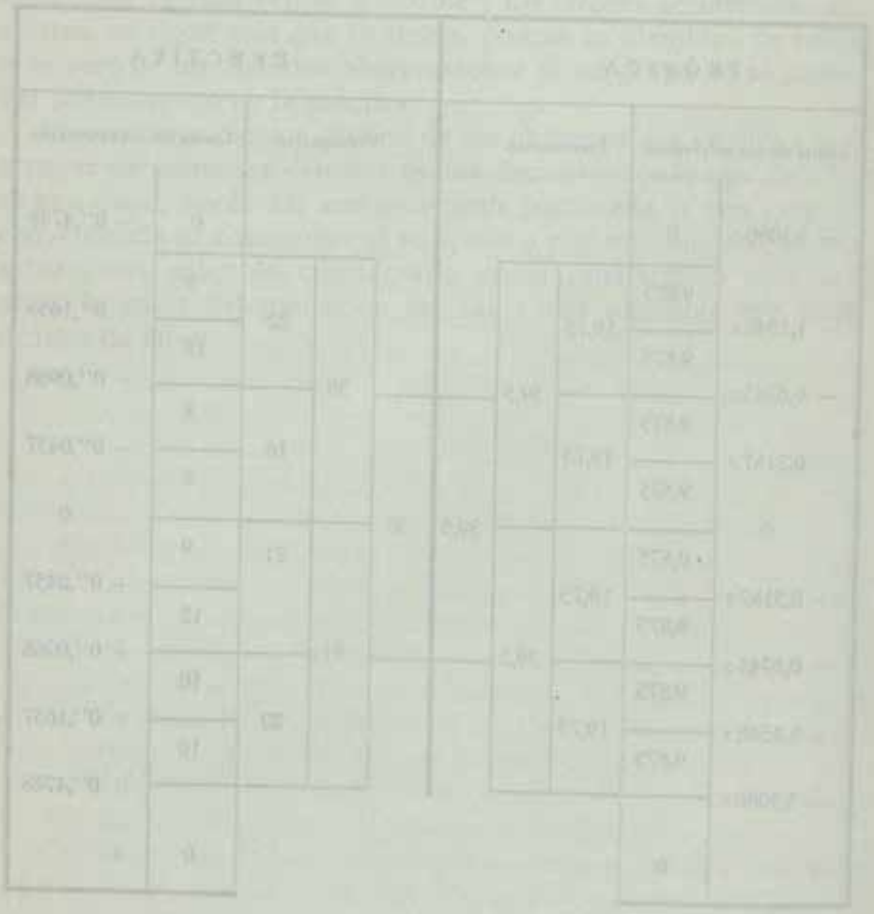
$$\sigma = \sqrt{\frac{[v\,v]}{n(n-1)}} = 0'',1435 \qquad \text{Error probable: } 0{,}6745\,\sigma = 0'',0968$$

Número de valores observados: 79

TEÓRICA					EFECTIVA			
Límite de los intervalos.		Frecuencias.			Frecuencias.		Límite de los intervalos.	
							0	− 0'',4748
− 3,3086 σ	0							
	9,875						9	
− 1,1548 σ		19,75				22		− 0'',1656
	9,875						13	
− 0,6745 σ			39,5			38		− 0'',0968
	9,875						8	
− 0,3187 σ		19,75				16		− 0'',0457
	9,875						8	
0				39,5	37			0
	9,875					21	9	
+ 0,3187 σ		19,75						+ 0'',0457
	9,875						12	
+ 0,6745 σ			39,5			41		+ 0'',0968
	9,875						10	
+ 1,1548 σ		19,75				20		+ 0'',1657
	9,875						10	
+ 3,3086 σ								+ 0'',4748
+	0						0	+

La distribución no es muy satisfactoria. Acusa alguna asimetría, y los errores menores que el error probable son en número algo menor que la mitad, siendo por esto ligeramente platykúrtica. Esto hace suponer que en determinadas observaciones, o grupos de ellas, han existido tendencias distintas que en otras, y, por tanto, que los errores no han sido estrictamente accidentales. Será prudente, pues, estudiar qué influencias pueden haber actuado de distinto modo en las observaciones hechas.

Madrid, 17 de enero de 1950.—SANTOS ANADÓN



OBSERVACIONES GRAVIMETRICAS DE RED

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRAFICO Y CATASTRAL

TOMO XX

VII

Sección 1.ª—Servicio de Geodesia

RED DE OBSERVACIONES CON GRAVIMETRO EN LA PROVINCIA DE HUELVA

POR

JOSE MARIA ESPINOSA DE LOS MONTEROS Y LUIS LOZANO CALVO
Ingenieros Geógrafos

CON UN PRÓLOGO
DEL
ILMO. SR. D. GUILLERMO SANS HUELIN

MADRID. — Talleres del Instituto Geográfico y Catastral. — 1950

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

TOMO XX

VII

Sección 1ª—Servicio de Geodesia

RED DE OBSERVACIONES CON GRAVÍMETRO EN LA PROVINCIA DE HUELVA

Por

JOSÉ MARÍA TORROJA DE LOS MONTEROS Y LUIS COTANO CALVO
Ingeniero Geógrafo

CON UN PRÓLOGO
DE
D. MO. SE D. GUILLERMO SANS HUELIN

MADRID.—IMPRENTA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL.—1930

OBSERVACIONES CON EL GRAVIMETRO ELECTRO-MECANICO ASKANIA

Durante la campaña gravimétrica desarrollada por el Instituto Geográfico en los meses de otoño del año 1943 con el gravimetro electro-mecánico «Askania núm. 25», se efectuaron las observaciones iniciales de una red de valores de gravedad, con estaciones distanciadas entre si siete kilómetros por término medio, y que abarca aproximadamente la mitad Norte de la provincia de Huelva.

Las observaciones de campo y los cálculos necesarios fueron ejecutados por el Ingeniero Geógrafo D. José María Espinosa de los Monteros.

Posteriormente, en la campaña de 1945 fueron extendidos estos trabajos a la zona Sur de dicha provincia por el Ingeniero Geógrafo Sr. D. Luis Lozano Calvo. La conveniencia de formar mapas provinciales de las anomalías de la gravedad ha aconsejado a esta Dirección general la publicación conjunta de ambos trabajos que, aunque realizados en campañas distintas y por operadores diferentes, responde a un mismo plan.

A continuación damos un resumen de los métodos de trabajo y resultados obtenidos en ambas campañas.

GUILLERMO SANS HUELIN.

RED DE OBSERVACIONES CON GRAVIMETRO EN LA PROVINCIA DE HUELVA

ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE HUELVA

Los trabajos de observación realizados con el gravímetro en la zona Norte de la provincia de Huelva, son el comienzo de series de estaciones rápidas gravimétricas, bien en aquellas zonas en que las determinaciones pendulares resulten demasiado distanciadas entre sí, ya en aquellas otras que presenten interés especial desde el punto de vista minero, como en el caso actual.

Método de trabajo.—Los trabajos realizados en esta campaña de 1943 han tenido lugar en la zona comprendida entre los pueblos Aroche, Cortegana, Aracena, Santa Olalla, El Ronquillo, Castillo de las Guardas, Nerva, Valverde del Camino, Alosno, La Puebla de Guzmán, Santa Bárbara, San Telmo y Aroche, habiéndose hecho observación en puntos distanciados entre sí de cinco a ocho kilómetros, según una red lo más regular posible condicionada a la de carreteras, más o menos transitables, existentes en esta zona.

Como con el gravímetro se determinan únicamente los Δg relativos a una base, se ha apoyado la red antes citada en las estaciones de Aracena y Cortegana, cuyos valores de gravedad han sido determinados con observaciones pendulares, sirviendo Aracena como base de partida y Cortegana como comprobación.

Siendo éste el primer trabajo de su clase, hemos ensayado cuatro métodos de observación de perfiles: el clásico de superposición, con observación triple solapada de estaciones; el de triple observación seguida de estaciones en un circuito cerrado con cuatro observaciones en la base; un método mixto de observación en estrella, acoplada a la red de carreteras, con observación duplicada de las estaciones y triplicada como mínimo en la base, y el de ida y vuelta con doble observación.

Hemos podido comprobar que para la precisión que se requiere en este trabajo, 1 mgal., los dos últimos métodos son más que suficientes, ya que permiten perfectamente el trazado de la «curva del cero» con un error inferior al medio miligal, habiéndonos acusado

perfectamente en ambos métodos los saltos de dicha curva en los casos en que se nos han presentado. De todas formas, para perfiles largos el método mixto de estrella es superior en precisión al de ida y vuelta.

El primer método de superposición con observaciones triples solapadas tiene el inconveniente grande de obligar a un recorrido cuádruple para poder efectuar la observación de cierre en la base, necesaria para evitar la posible propagación de errores en el desarrollo de la «curva del cero». Error rara vez, de todas formas, superior a la precisión de observación que en este caso necesitamos.

El método de triple observación continua se empleó en el circuito Aracena, Linares de la Sierra, Almonaster, Cortegana, Galaroza, Aracena, por permitirlo el trazado de las carreteras existentes y por ser de sumo interés el obtener la diferencia de gravedad entre Aracena y Cortegana con precisión exagerada, ya que en ambos puntos existían valores de g observados con péndulos.

El valor de Δg entre Aracena y Cortegana obtenido con el gravímetro está de acuerdo con el de las observaciones pendulares dentro de la precisión inferior de estas últimas. En el cuadro siguiente se incluyen los valores obtenidos por los dos procedimientos, así como las alturas de las estaciones.

	PENDULO	GRAVIMETRO	ALTURA ESTACION PENDULO	ALTURA ESTACION GRAVIMETRO
Aracena	979.902,0 mgals	0,0	680,2 m.	681,3 m.
Cortegana	979,899,0 mgals	— 2,1 mgals	687,5 m.	689,9 m.

Los cierres de los diferentes anillos de la red han sido todos efectuados con un error inferior a 1 mgal., lo cual corrobora la precisión del gravímetro para esta clase de trabajos.

Los valores de gravedad de las diferentes estaciones se han ido corriendo del de Aracena que se ha tomado como base.

OBSERVACIÓN DE ALTITUDES.—En la realización de estos trabajos se ha tropezado con la dificultad de la falta de existencia del mapa en 1 : 50.000.

Se ha tenido, pues, que recurrir al Conjunto provincial y a un plano escala 1 : 100.000, delineado por el Instituto Geológico y Mine-

ro de España, a base del Conjunto provincial y el Itinerario militar, siendo principalmente de este plano del Geológico del que nos hemos servido.

La falta de datos topográficos de la región y la imposibilidad de efectuar una nivelación rápida y económica por otro sistema que el barométrico, ha hecho que la red altimétrica observada no haya resultado con la precisión que se hubiera deseado. A fin de sujetar lo más posible los valores de altura de esta red, hemos hecho estación en todos aquellos puntos de la zona en que hay valores de Nivelación de Precisión, que son los correspondientes a la línea de ferrocarril de Zafra a Huelva, y también en todos los pies de las torres de los pueblos de la zona, cuya altura se encuentra determinada por triangulación geodésica de tercer orden. En el cuadro resumen de cálculos y correcciones se distinguen las alturas determinadas por altímetro barométrico de las conocidas por ser pie de torre o señal de Nivelación de Precisión, por ir en tipo más grueso.

La marcha seguida para las observaciones de alturas barométricas ha sido exactamente la misma que para las observaciones de gravedad, trazando de la misma manera que para estas últimas una «curva del cero» que nos marca con bastante aproximación las variaciones de presión habidas durante el tiempo total de observación del perfil y a la cual posteriormente se refieren los valores de cada punto. El desarrollo de estas diferentes «curvas» van en el detalle de cálculo con la correspondiente curva de gravedad.

Cálculo de las latitudes.—Para el cálculo de las latitudes nos hemos servido del plano 1 : 100.000 delineado por el Instituto Geológico, efectuándose generalmente su determinación dentro del minuto.

Cuadro resumen—Con los valores obtenidos de gravedad, altura, latitud y las diferentes correcciones y valores teóricos de la gravedad calculados, se ha formado el cuadro I que se adjunta, en cuyas diferentes columnas figuran los siguientes datos: nombre de la estación; situación; latitud; altura; valor teórico de la gravedad γ_0, según la fórmula Internacional; valor de la gravedad observada, g; valor de la corrección por altura, H (término de Faye); valor de la corrección por atracción de las capas del subsuelo, B (término de Bouguer); suma algebraica de $g + H + B = g''_0$; anomalía del valor de la gra-

vedad, A (anomalía), es decir, diferencia entre la suma anterior g''_0 y el valor de la gravedad γ_0, según la fórmula Internacional.

El cálculo de los valores teóricos de la gravedad, según esta fórmula, se ha efectuado gráficamente construyendo un ábaco, ya que para pequeñas variaciones de φ, la fórmula Internacional se puede considerar prácticamente como una función lineal.

Curvas isanómalas de la gravedad (reducción Bouguer).—El término negativo de Bouguer por atracción de las capas del subsuelo tiene la forma

$$-\frac{3}{4}\times\frac{\theta}{\theta_m}\times H,$$

en donde θ_m es la densidad de la tierra, θ la densidad del terreno en el punto en que se ha hecho estación y H la corrección por altura.

Se ha considerado 5,52 como valor de la densidad media de la tierra, y como densidad del terreno de la estación se ha tomado para simplicar el valor 2,65, general para todas las estaciones de la zona, teniendo en cuenta que todas ellas han sido observadas, bien en pizarras primarias, pórfidos, granitos, diabasas o calizas compactas del estrato cristalino, cuyas densidades andan todas ellas muy en las proximidades del valor que hemos considerado.

Con los valores de las anomalías hemos trazado el plano de isanómalas, que insertamos (plano I), y en el cual puede verse que todas las anomalías son positivas y que hay un aumento de anomalía en tres direcciones: la zona Suroeste de la gran mancha carbonífera de los Algarbes, la gran franja estratocristalina de la Sierra de Aracena y el manchón granítico que se extiende de El Ronquillo hacia el Este, presentándose en el centro de estas tres direcciones una depresión de anomalías en forma de cubeta alargada, en dirección Noroeste-Sureste, es decir, la dirección de los plegamientos en dicha región del movimiento orogénico herciniano.

El valor de la gravedad real g en un punto cualquiera de esta zona puede calcularse fácilmente con el plano de isanómalas adjunto, conociendo además la latitud y altura del punto cuyo valor de g se desea saber; en efecto: siendo la anomalía

$$A=(g+H+B)-\gamma_0,$$

será

$$g - \gamma_0 - (H + B) + A. \qquad [1]$$

Ahora bien,

$$B = -\frac{3}{4} \times \frac{2{,}65}{5{,}52} H = -0{,}36\, H$$

y

$$H + B = H\,(1 - 0{,}36) = 0{,}64\, H.$$

Teniendo en cuenta que

$$H = 0{,}3086 \times h,$$

siendo h la altura del punto en m, resultará

$$H + B = 0{,}64 \times 0{,}3086 \times h = 0{,}198 \times h,$$

que sustituída en [**1**], da

$$g = \gamma_0 - 0{,}198 \times h + A.$$

El valor de A se determina con suficiente aproximación por interpolación de la situación de la estación entre las isanómalas del plano que incluímos.

CAMPAÑA DE

Año

CUADRO

NOMBRE DE LA ESTACION	SITUACION	φ
		° ' "
Alajar	Carretera	37 — 53 —
Almonaster	Idem	37 52
Alosno	Pie torre iglesia	37 32 58
Aracena	Ayuntamiento, junto estación péndulo	37 53 22
Aroche	Pie torre iglesia	37 56 43
Cabezas Rubias	Cruce carreteras	37 43 46
Calañas-Estación	Puerta Estación	37 39
Calañas-Iglesia	Pie torre iglesia	37 39 16
Campofrío	Idem id	37 46 03
Castillo de las Guardas	Idem id	37 41 30
Cortegana	Idem id	37 54 32
Corte Gil Márquez	Muelle Estación	37 51
El Alamo	Carretera, en el pueblo	37 40
El Castaño (36)	Idem, cruce derivación	37 54
El Cerro	Pie torre iglesia	37 44 07
El Madroño	Carretera, junto pie torre iglesia	37 38 45
El Peralejo	Idem, entrada al pueblo	37 43
El Repilado (37)	Paso al nivel	37 56
El Ronquillo	Pie torre iglesia	37 43 30
Fuenteheridos	Carretera	37 54
Galaroza	Carretera, junto a Plaza	37 55 33
Higuera de la Sierra	Carretera, junto depósito gasolina	37 50 18

GRAVIMETRIA
943

RESUMEN I

h Metros	g_0 gals	g gals	H mgals	B mgals	$H+B+g=g_0''$ gals	A mgals
589	979,994	979,913	182	— 66	980,029	35
578	992	918	178	64	032	40
188	965	983	58	21	020	55
681	994	902	210	76	036	42
406	999	965	125	45	045	46
231	979,980	979,983	71	26	980,028	48
279	972	965	86	31	020	48
301	972	961	93	33	021	49
522	983	911	161	58	014	31
349	977	931	108	39	000	23
690	996	900	213	77	036	40
432	991	943	133	48	028	37
378	979,975	979,923	117	42	979,998	23
659	995	905	203	73	980,035	40
392	981	965	93	33	025	44
356	972	935	110	40	005	33
514	979	889	159	57	979,991	12
433	998	952	134	48	980,038	40
334	980	962	103	37	028	48
675	979,995	979,900	208	75	980,033	38
543	979.997	979,929	168	60	980,037	40
593	979,989	979,901	183	66	980,018	29

NOMBRE DE LA ESTACION	SITUACION	°	'	"
La Coronada	Carretera	37	36	—
La Granada	Pie torre iglesia	37	46	08
La Nava	Carretera, junto puente antes pueblo	37	57	
La Puebla de Guzmán	Idem, derivación a Mina Herrerías	37	36	41
Linares de la Sierra	Idem, derivación al pueblo	37	53	
Minas del Castillo	Entrada al pueblo, Punto 55 del trabajo de prospección.	37	42	
Minas de Ríotinto	Cruce carreteras, junto Fielato	37	42	
Nerva	Pie torre Ayuntamiento	37	41	41
Río Jarrama	Carretera, junto puente derruído	37	42	
San Telmo	Cruce carreteras, junto a casa	37	48	
Santa Ana la Real (cruce)	Idem íd, junto indicador	37	53	
Santa Bárbara	Pie torre iglesia	37	47	48
Santa Olalla	Cruce carretera a Zufre	37	54	18
Tharsis	Carretera, trozo chalets y eucaliptos	37	36	
Valdeflores	Carretera, junto depósito gasolina	37	44	
Valdelamusa	Estación	37	47	
Valdezufre	Carretera, salida pueblo hacia Araena	37	52	
Valverde del Camino	Pie torre iglesia	37	34	20
Villanueva de las Cruces	Idem íd	37	37	40
Zalamea la Real	Pie torre iglesia	37	40	49
Zufre (derivación a)	Cruce derivación al pueblo	37	49	
1	Puente sobre río Oraque	37	47	
2	Carretera	37	45	
3	Idem, puente	37	41	
4	Puente sobre Rivera Covica	37	38	
5	Carretera	37	35	
6	Carretera, puente	37	33	
7	Paso a nivel	37	32	

h Metros	To gals	g gals	H mgals	B mgals	$H+B+g=g_o''$ gals	A mgals
80	979,969	980,000	25	— 9	980,016	47
435	983	979,925	134	48	011	28
431	999	949	133	48	034	35
195	970	986	60	22	024	54
576	994	917	177	64	034	36
391	979,978	979,915	121	43	979,993	15
427	978	926	132	48	980,010	32
330	979,978	979,942	102	37	980,007	29
263	979,978	979,950	81	29	980,002	24
315	979,986	979,960	97	35	980,022	36
597	994	912	184	66	030	36
310	986	972	96	35	033	47
472	995	934	146	53	027	32
267	979,969	979,972	82	30	980,024	55
360	979,981	979,927	111	40	979,998	19
339	985	953	105	39	980,019	34
384	992	914	108	65	029	37
276	966	959	85	31	013	47
124	972	997	38	14	021	49
407	979,976	979,937	126	45	980,018	42
428	988	925	132	48	009	21
233	979,985	979,980	72	26	980,026	41
235	982	981	72	26	027	45
195	976	986	60	22	024	48
173	972	989	53	19	023	51
239	968	975	74	27	022	54
167	979,965	979,988	52	19	980,021	56
153	963	990	47	17	020	57

NOMBRE DE LA ESTACION		SITUACION	P
			° '
	8	Puente sobre río Oraque	37—31
	9	Carretera	37 45
	10	Puente sobre río Oraque	37 42
	11	Cruce carreteras, junto indicador	37 41
	12	Carretera	37 39
	13	Idem	37 46
	14	Idem	37 45
	15	Estación El Cerro de Andevalo	37 42
	16	Carretera	37 42
	17	Idem	37 35
	18	Idem, kilómetro 37	37 37
	19	Idem, id. 42	37 37
	20	Idem, id. 47	37 39
	21	Carretera, derivación	37 38
	22	Idem, puente sobre arroyo	37 46
	23	Idem	37 48
	24	Idem, puente sobre río Jarrama	37 44
	25	Idem	37 50
	26	Puente sobre río Odiel	37 48
	27	Carretera, puente sobre arroyo	37 42
	28	Puente sobre Rivera de Huelva	37 43
	29	Carretera, kilómetro 484	37 47
	30	Idem, id. 476	37 50
	31	Carretera	37 53
	32	Puente sobre Rivera de Huelva	37 53
	33	Idem sobre río Odiel	37 44
	34	Carretera, kilómetro 72	37 47
	35	Idem, id. 80	37 50
	38	Carretera, kilómetro 15	37 56

h Metros	g_0 gals	g gals	H mgals	B mgals	$H+B+g=g'_0$ gals	A mgals
55	979,962	980,007	17	— 6	980,018	56
234	982	979,985	72	26	031	49
135	978	980,002	42	15	029	51
156	979,976	979,993	48	17	980,024	48
171	973	987	53	19	021	48
290	983	965	89	32	022	39
318	982	954	98	35	017	35
185	978	984	57	21	020	42
270	979,978	979,961	83	30	980,014	36
244	968	967	75	27	015	47
298	970	956	92	33	015	45
358	970	944	110	40	014	44
360	973	943	111	40	014	41
432	979,972	979,911	133	48	979,996	24
365	983	930	113	41	980,002	19
358	986	900	172	62	010	24
352	981	933	109	39	006	25
339	989	920	166	60	026	37
335	979,986	979,952	103	37	980,018	32
346	978	950	107	39	018	40
157	979	993	48	17	024	45
466	985	926	144	52	018	33
464	989	928	143	51	020	31
379	979,994	979,950	117	42	980,025	31
286	994	969	88	32	025	31
215	981	974	66	24	016	35
378	985	943	116	42	017	32
352	989	953	109	39	023	34
411	979,998	979,963	127	46	980,044	46

ZONA SUR DE LA PROVINCIA DE HUELVA

Los trabajos gravimétricos de que se da cuenta en esta MEMORIA constituyen la continuación de los realizados por el Ingeniero D. José María Espinosa de los Monteros durante la campaña de 1943 en la parte Norte de la provincia de Huelva, con los que inició el Instituto Geográfico la formación de la red gravimétrica de relleno para fines geodésicos.

Como es natural, se han recogido en esta campaña las enseñanzas que se han derivado, tanto de la citada anteriormente, como de trabajos análogos realizados por el Ingeniero Ilmo. Sr. D. Guillermo Sans Huelin, por lo que se ha desechado en absoluto el método de ida y vuelta por poco seguro en sus resultados y los de triple observación por demasiado onerosos en trabajo y gasolina. No siendo excesivo el número de horas diarias de observación (otra cosa no es recomendable debido a la caída de potencial de las baterías, sobre todo, de la de indicación), el observar la primera estación al final del trabajo y próximamente a la mitad del mismo, es condición necesaria y suficiente para tener las estaciones con errores próximamente de medio miligal, que es la aspiración de esta red.

Antes de emprender las observaciones de que se da cuenta fué preciso realizar una serie de experiencias preliminares con el aparato en distintas condiciones de funcionamiento para observar las perturbaciones que se producían en su funcionamiento, y una vez asegurado de su buen estado se realizó la comprobación de las diferencias de gravedad entre el Observatorio Astronómico de Madrid y las estaciones gravimétricas de Las Rozas, Torrelodones, Villalba y Guadarrama, que dieron resultado satisfactorio.

Para la realización del cometido se ha tropezado con el grave inconveniente de no estar realizados los trabajos topográficos para el mapa 1:25.000, que publica el Instituto Geográfico, pues en esta zona, como fronteriza, la ejecución de dichos planos no está encomendada a este Instituto, y ante la falta de datos topográficos pre-

cisos y la imposibilidad de hacerlos exprofeso para este trabajo, se ha procurado situar las estaciones aprovechando los pocos puntos geodésicos accesibles al camión: pies de las torres de las iglesias parroquiales, cabezas de Ayuntamiento y señales de Nivelación de Precisión, situadas en las estaciones de ferrocarril, más el monumento de la Rábida, que es también punto geodésico, y las restantes estaciones se han situado en lugares adecuados para que en su día sean puntos del plano topográfico; y para no demorar este trabajo por un plazo desconocido, se ha hecho una nivelación barométrica para tener por lo menos una altitud aproximada de estos puntos, y en cuanto a la situación planimétrica, se ha hecho con arreglo al Conjunto Provincial de la provincia de Huelva, que a escala 1 : 200.000 ha publicado el Instituto Geográfico y Catastral. De dicho mapa se ha deducido la latitud de las estaciones que figuran en el cuadro resumen, de observaciones; de esta forma se hace posible que en su día se rectifiquen las correcciones de la gravedad observada con arreglo a datos topográficos precisos.

Cuadro resumen.—En el cuadro resumen que aparece al final, las dos primeras casillas contienen los datos geodésicos de latitud y altitud de los que ya hemos hecho algunas observaciones; la tercera casilla contiene la densidad aproximada del suelo, según datos del Instituto Geológico y Minero; en la cuarta aparecen los valores teóricos de la gravedad en gals, según la fórmula de Cassinis, adoptada por IV la Asamblea Internacional de la Unión Geodésica y Geofísica,

$$i_0 = 978{,}0490\,(1 + 0{,}0052884\,\operatorname{sen}^2\varphi - 0{,}0000059\,\operatorname{sen}^2 2\varphi)\,.$$

En la quinta casilla aparecen los valores observados de la gravedad reducidos a la señal en los casos en que no fué posible estacionar en ella y corregidos de los errores de cierre de polígono. En las dos casillas siguientes aparecen en mgals las correcciones al aire libre y Bouguer, respectivamente, que sumadas y restadas, respectivamente, a la casilla quinta, nos dan la gravedad reducida que aparece en la casilla octava y, por último, en la final aparece la diferencia entre la gravedad teórica y la reducida, o sea la anomalía.

Con los datos de las anomalías obtenidos en la forma que se ha dicho, se han trazado las curvas isanómalas que aparecen en el

mapa adjunto, en el que puede observarse cómo se acusan dos anticlinales en el carbonífero inferior que ocupa la región Noroeste de la zona y de los cuales el situado más al Sur viene a seguir aproximadamente el límite de ese carbonífero con el diluvial; asimismo se acusa cómo ambos anticlinales se reunen hacia el Norte de Gibraleón, pero en cambio su continuación hacia el Oeste no es muy clara debido a la falta de datos en la región fronteriza.

Cálculo del error probable.—Parece interesante terminar esta nota haciendo un cálculo del error probable de una observación, según el método de trabajo seguido

La circunstancia de ser los datos suministrados por el gravímetro función desconocida del tiempo, hace que no se pueda repetir una misma estación en condiciones tales que permitiese deducir el error probable de la misma a partir de la discrepancia media cuadrática. Por esta razón se ha desistido de medir la precisión absoluta del aparato y nos limitamos a la conseguida con el método seguido.

Tomamos como unidad la estación, cosa posible que debido a que éstas están aproximadamente equidistantes, y nos limitamos a los dos polígonos cuyos cierres han sido peores, que son el Ayamonte-Gibraleón-Villanueva-Ayamonte y el Valverde-La Palma-San Juan-Valverde; ambos con errores de cierre de 2,9 mgals y con catorce estaciones.

Si llamamos ε al error medio cuadrático de una observación doble y Θ al error de cierre de n estaciones

$$\Theta = \pm \varepsilon \sqrt{n} . \qquad [1]$$

Luego llamando ε' al de una observación sencilla será:

$$\varepsilon' = \pm \varepsilon \sqrt{2} = \pm \sqrt{\frac{2}{n}}\,\Theta . \qquad [2]$$

En nuestro caso, aplicando la [1], resulta ser:

$$\varepsilon = \pm \frac{2,9}{\sqrt{14}} = 0,7 \text{ mgals} .$$

y el error probable de una estación es:

$$\varepsilon_p = \frac{2}{3} \cdot \varepsilon = 0{,}5 \text{ mgals}.$$

Si hubiésemos operado con triple observación la [**2**] nos hubiese dado el error medio cuadrático:

$$\varepsilon' = \pm \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot 2{,}9 = 0{,}23,$$

y el probable

$$\varepsilon_p = 0{,}2 \text{ mgals}.$$

a costa de un recorrido cuádruple del itinerario. Como se ve, la precisión obtenida es más que suficiente para un trabajo de relleno.

Queda, por último, el problema de los puntos de apoyo. En toda la zona no existe más estación de péndulo que la de Huelva, realizada en una casa de campo llamada del «Conquero», que en la actualidad no existe, y en vista de la incertidumbre de su localización, me ha parecido lo más prudente prescindir de la misma, apoyando este trabajo en el de la zona Norte de esta provincia; con ello ambos trabajos constituyen un todo único, con lo que se pretende que si la Superioridad juzgase algún día conveniente realizar otra red de relativas de mayor precisión (cosa muy de desear, ya que la precisión obtenida con el gravímetro es superior a la del péndulo), el arrastre de la rectificación a que daría origen fuese lo más sencillo posible.

CUADRO RESUMEN

CAMPAÑA DE

Año

CUADRO

NOMBRE DE LA ESTACION	SITUACION	Latitud
		° ' "
Almonte	Pie torre iglesia	37—15 -45
Alosno	Entrada sur del pueblo	37 32 58
Ayamonte	Pie torre iglesia	37 13 28
Beas	Idem íd.	37 25 34
Bollullos	Idem íd.	37 20 10
Bonares	Idem íd.	37 19 16
Cartaya	Idem íd.	37 17 00
El Granado	Idem íd.	37 31 15
Gibraleón	N. P. en la estación F. C.	37 22 36
Hinojos	Pie torre iglesia	37 17 40
Huelva	Colonia del Conquero, puerta de entrada	37 15 36
La Rábida	Pie monumento	37 20 10
La Palma	N. P. en la estación F. C.	37 23 09
Lepe	Pie torre iglesia	37 15 20
Lucena	Idem íd.	37 18 13
Moguer	Idem íd.	37 16 28
Niebla	N. P. en la estación F. C.	37 21 41
Palos de la Frontera	Pie torre iglesia	37 14 00
Puebla de Guzmán (La)	Km. 38, carretera a Ayamonte	37 36 42

GRAVIMETRIA
1945

RESUMEN

Altitud	Densidad	g_0 gals	g gals	H mgals	B mgals	$H+B+g=g_s''$ gals	A mgals
75,4	2,25	979,940	979,951	23	7	979,967	27
188,0	2,65	965	983	58	21	980,020	55
13,0	2,20	936	997	4	1	980,000	64
122,6	2,25	954	980	40	12	980,008	54
111,1	2,25	946	957	34	10	979,981	35
81,7	2,25	946	971	25	8	979,988	43
20,0	2,20	942	998	6	2	980,002	60
138,7	2,65	962	987	43	15	980,015	53
23,6	2,20	950	980,003	7	2	980,008	58
79,0	2,25	943	979,951	24	7	979,968	25
46,2	2,20	940	981	14	4	979,991	51
36,0	2,20	946	974	11	3	979,982	36
86,5	2,25	950	968	27	8	979,987	37
15,5	2,20	939	997	5	1	980,001	62
82,7	2,25	943	971	25	8	979,988	45
51,0	2,25	941	978	16	5	979,989	48
43,8	2,25	948	984	14	4	979,994	46
24,0	2,20	937	978	7	2	979,983	46
195,0	2,65	970	986	60	22	980,024	54

NOMBRE DE LA ESTACION	SITUACION	Latitud
		° ' "
Rociana	Pie torre iglesia	37—18—28
San Bartolomé	Idem id.	37 26 47
San Juan	Idem id.	37 18 56
Sanlúcar de Guadiana	Calle frente cuartel carabineros	37 28 21
San Silvestre Guzmán	Pie torre iglesia	37 23 19
Trigueros	Idem id.	37 22 59
Valverde del Camino	Idem id.	37 34 20
Villablanca	Idem id.	37 12 13
Villalba de Alcor	Idem id.	37 23 50
Villanueva de los Castillejos	Idem id.	37 30 02
Villarrasa	N. P. en la estación F. C.	37 23 26
1	Km. 632, Hm. 8, Peones Camineros	37 18 20
2	Km. 20, carretera de Valverde a Huelva	37 29 10
3	Km. 26, carretera de Valverde	37 32 20
4	Km. 7, carretera de Huelva a Gibraltar	37 20 30
5	Km. 21, carretera de Huelva a San Bartolomé	37 25 30
6	Km. 38, carretera de Huelva a Villanueva	37 28 50
7	Km. 7, carretera de Huelva a Alosno	37 30 20
8	Km. 5, carretera de Huelva a Ayamonte	37 21 00
9	Km. 11, carretera de Huelva a Ayamonte	37 19 20
10	Faro del Rompido	37 13 00
11	Venta de Plau	37 15 25
12	Bif. carretera de Huelva a Ayamonte y San Silvestre Guzmán	37 15 00
13	Km. 24, carretera de Ayamonte a Villanueva	37 26 30
14	Km. 38, carret. Ayamonte-Puebla de Guzmán	37 33 20
15	Km. 5, carretera Huelva-Sanlúcar	37 31 00
16	Laguna madre	37 10 00
17	Carrizo	37 08 30
18	Hoyo	37 10 00

Altitud	Densidad	To gals	g gals	H mgals	B mgals	$H+B+g=g_s''$ gals	A mgals
97,9	2,25	979,944	979,960	30	9	979,981	37
132,3	2,25	956	993	41	13	980,021	65
14,4	2,20	944	996	4	1	979,999	55
3,5	2,12	958	980,009	1	0	980,010	52
158,2	2,12	951	979,980	49	14	980,015	64
77,6	2,25	950	986	24	7	980,003	53
275,7	2,65	966	959	85	31	980,013	47
96,1	2,12	935	985	30	9	980,006	71
161,6	2,25	951	951	50	15	979,986	35
221,3	2,12	962	969	68	20	980,017	55
73,3	2,25	951	974	23	7	979,990	39
14,0	2,20	944	995	4	1	979,998	54
178,1	2,25	959	975	55	17	980,013	54
269,0	2,20	963	962	83	25	980,020	57
2,1	2,20	947	999	1	0	980,000	53
88,1	2,20	954	991	27	8	980,010	56
170,0	2,12	958	976	52	15	980,013	55
132,8	2,20	961	988	41	12	980,017	56
37,6	2,20	947	998	12	4	980,002	55
65,6	2,25	945	990	20	6	980,004	59
11,5	2,20	936	990	3	1	980,992	56
10,0	2,20	939	997	3	1	980,999	60
53,2	2,20	939	989	16	5	980,000	61
140,2	2,12	955	979	43	12	980,010	55
271,0	2,12	965	969	84	24	980,029	64
188,7	2,12	962	978	58	17	980,019	57
4,0	2,20	931	958	1	0	980,959	28
47,0	2,20	929	944	14	4	979,954	25
111,0	2,20	931	942	34	10	979,966	35

NOMBRE DE LA ESTACION		SITUACION	Latitud
			° ' "
	19	Rocina	37—12—25
	20	Km. 622, carretera Huelva-Sevilla	37 20 20
	21	Cruce carretera de Huelva a Sevilla y de Escacena a Chucena	37 23 30
	22	Candón (puente)	37 23 50
	23	Cesto	37 09 10
	24	Bifurcación carretera Valverde a Niebla y a La Palma	37 30 40
	25	Km. 6, carretera de Valverde a La Palma	37 32 20
	26	N. T. 6, cruce junto al puente	37 26 10
	27	Km. 17, carretera de La Palma a Valverde	37 28 20
	28	Puente, carretera de La Palma a Berrocal	37 16 20
	29	Cruce carretera La Palma-Berrocal y Villalba-Valverde	37 27 20
	30	Bifurcación carretera de Berrocal a Paterna y a La Palma	37 30 20
	31	A 10 km. del 30 en carretera de Berrocal	37 34 50
	32	Km. 5, carretera de La Palma a Berrocal	37 25 10
	33	Carretera Escacena a Berrocal a la salida de Paterna	37 35 50

Altitud	Densidad	γ_0 gals	g gals	H mgals	B mgals	$H+B+g=g_n''$ gals	A mgals
107,0	2,20	979,935	979,943	33	10	979,966	31
27,9	2,20	946	991	9	3	979,997	51
103,0	2,25	951	951	32	10	979,973	22
40,6	2,25	951	989	13	4	979,998	47
58,0	2,20	930	941	18	5	979,954	24
280,0	2,25	961	956	86	26	980,016	55
272,6	2,20	964	956	84	25	980,015	51
46,0	2,25	955	981	14	4	980,991	36
168,5	2,12	958	962	52	15	980,999	41
61,4	2,25	941	952	19	6	980,965	24
96,5	2,25	956	969	30	9	980,990	34
116,5	2,25	961	968	36	11	980,993	32
344,5	2,25	967	936	106	11	980,031	64
73,5	2,25	953	972	23	7	980,988	35
115,6	2,25	969	965	36	11	980,990	21

INSTITUTO GEOGRÁFICO

PROVINCIA DE

HUELVA

Escala 1:200.000

ANOMALIAS BOUGUER DE LA PROVINCIA DE HUELVA

Equidistancia de las curvas - 2 miligals

2 1 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 Kms.

Curva isanómala

EL SISMO DE CONFRIDES (ALICANTE)

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

VIII

EL SISMO DE CONFRIDES (ALICANTE) DEL 9 DE FEBRERO DE 1949

POR

ALFONSO REY PASTOR

MADRID
TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
1950

MEMORIAS
DE LA
ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

TOMO XX

VIII

EL SISMO DE CONCEPCIÓN (ALGARROBO) DEL 6 DE FEBRERO DE 1949

ALFONSO REY PASTOR

MADRID
IMPRENTA DE ARCHIVOS, MUSEOS Y BIBLIOTECAS
1949

I

PRELIMINAR

Continuando la serie de estudios de sismos de la zona asignada al Observatorio de Alicante, hemos realizado una investigación acerca de los fenómenos telúricos ocurridos en la comarca de Confrides (Alicante), en 9 de febrero de 1949, y como consecuencia de la misma se ha podido definir, con bastante aproximación, el emplazamiento de un centro sísmico interesante, no por la intensidad de sus sacudidas, sino por haberlo identificado en un accidente tectónico de gran interés, ya que hasta ahora sólo poseíamos datos de fechas bastante remotas, basados en noticias de algunos movimientos sísmicos sentidos en la comarca de Alcoy-Guadalest.

Para la determinación del epicentro del sismo citado, hemos tenido que proceder a efectuar un reconocimiento por la zona macrosísmica, que nos ha permitido trazar unas líneas isosistas bastante correctas, y, sobre todo, se ha fijado la situación de dicho epicentro teórico con un error menor de un kilómetro.

II

LA ZONA SÍSMICA LEVANTINO-PENIBÉTICA

DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS SÍSMICAS

El análisis de la sismicidad del suelo puede efectuarse de dos modos: o bien los efectos de influencia de las sacudidas, o por la compartimentación de las superficies que resultan del trazado de las líneas de fractura. Por el primer método obtenemos las *comarcas sísmicas,* y por el segundo, las unidades o *bloques tectónicos.*

Como en otros estudios anteriores, creemos conveniente el hacer constar previamente las características fundamentales de la zona *levantino-penibética* o *alicantina*. Comprende, en términos generales, las provincias de Murcia, Alicante, el sector meridional de la de Valencia y la parte SE. de la de Albacete.

Con arreglo a los núcleos sísmicos que teníamos identificados hasta la fecha, y según ya hemos expuesto en los últimos trabajos publicados (1), (2) y (3), habíamos definido 11 *comarcas sísmicas*, y ahora añadiremos la del río Guadalest, que comprende los centros sísmicos de Confrides y Altea.

Por lo que respecta a la clasificación de la zona alicantina en bloques o grandes unidades tectónicas, se destacan los siguientes:

1.° *Bloque de Espuña*, entre el Guadalentín alto y el Segura medio.

2.° *Idem de Carche-Pila*, entre el Segura medio y el Vinalopó.

3.° *Idem de Aitana*, entre el Vinalopó y las costas mediterráneas del NE.

4.° *Idem del Mar Menor*, que corresponde al Sistema de la Mole Bética o de Sierra Nevada.

5.° *Idem costero-alicantino* (en parte sumergido).

6.° *Idem Ibérico*, que constituye un fragmento meridional del *Sistema Ibérico;* y

7.° *El de Albacete*, perteneciente a la Meseta castellana.

III

EL BLOQUE TECTÓNICO DE AITANA

(Véase el Mapa al final)

LÍMITES

Denominamos bloque tectónico «Cid-Aitana», o simplemente de «Aitana», a la unidad estructural que integra el macizo orográfico más oriental de la Cordillera Penibética (4), es decir, el limitado al SO. por la falla del Vinalopó; al SE. por la «arista de dislocación alicantina» (Crevillente-Cabo de San Martín); al NE. por el Mediterráneo (Golfo de Valencia), y al NO. por la falla del Montesa.

Al SE. del bloque de Aitana queda otra pequeña unidad tectónica

secundaria, que es el «bloque costero alicantino», de forma triangular, cuyos vértices son: Calpe, Abanilla y Guardamar, el cual tiene una parte emergida y otra sumergida, y constituye un escalón de descenso en gradería hacia el mar.

El conjunto de cadenas montañosas del bloque de Aitana presenta una complicación aparente, pero si se estudia detenidamente su trazado, se puede observar que obedece a las resultantes de los empujes alpinos y reacciones derivadas de los esfuerzos tangenciales contra los macizos estabilizados.

Las directrices orográficas tienen, en general, una orientación de NE. a SO., con diversas modalidades. En la parte NE. de la unidad tectónica que estudiamos, se destaca la situación del macizo de Montuber, el cual, con la sierra de Pinet, corresponde a la unidad orográfica del Sistema Ibérico, que forma una digitación o entrante en la zona alpina de la Penibética. Por otra parte, el macizo del Mongó, en el Cabo de San Antonio, tiene una orientación casi de E. a O. y, según Darder (5), tal vez pertenezca a los plegamientos prealpinos de dirección ibérica. En tal caso, el límite NE. del bloque Aitana debe situarse en su contacto con el macizo ibérico y costas del Golfo de Valencia.

Enumeraremos las alineaciones orográficas fundamentales de N. a S. ateniéndonos a los sectores determinados por Darder.

Sector prebético.—1.ª Sierra Grosa (820 m.), paralela a la falla del Montesa y con traza rectilínea, cortada por el río Albaida.

2.ª Cadena integrada por las sierras de Morrón (912 m.), Benejama (1.004 m.), Onteniente (950 m.), Agullent (890 m.), Benicadell y Acuta. Tal alineación queda interrumpida por varios barrancos y arroyos, de los cuales los más importantes son el Clariana y el de Onteniente. La directriz orográfica sufre pequeñas inflexiones en su parte oriental.

Sector subbético.—3.ª Sierra Mariola, que culmina con 1.386 metros al N. de Alcoy, y luego se continúa hacia el NE. por las sierras de Lorcha y Gallinera, hasta cerca de Oliva. Sufre una amplia ramificación a partir de Alcoy hacia Levante, en el área determinada por Oliva, Alcoy y Cabo de la Nao.

Sector meridional o de Aitana.—4.ª Arco exterior de Aitana, inte-

grado por las sierras de Peña Rubia (980 m.), Onil (1.206 m.), Carrascal (1.352 m.), Serreta (1.051 m.), Serrella (1.379 m.), Xorta (1.126 m.), Bernia (1.127 m.), Olta (591 m.) y Peñón de Ifach (332 m.). Este arco de la directriz es convexo hacia el N. y tiene un radio aproximado de 145 kilómetros.

5.ª Arco interior de Aitana, con las sierras de Carrasqueta (1.204 metros), Penáguila (1.331 m.), Aitana, con la mayor culminación de la zona (1.558 m.), y Puig Campana (1.436 m.). El radio aproximado de curvatura es de 40 kilómetros.

HIDROGRAFÍA

La red fluvial presenta un trazado complejo como función de la red orográfica. Las aguas vierten por los cuatro flancos del bloque de Aitana. Hacia el N., el cauce más importante es el río Albaida, que recoge la casi totalidad de aguas que corren entre las alineaciones montañosas primera y segunda, y después de romper la primera (Sierra Grosa), afluye al Júcar. Hacia el frente NE. van una porción de arroyos de corto curso por entre las sierras derivadas de la de Mariola. Hacia el SO., el Vinalopó tiene caudal constante en su curso alto y casi nulo en el resto de su recorrido. Hacia el SE. marchan los arroyos de la vertiente meridional del sector de Aitana.

Como divisoria fundamental de la zona que estudiamos, podemos considerar a la alineación segunda (sierras de Benejama, Onteniente, etcétera), que es la única que no resulta atravesada por ningún cauce. Separa las aguas del Júcar, hacia el N., respecto a las otras de los tres frentes restantes.

GEOLOGÍA

Terrenos.—No podemos reseñar en este breve trabajo la distribución detallada de las diversas formaciones geológicas, las cuales están marcadas en el mapa inserto al final. Nos limitaremos a indicar los rasgos principales de cada una.

Sistema Triásico.—Los asomos de dicho sistema indican, en la mayoría de los casos, la situación de líneas de fractura, más o menos pro-

fundas, por las que surgen las calizas y margas abigarradas y yesíferas. Así los vemos en la falla del Montesa; al NO. de la Sierra de Pinet, en la interferencia de las directrices ibérica y alpídica; en las ramificaciones formadas por las sierras derivadas de la de Mariola hacia Levante; en el valle de Alcoy, donde hay un núcleo sísmico activo; en Villena, en la falla del Vinalopó (línea sísmica); en el valle de Guadalest, que está determinado por una importante fractura tectónica en la que radica el núcleo sísmico de Confrides; en el valle del Jalón, que también constituye una línea de fractura con actividad sísmica débil, etc. Todos estos afloramientos corresponden al Trías citrabético.

Rocas eruptivas.—Su presencia tiene lugar, casi siempre, en los asomos triásicos, y marcan la situación de líneas activas de dislocación. Las manchas principales son: la de Parcent, en la línea de fractura del Jalón; la de la Sierra de Oltá, en la importante brecha del Mascarat; las de Callosa de Ensarriá y Altea con sus islotes, en la línea tectónica del río Guadalest; otros asomos radican en las proximidades de Orcheta, en la falla situada entre la Sierra de la Cortina y el Puig Campana. La mayoría de los asomos hipogénicos han sido clasificados como diabasas de estructura ofítica (7), si bien, según Darder, en Altea hay algunos yacimientos de basaltos.

Sistema Jurásico.—Los asomos de este terreno son escasos y circunscritos a la parte N. (Muro de Alcoy), Lorcha, valle del Serpis, etc. Por el S. no vuelven a aparecer hasta la Sierra de Foncalent, en Alicante.

Sistema Cretáceo.—Constituye la casi totalidad de las alineaciones montañosas de los sectores prebético y subbético, presentando afloramientos de sus diversos pisos en complicada tectónica y con materiales calizos predominantes. En el sector de Aitana aparece en pequeñas manchas intercaladas en las potentes masas eocenas, con visibles fallas y algunos corrimientos.

Sistema Eoceno.—Sus terrenos quedan circunscritos al sector de Aitana. En el arco frontal predominan las calizas lutecienses y algunas margas en los contactos del Trías. Queda interrumpida la mancha eocena en la depresión de Penáguila ocupada por Mioceno. En cambio, en el arco interno de Aitana la mancha de Eoceno es continua, pero geo-

lógicamente forma unidad con los terrenos del arco frontal. El macizo de Aitana contiene un fuerte manto de calizas lutecienses con fenómenos de fuertes corrimientos sobre el Mioceno.

Sistema Mioceno.—En los sectores prebético y subbético ocupa amplias extensiones y cubre los valles con intercalaciones de Cuaternario. En el sector de Aitana se presenta en menor proporción. En la zona de la Marina, desde Calpe al Cabo de San Antonio, se extiende en continua superficie. En varios sitios aparece cabalgando por el Cretáceo o por el Eoceno.

NOTAS TECTÓNICAS

La estructura general orográfica responde a los efectos de la orogénesis alpina, cuya fase principal ocurrió en el Mioceno, entre el Burdigaliense y el Helveciense. (Los estratos de este último, que forman el pequeño promontorio del Cabo de las Huertas, aparecen afectados solamente de ligera basculación.) Los efectos de tal empuje, proviniente del SE., han sido los plegamientos en estructura imbricada en las tres primeras cadenas montañosas (Sierra Grosa, Onteniente y Mariola), estructura que aún continúa, algo atenuada, en las cadenas del N. de la falla del Montesa (6). En el sector de Aitana los efectos han sido más violentos y se han producido fuertes corrimientos, en los cuales el Eoceno de facies pétrea se ha deslizado sobre el Eoceno Flysch y sobre el Mioceno.

Los arcos de dicho sector, tanto el externo con el de la propia Sierra de Aitana, son concéntricos respecto a un punto situado en el Golfo de Villajoyosa (2), que corresponde con el epicentro sísmico conmovido en 1946.

La falla del Montesa no ha sido obstáculo para que continuasen los efectos del plegamiento en las sierras de la Plana y Enguera; en cambio, más al E., el macizo de Montuber del Sistema Ibérico, ya plegado anteriormente, ha producido la reacción consiguiente, con desviación de los ejes orográficos y ramificación hacia Levante.

La falla del Vinalopó, al N.-NO. del bloque de Aitana, traza una solución de continuidad entre las cadenas montañosas del bloque de Carche-Pila y las del Aitana, y está surcada por una serie de manchas triásicas con asomos eruptivos y focos sísmicos.

Al SE. de la zona que estudiamos, la «arista de dislocación alicantina» (7) es perfectamente visible en la serie de fracturas y acantilados que determinan las sierras de Foncalent, Cabesó, Puig-Campana y Oltá, con la brecha del Mascarat; más hacia Levante puede ser continuada por la depresión de Benitachel hasta el Cabo de San Martín. Los asomos ofíticos de Orcheta, Polop y Oltá jalonan un buen trayecto de tan importante accidente, que representa el borde de un escalón producido por el descenso del «bloque costero alicantino».

El frente NE. del bloque de Aitana no está tan bien definido como los anteriores, pues queda representado por la zona de interferencia de los pliegues ibéricos con los alpinos y la fosa mediterránea, que continúa por el NO. de la Isla de Mallorca.

IV

EL FENÓMENO TELÚRICO DEL 9 DE FEBRERO DE 1948

SACUDIDAS SÍSMICAS

El choque principal tuvo lugar a las seis horas, cincuenta y un minutos y veintiocho segundos en el epicentro, con intensidad de grado V (F. M. S.), el cual se registró en Alicante, así como cinco débiles réplicas en el mismo día, de las que fueron sentidas tres en los pueblos inmediatos a Confrides y Pego. En los lugares de la zona pleistosista, el choque principal fué acompañado de ruido de tipo explosivo, con bastante resonancia, simultáneo con la sacudida.

REGISTROS INSTRUMENTALES

El sismo que estudiamos solamente fué registrado en el Observatorio de Alicante. A continuación copiamos los datos obtenidos del sismógrafo Mainka, componente N. S. de 1.000 kilogramos de masa y doce segundos de período.

FASE	HORA (T. m. O.)		
	h	m	s
Ho	6	51	27,5
He		51	28,3
Pg		51	35
P^x		51	38
Sg		51	40
Pg^s		51	47
F		53	51

PROPAGACIÓN DEL MOVIMIENTO.—LÍNEAS ISOSISTAS

Con arreglo a los datos obtenidos de las 82 informaciones recibidas, más los recogidos personalmente en el área pleistosista, hemos podido trazar las curvas de igual intensidad, en la forma que se indica en el mapa inserto al final.

El área macrosísmica comprende una superficie de 978 kilómetros cuadrados, a la que corresponde un radio medio de 17,65 kilómetros.

Las anomalías principales que presentan las isosistas son las dos deformaciones o alargamientos que se destacan, una en sentido NO.-SE., según el valle del río Guadalest, y la segunda en sentido NE.-SO., en el valle del río Gallinera. La interpretación geológica de dichas anomalías la daremos en el capítulo V. El área pleistosista corresponde a la curva de grado V, de reducida extensión, la cual se adapta a la prolongación de la fractura del Guadalest, por el collado existente entre las sierras de La Serrella y la de Xorta.

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD HIPOCENTRAL

Areas isosistas

Grado F. M.	Areas en kilómetros	Radios medios en kilómetros	ρ^2	
$G_1 = V.$	30	$\rho_1 = 3{,}090$	$\rho_1^2 = 9{,}5481$	[1]
$G_2 = IV.$	208	$\rho_2 = 8{,}130$	$\rho_2^2 = 66{,}0969$	
$G_3 = III.$	519	$\rho_3 = 12{,}860$	$\rho_3^2 = 165{,}3796$	
$G_4 = II.$	978	$\rho_4 = 17{,}650$	$\rho_4^2 = 311{,}5225$	

Utilizaremos las fórmulas de Inglada (8) para abreviar los tanteos del método Köveslighety:

$$h > 0{,}52\,\rho_1 \qquad [2] \qquad\qquad h < 0{,}88\,\rho_2 \qquad [3]$$

y aplicando los valores del cuadro [1] resulta:

$$h > 1{,}61 \text{ Km.} \qquad \text{y} \qquad h < 7{,}15 \text{ Km.}$$

respectivamente, lo cual nos dice que la profundidad hipocentral se encuentra entre dichos límites, de un modo algo aproximado, ya que tales fórmulas están basadas solamente en los valores de los radios de las dos primeras isosistas.

Apliquemos ahora la fórmula de Gutenberg, basada en las magnitudes de las primera y última isosista,

$$\frac{r}{h} = \sqrt{1_0^{\frac{I_0}{3} - \frac{1}{2}} - 1} \qquad [4]$$

en la cual significan: r = radio del área macrosísmica; h = profundidad focal, e I_0 = intensidad máxima. Con ello obtenemos

$$h = 4{,}77 \text{ Km.}$$

Empleemos ahora las fórmulas de Köveslighety:

$$\beta_1 = \frac{\frac{1}{3}(b_1 - b_2) - (\log r_2 - \log r_1)}{r_2 - r_1}$$

$$\beta_2 = \frac{\frac{1}{3}(b_2 - b_4) - (\log r_4 - \log r_2)}{r_4 - r_2} \qquad [5]$$

en las que $G_1, G_2, \ldots\ldots$ representan los valores numéricos marcados en el cuadro [1]; $r_1, r_2, \ldots\ldots$ las distancias hipocentrales obtenidas según la expresión:

$$r = \sqrt{h^2 + \rho^2} \qquad [6]$$

y, por último,

$$\beta = \alpha \log e \qquad [7]$$

siendo (a) el coeficiente de absorción sísmica y (e) la base de los logaritmos neperianos.

Si practicamos los tanteos consiguientes desde $h = 3$ hasta $h = 7$ y hacemos aplicación del método de mínimos cuadrados en la forma expuesta por Inglada en su método (8), resultan los siguientes valores finales:

$$\left.\begin{array}{l} [\Delta\Delta]_3 = 0{,}00016021 \\ [\Delta\Delta]_4 = 0{,}00007081 \\ [\Delta\Delta]_5 = 0{,}00001861 \\ [\Delta\Delta]_6 = 0{,}00000025 \\ [\Delta\Delta]_7 = 0{,}00000968 \end{array}\right\} \quad [8]$$

donde vemos que el mínimo buscado, tomando como módulo el kilómetro, es el valor $[\Delta\Delta]_6 = 0{,}00000025$ que corresponde a $h = 6$ kilómetros.

Si queremos obtener una aproximación mayor, emplearemos el método complementario de Inglada, mediante la construcción de un arco de parábola que se ajuste a los valores del cuadro [8] en la forma siguiente:

Multipliquemos los valores de $[\Delta\Delta]$ por 10^8 para operar con números enteros, con lo cual resulta:

$$\left.\begin{array}{lll} \text{Para } h = 3 & [\Delta\Delta]_3 = 16021 \\ h = 4 & [\Delta\Delta]_4 = 7081 \\ h = 5 & [\Delta\Delta]_5 = 1861 \\ h = 6 & [\Delta\Delta]_6 = 25 \\ h = 7 & [\Delta\Delta]_7 = 968 \end{array}\right\} \quad [9]$$

Si en un sistema de coordenadas rectangulares tomamos como ordenadas los valores de $[\Delta\Delta]$ y como abscisas los de (h), refiriendo el origen al punto, $h = 6$, tendremos:

$$\left.\begin{array}{lll} h = 3 & x = -3 & y = 16021 \\ h = 4 & x = -2 & y = 7081 \\ h = 5 & x = -1 & y = 1861 \\ h = 6 & x = 0 & y = 25 \\ h = 7 & x = +1 & y = 968 \end{array}\right\} \quad [10]$$

El conjunto de coordenadas anteriores nos permite trazar una curva que corresponderá aproximadamente a una parábola, de la cual nos

interesa saber cuál es el valor mínimo de (y) para obtener el valor que le corresponde de (h), o sea, la profundidad hipocentral con una aproximación mayor de la antes obtenida.

Tracemos ahora la parábola exacta que pase por los puntos últimos del cuadro [**10**], o sea, los correspondientes a los valores 5, 6 y 7 de (h) (fig. 1.ª).

Si la ecuación general

$$y = ax^2 + bx + c$$

hacemos $x = 0$, será:

$$y = c = 25$$

y, por lo tanto, la ecuación anterior se convierte en:

$$y = ax^2 + bx + 25 \qquad [11]$$

en la que podemos calcular los parámetros (a) y (b) sustituyendo los datos del cuadro [**10**]

$$x = -1 \qquad y = 1861$$
$$x = +1 \qquad y = 968$$

con los cuales obtenemos:

$$a = 1389 \qquad b = -446$$

y podemos escribir la ecuación buscada:

$$y = 1389\,x^2 - 446\,x + 25 \qquad [12]$$

Para hallar el mínimo buscado de la función anterior, hallemos su derivada e igualemos a cero, de donde se obtiene $x = 0{,}16$ que corresponden al valor de $h = 6{,}16$ kilómetros.

SISMICIDAD DE LA COMARCA DE CONFRIDES

Pocos antecedentes tenemos relativos a la sismicidad propia del núcleo de Confrides-Guadalest. La mayor parte de las noticias obtenidas en los archivos se refieren a movimientos sentidos en la comarca de Alcoy, en general.

En 22 de julio de 1544 fué sentido un sismo de grado VIII en Alcoy, Jijona, Guadalest y Confrides; produjo daños en el Castillo de Guadalest.

En 2 de diciembre de 1620 se sintió otro sismo de tipo destructor en toda la zona valenciana, el cual ocasionó graves daños en Alcoy y pueblos inmediatos.

En el año 1752 también fué afectada la zona de Alcoy por un fuerte sismo. Del siglo actual hay algunos datos poco concretos relativos a varias sacudidas ligeras en Guadalest.

El sismo de 9 de febrero de 1948 ha sido el primero que se ha definido como enclavado en el núcleo de Confrides-Guadalest.

COORDINACIÓN SÍSMICO-GEOLOGICA

El valle del Guadalest, de una complicada estratificación, corresponde a una notable fractura transversal a la Cordillera Penibética, la cual resulta interpuesta entre el arco frontal (sierras de Xorta, Bolulla y Bernia) y la Sierra de Aitana. Esta fractura tectónica presenta un pliegue de codo, según Darder, precisamente en las inmediaciones del centro sísmico de Confrides. El Mioceno del fondo del valle queda por bajo del Eoceno del Manto de Aitana (fig. 2.ª).

La fractura de Guadalest está perfectamente jalonada, no sólo por las anomalías estratigráficas, sino por la situación de los asomos triásicos, que forman una franja alargada, casi continua, desde Abdel hasta Altea. Los asomos ofíticos de Callosa, Polop, costas de Altea e islotes próximos comprueban el trazado de tal línea de dislocación.

En las inmediaciones de Abdel termina la traza visible de la fractura, pero parece continuarse hacia el NO. a través del collado entre las sierras de Serrella y Xorta (fig. 3.ª) hasta el pueblo de Guatretondeta; en este caso, tal prolongación pasa por las inmediaciones del epicentro teórico del sismo que hemos estudiado.

Según Reig Villaplana, existe otra línea de fractura probable, que desde las inmediaciones de Alcoy corre hacia el E., pasando por Benasau hasta el puerto de Confrides. En la unión de esta fractura con la de Guadalest, se marca el antes enunciado pliegue de codo.

Las líneas isosistas nos marcan un alargamiento pronunciado hacia el NE., según la línea aproximada que pasa por el valle de Alcalá, desde

Tollos hasta Pego. Esta anomalía isosística indica que ha existido un fenómeno de resonancia favorecido por la situación de una probable fractura, no consolidada, a lo largo del valle citado; el asomo triásico de la Foradada parece comprobar tal hipótesis. Por otra parte, tenemos hacia el NE. el núcleo sísmico de Pego, el cual, aunque de sismicidad débil, es un detalle característico de la inestabilidad de la línea trazada.

El valor de la profundidad del foco sísmico de Confrides nos marca que el accidente sismogénico debe estar situado en la base de la capa sedimentaria o en la superior de la granítica. Dicho accidente es de tipo tectónico-orogénico, fuertemente influenciado, o puesto en actividad, por los fenómenos reminiscentes de los empujes alpinos que dieron lugar a los violentos efectos de encorvamiento de los pliegues de Aitana y de estructura imbricada en las serranías del N.

NOTA BIBLIOGRÁFICA

(1) ALFONSO REY PASTOR: *La comarca sísmica de Fortuna.* (Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1944.)

(2) ALFONSO REY PASTOR: *Sismicidad de la comarca costera alicantina.* (Instituto Geográfico y Catastral. 1948.)

(3) ALFONSO REY PASTOR: *Nota acerca del sismo submarino de Alicante del 9 de junio de 1947.* (Instituto Geográfico y Catastral 1949.)

(4) ALFONSO REY PASTOR: *Estudio sísmico-geográfico de la región SE. de la Península Ibérica* (Instituto Geográfico y Catastral. Madrid, 1943.)

(5) BARTOLOMÉ DARDER PERICÁS: *Estudio geológico del S. de la provincia de Valencia y N. de la de Alicante.* («Boletín del Instituto Geológico y Minero», tomo LVII, 1.045.)

(6) BARTOLOMÉ DARDER PERICÁS: *La estructura geológica de los valles de Montesa y Enguera (provincia de Valencia).* («Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural», tomo XV. Madrid, 1929.)

(7) PEDRO NOVO Y CHICARRO: *Reseña geológica de la provincia de Alicante.* («Boletín del Instituto Geológico y Minero», tomo XVI. 1915.)

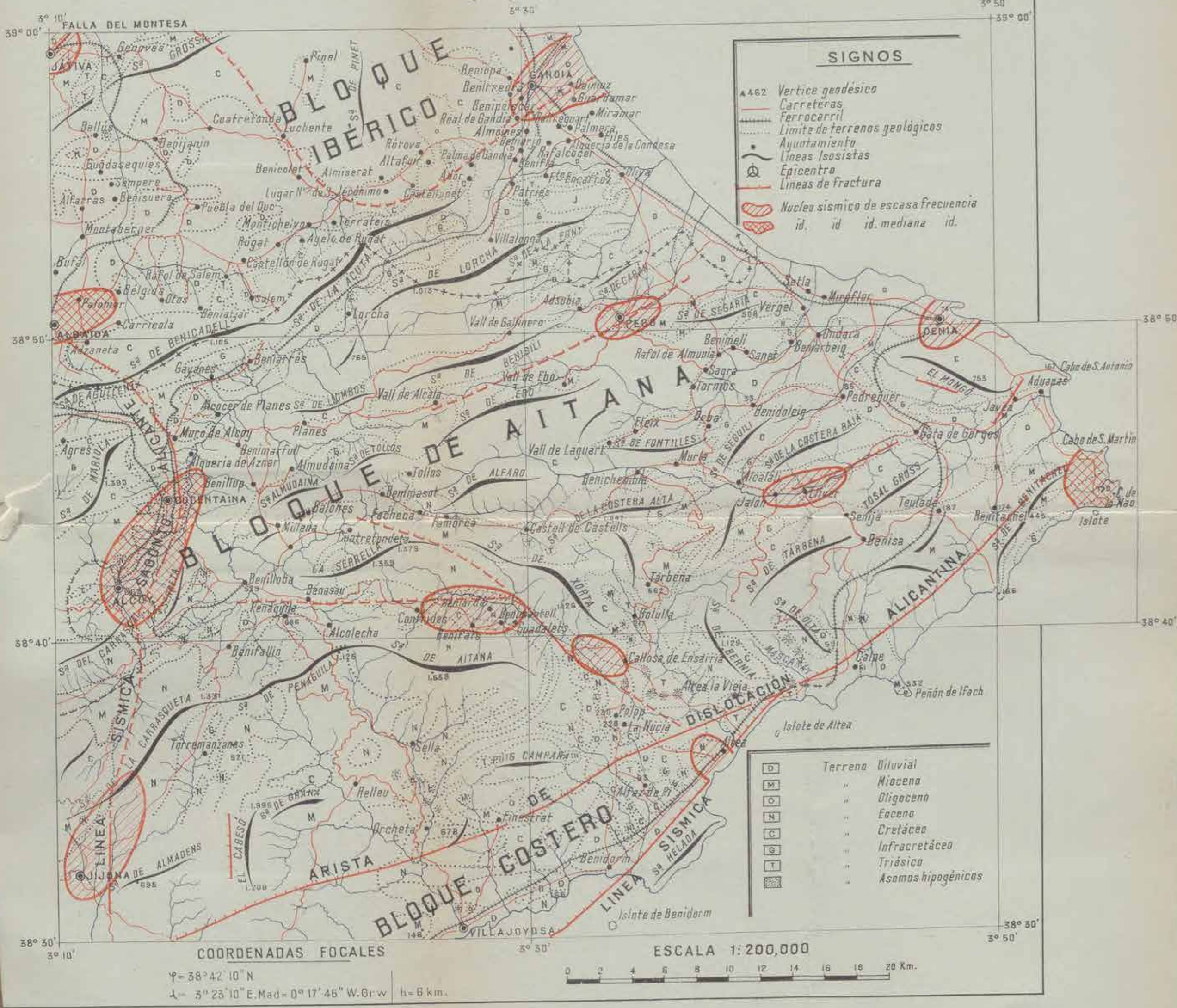
OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DE ALICANTE

SISMO DE CONFRIDES DE 9 DE FEBRERO DE 1949.

MAPA SISMOTECTÓNICO

POR

ALFONSO REY PASTOR.

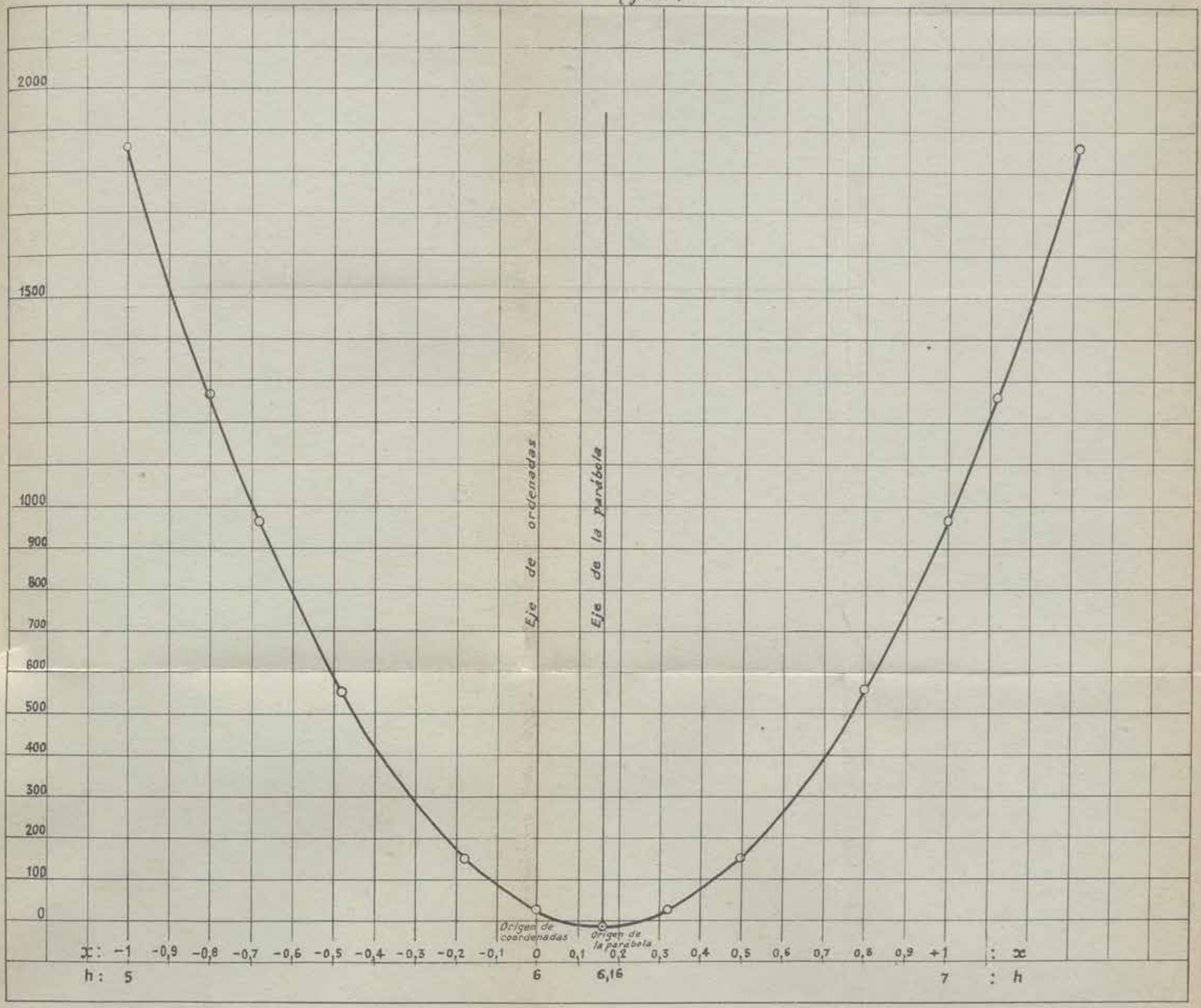


PARABULA

cuyo minimo determina el valor de la profundidad hipocentral

Ecuación: $y = 1389x^2 - 446x + 25$

Coordenadas del vértice $\begin{cases} x = 0'16 \\ y = -11 \end{cases}$ | $h = 6,16$ Km.



Alfonso Rey Pastor

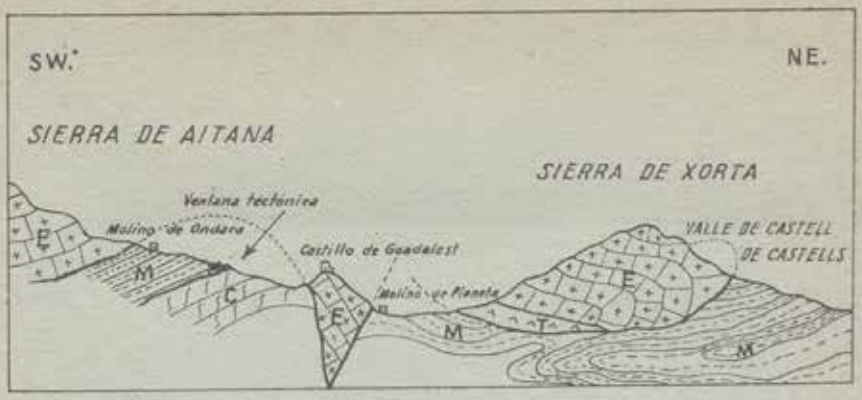


Fig. 2ª Corte del valle de Guadalest Según Darder

E = Eoceno medio M = Mioceno inferior C = Cretáceo medio y superior

T = Triásico cifrabético

Fig. 3ª Vista del Collado de Famorca Apunte del Autor

E = Eoceno medio pétreo C = Cretáceo superior

ERUPCION DEL VOLCAN DEL NAMBROQUE

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

IX

CONTRIBUCION AL ESTUDIO
DE LA
ERUPCION DEL VOLCAN DEL NAMBROQUE O SAN JUAN (ISLA DE LA PALMA)
24 DE JUNIO — 4 DE AGOSTO DE 1949

POR

EL INGENIERO GEÓGRAFO,

JUAN M.ª BONELLI RUBIO

MADRID — TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL — 1950

MEMORIAS

DE LA

ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

Tomo XX

IX

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO

DE LA

ERUPCIÓN DEL VOLCÁN DEL NEVADO O SAN JUAN (ISLA DE LA PALMA)

24 DE JUNIO — 4 DE OCTUBRE DE 1949

POR

JUAN M.ª BONELLI RUBIO

MADRID — IMPRENTA DE RAFAEL CALDERÓN, PRÍNCIPE, 11 — 1950

PRELIMINARES

A las nueve de la mañana del día 24 de junio de 1949 un pastor que se encontraba en las inmediaciones de la montaña del Duraznero, en la isla de La Palma, huyó aterrorizado al ver que se agrietaba la tierra, salía humo de las aberturas y se oían misteriosos ruidos subterráneos. Poco después, hacia las once de aquella misma mañana, se abría el primer cráter de la montaña del Duraznero que lanzaba al aire una espesa y copiosa columna de humo que fué vista en toda la isla y que sembró la intranquilidad, cuando no el pánico, entre sus pacíficos habitantes. La erupción del volcán de San Juan —si tomamos para su denominación la fecha (24 de junio, San Juan) en que se inició la fase visible del fenómeno— o del volcán del Nambroque —si adoptamos el nombre del principal aparato eruptivo afectado—, había empezado.

Acompañan a esta manifestación de la erupción frecuentes sacudidas sísmicas, de escasa intensidad, que van precedidas o simultaneadas por idénticos ruidos subterráneos a los que aterrorizaron al pastor testigo de los primeros fenómenos externos, y que provocan asimismo el pánico de los habitantes de aquellas comarcas más próximas a la zona volcánica. Ya con anterioridad a la erupción, el día 21 de junio, se sintieron dos intensas sacudidas sísmicas, y los días 22 y 23, inmediatos a la erupción, otras frecuentes sacudidas de poca intensidad, pero que habían sembrado la inquietud como lógicamente cabía esperar. Eran las sacudidas sísmicas premonitorias de la erupción, que no han debido ser únicas seguramente, y cuyo estudio, caso de haber existido algún Observatorio sismológico en las inmediaciones capaz de captarlas, hubieran podido permitir atisbar o entrever algo de lo que se fraguaba en el interior de la tierra isleña y hasta quizá predecir el lugar probable de la futura erupción, basada esta predicción en la migración del epi-

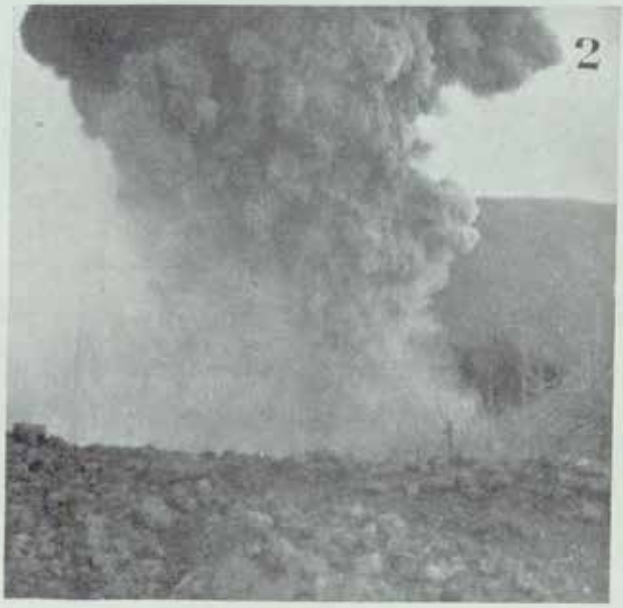
centro de las sacudidas sucesivas, de igual manera que lo han conseguido los norteamericanos, con formidable éxito científico y práctico, en las erupciones de la isla de Hawai (1). Desgraciadamente, y aunque en el programa del Instituto Geográfico y Catastral figura desde hace largos años la instalación en el archipiélago canario de un Observatorio sismológico, cuando menos, todavía no ha podido alcanzarse esa ansiada meta, y se ha perdido con ello una oportunidad preciosa que sólo Dios sabe cuándo volverá a repetirse.

DIARIO DE LA ERUPCION

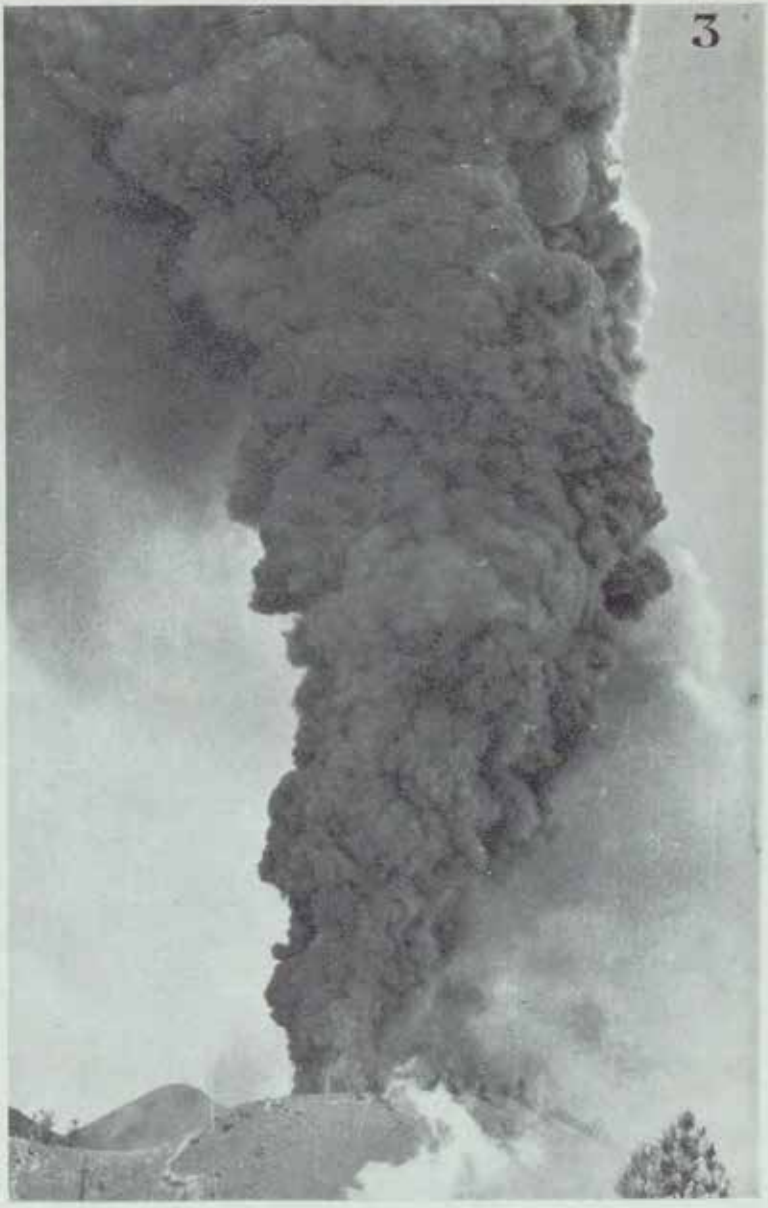
Comenzada el día 24 de junio a las once de la mañana, como queda dicho, continúa el día 25 la actividad del volcán en idéntica forma, arrojando lavas fragmentadas, arena calcinada y «lapili». La densa y negra columna de humo, portadora de estos últimos materiales y que se eleva a gran altura, es arrastrada por el viento y deja caer una lluvia de ceniza sobre diversos lugares de la isla. Las sacudidas sísmicas se repiten frecuentemente, acompañadas siempre de los característicos ruidos subterráneos. Por el personal de observación enviado por las autoridades se llega a definir que el volcán presenta tres bocas: una, de cierta importancia, que alcanza una dimensión de 20 metros de diámetro, y otras dos, más modestas, situadas en dirección Norte de la primera y próximas a ella. En las inmediaciones el terreno se agrieta abundantemente, se aprecian algunos deslizamientos y corrimientos y aparecen algunas emanaciones de gases.

En los días siguientes continúa el fenómeno con características similares, si bien decrece la actividad volcánica y aumenta la sísmica, principalmente en las zonas de Jedey, Las Manchas y Los Charcos, produciendo desprendimientos de piedras y derrumbándose algunas viviendas de gente humilde deficientemente construídas. En la montaña de Jedey se origina el desplome de un montículo conocido con el nombre de Los Campanarios.

El día 1.º de julio por la tarde, a las dieciocho horas locales, y coincidiendo con una actividad sumamente moderada de la erupción, se produjo una fuerte sacudida sísmica, sentida en casi toda la isla, que



Fots. 1 y 2.—La fotografía núm. 1 muestra la columna de humo y cenizas emitida por la primitiva boca de la montaña del Duraznero, y la fotografía núm. 2 la boca abierta el día 6 de julio de 1949. (Págs. 2 y 3).



Fot. 3.—Muestra la columna de humo emitida por la boca de la loma del Duraznero, abierta el día 6 de julio.

(Fot. del autor.)

dió lugar a nuevas grietas en el terreno y nuevos derrumbamientos de casas en la zona pleistosista, seguida a las nueve de la mañana del día siguiente, día 2, por otra de mayor grado todavía, que fué sentida prácticamente en toda la isla y con verdadero espanto en la zona afectada por las anteriores. Esta sacudida es la mayor de intensidad de todas las habidas durante la erupción.

Continúa el cráter del Duraznero con su actividad moderada durante los siguientes días hasta el día 6 de julio, en cuya mañana, a las ocho horas, y cuando el autor de este trabajo se disponía a emprender la subida al cráter, se vió elevarse violentamente una espesa y gigantesca columna de humo negro que acusaba, al parecer, una reactivación del proceso eruptivo, pero al llegar a la montaña se pudo observar que la columna de humo vista procedía de una nueva boca de mayores proporciones, en la misma loma del Duraznero. Las bocas anteriores sólo desprendían ligeras columnas de humo blanquecino, o más bien vapores, que no forman volutas, y tan poco espesos, que se distinguen perfectamente los objetos a través de ellos. El terreno en las inmediaciones del cráter se hallaba profundamente agrietado y pude observar durante el tiempo que permanecí junto a él, cómo se ensanchaban las grietas y se producían deslizamientos, así como los desmoronamientos de tierras consecuentes con estos fenómenos. En sentido Norte-Sur y a ambos lados del cráter, como a unos 100 metros de distancia, corren amplias grietas en aquella dirección; más al Norte, e inclinándose hacia el Noroeste, las grietas son perfectamente visibles y sumamente importantes en el Llano del Agua y Hoyo Negro. Estas grietas se prolongan vertiente abajo de la isla hacia el Llano del Banco, pero su exploración no pudo ser continuada por el autor.

Transcurren este día y el siguiente con iguales características, lanzando el volcán abundantísimos materiales tenues que forman una nube de un gris oscuro que toma a veces tonalidades rojizas y que, empujada por el alisio, produce una lluvia de materiales magmáticos finísimos que cubre toda la región Sur y Sudoeste de la isla, depositando sobre el suelo una capa de algunos centímetros de espesor. La actividad sísmica ha desaparecido.

En la madrugada del día 8 se inicia la emisión de las lavas por una nueva boca abierta a algo más de media ladera, en el lugar denominado Llano del Banco, boca que, según la descripción dada por D. Simón Benítez, Presidente del Museo Canario y Vulcanólogo notable, en su

conferencia de 19 de agosto de 1949, que pudo visitarla, «se presentaba como una larga y algo sinuosa grieta de un kilómetro de longitud por 100 metros de anchura». Las lavas, en parte por su fluidez y en parte por la accidentada topografía de la isla, avanzan rápidamente en cascada por los barrancos de la montaña hasta llegar al llano de Las Manchas, por donde camina ya más lentamente, aun cuando conserve una velocidad de dos metros por minuto, que pude medir en las cercanías de la carretera general con bastante exactitud. A las dos de la tarde la corriente de lava cortaba esta carretera y continuaba su ruta hacia el mar invadiendo el Hoyo del Verdugo, donde se ensancha ampliamente y aumenta su espesor. El día 10 las lavas se desploman desde el acantilado al mar en las cercanías del Puerto de Naos.

Continúa la emisión de las lavas en los días sucesivos, haciéndose cada vez más flúidas, hasta el extremo de llegar a alcanzar la increíble casi velocidad de dos metros por segundo (D. Simón Benítez) en su momento de máxima fluidez. El día 12 se abre una boca gaseosa que no emite lavas en el Hoyo Negro. Coincidentes con esta apertura se han sentido dos sacudidas sísmicas importantes.

Prosigue la erupción con varias alternativas de emisión de humos, etcétera, y períodos de apaciguamiento, aunque persista siempre la salida de lavas por la boca del Llano del Banco. El día 22 se registran dos sacudidas sísmicas. El 26 cesa la emisión de lava. La erupción parece haber terminado. Sin embargo esto es sólo una pausa en la actividad volcánica, pues el día 30 sufre una reactivación, se abre una nueva boca en el Duraznero y fluye por ella lava muy flúida que corre por la vertiente oriental de la isla, inmune hasta ahora a la erupción, cruza el término municipal de Mazo y se detiene antes de llegar al mar. El día 4 de agosto cesa toda manifestación externa de la erupción, sólo persiste la actividad final en fase de fumarolas.

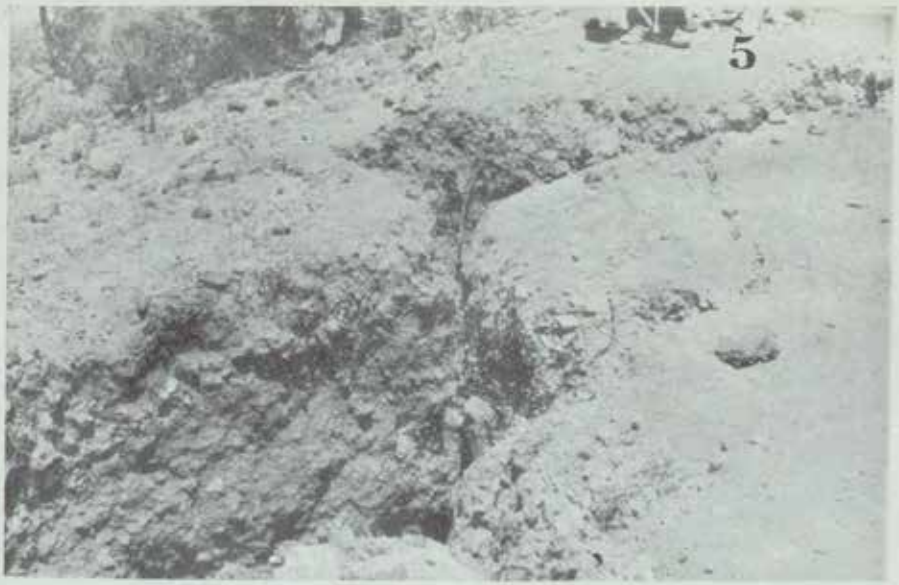
ANTECEDENTES DE LA ERUPCION

Históricamente se conocen las siguientes erupciones en la isla de La Palma:

La erupción de Los Llanos, que tuvo lugar en 1585 en la zona de

Fot. 4.—En ésta puede verse, al pie de la fotografía anterior, la que se abrió primitivamente el día 24 de junio, que sólo emite humos blanquecinos y vapores. (Pág. 21).

(Fot. del autor.)



Fot. 5. – Se pueden apreciar las grietas abiertas en el terreno a consecuencia de la erupción en las inmediaciones del Cerro de la Paila.

Fot. 6. Grietas en el Llano del Agua.

(Fots. del autor.)

la isla más inmediata por el lado Sur a la Gran Caldera de Taburiente.

En 1646, poco más de medio siglo más tarde, tuvo lugar la erupción de Tigalate, cuyo cráter se abrió en la misma región de la erupción actual, un par de kilómetros más al Sur, en la llamada montaña del Cabrito. Esta erupción derramó sus lavas por la vertiente oriental de la isla en contraposición con la fase principal de la emisión del volcán de San Juan.

Con muy poco intervalo de tiempo, en 1667, tuvo lugar la erupción de Fuencaliente, la más importante de las cuatro históricas que se registran.

Por último, después de un intervalo similar, en 1712, se produjo la erupción del Charco. Desde aquella lejana fecha, la actividad volcánica de la isla de La Palma pasaba por un período de reposo absoluto.

ANTECEDENTES INMEDIATOS

De haber contado con los registros y las gráficas de un Observatorio sismológico situado en el archipiélago canario, es indudable que se habría contado con datos abundantes y precisos que hubieran sido los antecedentes inmediatos de la actual erupción, pero como los fenómenos de origen volcánico que se han tenido que desarrollar en el subsuelo de la isla con anterioridad a la erupción sólo podían dar lugar a movimientos sísmicos de débil intensidad y pequeña magnitud, registrables tan sólo en sismógrafos próximos, y como los más inmediatos se encuentran en la Península, en las inmediaciones del óvalo bético-rifeño, es evidente que ha escapado a nuestra observación y estudio toda la actividad formativa y premonitoria de la erupción.

En apoyo de la anterior afirmación y a título de ejemplo, damos a continuación un registro de datos macrosísmicos publicados por el Ingeniero D. Luis Cadarso, Jefe, a la sazón, del Observatorio sismológico de Málaga, quien llevado de su celo, había extendido su red de observadores macrosísmicos hasta aquel lejano archipiélago. La información reza así:

Fecha y hora aproximada	Localidad	Grado	Observaciones
23-VII-1936.—23h 30m.	El Paso (Isla de la Palma).	III	Borde S. de la «Caldera de Taburiente». No se han sentido en localidades lejanas, lo qne demuestra su carácter superficial. Tipo volcánico. Se suceden los movimientos sensibles hasta la noche del 25. No tenemos noticias de que se hayan producido fumarolas.
	Los Llanos (Idem íd.)....	III	
24-VII-1936.— 7h.....	Los Llanos (Idem íd.).		
24-VII-1936.—14h 30m.	El Paso (Idem íd.).		
	Los Llanos (Idem íd.).		
24-VII-1936.—15h 30m.	El Paso (Idem íd.).		
25-VII-1936.— 6h 50m.	Los Llanos (Idem íd.).		
25-VII-1936.— 7h 15m.	Los Llanos (Idem íd.).		
25-VII-1936.— 8h 40m.	Los Llanos (Idem íd.).		
25-VII-1936.— 9h 55m.	Los Llanos (Idem íd.).		
25-VII-1936.—12h 05m.	Los Llanos (Idem íd.).		
25-VII-1936.—22h 40m.	Los Llanos (Idem íd.).		

Fácil es ver, como lo vió el citado Ingeniero, que este período de actividad sísmica tiene un claro origen volcánico, muestra indudable de la no extinguida actividad volcánica del archipiélago. Posteriormente, por la perturbación grave que nuestra Guerra de Liberación produjo en el Servicio Sismológico, como en tantos otros, no se registran nuevas noticias, si bien los habitantes de la isla recuerdan la existencia de otras sacudidas aun cuando no pueden precisar datos. Nunca se lamentará bastante la falta de un Observatorio sismológico en las Islas Canarias.

LIGERA RESEÑA VULCANOLOGICA DE LA ERUPCION

Puede asegurarse que el actual volcán de San Juan es una reactivación de un antiguo aparato eruptivo, cuyas activaciones anteriores han dejado claras muestras en las inmediaciones de los cráteres actuales. Para la mejor comprensión de lo que sigue, se adjunta un ligero croquis de la región de montaña donde se encuentra el primitivo cráter del Duraznero. En él puede verse que las tres primeras bocas vinieron a

abrirse en un collado entre el monte del Duraznero y el cerro de La Paila, un poco más hacia la ladera de aquél. La cuarta boca fué la que se abrió el día 6 de julio, que inició el período más intenso de expulsión de humos, bombas (Wulstenmaterialen) y arena (Eckigesmaterialen), premonitorias de la expulsión de las lavas. Posteriormente se abrió una quinta boca, bastante separada de las anteriores, en dirección Noroeste, en el llamado Hoyo Negro, monte abajo del cerro de la Barquilla, por la que comenzó a fluir la lava.

El propio monte del Duraznero es un antiguo cráter con su típica forma de herradura, clásica en los cráteres canarios, que puede clasificarse como tipo «Homate» de construcción reciente (2), y asimismo el lugar denominado Llano del Agua (que también puede verse en el croquis), es el fondo de otro cráter relleno hoy de materiales de acarreo procedentes de las paredes que le rodean. Así, pues, la erupción actual es, como queda dicho, una reactivación de un aparato eruptivo que en activaciones anteriores dió lugar a la actual constitución y forma del terreno; reactivación excéntrica, típica también del volcanismo canario.

La erupción que tuve la fortuna de contemplar en su período más intenso se caracterizó por la expulsión violenta de un humo negro y denso por la boca núm. 4, acompañada de fuertes explosiones y de lanzamiento de bombas y escorias. En las inmediaciones del cráter trepidaba fuerte y constantemente el terreno; sentado en el suelo, en el cerro de La Paila, se podía percibir perfectamente el latir del subsuelo sometido a las altas presiones de los gases magmáticos y a la erosión de esas fuerzas internas en su trabajo de abrirse paso al exterior.

El surtidor era perfectamente vertical; la nube de humo brotaba a borbotones expandiéndose y girando al elevarse y con el clásico aspecto de coliflor o de «pino del Vesubio»; de vez en cuando se producen derrumbamientos en las bocas de los cráteres, y los materiales de la superficie, refundidos en el interior, salen expulsados después con las lavas fragmentadas. A simple vista se aprecia el ensanchamiento del cráter, consecuencia del trabajo de erosión del surtidor y las grietas que en dirección Norte-Sur corren a banda y banda del volcán; se modifican y amplían sensiblemente dejando escapar ligeras fumarolas. El único gas que pude percibir, tanto en las inmediaciones del cráter como en las grietas abiertas en el Llano del Agua, fué el sulfhídrico.

En el croquis se puede ver también las líneas de dirección fundamentales de las grietas producidas en el terreno por la apertura de

bocas, por las explosiones y por el trabajo de erosiones de los surtidores. La de más a la izquierda, que partía del monte del Duraznero hacia el Nor-Noroeste y corría a lo largo del cerro del Llano, se prolongaba vertiente abajo aumentando sensiblemente de proporciones y con notables deslizamientos del terreno, que alcanzaban la cifra de cuatro y más metros. (En las fotografías que acompañan este trabajo pueden verse las grietas y apreciarse su importancia.)

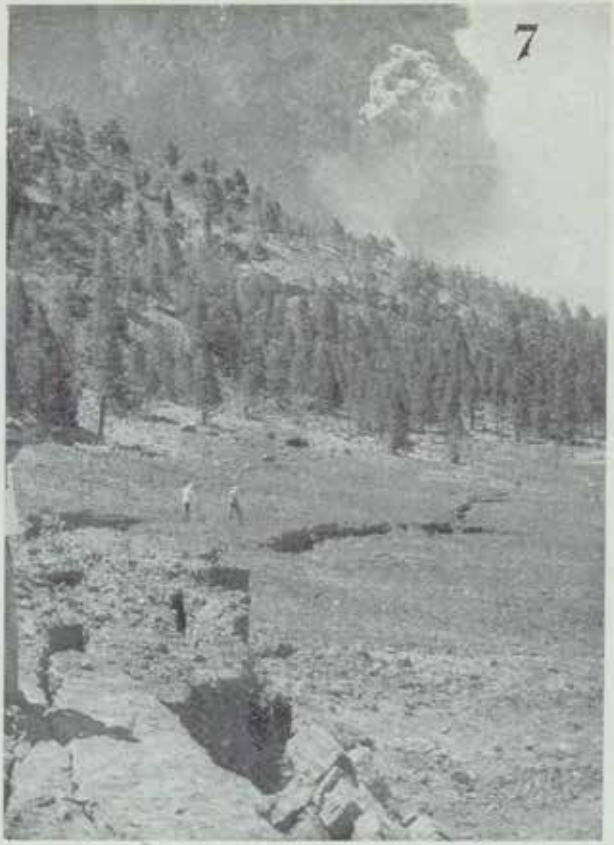
En el Llano del Agua, que como queda dicho anteriormente está formado por el fondo de un antiguo cráter, el terreno se hallaba surcado por grietas en todas direcciones por causa de ser suelto y movedizo, flanqueado por las grietas principales. Al fondo, en la dirección del cerro de La Paila, se observaban desprendimientos de gases.

La observación de los pinos en aquella zona fué sumamente interesante. Los había secos, a medio secar y verdes todavía, y como los que estaban secándose lo hacían de la base a la copa, pude deducir las zonas de mayor o menor calor del subsuelo. Fruto de esta observación, junto con la dirección y tamaño de las grietas principales, apunté la posibilidad de que se abrieran nuevas bocas en la falda de la Barquilla y en el Llano del Agua. La primera tuvo confirmación dos días después en el Llano del Banco, por donde se inició la emisión de las lavas. La segunda se abrió el día 12 en el Hoyo Negro, próximo a aquél.

Las lavas que comenzaron a fluir el día 8 eran algo viscosas, de contextura muy accidentada que solidificaban rápidamente. En las primeras horas su velocidad fué grande debido, principalmente, a la accidentada topografía, alcanzando muy pronto los puntos de la isla de cota inferior, donde el barranco se ensanchaba formando valle y se suaviza la pendiente del terreno. Ya en esta región, y en el lugar conocido por Las Manchas, la velocidad media fué de dos metros por minuto. Ya en esta parte pude observar perfectamente la formación de lavas cordadas. En días posteriores, las lavas fueron haciéndose cada vez más fluídas hasta convertir la erupción en un verdadero río de fuego.

ESTUDIO SISMICO DE LA ERUPCION

Hemos elegido para este estudio la sacudida que tuvo lugar a las nueve de la mañana del día 2 de julio, que fué la más intensa de todas las registradas en este período de actividad volcánica, y que por serlo,



Fots. 7 y 8.—Recogen las grietas producidas en el Llano del Agua.

(La fotografía 7 es debida a la amabilidad del señor Benítez; la 8 del autor.)

y a falta de las gráficas de un registro sismológico, era la que nos permitía hacer una información macrosísmica de mayores garantías. A pesar de ello, y aunque se han podido reunir más de un centenar de tarjetas de información, como las regiones habitadas de la isla están casi exclusivamente a caballo sobre la carretera principal que, en cornisa, contornea la isla, queda una extensión grande deshabitada, con la consiguiente laguna en la precisión del trazado de las líneas isosistas, no obstante lo cual, los resultados son satisfactorios.

BREVE RESEÑA GEOMORFOLOGICA

La isla de La Palma, de origen volcánico como todo el archipiélago, está formado —según D. Lucas Fernández Navarro—(3) por un zócalo o base holocristalino dispuesto sobre el Atlántico en un domo alargado de dirección Norte-Sur, sobre el que se asienta una serie completa de materiales eruptivos, dividida en dos zonas: una, de materiales más antiguos, ya alterados, al Norte, y otra, de lavas mucho más frescas, al Sur, que es donde han tenido lugar las erupciones históricas. Todos estos materiales se apoyan sobre el zócalo sin sedimento intermedio alguno y sólo se encuentran algunas zonas de terrenos sedimentarios en la región costera, que han sido consecuencia de un movimiento de regresión epirogénico que se acusa perfectamente por la pendiente suave de la que fué zona litoral, hoy emergida, a continuación del violento escarpe labrado por los trabajos de erosión.

Tanto el cimiento plutónico como la serie petrográfica eruptiva superior están surcados por abundantes líneas de dislocación y ruptura, que forman fuertes barrancos que se alinean paralelamente en dirección sensiblemente Este-Oeste, constituida, en la región afectada por la erupción actual, por la serie de barrancos llamados de Las Galeras, de Los Hombres, de Tamanca y de Las Manchas. Toda esta serie está surcada, a su vez, en sentido normal, Norte-Sur, por otra línea de fractura que corre a lo largo del domo de la isla.

La zona más afectada, sísmicamente, se encuentra ahorquillada sobre el barranco de Los Hombres, en las inmediaciones de Jedey (ver el mapa unido a este trabajo), donde se han arruinado un buen número de viviendas, se han resentido otras y se han abierto algunas grietas en

el terreno, si bien de poca importancia y en terrenos más bien sueltos y movedizos. La dirección principal de estas grietas es siempre normal a la costa.

Las casas derruidas son todas de deficiente construcción; casas de familias humildes edificadas con piedra suelta o recibidas con barro y «pajeros» —nombre que dan en el país a chozas construidas de igual manera— que sirven de almacenes o de albergue de animales.

En Jedey y en Puerto de Naos existen algunas casas construidas con bloques de cemento que se han agrietado. Las de Puerto de Naos son todas de construcción reciente, pues este lugar lleva, o quizás llevaba, camino de ser un lugar de veraneo por encontrarse allí una de las pocas playas con que cuenta la isla. Sin embargo, la construcción no es demasiado buena, pues se limita a colocar sobre una cimentación ligera los bloques de cemento sin un solo pilar armado que sirva de apoyo y sin correa de coronación, apoyando la cubierta simplemente sobre la serie de bloques. Una casa mejor construída la encontré apoyada parte sobre roca y parte sobre tierra y arena, y también se había agrietado. Por último, una casa bien construida y bien cimentada no había sufrido el menor daño.

En Los Llanos, en El Paso y en Fuencaliente se sintieron perfectamente las sacudidas sin que ocurrieran desperfectos. Unicamente en el pueblo citado en primer lugar se agrietó alguna casa de tipo similar al descrito anteriormente del barranco de Los Hombres, así como la Casa-Cuartel o puesto de la Guardia Civil que visité y que se encontraba ya antes de los sismos en estado casi ruinoso.

Consecuente con los movimientos sísmicos observados, los agrietamientos producidos y las viviendas destruídas, fueron evacuados los caseríos y pagos de la comarca de Jedey, cuyos habitantes huyeron espantados al producirse las sacudidas más intensas. En Los Llanos, El Paso y Puerto Naos los movimientos fueron sentidos por todos sin excepción. Se movieron cuadros, golpearon puertas y ventanas, oscilaron las lámparas, se derramó el agua contenida en vasijas y algún reloj de péndola se paró.

De estos datos y del examen cuidadoso de las tarjetas de información macrosísmica recibidas, se han obtenido y trazado las isosistas que figuran en el mapa, que se refieren, como queda dicho anteriormente, a la sacudida principal sentida el día 2 de julio. La zona epicentral queda inmediata a la comarca de Jedey, y el grado que puede asignarse a esta

Fots. 9 y 10.—Estado en que quedaron algunas viviendas de la comarca de Jedey a consecuencia de las sacudidas sísmicas del día 2 de julio de 1949. (Págs. 2 y 13).

(Fots. del autor.)

Fots. 11 y 12.—En estas fotografías puede verse la lava arrojada por la boca del Llano del Banco, abierta el día 8 de julio, en el momento de destruir una vivienda rural en Las Manchas. (Pág. 8.)

(Fots. del autor.)

sacudida es el VIII de la escala de Mercalli modificada por Wood y Neumann.

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD HIPOCENTRAL

Para el cálculo de la profundidad hipocentral se ha seguido el método de Kövesligethy empleando las fórmulas abreviadas de Inglada (7).

Los radios medios de las isosistas son:

Isosista de grado	III	ρ	25,25	kilómetros.
Idem	íd.	IV	ρ^{I}	13,52	»
Idem	íd.	V	ρ^{II}	8,34	»
Idem	íd.	VI	ρ^{III}	4,92	»
Idem	íd.	VII	ρ^{IV}	2,64	»
Idem	íd.	VIII	ρ^{V}	0,81	»

Aplicando las fórmulas de Inglada para un primer tanteo de la profundidad hipocentral, que son:

$$h > 0{,}52\,\rho\,; \quad h < 0{,}72\,\rho' \quad \text{y} \quad h = \frac{2}{3}\sqrt{\rho'^2 - (1{,}8\,\rho)^2}$$

resulta:

$$h > 0{,}42 \text{ kms.}; \quad h < 1{,}90 \text{ kms.} \quad \text{y} \quad h = 1{,}47 \text{ kms.}$$

Para obtener una mayor aproximación y una garantía también mayor en los resultados, hemos aplicado también el método completo agrupando las isosistas en las siguientes combinaciones:

$$I_{VIII} - I_{VI}\,; \quad I_{VII} - I_{V}\,; \quad I_{VI} - I_{IV}\,;$$

en donde se ha desechado la isosista de grado III por ser la que ofrece menor garantía.

Las fórmulas a emplear son:

$$\alpha = \beta \log e\,; \quad \beta = \frac{0{,}6 - (\log r' - \log r)}{r' - r} \quad \text{y} \quad \begin{cases} r = \sqrt{h^2 - \rho'^2} \\ r' = \sqrt{h^2 - \rho^2} \end{cases}$$

en donde α es el coeficiente de absorción sísmica y r el radio de la esfera de propagación correspondiente a cada isosista; h es la profundidad hipocentral a ensayar en cado tanteo.

Para el valor de $h = 0{,}42$ se obtuvieron los siguientes resultados:

$$r_{VIII} = 0{,}913\,; \quad r_{VII} = 2{,}673\,; \quad r_{VI} = 4{,}94\,; \quad r_{V} = 8{,}35 \quad \text{y} \quad r_{IV} = 13{,}53\,;$$

que para las tres combinaciones de isosistas dan:

$$\beta_1 = \frac{0{,}6 - (\log 4{,}94 - \log 0{,}913)}{4{,}94 - 0{,}913}\,; \qquad \beta_2 = \frac{0{,}6 - (\log 8{,}35 - \log 2{,}673)}{8{,}35 - 2{,}673}\,;$$

$$\beta_3 = \frac{0{,}6 - (\log 13{,}53 - \log 4{,}94)}{13{,}53 - 4{,}94}\,;$$

o sea

$\beta_1 = 0{,}120850$	$\beta_1 - \beta_0 = 0{,}049886$	$(\beta_1 - \beta_0)^2 = 0{,}00248861$
$\beta_2 = 0{,}058087$	$\beta_2 - \beta_0 = 0{,}012878$	$(\beta_2 - \beta_0)^2 = 0{,}00016582$
$\beta_3 = 0{,}033955$	$\beta_3 - \beta_0 = 0{,}037009$	$(\beta_3 - \beta_0)^2 = 0{,}00136967$
$\Sigma\beta = 0{,}212892$	$\Sigma(\beta - \beta_0) = 0{,}099772$	$[\Delta\Delta]_{0{,}42} = 0{,}00401310$
$\beta_0 = 0{,}070964$		

De igual manera se ensayaron los valores de $h = 1{,}47$ y $h = 1{,}9$, que dieron:

$h = 1{,}47$:

$$\beta_0 = 0{,}060485\,; \quad \Sigma(\beta - \beta_0) = 0{,}066159\,; \quad [\Delta\Delta]_{1{,}47} = 0{,}00186817\,;$$

y

$h = 1{,}9$:

$$\beta_0 = 0{,}046931\,; \quad \Sigma(\beta - \beta_0) = 0{,}086295\,; \quad [\Delta\Delta]_{1{,}9} = 0{,}00336677\,;$$

de los que se desprende que

$$[\Delta\Delta]_{0{,}42} > [\Delta\Delta]_{1{,}47} < [\Delta\Delta]_{1{,}9}\,.$$

Se ensayaron entonces los valores de $h = 1{,}40$, $h = 1{,}50$, $h = 1{,}55$ y $h = 1{,}60$, con los que, procediendo en la misma forma expuesta más arriba, se llega a

$$[\Delta\Delta]_{1.40} = 0{,}00401.$$
$$[\Delta\Delta]_{1.45} = 0{,}00195.$$
$$[\Delta\Delta]_{1.47} = 0{,}00185.$$
$$[\Delta\Delta]_{1.50} = 0{,}00184.$$
$$[\Delta\Delta]_{1.55} = 0{,}00176.$$
$$[\Delta\Delta]_{1.60} = 0{,}00216.$$
$$[\Delta\Delta]_{1.90} = 0{,}00337.$$

de cuyo examen se desprende fácilmente que puede tomarse como valor definitivo de la profundidad hipocentral el de $h = 1{,}55$ kilómetros, con un error menor de 0,01 kilómetros, y que coincide muy satisfactoriamente con el obtenido en el primer tanteo rápido efectuado; valor además, pequeño, característico de las profundidades hipocentrales de los sismos que acompañan a las erupciones volcánicas (4).

CÁLCULO DE *M* Y *E*

Obtenida la profundidad hipocentral trataremos ahora de calcular la magnitud *M* del sismo definida en principio por C. F. Richter como el logaritmo de la amplitud máxima del sismograma expresada en milésimas de milímetro que registraría un sismógrafo de torsión «standard» de corto período (período propio, 0,8 segundos; amplificación estática, 2.800; amortiguamiento casi crítico) de un sismo a una distancia epicentral de 100 kilómetros, y ampliada después por Gutenberg y Richter para los sismos ocurridos en cualquier parte y registrados por otro tipo de instrumento. Al mismo tiempo que la magnitud *M*, podremos obtener la energía *E* liberada por el sismo; cuyos valores nos permitirán adquirir un concepto definido de su importancia.

Para ello emplearemos las fórmulas dadas por Gutenberg y Richter (5) que son:

$$M = 2{,}2 + 3{,}6 \log \frac{R}{h}$$

y

$$\log E = 11{,}1 + 6{,}4 \log R - 3{,}2 \log h,$$

en las que R es el radio de la isosista límite de perceptibilidad y h es la profundidad hipocentral.

Procede, pues, en primer lugar, obtener el radio R, límite de perceptibilidad por la fórmula

$$R = 1{,}5^{(n-1{,}5)} r_n,$$

que, partiendo de las distintas isosistas, da para R un valor promedio de 41,8 kilómetros.

Como este valor de R y el ya obtenido anteriormente de $h = 1{,}55$ kilómetros, tenemos:

$$M = 2{,}2 + 3{,}6 (\log 41{,}7 - \log 1{,}55)$$

y

$$\log E = 11{,}1 + 6{,}4 \log 41{,}7 - 3{,}2 \log 1{,}55,$$

que dan:

$$M = 7\ ^1/_4$$

y

$$E = 10^{21} \text{ ergios};$$

valor de la energía liberada más bien modesto con relación a la magnitud y de acuerdo con el origen plutónico y no tectónico de la sacudida sísmica estudiada.

CONCLUSIONES

No pretendemos en esta modesta contribución al estudio del volcán de La Palma establecer toda una doctrina plutogénica acerca del citado volcán, que, por otra parte, será muy difícil de establecer en ningún caso; pero sí creemos que podemos llegar a determinadas conclusiones que permitan explicar con cierta garantía el mecanismo de la actual erupción.

El origen de la erupción es un misterio para la Ciencia y puede que lo siga siendo durante mucho tiempo. No sabemos el por qué de estas manifestaciones de las fuerzas inmensas que se desarrollan en el interior de nuestro planeta. Según W. Bowie «la actividad volcánica parece encontrarse en áreas de levantamientos recientes, o donde los levantamientos todavía tienen lugar. Probablemente los volcanes son

meros accidentes en los procesos envueltos en el decrecimiento de la densidad y el incremento de volumen de los materiales de la corteza». B. Gutenberg (6), por su parte, admite que «la profundidad de las raíces de los volcanes es todavía una cuestión muy debatida. Hay una fuerte correlación entre la línea de los volcanes activos, las líneas de los sismos de profundidades intermedias (80 a 100 kilómetros) y las anomalías positivas de la gravedad (exceso de masa a profundidades entre 60 y 80 kilómetros), así como una correlación entre las líneas de volcanes recientemente extinguidos y las de sismos originados a profundidades entre 150 y 250 kilómetros».

Sea cual sea la razón primaria del volcán, lo que resulta indudable es que su manifestación externa sólo tiene lugar cuando las tensiones internas en las bolsas magmáticas son capaces de vencer la resistencia de las capas superiores de la corteza. Llegado este momento, el volcán entra en actividad y el fenómeno se presenta a la contemplación del hombre con toda su hermosura y grandeza, pero es lógico que en este vencimiento de la resistencia de la corteza elija en busca de su salida las líneas de mínima resistencia, esto es, las de dislocación y fractura, por cuanto estas líneas vienen a ser lugares geométricos de los puntos de mínima resistencia, y es lógico también que a lo largo de esas líneas se vayan situando los cráteres de un mismo aparato eruptivo intermitente en sus diversas y espaciadas activaciones.

De acuerdo con este concepto debe admitirse una línea general de fractura en la isla de La Palma que corre de Norte a Sur paralelamente al domo de la isla y situada, probablemente, en el subsuelo al Oeste de ella, por cuanto las sondas marinas acusan una mayor depresión en la costa occidental que en la oriental, al igual que en las demás islas del archipiélago, detalle sumamente interesante que deberá ser tenido en cuenta cuando se quiera explicar la génesis geológica de las Islas Canarias, cuya presencia al borde del geosinclinal mediterráneo y su falta de relación geológica o parentesco con la cadena montañosa del Norte de Africa constituyen todavía un misterio.

Junto con esa línea de dislocación fundamental y normalmente a ella, existe una serie de menor importancia acusada, asimismo, por la alineación de cráteres en dirección Este-Oeste que son testigos mudos de pasadas actividades volcánicas, nacidas todas ellas de un mismo aparato eruptivo moderno que abarca toda la zona Sur de la isla, dejando la parte Norte, por el contrario, como residuo del antiguo volcanismo

que dió lugar a la formación de la isla con su poderoso cráter de explosión de la Caldera de Taburiente.

Esta hipótesis de una línea de dislocación desplazada ligeramente hacia el Oeste, nos lleva a concebir un volcán con su chimenea más próxima a la vertiente occidental, lo que explicaría por qué la zona pleistosista de las sacudidas sísmicas sentidas se encuentra en esa misma región, puesto que estas sacudidas de origen plutónico han de producirse durante el desgarre de los estratos superiores al ser vencida su resistencia por las tensiones internas.

Las sacudidas sentidas pueden clasificarse según dos grupos de significación distinta: unas, las menos intensas, más numerosas y frecuentes, son simultáneas y coincidentes con las explosiones propias de la erupción, y pueden ser explicadas como producidas por los trabajos de erosión de los gases magmáticos. Otras, las más intensas, son premonitorias de las fases o momentos principales de la erupción.

Esta clasificación está basada en la observación y estudio del siguiente cuadro, en el que se han puesto en columnas diferentes las actividades sísmica y volcánica antes y a lo largo del periodo eruptivo:

Fecha	Sismicidad	Actividad volcánica
Junio . . 21	Sacudida intensa.	
22		
23	Sacudidas más débiles	
24		Se abre la primera boca.
25-30	Idem frecuentes.	Nubes de ceniza. Explosiones.
Julio . . 1-2	Sacudida intensa.	Intensidad moderada.
3-5	Sacudidas débiles.	Idem íd.
6	Idem íd.	Se abre nueva boca. Actividad.
8	Idem íd.	Empieza emisión de lava.
9-12	Idem íd	Continúa emisión.
12	Dos sacudidas.	Se abre boca del Hoyo Negro.
13-21	Calma.	Continúa la salida de lavas.
22	Dos sacudidas.	Idem íd.
23-25	Calma.	Idem íd.
26	Idem.	Cesa la emisión de lavas.
27-29	Idem.	Calma.
30	Idem.	Sale lava por la boca del Duraznero.
1-4	Idem.	Cesa la erupción. Fumarolas.

Si se examina el cuadro anterior se verá que ha habido sacudidas intensas los días 21 de junio, 2 de julio y 22 de julio, y que las manifestaciones eruptivas importantes han sido los días 24 de junio, 6 de julio y 26 de julio, en que cesa la emisión por la boca del Llano del Banco, lo que da una diferencia respectiva de días de tres, cuatro y cuatro en cada caso. Parece, a primera vista, que no debiera haberse tenido en cuenta para este cómputo las fechas apuntadas en último lugar, por cuanto más que una manifestación de una actividad, es la cesación de toda actividad o, al menos, de la emisión principal de lavas. Sin embargo, se ha tenido en cuenta y tomado en consideración porque creemos que permite explicar un curioso incidente de esta erupción; incidente constituido por el cese de la salida de lava por el cráter del Llano del Banco, y la aparición de esa misma lava cuatro días después por la boca del Duraznero.

A nuestro parecer, la explicación de este suceso puede ser la siguiente: La sacudida sísmica del día 22 ha sido producida por un desprendimiento importante de los estratos superiores que ha puesto un grave obstáculo a la salida de lava por la boca del Llano del Banco. Ésta busca entonces nueva salida, y asciende monte arriba por la primitiva—y no cerrada—chimenea del Duraznero, boca que alcanza cuatro días después, el 30, y que produce la presencia de las lavas en la región oriental de la isla. Por eso hemos tenido en consideración esa sacudida del día 22, y juzgamos interesante hacer notar que, de ser cierta, esta explicación nos daría una velocidad de ascenso de la lava (diferencia de cota de la boca del Duraznero a la del Llano del Banco. Ver mapa.) de unos 100 metros por día. Se acompañan a este trabajo dos cortes transversales de la isla con objeto de poder apreciar la accidentada topografía de ella y conseguir una más fácil comprensión de lo dicho en el párrafo anterior, así como lo concerniente a las líneas de dislocación y fractura. Si pudieran llevarse a cabo determinados trabajos de geodesia y nivelación de alta precisión para dar cota a diversos puntos bien escogidos de la isla, con el fin de estudiar los movimientos lentos que ahora pueda experimentar el terreno, se llegaría a obtener datos de suma utilidad en la interpretación de los fenómenos ocurridos y en la propia constitución y formación de la isla.

Queda por determinar la cantidad aproximada de lava arrojada por el volcán a lo largo de toda su manifestación eruptiva, con objeto de darnos así una idea de su magnitud e importancia. Para ello hemos pla-

nimetrado las superficies cubiertas por las lavas, clasificándola en tres porciones diferentes: la zona ganada al mar, la zona occidental, por donde brotó originariamente la lava, y la oriental, invadida por la fase final de la erupción. Las planimetrías se han obtenido del levantamiento topográfico hecho por la Comisión Geográfica Militar, y sus resultados son los siguientes: zona ganada al mar 800.000 metros cuadrados; zona occidental 2.500.000 y zona oriental 900.000. A estas zonas se les han asignado los espesores medios de 50, 5 y 2 metros, respectivamente, con lo que resultan para cada zona 40, 13 y 1,8 millones de metros cúbicos, que arrojan un total de 54.800.000 metros cúbicos de lava expulsada en el total de la erupción; cantidad no excepcional pero sí bastante importante. Los palmeños pueden sentirse orgullosos de su volcán.

Madrid 30 de mayo de 1950.

BIBLIOGRAFIA

(1) JAOGAR: *Volcanoes declare war.*

(2) SCHNEIDER: *Vulcanische Erscheinungen der Erde.*

(3) FERNÁNDEZ NAVARRO (LUCAS): *Datos sobre el volcanismo Canario.*

FERNÁNDEZ NAVARRO (LUCAS): *Islas Canarias.*

(4) INOLADA: *Estudio de las erupciones volcánicas por medio de las sacudidas sísmicas que las acompañan.*

(5) GUTEMBERG Y RICHTER: *Earthquake, Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration.*

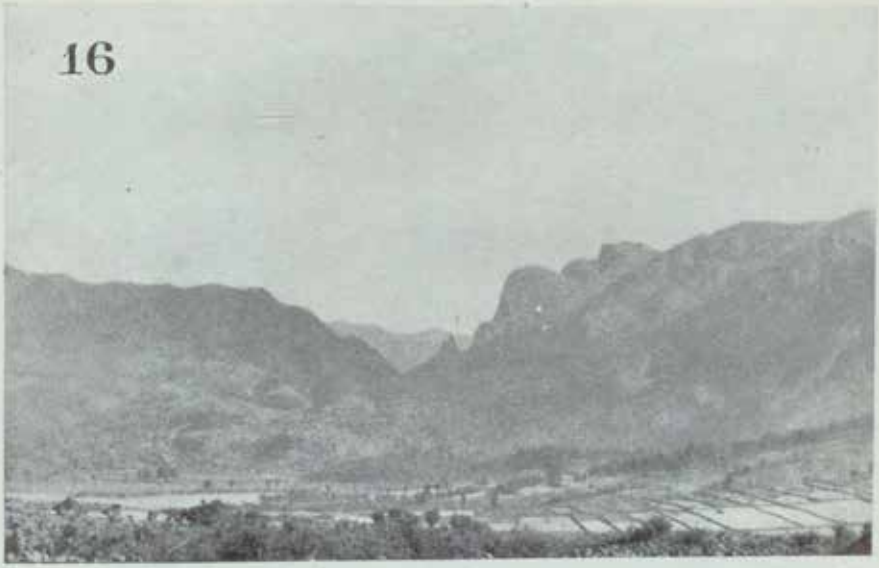
(6) GUTENBERG: *The structure of the Earth.*

(7) INGLADA: *Nuevas fórmulas para abreviar el cálculo de la profundidad aproximada del foco sísmico por el método de Köveslighety.*

H. S. WASHINGTON: *The Crust.* Of the Eart. (Del libro «Internal constitution of the Earth»).

Fots. 13, 14 y 15.—La fotografía núm. 13 ofrece un aspecto de la lava en su avance por el Valle de las Manchas. La núm. 14 es una vista de la lava en el momento de cortar la carretera general en las cercanías de la ermita de San Nicolás. La núm. 15 muestra al fondo de la fotografía, como una mancha más clara, el río de lava. (Págs. 3 y 8.)

(Estas dos últimas fotografías son debidas a la amabilidad del Sr. Benítez.)



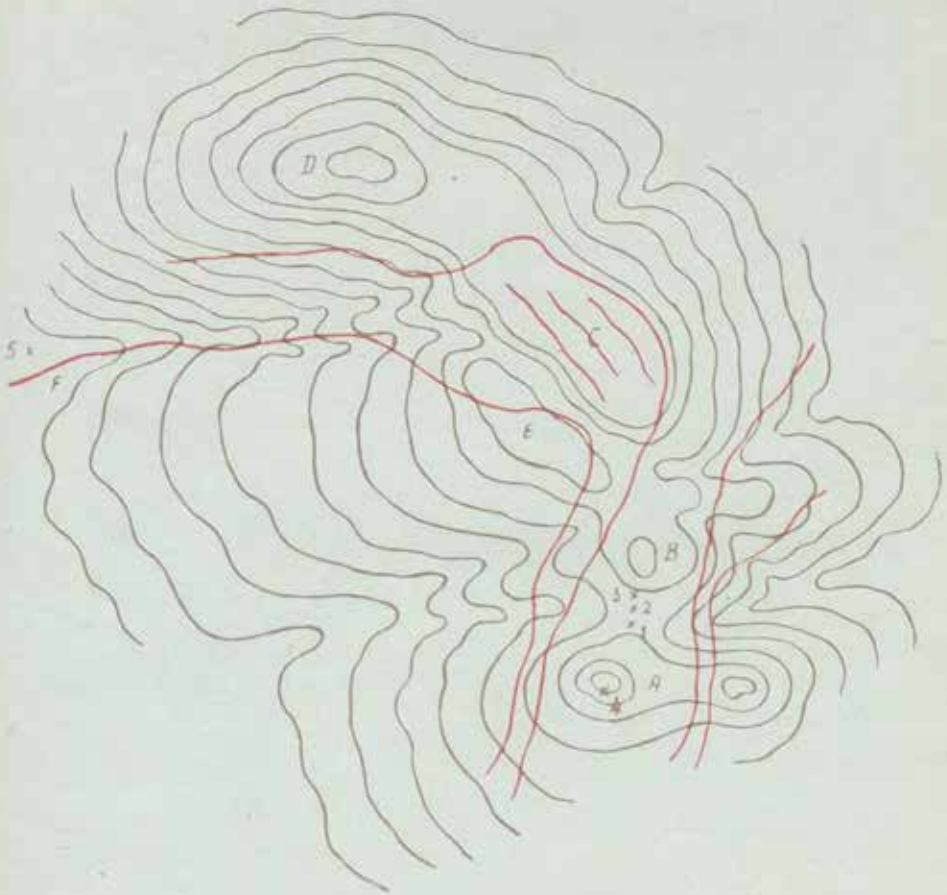
Fots. 16 y 17.—Dos aspectos de la Caldera de Taburiente. Fotografías tomadas desde las inmediaciones de la Montaña Quemada, en la subida al Refugio Forestal.

Fot. 18.—Otro aspecto del río de lava. (Pág. 8).

(Esta fotografía se debe a la amabilidad del Sr. Benítez.)

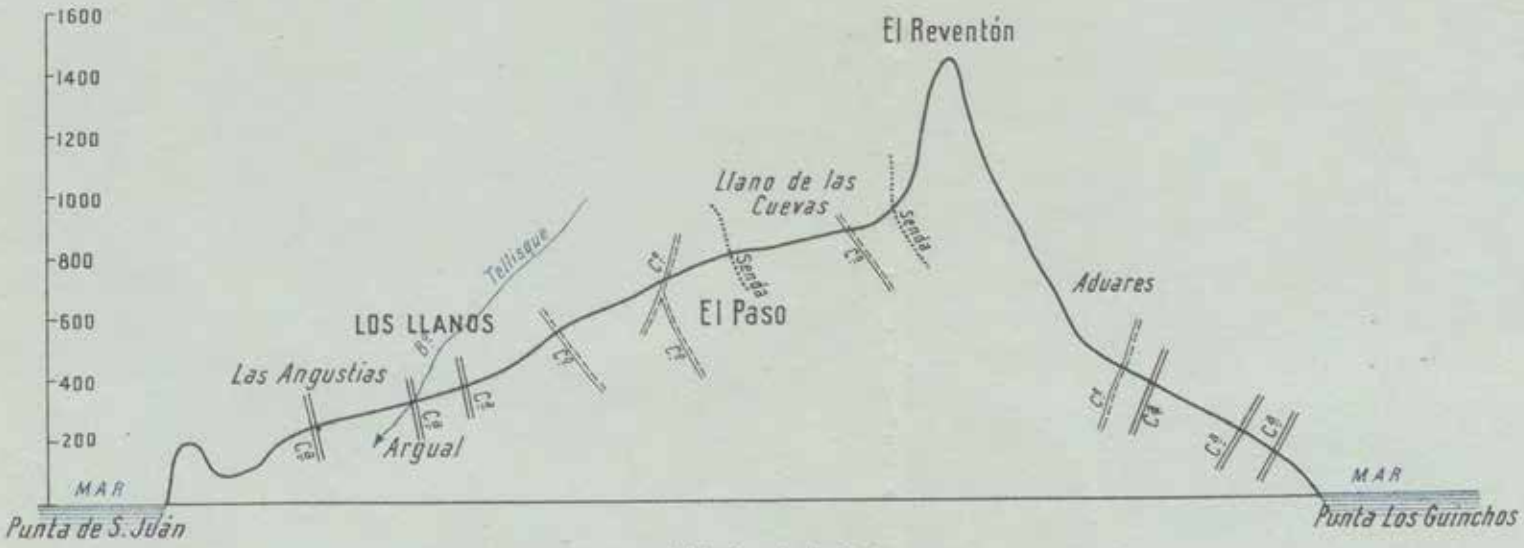
Fots. 19 y 20.—La fotografía núm. 19 ofrece una vista de la columna de humo de la boca del Duraznero tomada desde las cercanías del Birigoyo. La núm. 20 es un aspecto de la evacuación del valle de las Manchas por sus habitantes ante la invasión de las lavas.

Croquis de la situación de los cráteres y grietas principales del terreno.



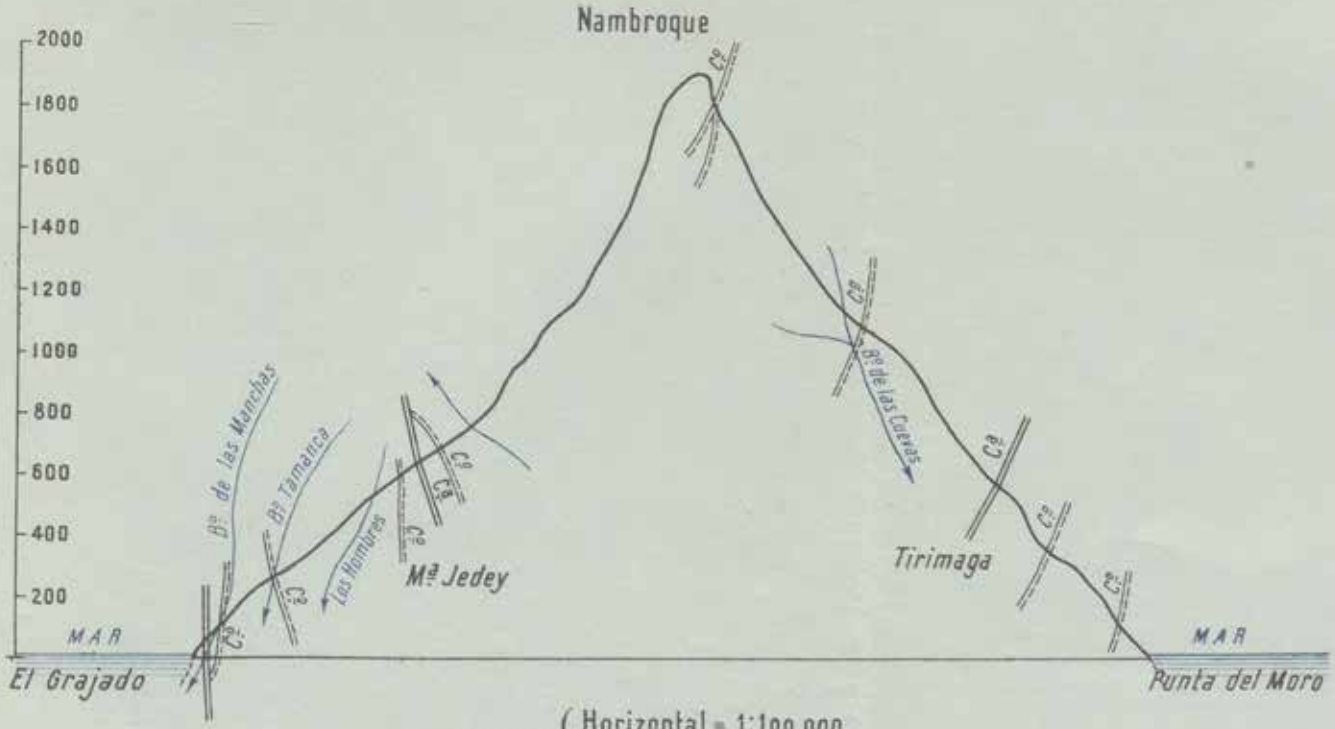
A Monte del Duraznero.
B Cerro de la Paila.
C Llano del Agua.
D La Barquilla.
E Cerro del Llano.
F Barranco de Tamanca.
1 2 3 Cráteres abiertos el día 24 de junio.
4 Cráter abierto el día 6 de julio.
5 Cráter abierto el día 8, por donde empezó *a fluir* la lava.
Las líneas en rojo señalan las grietas más importantes.

CORTE Nº 1

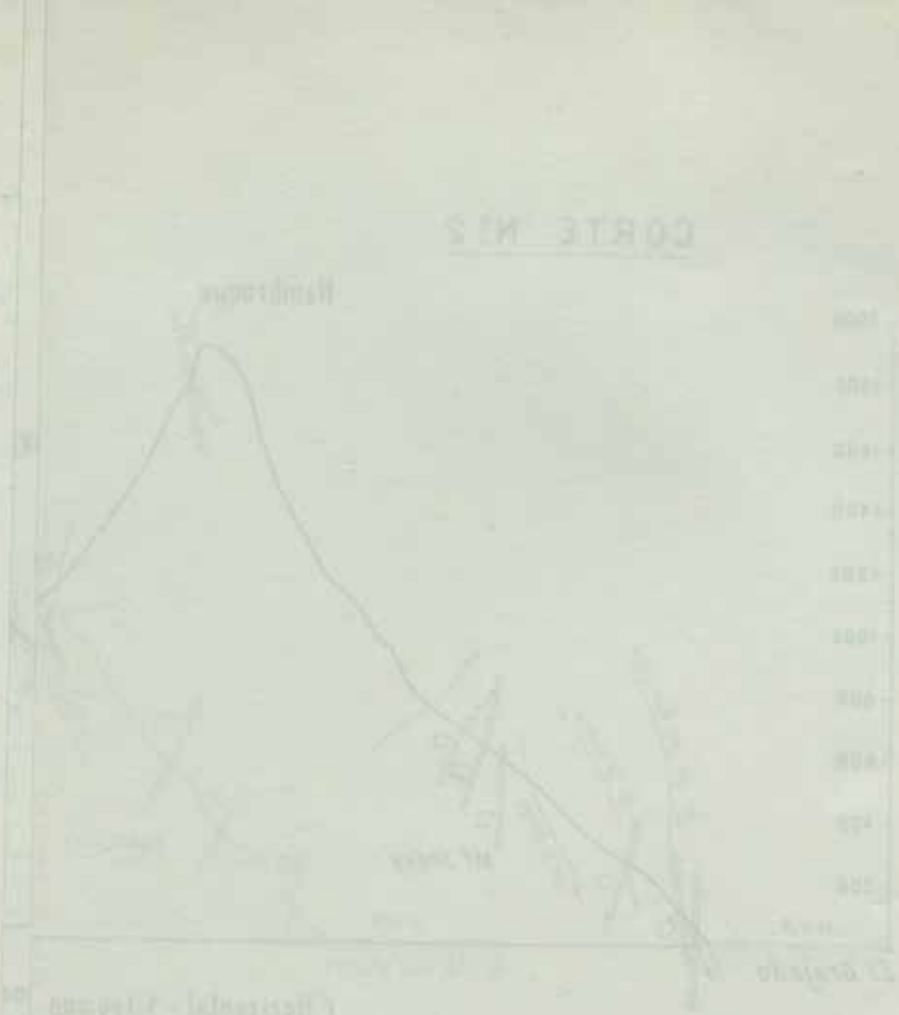


Escalas { Horizontal = 1:100.000
Vertical = 1:20.000

CORTE Nº 2



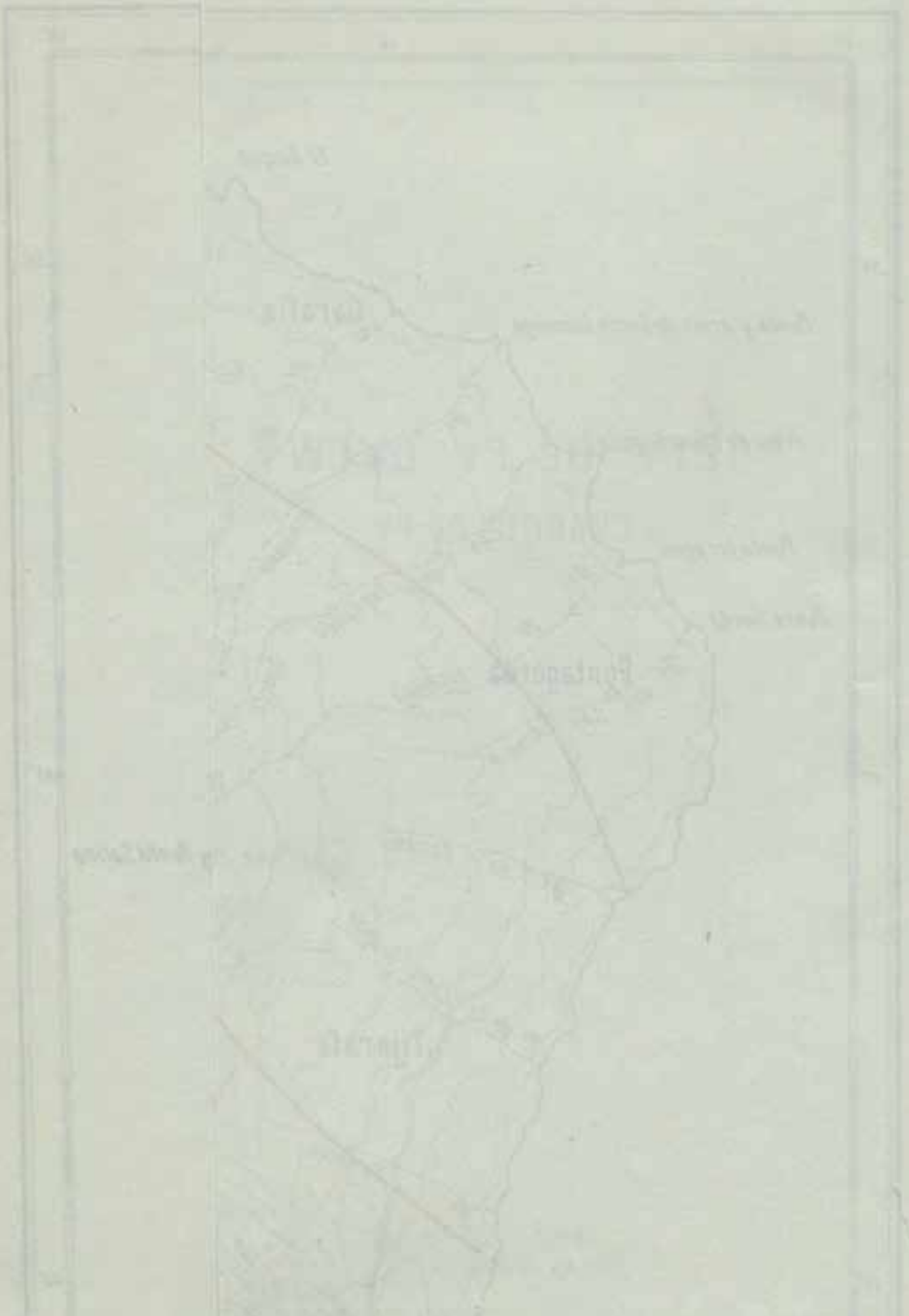
Escalas { Horizontal = 1:100.000
Vertical = 1:20.000



CROQUIS DE LA ISLA DE LA PALMA

El Roque
Punta Juan Adalid
Punta Gaviota
Punta Cumplida
Punta y prois de Santo Domingo
Garafia
Barlovento
Proir de Loma Grande
Punta Izcagua
Punta Gorda
Puntagorda
Los Sauces
San Andres
Punta Salina
Puntallana
Roque de los Muchachos
2423
Pico de la Cruz
2351
La Caldera
Tijarafe
Pico Bejenado
1833
Corralejo
2044
SANTA CRUZ DE LA PALMA
LOS LLANOS
El Paso
Breña Alta
Breña Baja
Punta de Juan Graje
Puerto de Tazacorte
Tazacorte
Reventon
1435
Punta Los Guinchos
Punta Ganado
Mazo
Crater del Llano del Banco (1949)
Pico Berigoyo
1882
Las Manchas
Lava del Volcan de San Nicolas
Manchas de las
El Grajado
Puerto Nao
Jedey
Crater Nueva Negra
(1949)
Nambroque
(1913)
Punta del Moro
La Malforada
Lava del Tirimaga Volcan de San Juan
Crater del Duraznero
Cabrito
1860
Roque de Niares
Los Roques de Anaga
Punta Resbaladera
Fuencaliente de la Palma
Punta de Fuencaliente

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Kms



FE DE ERRATAS

En las fotografías existe un error de paginación que debe salvarse en la forma siguiente:

Fotografías	Dice	Debe decir
1 y 2	(Pág. 2 y 3)	(Pág. 6 y 7)
4	(Pág. 21)	(Pág. 6)
9 y 10	(Pág. 2 y 13)	(Pág. 6 y 14)
13, 14 y 15	(Pág. 3 y 8)	(Pág. 7 y 8)

Defecto que esperamos haya subsanado el lector, puesto que van colocadas entre las páginas correspondientes.

RED DE OBSERVACIONES CON GRAVIMETRO

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL

Tomo XX

X

RED DE OBSERVACIONES CON GRAVIMETRO EN LA PROVINCIA DE AVILA

POR

LUIS LOZANO CALVO

MADRID
TALLERES DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
1950

RED DE OBSERVACIONES DON GRAVIMETRO EN LA PROVINCIA DE AVILA

LUIS LOZANO CAEVO

PROLOGO

La observación de la red gravimétrica de relleno de la provincia de Avila se empezó en la campaña de 1947, pero por causas ajenas a los planes del Instituto Geográfico y Catastral tuvieron que ser suspendidas en la misma campaña y ya no pudieron ser reanudadas hasta la campaña de 1949, en que se terminó la observación de la provincia; sin embargo, como todas las observaciones se han realizado conforme al mismo plan, con el mismo instrumento, el gravímetro ASKANIA, y por el mismo observador, no se ha creído necesario hacer una distinción específica entre ambos grupos de observaciones, advirtiendo únicamente que las primeras, que se refieren a la parte occidental de la provincia, están distribuidas en los nueve primeros perfiles, con un total de 24 estaciones, y las segundas, en los 31 perfiles restantes, con un total de 96 estaciones, no entrando en el cálculo anterior las estaciones que por ser comunes a varios perfiles han sido observadas varias veces.

El método de observación no ha variado en lo fundamental del expuesto en la Memoria relativa a la provincia de Segovia, por lo que no creemos necesario exponerlo de nuevo, limitándonos, por lo tanto, a detallar aquellos puntos en que se ofrecen diferencias dignas de ser destacadas y a intentar una interpretación geofísica de las anomalías encontradas, para lo que ha sido preciso construir tres mapas: uno dedicado a las anomalías Faye, otro a las de Bouguer y en el tercero se han representado las diferencias en valor absoluto entre ambas anomalías con signo + cuando las de Faye son mayores que las de Bouguer y — a la inversa.

La gravedad normal de cada estación se ha calculado a partir del elipsoide de Cassinis 1930 en atención a su carácter internacional y prescindiendo del ensayo de otros elipsoides, ya que la limitada extensión de la provincia reduce el interés del ensayo, sobre todo, después de haber sido realizado sobre el conjunto de la Península (1).

---

(1) Véase *Las determinaciones de la gravedad en España y el elipsoide terrestre más aproximado al geoide que se deduce de aquéllas*, por Luis Lozano Calvo.

OBSERVACION DE LA RED Y CALCULO DE LA REDUCCION AL NIVEL DEL MAR

Si se comparan los datos totales expuestos en el resumen, 40 perfiles con 120 estaciones útiles, con los de otras redes análogas realizadas con el mismo aparato en la provincia de Huelva (1), se puede observar inmediatamente la reducción del número de estaciones de cada perfil, ya que en la presente son raros los perfiles que alcanzan cuatro estaciones útiles y no existe ninguno con más. Esto supone un rendimiento ligeramente inferior, un número de cambios de residencia durante el trabajo proporcionalmente mayor y la repetición de la observación de las estaciones terminales de cada perfil mayor número de veces; sin embargo, este modo de operar se ha creído no sólo conveniente, sino necesario, ya que el primitivo movimiento de deriva de la posición del cero del instrumento es mayor ahora que cuando se realizaron con él las primeras campañas, como es fácil comprobar comparando las Memorias citadas, y ello redundaría en una pérdida de precisión si no se tomase la precaución mencionada.

El carácter de red de relleno de la presente lleva ya implícita la necesidad de apoyarse sobre otra previamente observada, pero aunque en España tenemos terminada para este fin la red pendular de relativas, no ha sido posible utilizarla en este caso, ya que la única estación que existe en la provincia de Avila no ha sido posible identificarla por haber sido demolido el edificio en que se realizó; por esta causa ha sido necesario apoyarse en las estaciones de Montuenga, Adanero, Aldeavieja y la nú-

(1) *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Huelva* e *Investigación gravimétrica en la zona minera del Castillo de las Guardas*, por Guillermo Sans Huelin y José M.ª Espinosa de los Monteros.

mero 8, todas ellas observadas con gravímetro en la provincia de Segovia (1), cuya red se apoyó a su vez en la red pendular de relativas.

Por lo expuesto se deduce que las observaciones deben perder precisión hacia el W. y hacia el S., pero no obstante los cierres de los polígonos son suficientemente satisfactorios para poder esperar que los errores que puedan afectar a la presente red, afectarán más bien al conjunto de la provincia que a determinadas zonas de la misma, lo que es de gran interés para el análisis de las anomalías de las distintas zonas.

En el cálculo de los valores de la gravedad correspondientes a cada estación se han seguido las mismas normas que en trabajos anteriores, pero en el cálculo de la reducción al nivel del mar se han introducido algunas modificaciones que pasamos a exponer.

En primer lugar ha sido preciso prescindir de la corrección por topografía, que si en la mayoría de las estaciones carece de importancia, ya que se trata de una meseta bastante llana, en las situadas en la región montañosa de la Sierra de Gredos puede ser de consideración; como esta corrección es siempre aditiva, los valores de la gravedad reducida pueden tener errores por defecto, cosa que debe tenerse presente en la discusión de las anomalías.

En el cálculo de la reducción Bouguer se ha variado el criterio seguido en otras provincias, adoptando como valor de la densidad del suelo la de 2,3 correspondiente al granito para todas las estaciones prescindiendo de las indicaciones de los mapas geológicos; la razón, aparte de que el granito aflora en toda la provincia casi sin excepción, es de que por tratarse de una meseta con una elevación media de unos 900 metros sobre el nivel del mar, el hecho de que el granito esté recubierto en ciertas extensiones por terrenos sedimentarios, cuyo espesor es seguramente muy pequeño, no puede servir de justificación para atribuir a los 900 metros dichos una densidad que sólo posee el terreno superficial. El caso es fundamentalmente distinto del que se presentó en la zona marítima de la provincia de Huelva, donde la escasa altitud de las estaciones aconsejaba atribuir a la topografía una densidad igual a la de los terrenos superficiales. Además existe otra razón de orden práctico para proceder así, y ésta es que el día en que las circunstancias hagan factible completar la reducción Bouguer con la topográfica, bas-

---

(1) *Red de observaciones con gravímetro en la provincia de Segovia*, por Guillermo Sans Huelin y Luis Lozano Calvo.

tará añadir los valores de ésta a las anomalías encontradas para tener las correctas, cosa que no ocurriría atribuyendo a la densidad del suelo en cada estación el valor que tiene en la superficie.

En contra del criterio anterior se puede aducir que el pequeño espesor de los terrenos superficiales se compensa en parte con su proximidad en la estación, pero parece más lógico reservar la densidad de los terrenos visibles para el cálculo de la reducción topográfica que se refiere a las formas topográficas visibles y completar con ella la reducción Bouguer.

Otra variación respecto de otros trabajos análogos se ha introducido con motivo del cálculo de la gravedad normal, mientras en aquéllos se calculaba con la fórmula de Cassinis la gravedad normal de cada estación en función de la latitud, aquí se ha calculado la latitud que corresponde a los valores de la gravedad normal, desde $g_n = 980{,}190$ hasta 980,280 de 10 en 10 mgls. y con ellos se han trazado sendos paralelos de «igual gravedad» sobre los mapas adjuntos, consiguiendo con ello dar la gravedad normal de cualquier punto del plano y no solamente de las estaciones como venía ocurriendo; además, una vez trazadas las curvas isanómalas, una simple interpolación permite conocer con cierta aproximación la anomalía que es de esperar en cualquier punto de la provincia y ello permite un cálculo aproximado de la gravedad en el terreno.

Si de la gravedad normal de un punto cualquiera del mapa (que se puede leer en la escala dibujada sobre el mismo) se resta la anomalía Faye (interpolada entre las curvas isanómalas), resulta la gravedad sobre el terreno.

Como el conocimiento de la gravedad en un punto es de mucho interés en muchas cuestiones de física y en particular de meteorología, nos ha parecido conveniente cambiar de procedimiento.

La equidistancia de las curvas isanómalas también ha sufrido modificación, pues de 2 mgls. ha pasado a ser de 10 mgls.; las razones que han aconsejado proceder así han sido: primera, las fuertes anomalías que se encuentran frecuentemente en España; segunda, la limitada densidad de estaciones para el trazado de las curvas, y tercera, la imposibilidad de apoyarse en esta provincia sobre la red pendular de relativas, lo que limita la precisión de las observaciones.

Como consecuencia de lo dicho en el resumen de los resultados obtenidos que se inserta al final, se han suprimido algunas casillas y

aumentado otras, representándose en cada una de ellas los datos siguientes:

1.ª El número del perfil.
2.ª El nombre o número de la estación.
3.ª Breve reseña de la situación de la estación.
4.ª Altitud de la estación.
5.ª La gravedad encontrada sobre el suelo.
6.ª La gravedad reducida según Faye.
7.ª La anomalía según Faye.
8.ª La gravedad reducida según Bouguer.
9.ª Las anomalías Bouguer.
10.ª La diferencia en valores absolutos entre las anomalías Faye y Bouguer con signo + cuando la primera es mayor que la segunda y a la inversa.

Como se comprende por su significado las cinco primeras casillas recogen los resultados propiamente técnicos de las medidas de la gravedad y las restantes se refieren a la interpretación de esos resultados.

LA INTERPRETACION DE LAS ANOMALIAS

Las circunstancias ya apuntadas aconsejan la mayor prudencia en la interpretación de las anomalías, pero por otra parte no nos es permitido dejar pasar un trabajo tan importante sin intentar sacar del mismo todo el provecho posible, por ello vamos a destacar los rasgos más salientes que presentan las curvas isanómalas.

En primer lugar salta a la vista comparando los mapas de las anomalías Faye y Bouguer que este último presenta menos curvas que aquél y que, además, son más regulares; el resultado es tanto más digno de señalar cuanto que no se ha tenido en cuenta para hacer la reducción Bouguer la distinta naturaleza geológica del suelo en cada estación, resulta, según ello, que la citada reducción aminora las diferencias de gravedad producidas por los accidentes topográficos, y como el sentido físico de la citada reducción es el de restar la acción gravitatoria de las masas terrestres visibles, debemos sacar la conclusión de que, en general, en esta provincia los accidentes topográficos no están compensados

isostáticamente o lo están de un modo incompleto, ya que, en caso contrario, la reducción Bouguer no produciría el resultado favorable que se acusa.

En cambio, si comparamos la media cuadrática de las anomalías Bouguer 95 mgls. con la análoga de las Faye 44 mgls., encontramos ésta netamente inferior a aquélla, esto nos dice que en el conjunto de la provincia la reducción Bouguer es contraproducente, o sea, que hemos descontado una acción gravitatoria (la de la masa de la meseta castellana hasta el nivel del mar) que no existe indudablemente por estar compensada isostáticamente. Esta conclusión se encuentra robustecida por el hecho de que la media aritmética (donde interviene el signo) de las anomalías Bouguer es de 75 mgls., mientras la Faye es de + 15 mgls.; además, y aunque no disponemos de ninguna estación reducida isostáticamente en esta provincia, las estaciones más próximas a la misma señalan (1) una zona de compensación isostática casi perfecta con unas anomalías de — 4, + 3, — 2, — 18, + 9, + 15, en las estaciones de Saldaña, Palencia, Guadalajara, Madrid, Talavera de la Reina, Plasencia, respectivamente; como primera conclusión podemos sentar, pues, la siguiente:

La provincia de Avila está compensada isostáticamente como un solo bloque que soporta los accidentes topográficos existentes en ella como «masas añadidas» sin producir compensación local. La rigidez del bloque es suficiente para soportar esas masas *sin hacer asiento*.

Para pasar del examen del conjunto de la provincia al de cada una de sus regiones vamos a utilizar el mapa III, donde se ha representado la diferencia de los valores absolutos de las anomalías Faye y Bouguer para cada estación con signo +, cuando la primera es mayor que la segunda y con estos valores se han trazado las curvas con equidistancia de 50 en 50 mgls.; ya se comprende, con lo dicho, que el signo + no representa otra cosa que el hecho de que la reducción Bouguer allí es favorable; esto es, que reduce la anomalía y, por lo tanto, en las regiones afectadas por el signo + debe existir un exceso de masas de la topografía sobre las de compensación, lo que significa que los bloques respectivos no han encontrado todavía su equilibrio isostático, por lo que deben hundirse lo necesario para encontrarlo.

---

(1) *Las anomalías isostáticas en España según la teoría de Airy*, por Luis Lozano Calvo.

Basta una ojeada al mapa III para darse cuenta de que la única región que se encuentra en dicho caso es la situada al SW. de la provincia, aproximadamente entre Barco de Avila, Piedrahita, Mombeltrán y Candeleda que encierra el macizo de la Sierra de Gredos, y aunque el hecho de que las diferencias señaladas en el mapa no son muy grandes pudiera inducir a poner en duda esta afirmación, dos razones abonan a favor de la misma: la primera que faltan observaciones en plena sierra, inaccesible al gravímetro Askania, donde es probable que se acusase más fuertemente el hecho destacado, y la segunda que en esta zona montañosa la corrección topográfica tendrá, indudablemente, cierta importancia y como es siempre aditiva aumentaría las diferencias citadas. Debemos modificar, pues, la conclusión anterior en el sentido de excluir el macizo de Gredos del resto de la provincia en lo que se refiere a la compensacion en conjunto, que quedará limitada a la parte de la provincia enclavada en la meseta de Castilla la Vieja. Aparte de la región anterior no existe sino una sola estación, la de Chaherrero, afectada de diferencia positiva y situada en plena meseta, pero por tratarse de una sola estación sería muy discutible cualquier conclusión que se intentase asentar sobre la misma.

En los extremos NE. y S. de la provincia aparecen las mayores diferencias negativas hasta el punto de que hasta las anomalías Faye son negativas, como muestra el mapa correspondiente; pero, tanto por tratarse de los extremos de la provincia como por carecer de estaciones reducidas isostáticamente, resulta aventurado atribuirlo a un exceso de raíz, y aunque el predominio de terreno diluvial en la primera de dichas zonas pudiera inducir a buscar una explicación geológica, fácil es de ver que en otras zonas del mismo terreno no se dan esas diferencias y que, en cambio, se dan en la segunda de las regiones mencionadas sin estar enclavada en dicho terreno. Basta comparar el mapa III con otro geológico para darse cuenta de la imposibilidad de encontrar una explicación de las anomalías fundada únicamente en la geología superficial; como ejemplo característico cabe señalar la mancha de diluvial que se extiende al SW. de la capital hasta Villatoro y que a pesar de haber hecho cinco estaciones en la misma, no se acusa su presencia en ninguno de los tres mapas, indudablemente su espesor no debe ser muy grande.

Pero el hecho más sorprendente es el de que mientras al W. del Puerto del Pico, en la Sierra de Gredos, se acusa exceso de masas, al E. del mismo se acusa defecto; con todas las reservas naturales ya

expuestas parece indicar este hecho, acusado claramente, la existencia de una tendencia en la citada Sierra a hundirse por occidente y levantarse por el E., pero la ausencia de movimientos sísmicos en esa región hace dudosa la afirmación anterior, por lo que parece más probable que se trate de un hundimiento, ya consolidado, del bloque granítico hacia Levante; sería de desear que la extensión a las provincias limítrofes de los trabajos gravimétricos aclarasen la afirmación anterior.

RED DE OBSERVACIONES CON GRAVIMETRO

RESUMEN DE LOS RESULTADOS CORRESPONDIENTES A LA PROVINCIA DE AVILA

Signos: B. = Bifurcación de carreteras.— × = Cruce de carreteras.

Perfil — 4.ª G.	ESTACION	SITUACION	Altitud	Gravedad observada — *Gals.*	Gravedad Faye — *Gals.*	Anomalía Faye — *Mgls.*	Gravedad Bouguer — *Gals.*	Anomalía Bouguer — *Mgls.*	Diferencia — *Mgls.*
P. 1.	Arevalillo	B. carreteras de Piedrahita a Salamanca y Peñaranda	1.147	979,931	980,285	+ 53	980,174	— 58	— 5
	Estación 1	K. 70 carretera de Arevalillo a Peñaranda	1.086	951	286	+ 47	181	— 58	— 8
	Estación 2	B. carreteras de Arevalillo a Peñaranda y Avila	966	967	265	+ 20	172	— 73	— 53
	Malpartida	Pie torre iglesia	1.023	979	295	+ 68	196	— 31	+ 37
	Piedrahita	Idem	1.062	935	263	+ 42	160	— 61	— 19
P. 2.	Navamorales	B. a la entrada del pueblo	1.006	942	252	+ 29	155	— 68	— 39
	Puente Congosto	K. 16 en la carretera de Villar a Béjar	956	951	246	+ 23	154	— 69	— 46
	Estación 3	B. a Medinilla, a Vallejera y a Santibáñez	932	960	248	+ 27	158	— 63	— 36
	Villar	K. 26 carretera de Navamorales a Piedrahita	1.002	948	257	+ 35	160	— 62	— 27
P. 3.	Casas del P. Villatoro	Pie torre iglesia	1.078	916	249	+ 21	145	— 83	— 62
	Villatoro	Idem	1.085	914	249	+ 18	144	— 87	— 69
	Estación 4	× Piedrahita-Avila con Muñano Narros	1.142	922	274	+ 41	164	— 69	— 28
	Estación 5	B. Piedrahita-Avila con Navacepedilla	1.052	944	269	+ 43	167	— 59	— 16

Perfil — 4.° G.	ESTACION	SITUACION	Altitud	Gravedad observada — *Gals.*	Gravedad Faye — *Gals.*	Anomalía Faye — *Mgls.*	Gravedad Bouguer — *Gals.*	Anomalía Bouguer — *Mgls.*	Diferencia — *Mgls.*
P. 5.	Estación 6	K. 11 carretera Piedrahita a Navampesa	1.680	979,806	980,324	+105	980,162	— 57	+ 48
	Estación 7	B. de la anterior para El Barco.	1.323	867	275	+ 62	147	— 66	— 4
P. 6.	La Aldehuela	Pie torre iglesia	1.074	932	263	+ 49	160	— 54	— 5
	El Barco	Idem	1.010	941	253	+ 41	155	— 57	— 16
	Bohoyo	B. de entrada al pueblo	1.145	909	262	+ 52	152	— 58	— 6
P. 7.	Encinares	K. 8 en la plaza del pueblo	1 033	983	302	+ 85	202	— 15	+ 70
	Estación 8	B. a Medinilla y a El Losar	1.090	929	265	+ 49	160	— 56	— 7
P. 8.	Estación 9	B. a Solana, Casas del Puerto y El Barco	1.200	923	293	+ 86	177	— 30	+ 56
	Estación 10	K. 53 en el prto. de Tornavacas.	1.275	880	273	+ 68	150	— 55	+ 13
	Estación 11	B. a Navalonguilla, a El Barco y a Nava del Barco	1.200	920	290	+ 85	174	— 31	+ 54
P. 10.	Parador N. Gredos	Puerta del E.	1.586	821	310	+ 96	157	— 57	+ 39
	Navalosa	K. 11 frente a la torre	1.281	885	280	+ 62	157	— 61	+ 1
	Estación 12 b	B. de Avila a Arenas y a El Barco	1.227	894	273	+ 57	155	— 61	— 4
P. 11.	Hoyos del Espino	Puente frente a la torre	1.445	850	296	+ 84	157	— 55	+ 29
	Estación 8 (bis)	K. 17 carretera de El Barco al Parador N.	1.237	882	264	+ 53	145	— 66	— 13
P. 12.	Estación 13	Segundo puente en la carretera a V. Rosquilla y a Mombeltrán	1.240	914	297	+ 84	177	— 36	+ 48
	Mombeltrán	K. 63 a la salida del pueblo	642	996	194	— 11	132	— 73	— 62
	Estación 14	B. a Navalacruz, a Avila y a Arenas	1.462	849	300	+ 77	159	— 64	+ 13

Perfil — 4.ª G.	ESTACION	SITUACION	Altitud	Gravedad observada — *Gals.*	Gravedad Faye — *Gals.*	Anomalía Faye — *Mgls.*	Gravedad Bouguer — *Gals.*	Anomalía Bouguer — *Mgls.*	Diferencia — *Mgls.*
	Navamoral	× Avila a Casavieja con Navalacruz a Barraco	1.044	979,927	980,249	+ 28	980,148	— 73	— 45
P. 14.	Burgohondo	Pie torre iglesia	846	967	228	+ 10	146	— 72	— 62
	Navaluenga	Idem	763	980	215	— 2	142	— 75	— 73
	Estación 16	B. a Cebreros, a Barraco y a Navaluenga	818	972	224	+ 5	145	— 74	— 69
	Estación 17	B. a Avila, a Barraco y a Navamoral	1.039	930	251	+ 29	151	— 71	— 42
P. 15.	Estación 18	B. a Navarrevisca, a Mijares y a Burgohondo	1.105	911	252	+ 38	145	— 69	— 31
	Navarrevisca	Puente frente a la iglesia	1.132	901	250	+ 36	141	— 73	— 37
	Estación 19	Hito en el puerto de Mijares	1.436	810	253	+ 43	115	— 95	— 52
	Cebreros	Pie torre iglesia	759	977	211	— 10	138	— 83	— 73
P. 16.	Presa del Alberche	En su extremo E. «El Burguillo»	730	984	209	— 9	139	— 79	— 70
	El Hoyo	Cuartel de la Guardia Civil en su puerta	850	952	214	— 11	132	— 93	— 82
P. 17.	Estación 14 (bis)	B. a Navalacruz, a San Juan y a Navatalgordo	1.036	925	245	+ 25	145	— 75	— 50
	Navalacruz	Pie torre iglesia	1.238	894	276	+ 55	157	— 64	— 9
	Estación 15	B. a Burgohondo	1.250	892	278	— 60	157	— 61	— 9
	Estación 22	B. carretera a Sotosancho, a Narros y a V. Rosquilla	1.232	899	279	+ 51	160	— 68	— 17
P. 20.	Sta. M.ª del Arroyo	B. salida del pueblo a la carretera	1.151	918	273	+ 50	162	— 61	— 11
	Estación 26	× carreteras a Salobral y a Muñopedro	1.091	931	268	+ 32	163	— 63	— 31

Perfil — 4.ª O.	ESTACION	SITUACION	Altitud	Gravedad observada — Gals.	Gravedad Faye — Gals.	Anomalía Faye — Mgls.	Gravedad Bouguer — Gals.	Anomalía Bouguer — Mgls.	Diferencia — Mgls.
P. 21.	Estación 23	K. 9 de la carretera de Avila a Navamoral	1.113	979,927	980,270	+ 37	980,163	— 70	— 33
	Estación 24	K. 16 ídem íd.	1.375	876	300	+ 71	167	— 62	+ 9
	Torreón	Junto al puente de la muralla de Avila	1.072	934	265	+ 27	162	— 76	— 49
P. 22.	Estación 26 (bis)	K. 103 de la carretera de Avila a Villacastín	1.096	930	268	+ 26	162	— 80	— 54
	Estación 27	K. 95 ídem íd.	1.162	918	277	+ 32	165	— 80	— 48
	Aldeavieja	Pie torre iglesia	1.205	909	281	+ 25	165	— 81	— 56
P. 23.	Estación 28	K. 120 de la carretera de Avila a Cebreros	953	938	232	0000	140	— 92	— 92
	Estación 29	K. 109 de la carretera de Avila a Cebreros	1.230	896	276	+ 49	157	— 70	— 21
	Estación 30	K. 129 ídem íd.	1.130	908	257	+ 22	148	— 87	— 65
	Chaherrero	Pie torre iglesia	1.131	974	323	+ 66	214	— 43	+ 23
P. 24.	Estación 31	K. 28 de la carretera de Aldeavieja a El Hoyo	1.400	849	281	+ 44	146	— 91	— 47
	Navalperal	K. 21 ídem íd.	1.310	883	287	+ 54	161	— 72	— 18
P. 25.	Estación 32	B. a Arévalo de la carretera Avila-Peñaranda	1.140	920	272	+ 31	162	— 79	— 131
	Estación 33	B. 2.ª a 10 kilómetros de la primera misma carretera	1.072	908	239	— 8	136	— 111	— 103
	Estación 34	Puente de la ídem en el kilómetro 138,8	928	970	256	+ 3	167	— 86	— 83
	Estación 35	K. 10 de la carretera Avila-Arévalo	930	926	213	— 36	123	— 126	— 90

Perfil — 4.° G.	ESTACION	SITUACION	Altitud	Gravedad observada — *Gals.*	Gravedad Faye — *Gals.*	Anomalía Faye — *Mgls.*	Gravedad Bouguer — *Gals.*	Anomalía Bouguer — *Mgls.*	Diferencia — *Mgls.*
P. 26.	Mingorría	B. a la entrada del pueblo	1.033	979,949	980,268	+ 21	980,168	— 79	— 58
	Velayos	Idem	935	939	228	— 27	138	—117	— 90
	Pajares	Pie torre iglesia	879	966	238	24	153	—109	— 85
P. 27.	Estación 36	K. 17 de la carretera Avila-Salamanca	1.227	918	297	+ 55	179	— 63	— 8
	Cillán	Pie torre iglesia	1.212	909	284	+ 41	167	— 76	— 35
	Estación 37	B. a Mirueña de la carretera de Avila-Salamanca	1.167	939	299	+ 55	186	— 58	— 3
	Estación 38	K. 7 de la ídem íd	1.241	905	288	+ 48	168	— 72	— 24
P. 28.	Estación 39	K. 41 de la carretera Avila-Salamanca	1.042	955	277	+ 33	176	— 68	— 35
	Macotera	K. 48 frente a la torre	892	991	266	+ 11	180	— 75	— 64
	Peñaranda	B. a Piedrahita de la carretera Avila-Salamanca	903	991	270	— 10	183	— 77	— 67
P. 29.	Estación 40	B. a Fontiveros de la carretera Avila-Salamanca	880	980,006	278	+ 20	193	— 65	— 45
	Fontiveros	Pie torre iglesia	888	979,989	263	— 1	177	— 87	— 86
P. 30.	Ragama	Pie torre iglesia	848	980,000	262	— 8	180	— 90	— 82
	Barromán	K. 18 de la carretera Arévalo-Madrigal	800	003	250	— 25	173	—102	— 77
	Villanueva del Arroyo	B. junto al pueblo	846	979,989	250	— 22	168	—104	— 72
	Estación 41	K. 30 de la carretera de Peñaranda a Madrigal	816	980,006	258	— 17	179	— 96	— 79
P. 32.	Estación 42	K. 17 de la carretera Arévalo-Fontiveros	872	979,987	256	— 14	172	— 98	— 74
	Estación 43	K. 136 en la carretera Madrid-Medina	799	974	221	— 61	144	—138	— 77

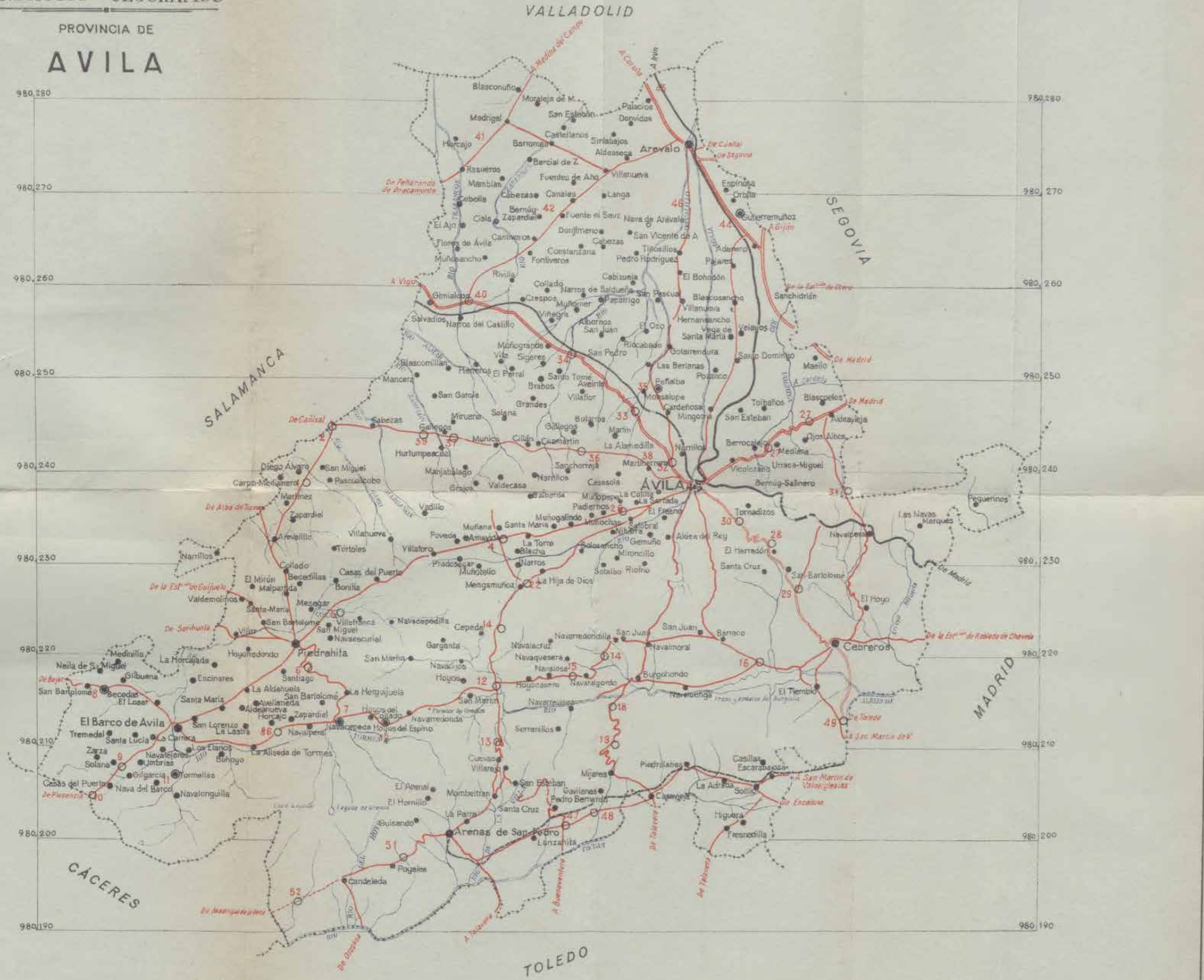
Perfil — 4.ª G.	ESTACION	SITUACION	Altitud	Gravedad observada — *Gals.*	Gravedad Faye — *Gals.*	Anomalía Faye — *Mgls.*	Gravedad Bouguer — *Gals.*	Anomalía Bouguer — *Mgls.*	Diferencia — *Mgls.*
	Estación 44	K. 116 en la carretera Madrid-Medina	866	979,975	980,242	— 27	980,159	— 110	— 83
P. 31.	Arévalo	B. a Cuéllar de la ídem íd	820	988	241	— 33	100	— 112	— 79
	Montuenga	Pie torre iglesia	892	976	251	— 23	165	— 109	— 86
	Pajares	Idem	879	966	237	— 25	152	— 110	— 85
	Tiñosillo	Idem	869	970	238	— 26	154	— 110	— 84
P. 33.	Hernansancho	Idem	901	962	240	— 16	153	— 103	— 87
	Estación 46	K. 37 carretera Avila-Arévalo	846	960	221	— 48	139	— 130	— 82
	Casavieja	B. a Mijares de la carretera San Martín-Madrigal de la Vera							
P. 35.			539	980,009	175	— 30	123	— 82	— 52
	Piedralaves	Carretera frente a la iglesia	717	979,976	197	— 11	128	— 80	— 69
	Mijares	K. 67 frente a la iglesia	855	941	205	— 2	122	— 85	— 83
P. 36.	La Adrada	Pie torre iglesia	623	989	181	— 26	121	— 86	— 60
	Estación 47	× a Pedro Bernardo carretera San Martín-Madrigal de la Vera	433	980,022	156	— 46	114	— 88	— 42
P. 37.	Lanzahita	Pie torre iglesia	447	018	156	— 44	113	— 87	— 43
	Ramacastaña	× a S. del pueblo	406	029	154	— 44	115	— 83	— 39
	Estación 48	B. a Gavilanes carretera San Martín-Madrigal de la Vera	490	017	168	— 35	121	— 82	— 47
	Estación 49	× El Tiemblo a Avila, San Martín, Arenas	650	979,992	193	— 20	130	— 83	— 63
P. 38.	El Tiemblo	Pie torre iglesia	689	992	205	— 12	138	— 79	— 67
	San Martín de V.	Idem	579	990	169	— 43	113	— 99	— 56
	Estación 50	K. 67 carretera San Martín de Valdeiglesias-Arenas	1.000	972	281	+ 74	184	— 23	+ 51

Perfil — 4.° O.	ESTACION	SITUACION	Altitud	Gravedad observada — *Gals.*	Gravedad Faye — *Gals.*	Anomalía Faye — *Mgls.*	Gravedad Bouguer — *Gals.*	Anomalía Bouguer — *Mgls.*	Diferencia — *Mgls.*
P. 40.	Sotillo	Pie torre iglesia	636	979,988	980,180	— 26	980,120	— 86	— 60
	Fresnedilla	K. sin número frente a la torre	621	986	178	— 23	118	— 83	— 60
P. 41.	Arenas de S. Pedro	B. a Mombeltrán de la carretera San Martín-Candeleda	510	980,008	165	— 35	116	— 84	— 49
	Estación 51	K. 10 carretera Arenas-Candeleda	643	979,984	182	— 16	120	— 78	— 62
P. 42.	Navacepedilla	Pie torre iglesia	1.256	897	285	+ 61	164	— 60	+ 1
	Estación 52	K. 7 carretera Candeleda-Madrigal de la Vera	380	980,034	151	— 42	114	— 79	— 37
	Candeleda	B. entrada pueblo de la ídem	428	025	157	— 39	108	— 88	— 49
	Madrigal de la V.	B. en el kilómetro 11	401	036	160	— 67	110	— 81	— 14
Provincia de Segovia.	San Cristóbal	Pie torre iglesia p.ª de Segovia.	804	013	261	— 19	184	— 96	— 77
	Montuenga	Idem íd	894	979,976	251	— 23	165	—109	— 86
	Adanero	Idem íd	908	969	249	— 16	161	—104	— 88
	Sanchidrián	Idem íd	921	972	256	— 3	177	— 72	— 69
	Labajoz	Idem íd	1.064	927	255	00	143	—112	—112
	Villacastín	Idem íd	1.094	927	265	+ 15	159	— 91	— 76
	Aldeavieja	Idem íd	1.205	909	281	+ 34	164	— 83	— 49
	Estación 8	× carreteras El Espinar-Avila con Aldeavieja-Cebreros	1.275	884	277	+ 36	154	— 87	— 51

INSTITUTO GEOGRAFICO

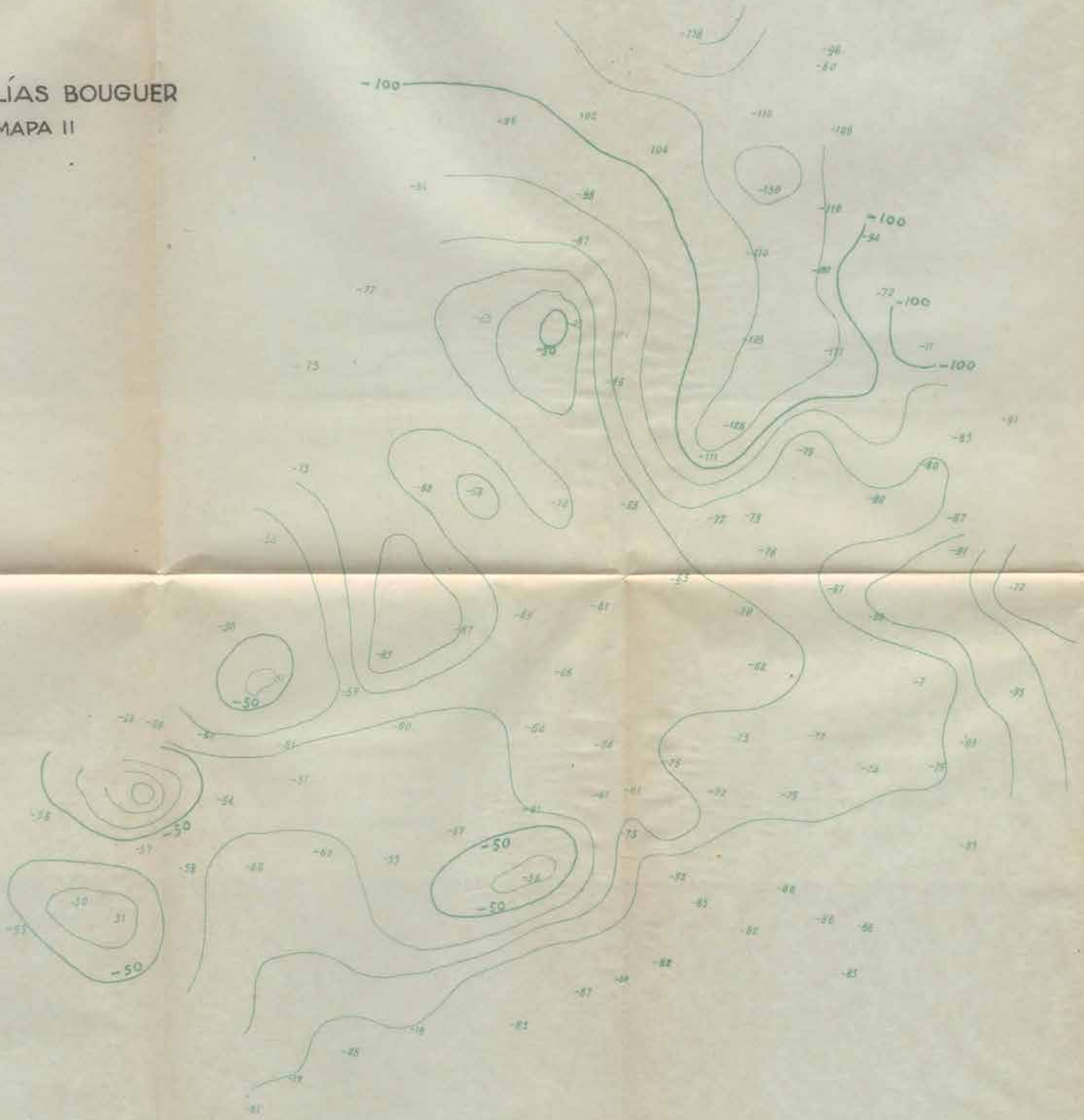
PROVINCIA DE

AVILA

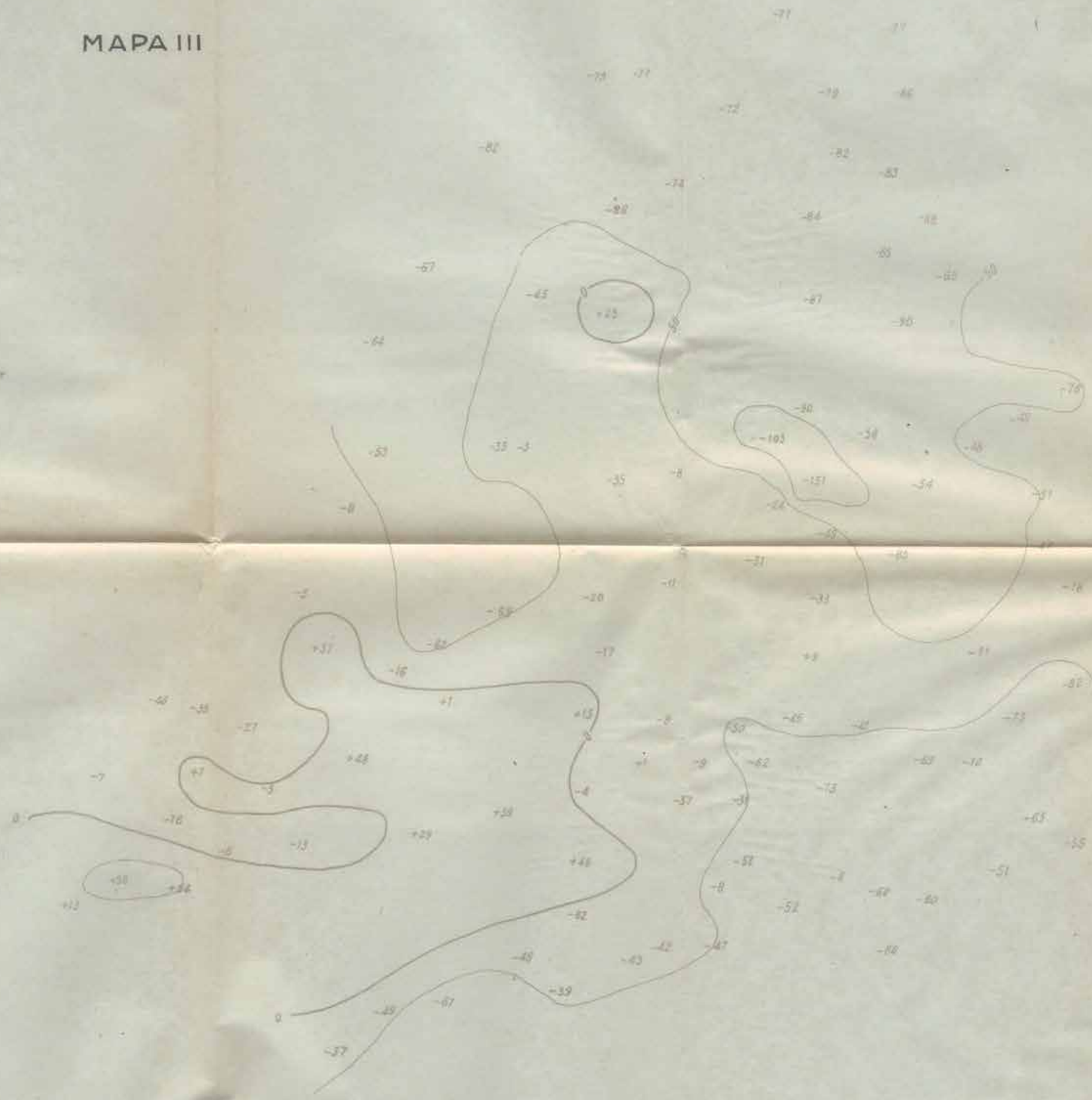


ANOMALÍAS BOUGUER

MAPA II



ANOMALÍAS FAYE

MAPA I

MAPA III