MEMORIAS
DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO
Y ESTADÍSTICO

TOMO
XII

DIC
1903

528
IG
BIBLIOTECA IGN

INSTITUTO GEOGRAFICO Y ESTADISTICO
Memorias, Tomo XII

I .- Determinación de la diferencia de longitud entre Madrid y Lisboa, por J. BORRES y A. ESTEBAN, pag.3
Madrid, 1899

II .- Determinación experimental de la intensidad de la gravedad en Valencia, por Rafael APARICI PUIG y Arturo MIFSUT MACON , pag. 91

III .- Determinación experimental de la intensidad de la fuerza de la gravedad en Barcelona, por Príamo CEBRIAN y Antonio LOS ARCOS, pag. 223
Madrid, 1902

IV .- Determinación astronómica de la latitud de Madrid y del azimut Madrid-Hierro, por Antonio ESTEBAN
Madrid, 1903 pag. 339

==========

Madrid, 1903

MEMORIAS

DEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

MEMORIAS

DEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

TOMO XII

MADRID

IMPRENTA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO

GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO.

1903

MEMORIAS

COMPRENDIDAS EN ESTE TOMO

I

DETERMINACIÓN DE LA DIFERENCIA DE LONGITUD ENTRE MADRID Y LISBOA.—Exposición detallada de las operaciones hechas para determinar directamente la diferencia de longitud expresada.

II

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD EN VALENCIA.—Procedimientos de observación y de cálculo seguidos para determinar el valor absoluto de la mencionada fuerza.

III

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD EN BARCELONA.—Procedimientos de observación y de cálculo seguidos para determinar el valor absoluto de la mencionada fuerza.

IV

DETERMINACIÓN ASTRONÓMICA DE LA LATITUD DE MADRID Y DEL AZIMUT MADRID-HIERRO.—Procedimientos de observación y de cálculo seguidos para obtener estos valores.

I

DETERMINACIÓN

DE LA

DIFERENCIA DE LONGITUD

ENTRE

MADRID Y LISBOA

MEMORIAS

DEL

INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

TOMO XII

I

DETERMINACIÓN

DE LA

DIFERENCIA DE LONGITUD

ENTRE

MADRID Y LISBOA

POR

J. BORRÈS,
Teniente Coronel de Ingenieros;
Geodesta.

A. ESTEBAN,
Ingeniero Jefe del Cuerpo de Minas;
Geodesta.

MADRID,
IMPRENTA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

1899

NOTA PRELIMINAR

La determinación de la diferencia de longitud geográfica entre Madrid y Lisboa, fué uno de los trabajos proyectados por el ilustre General Ibáñez, primer Director del Instituto Geográfico, de cuyo tiempo, y debido á sus vigorosas é inteligentes iniciativas, datan el planteamiento y desarrollo de los estudios geodésicos aplicados á la formación de nuestro Mapa nacional.

Al inaugurarse en España el servicio de longitudes en 1882, se habían medido ya en Europa y América, por varias naciones, que hoy forman parte de la *Asociación geodésica internacional*, diversas líneas de longitud; y en su deseo de poner nuestro país á igual nivel, en lo que á estas investigaciones se refiere, no omitió el sabio General Ibáñez medio alguno para conseguirlo, logrando muy en breve presentar en las Conferencias de la Asociación los resultados obtenidos en este linaje de operaciones, por los geodestas del Instituto.

Fué uno de los primeros trabajos emprendidos, la determinación de la diferencia de longitud entre Madrid y Badajoz, vértice *Reducto*, que forma parte también de la triangulación de Portugal; con esto imaginaba el General Ibáñez que los geodestas del vecino reino tendrían ocasión favorable de enlazar astronómicamente su red geodésica á la del resto del Continente, puesto que emprendidos los trabajos en España habían de proseguir sin interrupción, como así se verificó, determinándose la diferencia de longitud con París, ya directamente en 1886, ya uniendo el vértice *Desierto* con Perpiñán que á su vez y en la misma campaña (1891), fué relacionado con París; y esto sin contar con que por la célebre operación internacional del enlace astronómico-geodésico de España y Argelia

en 1879, y la poco después emprendida por el Instituto Geográfico, relativa á diferencia de longitud Madrid-Tetica, quedaba asegurada la situación del centro de la triangulación española respecto al de la francesa, ya relacionado con los correspondientes á las demás naciones europeas.

Diversas circunstancias, aparte la necesidad de ejecutarse otros trabajos de preferente atención, si no más importantes, retrasaron la ejecución de los referentes á diferencia de longitud entre los meridianos fundamentales de Madrid y Lisboa, hasta que á principios de 1896, y previa una inteligencia diplomática entre los Gobiernos de Portugal y España, se llegó á un acuerdo por el Director general del Instituto Geográfico y Estadístico, Ilmo. Sr. D. Federico Cobo de Guzmán y el Director de los trabajos geodésicos de Portugal, Excmo. Sr. General Arbués Moreira, para verificar la deseada operación astronómica en el verano de aquel año.

Convínose en que el trabajo se ejecutaría, por de pronto, sólo por geodestas españoles, y que en otra ocasión, cuando circunstancias favorables lo consintiesen, se repetiría la operación por geodestas portugueses exclusivamente. El ilustre Director general de trabajos geodésicos de Portugal ofreció para el buen resultado de la empresa todo el apoyo que su alto cargo le permitía y la Administración de Telégrafos de dicho país se apresuró también, con un celo plausible, á prestar el concurso de personal y material telegráfico necesario para la realización del trabajo. Con tan valiosa cooperación y la que muy galantemente ofrecieron y prestaron en Lisboa los Excmos. Sres. Conde d'Avila, Coronel de E. M. en la Comisión geodésica, y Campos Rodrigues, sabio Director del Real Observatorio astronómico, la misión de los geodestas españoles en la capital del vecino reino se facilitó por modo extraordinario, y es deber suyo, que cumplen gustosos y con gran satisfacción, expresar públicamente su respeto y agradecimiento á aquellos ilustres personajes.

Debiéndose, pues, efectuar la operación por el personal del Instituto Geográfico no se creyó necesario, para llevarlo á cabo, variar el sistema de trabajo que había sido empleado en épocas anteriores con excelente resultado para fines análogos; y puesto que se presentaba ocasión tan favorable, juzgóse conveniente preparar los elementos adecuados al objeto

de obtener en la misma campaña la diferencia de longitud entre Badajoz y Lisboa, con lo cual además de conseguirse otro elemento geográfico de nuestra península se obtendría un dato importante para la comprobación del resultado que se dedujera como valor directo de la diferencia de longitud entre las capitales de los dos reinos vecinos, pues era ya conocido el lado Madrid-Badajoz, por operaciones verificadas en los años 1882-83. (Tomo VI de las *Memorias del* INSTITUTO).

Preparado el material de observatorio necesario y hecha elección de las estrellas que en Madrid y Lisboa debían observarse, salió para este último punto el geodesta Sr. Borrés á principios de Agosto de 1896 con el fin de establecer la estación en sitio conveniente, mientras el geodesta Sr. Esteban, que había de observar durante el primer período en Madrid, instalaba el material de trabajo en los terrenos del Observatorio astronómico á poca distancia del pabellón del gran anteojo meridiano. Como sitio muy conveniente, y de acuerdo con el parecer del General Arbués Moreira, eligió el Sr. Borrés, para fijar su estación, el antiguo castillo de San Jorge que ofrece, por su elevación, un horizonte extenso y despejado en todas direcciones y en él se halla establecido el vértice fundamental de la triangulación portuguesa. Á poca distancia de éste y en un torreón á poniente, se instaló el pilar para el círculo meridiano con que habían de efectuarse las observaciones de longitud.

La operación se dividió en dos períodos: comprende el primero ocho noches de observación simultánea y completa en ambos vértices, ó sea, cuatro series de ocho estrellas, aparte las circumpolares, con envío y recepción de cien señales telegráficas, y tuvo lugar desde el día 8 al 22 de Septiembre. Una vez terminado, se trasladó el Sr. Esteban á Lisboa y de este punto á Madrid el Sr. Borrés, para repetir, ó mejor dicho, continuar la operación, eliminando de este modo el error de ecuación personal de los observadores. Este segundo período dió principio el 3 de Octubre y terminó el 17 del mismo mes; efectuándose también en ocho noches observaciones de igual peso que las correspondientes al primer período.

Terminado este trabajo y antes de proceder á levantar los instrumentos emplazados en la estación de Lisboa, abandonó el Sr. Borrés la de Madrid trasladándose á Badajoz en donde de antemano, y en el vértice

Reducto, se había montado el círculo meridiano núm. 3, perteneciente al Instituto Geográfico, como todo el material empleado en esta campaña; y aun cuando el propósito formado era dar principio sin pérdida de tiempo á las observaciones combinadas con Lisboa, donde seguía en estación el Sr. Esteban, lo desfavorable del tiempo retrasó algún tanto la operación, que se dió por terminada el 11 de Noviembre, después de cinco noches de observaciones de absoluta confianza para obtener la diferencia de longitud entre Lisboa y Badajoz.

Á las órdenes de los geodestas encargados de los trabajos estuvieron los Auxiliares D. Manuel Ortiz, de la clase de primeros y D. Carmelo Sanchís, de la de segundos; quienes bajo la dirección de aquéllos efectuaron también los prolijos cálculos de las observaciones. Fueron también agregados á las brigadas de trabajos, por sus respectivos superiores, el Oficial 1.° del Cuerpo de Topógrafos D. Juan Ruiz Stauroforo que tuvo á su cargo la estación de Madrid y el Oficial portugués D. J. Lázaro do Santos, que estableció y tuvo á su cuidado la de Lisboa. El Jefe de estación D. Antonio Cotrina, se encargó de la de Badajoz.

La presente Memoria contiene solamente la parte esencial de las observaciones relativas á determinación de la diferencia de longitud entre Madrid y Lisboa, deducida directamente de dos períodos iguales de trabajo: la que se refiere á Lisboa-Badajoz, se publicará en apéndice separado y en ella será ocasión de analizar los resultados de la comparación de los valores directa é indirectamente obtenidos para diferencia de longitud Madrid-Lisboa; por último, es de advertir que los cálculos fueron terminados en el mes de Julio de 1897, y aunque por circunstancias especiales no se han publicado hasta hoy las correspondientes Memorias, fueron dados á conocer los resultados de las operaciones en las Conferencias de la *Asociación geodésica internacional*, reunida en Stuttgard el mes de Agosto de 1898, en nota presentada por el delegado español.

DETERMINACIÓN

DE LA

DIFERENCIA DE LONGITUD

ENTRE

MADRID Y LISBOA

PLAN DE TRABAJO

Como el resultado de la operación ha de deducirse del conocimiento de la *hora* simultánea en las dos estaciones conjugadas, el trabajo se ha reducido á determinar astronómicamente el *estado* de los péndulos respectivos, en un momento dado, y á su comparación por medio de señales electro-telegráficas enviadas de una á otra estación. Éstas se hallaban organizadas respecto á instrumentos de una manera idéntica, y provistas de un círculo meridiano de Brunner, un péndulo de Hipp, de escape y regulador eléctrico, con el correspondiente cronógrafo y accesorios necesarios.

Se resolvió de antemano por los observadores dividir el trabajo en dos períodos de ocho noches, por lo menos; permutar de estación á mitad del trabajo y admitir como buenas, para deducir un resultado de precisión, solamente aquellas noches en que por tener cielo francamente despejado fuera permitido observar á satisfacción cuatro series de estrellas de *estado* para determinación de *hora* y efectuar un cambio completo de cien señales telegráficas, enviadas y recibidas en cada estación para comparación de péndulos.

Cada una de las cuatro series de observaciones meridianas habría de comprender las de ocho estrellas ecuatoriales y una circumpolar, por lo menos, y efectuarse en posición del círculo opuesta á la que tuviese en la serie anterior ó siguiente: se harían, pues, en cada noche tres inversiones del anteojo, procurando que en dos consecutivas se observase, siempre que fuera posible, una misma estrella circumpolar.

Para obtener la inclinación del eje del anteojo deberían hacerse dobles lecturas del nivel al principio y al fin, cuando menos, de cada serie; é igualmente se apuntaría la mira previamente instalada en cada estación, anotándose las indicaciones del tornillo micrométrico del ocular, no sólo para obtener el valor de la colimación del eje óptico, independientemente del que resultase de la observación de estrellas circumpolares, sino para cerciorarse de la invariabilidad del azimut de aquella línea ideal ó poder apreciar alguna perturbación en dicho elemento de cálculo producida á consecuencia de algún pequeño choque posible al invertir el anteojo con el aparato de cambio destinado al efecto.

Este programa fué, en todas sus partes, rigurosamente cumplido.

El hilo telegráfico que se utilizó para la trasmisión de señales fué el internacional núm. 3, directo de Madrid á Lisboa, de 5 milímetros de sección y 686 kilómetros de longitud, en perfecto estado de conservación y por el que preferentemente se cursa la correspondencia oficial y pública entre ambos países; por esta razón, y á fin de evitar el retraso en el servicio ordinario de despachos, no se creyó prudente repetir los cambios de señales en una misma noche; circunstancia que hubiera sido acaso de alguna conveniencia, pero que no se estimó de imprescindible necesidad: el cambio único efectuado en cada noche se verificó ordinariamente entre la 2.ª y 3.ª series de observación de estrellas, ejecutándose del siguiente modo: Madrid enviaba 50 señales en cinco grupos de 10. Lisboa trasmitía en seguida 50, en igual forma; pasado un minuto repetía las señales, y terminadas, determinábase la paralaje de las plumas cronográficas con la corriente de trasmisión y enviaba corriente continua á Madrid para deducir allí la paralaje con corriente de llegada: sin pérdida de tiempo Madrid enviaba, por último, 50 señales y hacía lo mismo que Lisboa para tener la paralaje de las plumas en las dos estaciones.

Los pasos de estrellas tanto ecuatoriales como circumpolares fueron registrados, lo mismo que las señales telegráficas, por un cronógrafo en cada una de las estaciones. Estos aparatos, é igualmente el Círculo meridiano y péndulo de Hipp empleados, están minuciosamente descritos en los tomos de la Colección de Memorias del Instituto, y especialmente en los VI, VII y IX donde se indican también con precisión todos los detalles sobre el procedimiento del trabajo, por cuya razón, solamente se hallará en la presente Memoria lo más esencial de las observaciones que han conducido á los resultados finales de la operación.

Procediendo como en casos análogos, debemos consignar que, aun cuando hubiera sido conveniente en grado sumo observar rigurosamente las mismas estrellas en las dos estaciones, Madrid y Lisboa, previendo las dificultades para conseguirlo y acaso la imposibilidad de realizarlo, se creyó más oportuno formar un catálogo compuesto de un número relativamente amplio de estrellas de hora, del cual cada observador, en vista de las circunstancias del momento, tomase las que fuesen de mayor conveniencia. Estas estrellas están extractadas de la *Connaissance des Temps* y del *Catálogo de Lœvy;* y para hacer concurrir todas ellas á la determinación del estado de los péndulos, se han deducido de las mismas observaciones, las correcciones que debian sufrir sus ascensiones rectas.

Respecto á las posiciones de estrellas circumpolares se han deducido también diversos valores de corrección; pero no en tan gran número que autorice admitirlos sin mayor garantía de exactitud: por este motivo se han conservado, sin variación alguna, las ascensiones rectas consignadas en la *Connaissance des Temps* y *Catálogo de Lœvy*, de que proceden las que han sido observadas.

El cuadro siguiente contiene la lista de estrellas, con las correcciones en ascensión recta que á cada una corresponde, deducidas de las propias observaciones y el número de éstas. Las letras *T* y *L* significan *Connaissance des Temps* y *Lœvy* respectivamente. *B*, indica *Berliner Ast. Jahrbuch.*

ESTRELLAS OBSERVADAS

CORRECCIONES DE LAS EFEMÉRIDES

ESTRELLAS	Catálogos.	DECLINACIÓN APROXIMADA 1896, 0.	ASCENSIÓN RECTA APROXIMADA	CORRECCIÓN EN ASCENSIÓN RECTA	NÚMERO de observaciones.
		° ′	h m	s	
29 Sagittarii	L	— 20 27	18 44	— 0,04	5
ν′ Sagittarii	L	— 22 52	48	0,00	6
θ′ Serpentis	L	+ 4 4	51	0,00	4
o Sagittarii	L	— 21 54	59	— 0,08	5
ζ Aquilæ	F	+ 13 43	19 0	+ 0,09	4
π Sagittarii	F	— 21 11	4	0,00	3
ψ Sagittarii	L	— 25 26	9	+ 0,08	6
d Sagittarii	L	— 19 8	12	0,00	7
ω Aquilæ	F	+ 11 25	13	— 0,02	4
ν Sagittarii	L	— 16 9	16	0,00	9
x′ Sagittarii	L	— 24 43	19	+ 0,02	8
δ Aquilæ	F	+ 3 55	20	— 0,02	4
β Cygni	F	+ 27 45	27	— 0,07	5
κ Aquilæ	F	— 7 15	31	— 0,03	11
σ Aquilæ	L	+ 5 10	34	— 0,01	12
β Sagittæ	L	+ 17 14	36	— 0,02	17
f Sagittarii	L	— 20 1	40	+ 0,02	19
δ Sagittæ	L	+ 18 17	43	0,00	19
η Aquilæ	L	+ 0 14	46	+ 0,02	24
ω Sagittarii	L	— 26 35	50	+ 0,01	10
β Aquilæ	F	+ 6 9	50	0,00	10
A Sagittarii	L	— 26 29	53	+ 0,02	16
γ Sagittæ	B	+ 19 23	54	— 0,09	17
c Sagittarii	F	— 28 0	56	— 0,01	9
θ Aquilæ	F	— 1 8	20 6	+ 0,01	16
α′ Capricorni	F	— 12 50	12	— 0,01	14
α² Capricorni	F	— 12 52	12	+ 0,01	3
σ Capricorni	L	— 19 27	13	+ 0,04	13
β² Capricorni	F	— 15 6	15	0,00	17
23 Hevelius	L	+ 5 1	18	— 0,08	19
ρ Capricorni	F	— 18 9	23	+ 0,04	21
69 Aquilæ	L	— 3 14	24	+ 0,01	15
ε Delphini	L	+ 10 57	28	— 0,02	23
β Delphini	L	+ 14 14	33	+ 0,01	9

ESTRELLAS OBSERVADAS

CORRECCIONES DE LAS EFEMÉRIDES

ESTRELLAS	Catálogos	DECLINACIÓN APROXIMADA 1896, 0.			ASCENSIÓN RECTA APROXIMADA		CORRECCIÓN EN ASCENSIÓN RECTA	NÚMERO de observaciones
			°	′	h	m	s	
α Delphini	F	+	15	33	20	35	— 0,12	13
φ Capricorni	F	—	25	39		40	+ 0,02	14
3 Aquarii	F	—	5	24		42	+ 0,02	22
15 Delphini	L	+	22	10		45	— 0,01	17
μ Aquarii	F	—	9	22		47	0,00	20
19 Capricorni	L	—	18	19		49	+ 0,02	17
16 Delphini	L	+	12	10		51	— 0,04	12
21 Capricorni	L	—	17	56		55	+ 0,02	14
η Capricorni	L	—	20	16		59	+ 0,03	10
θ Capricorni	L	—	17	39	21	0	+ 0,02	12
27 Capricorni	L	—	20	58		4	+ 0,03	22
γ Equulei	L	+	9	43		5	— 0,02	23
ζ Cygni	L	+	29	48		9	— 0,03	19
α Equulei	L	+	4	49		11	0,00	27
30 Capricorni	L	—	18	25		12	0,00	24
ι Capricorni	L	—	17	17		17	— 0,11	23
ζ Capricorni	F	—	22	51		21	0,00	9
δ Capricorni	L	—	22	16		23	— 0,02	7
β Aquarii	F	—	6	1		26	— 0,01	13
ε Capricorni	L	—	19	36		32	+ 0,06	17
α Aquarii	L	+	1	47		34	+ 0,01	19
η Capricorni	L	—	19	20		37	+ 0,03	16
ι Pegasi	F	+	9	24		39	— 0,09	17
δ Capricorni	F	—	16	36		41	+ 0,03	15
μ Capricorni	L	—	14	2		48	+ 0,03	12
29 Aquarii	L	—	17	28		57	— 0,03	24
π Aquarii	F	—	0	49	22	1	+ 0,03	27
ι Pegasi	L	+	24	50		2	— 0,01	24
θ Pegasi	L	—	5	41		5	+ 0,01	25
41 Aquarii	L	—	21	33		9	+ 0,03	23
θ Aquarii	F	—	8	18		11	— 0,01	21
45 Aquarii	L	—	13	49		13	0,00	18
γ Aquarii	F	—	1	54		16	— 0,07	16
50 Aquarii	L	—	15	7		19	— 0,01	10

ESTRELLAS OBSERVADAS

CORRECCIONES DE LAS EFEMÉRIDES

ESTRELLAS	Catálogos.	DECLINACIÓN APROXIMADA 1896, 0.	ASCENSIÓN RECTA APROXIMADA	CORRECCIÓN EN ASCENSIÓN RECTA	NÚMERO de observaciones.
		° ′	h m	s	
ϑ Aquarii	L	— 11 12	22 25	+ 0,01	11
η Aquarii	F	— 0 39	30	+ 0,02	16
ζ Pegasi	F	+ 10 18	36	+ 0,02	22
ζ^2 Aquarii	L	— 20 9	42	+ 0,01	20
ζ^3 Aquarii	L	— 14 8	44	— 0,01	22
λ Aquarii	F	— 8 8	47	+ 0,03	20
δ Aquarii	F	— 16 27	49	0,00	17
α Piscis australis	F	— 30 10	52	— 0,03	9
α Pegasi	F	+ 14 39	23 11	— 0,03	15
58 Pegasi	L	+ 9 16	5	— 0,03	21
φ Aquarii	L	— 6 37	9	+ 0,02	19
ϊ Piscium	F	+ 2 43	12	+ 0,01	16
96 Aquarii	L	— 5 41	14	0,00	2
ψ^{10} Aquarii	L	— 10 11	14	+ 0,06	8
ι Pegasi	B	+ 23 11	16	— 0,08	20
η Piscium	F	+ 0 42	22	— 0,04	11
70 Pegasi	B	+ 12 12	24	— 0,02	11
ϊ Piscium	F	+ 3 4	35	— 0,03	13
102 Aquarii	B	— 15 7	37	— 0,03	7
19 Piscium	L	+ 2 55	41	+ 0,02	10
21 Piscium	L	+ 0 30	44	+ 0,03	8
22 Piscium	L	+ 2 21	47	— 0,02	6
27 Piscium	L	— 4 8	53	+ 0,02	8
29 Piscium	L	— 3 36	57	+ 0,05	8
33 Piscium	L	— 6 17	0 0	+ 0,01	6
4 Ceti	L	— 3 8	2	— 0,01	5
17 B. A. C.	L	— 3 50	5	— 0,10	5
ϊ Pegasi	F	+ 14 37	8	— 0,03	5
35 Piscium	L	+ 8 14	10	+ 0,04	3
37 B. A. C.	L	+ 1 7	13	+ 0,10	3
ι Ceti	B	— 9 24	14	— 0,21	1
42 Piscium	L	+ 12 54	17	— 0,08	1
44 Piscium	L	+ 1 22	20	+ 0,03	3
12 Ceti	F	— 4 31	25	— 0,04	1

ESTRELLAS OBSERVADAS

CORRECCIONES DE LAS EFEMÉRIDES

ESTRELLAS	Catálogos	DECLINACIÓN APROXIMADA 1890, 0.	ASCENSIÓN RECTA APROXIMADA	CORRECCIÓN EN ASCENSIÓN RECTA	NÚMERO de observaciones.
		° ′	h m	s	
51 Piscium	L	+ 6 23	0 27	— 0,06	1
13 Ceti	F	— 4 9	30	— 0,01	1
15 Ceti	L	— 1 4	32	+ 0,10	1
55 Piscium	F	+ 20 52	35	— 0,03	3
β Ceti	L	— 18 33	38	+ 0,02	2
58 Piscium	L	+ 11 24	42	+ 0,02	2
δ Piscium	F	+ 7 2	43	— 0,00	2
20 Ceti	L	— 1 42	47	+ 0,03	2
73 Piscium	L	+ 5 6	1 0	— 0,02	2

ESTACIÓN DE MADRID

PRIMER PERÍODO..... Observador: A. ESTEBAN

SEGUNDO PERÍODO..... Observador: J. BORRÉS

OBSERVATORIO.—El pilar de mampostería que sustentaba el anteojo meridiano fué el que, de larga fecha, se halla establecido para las operaciones de latitud y longitud efectuadas por el INSTITUTO GEOGRÁFICO; y está situado al Este y á distancia de $32^m,45$ de la meridiana central del Observatorio astronómico: la latitud geográfica adoptada en los cálculos ha sido: $40^\circ\ 24'\ 29'',8$. La barraca portátil de madera utilizada en anteriores campañas y conocida por la descripción hecha de ella en anteriores Memorias, sirvió de pabellón de trabajo, y muy inmediata á ella colocóse otra de la misma forma y dimensiones en la que se instaló la estación telegráfica y las pilas eléctricas de elementos Meidinger para el servicio local; la batería de línea se montó en sitio apartado, pero conveniente y seguro, para poder ser revisada en cualquier momento.

INSTRUMENTOS.—El círculo meridiano utilizado fué el que lleva la marca número 1 de los construídos para el INSTITUTO en los talleres de Brunner en 1880: la mira se instaló hacia el Sur sobre un pilarcito de mampostería y á la altura del eje de rotación del anteojo del que distaba próximamente 50 metros y en el foco precisamente de una lente que se fijó á la misma altura y muy próxima á la barraca.

El péndulo que funcionó en esta estación fué el señalado con el núm. 2, de regulador y cuadrante eléctricos, construído por Hipp; y el cronógrafo empleado fué el núm. 1, de Fuess.

De todos estos instrumentos se hizo una detallada descripción en el tomo VI de las MEMORIAS DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO.

CONSTANTES INSTRUMENTALES DEL CÍRCULO MERIDIANO DE BRUNNER NÚM. 1

a) Distancia de los hilos fijos del retículo al promedio ideal.—Durante el primer periodo del trabajo, se hicieron en nueve noches de observación coincidencias repetidas del hilo móvil con cada uno de los catorce hilos horarios para deducir, de las correspondientes lecturas y el valor de la vuelta del tornillo micrométrico, los intervalos ecuatoriales, obteniéndose los resultados siguientes referidos á la posición C. E: caso en que la imagen, en el paso superior, cruza el campo del anteojo pasando por todos los hilos del I al XIV y aparentemente de derecha á izquierda del observador.

I.....	+ 4,932	XIV.....	— 4,915
II.....	+ 4,244	XIII.....	— 4,244
III.....	+ 3,575	XII.....	— 3,573
IV.....	+ 2,638	XI.....	— 2,636
V.....	+ 1,958	X.....	— 1,969
VI.....	+ 1,275	IX.....	— 1,273
VII.....	+ 0,319	VIII.....	— 0,333

Comparando estos números con los obtenidos en años anteriores se ve que no ha habido alteración alguna en la posición de los hilos respecto á la deducida en otras épocas, y que podrian haberse empleado los valores entonces hallados; pero sistematizado el procedimiento de observación, éstas han sido las constantes utilizadas en el trabajo actual.

b) Valor de una vuelta del tornillo micrométrico del ocular.—Por gran número de observaciones de circumpolares estaba ya de antemano determinada la amplitud angular correspondiente á una revolución del tornillo micrométrico, y por lo mismo, no eran imprescindibles otras nuevas conducentes á igual fin; sin embargo, se han aprovechado algunas estrellas horarias observadas en los días de trabajo para deducir de nuevo ese elemento de cálculo que resultó sensiblemente el mismo ya empleado en años anteriores, este valor es:

$$K = 7^s,194.$$

c) Valor angular de una división del nivel.—No se hicieron en esta campaña determinaciones especiales de esta constante; pero puede aceptarse sin vacilación el siguiente valor, por hallarse suficientemente estudiado el nivel en años anteriores:

$$1^d = 0^s,120.$$

d) Muñones del eje de giro del anteojo.—Los valores de la inclinación del eje obtenidos para correcciones de los tiempos de pasos de las estrellas se han utilizado también para deducir la desigualdad de los muñones que coincide, dentro de los límites de observación, con la deducida en otras ocasiones, puesto que en el primer período obtuvo el Sr. Esteban, de treinta determinaciones:

$$\frac{1}{4}(\beta_e - \beta_o) = -0^s,011$$

y durante el segundo, halló el Sr. Borrés, de veinte valores:

$$\frac{1}{4}(\beta_e - \beta_o) = -0^s,015.$$

CÁLCULO DE LAS OBSERVACIONES

Para la determinación de hora se adoptó en Madrid y Lisboa, en ambos períodos, la fórmula fundamental de Mayer, expresada así:

$$\alpha = T + C_t + a\,\frac{\operatorname{sen}(\varphi - \delta)}{\cos\delta} + b\,\frac{\cos(\varphi - \delta)}{\cos\delta} + \frac{c - x}{\cos\delta};$$

en la que α y δ indican, respectivamente, la ascensión recta y la declinación de la estrella observada; T, el tiempo ú hora que el péndulo sidéreo marca en el momento del paso de la estrella por el hilo promedio; C_t, la corrección del péndulo en ese instante mismo; φ, la latitud del punto en que se opera; a, el azimut y c, la colimación del eje óptico del anteojo; b, la inclinación del eje de giro del instrumento, y x, el efecto de aberración diurna de la luz.

ERRORES INSTRUMENTALES

Inclinación.—Por regla general, conforme queda dicho anteriormente, se niveló dos veces en cada serie; al principio y al fin; pero si por circunstancias especiales se prolongaba aquélla más tiempo del estrictamente preciso, se hacían también lecturas intermedias del nivel para apreciar las variaciones de inclinación; de todos modos, y no presentándose éstas de un modo anormal, se admitía para valor de la inclinación del eje en toda la serie el promedio de las obtenidas; el cuadro siguiente presenta los que resultaron conforme á ese sistema y que entran como factores en los cálculos sucesivos.

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO

Primer período — Observador: ESTEBAN

FECHAS — 1896.	Posición del círculo	Valor de δ en tiempo	FECHAS — 1896.	Posición del círculo	Valor de δ en tiempo
8 de septiembre.....	E.	+ 0,111	14 de septiembre.....	E.	+ 0,108
—	O.	+ 0,086	—	O.	+ 0,205
—	E.	+ 0,065	—	E.	+ 0,182
—	O.	+ 0,076	—	O.	+ 0,187
9 id.....	O.	+ 0,176	15 id.....	O.	+ 0,049
—	E.	+ 0,107	—	E.	+ 0,048
—	O.	+ 0,083	—	O.	+ 0,074
—	E.	+ 0,068	—	E.	+ 0,020
10 id.....	E.	+ 0,096	20 id.....	E.	+ 0,095
—	O.	+ 0,172	—	O.	+ 0,106
—	E.	+ 0,149	—	E.	+ 0,065
11 id.....	E.	+ 0,159	—	O.	+ 0,089
—	O.	+ 0,151	21 id.....	O.	+ 0,173
—	E.	+ 0,146	—	E.	+ 0,199
12 id.....	E.	+ 0,188	—	O.	+ 0,188
—	O.	+ 0,055	—	E.	+ 0,083
13 id.....	O.	+ 0,218	22 id.....	E.	+ 0,174
—	E.	+ 0,224	—	O.	+ 0,171
—	O.	+ 0,175	—	E.	+ 0,158
—	E.	+ 0,147	—	O.	+ 0,166

Segundo período — Observador: BORRÉS

FECHAS — 1896.	Posición del círculo	Valor de δ en tiempo	FECHAS — 1896.	Posición del círculo	Valor de δ en tiempo
3 de octubre.....	O.	— 0,017	11 de octubre.....	O.	+ 0,086
—	E.	— 0,155	—	E.	+ 0,033
—	O.	— 0,083	—	O.	+ 0,171
—	E.	— 0,174	—	E.	— 0,007
5 id.....	E.	+ 0,004	13 id.....	E.	— 0,012
—	O.	— 0,008	—	O.	+ 0,039
—	E.	— 0,008	—	E.	— 0,034
—	O.	+ 0,018	—	O.	— 0,023
6 id.....	O.	— 0,017	14 id.....	O.	+ 0,049
—	E.	— 0,106	—	E.	— 0,045
—	O.	— 0,027	—	O.	+ 0,020
—	E.	— 0,128	—	E.	— 0,077
7 id.....	E.	+ 0,052	17 id.....	E.	+ 0,109
—	O.	+ 0,023	—	O.	+ 0,123
—	E.	+ 0,018	—	E.	+ 0,049
—	O.	+ 0,068	—	O.	+ 0,071

Colimación. — Se obtuvo por dos procedimientos: por punterías á la mira y por observación de pasos de estrellas circumpolares en posiciones inversas del anteojo. Las fórmulas de cálculo, según el método empleado, fueron: en el primer caso,

$$C = \pm K(V_e - V_m) \begin{cases} + \text{Círculo al E.} \\ - \text{Círculo al O.} \end{cases}$$

y en el segundo,

$$C_{Rete} = \mp \frac{t_e - t_o}{2 \operatorname{sen} \delta} \mp \frac{b_e - b_o}{2} \cos(\varphi \mp \delta) \begin{cases} \text{P. S.} \\ \text{P. I.} \end{cases}$$

Con los valores obtenidos se han formado los cuadros que van á continuación:

COLIMACIÓN DEL EJE ÓPTICO

Primer período — Observador: ESTEBAN

FECHAS — 1896.	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	COLIMACIÓN		DIFERENCIA
		POLAR	FÍSICA	
		s	s	s
8 septiembre.....	λ Ursæ minoris. P. S.....	— 0,010	— 0,043	+ 0,033
9 —	2320 B. A. C. P. I.....	+ 0,026	— 0,086	+ 0,114
10 —	λ Ursæ minoris. P. S.....	— 0,031	— 0,058	— 0,027
11 —	λ Ursæ minoris. P. S.....	+ 0,032	— 0,058	+ 0,090
12 —	λ Ursæ minoris. P. S.....	+ 0,040	— 0,014	+ 0,054
13 —	λ Ursæ minoris. P. S.....	— 0,023	— 0,029	+ 0,006
1 —	7169 B. A. C. P. S.....	— 0,041	»	— 0,012
14 —	2320 B. A. C. P. I.....	— 0,015	— 0,050	+ 0,035
15 —	2320 B. A. C. P. I.....	+ 0,006	— 0,022	+ 0,028
20 —	—	»	— 0,043	»
21 —	2320 B. A. C. P. I.....	— 0,031	— 0,002	— 0,029
22 —	2320 B. A. C. P. I.....	+ 0,022	— 0,022	+ 0,034
	Promedios.....	— 0,005	— 0,041	+ 0,035

Considerando como puramente fortuitas las pequeñas diferencias que se advierten en los valores particulares y no como expresión exacta de las variaciones sufridas por la colimación se puede, sin inconveniente alguno, suponer que ésta ha permanecido inalterable durante el tiempo que abarca el período

primero de las observaciones, y admitir como valor único el promedio de las cantidades que se deducen por uno y otro sistema, ó sea: $-0^s,023$; y teniendo en cuenta el efecto de la aberración diurna de la luz, $\chi = 0^s,021 \cos \varphi$, el término $\epsilon - \chi$ de la fórmula fundamental, queda reducido á los siguientes:

$-0^s,039$ para la posición C. E
$+0,007$ para la posición C. O.

Merece llamar la atención el valor $+0^s,035$ que expresa la diferencia entre la colimación obtenida por observación de circumpolares y de la mira, pues coincide muy aproximadamente con la obtenida siempre con este mismo instrumento en diferentes épocas y por distintos observadores. Véase la página 21 del Tomo XI de las Memorias del Instituto Geográfico.

COLIMACIÓN DEL EJE ÓPTICO

Segundo período — Observador: Borrés

FECHAS — 1896.	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	COLIMACIÓN		DIFERENCIA
		POLAR	MÍRICA	
3 octubre	—	»	— 0,036	»
5 —	7504 B. A. C. P. S.	— 0,019	— 0,050	+ 0,031
5 —	3441 Carrington P. S.	— 0,026	»	+ 0,024
6 —	7504 B. A. C. P. S.	— 0,041	— 0,058	+ 0,017
7 —	7269 B. A. C. P. S.	— 0,020	— 0,043	+ 0,033
9 —	7504 B. A. C. P. S.	— 0,013	»	+ 0,030
9 —	3441 Carrington P. S.	— 0,015	»	+ 0,025
11 —	—	»	— 0,022	»
13 —	—	»	— 0,022	»
14 —	—	»	— 0,007	»
17 —	—	»	— 0,014	»
	Promedios	— 0,021	— 0,031	+ 0,027

Demuestra el anterior *estado* que tampoco en este período ha tenido alteración notable la colimación y que los valores deducidos son, próximamente iguales á los en el período anterior resultantes, puesto que el promedio $-0^s,026$ que deduce el Sr. Borrés apenas difiere del que resulta de las observaciones del

Sr. Esteban; respecto á la diferencia de colimación física y polar, se ve una vez más el efecto de la flexión traduciéndose en una cifra casi igual.

Para la reducción de las observaciones de hora, teniendo en cuenta el valor de la aberración diurna de la luz, $0^s,021 \cos \varphi$, se han aplicado estos números como expresión del término $c - \chi$:

$-0^s,042$	para la posición C. E.
$+0,010$	para la posición C. O.

Azimut del eje óptico.—Se dedujo provisionalmente de la observación de cada estrella circumpolar combinada con la de una de *estado* próxima al ecuador y correspondiente á la misma serie; el azimut de la mira se obtiene fácilmente por medio de la fórmula:

$$A = a \pm K (V_0 - M) \begin{cases} E. \\ O. \end{cases}$$

en la que a, representa el azimut del eje óptico obtenido por cada circumpolar; K, el valor de una vuelta del tornillo micrométrico, expresado en tiempo; V_0, la lectura correspondiente al hilo de colimación nula, y M, la de la mira en la posición del círculo que se considere. Los números que á cada uno de estos símbolos se refieren en los diversos días de operación, forman el siguiente cuadro cuya última columna encierra el resumen de los valores de A.

AZIMUT DE LA MIRA

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

FECHAS — 1896.	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	POSICIÓN DEL CÍRCULO	*a*	K (V_0—M)	A	PROMEDIOS
8 de septiembre...	λ. Ursæ minoris.....	E.	— 0,039	— 1,475	— 1,514	
	λ. Ursæ minoris.....	O.	+ 0,006	— 1,475	— 1,469	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,064	— 1,475	— 1,539	— 1,496
	7169 B. A. C.....	E.	+ 0,039	— 1,489	— 1,450	
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,027	— 1,496	— 1,523	
9 id.....	λ. Ursæ minoris.....	O.	— 0,010	— 1,438	— 1,448	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,049	— 1,438	— 1,487	
	2320 B. A. C.....	E.	— 0,064	— 1,431	— 1,495	— 1,472
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,017	— 1,460	— 1,443	
	3441 Carrington.....	E.	+ 0,016	— 1,489	— 1,473	
10 id.....	λ. Ursæ minoris.....	E.	— 0,039	— 1,424	— 1,463	
	λ. Ursæ minoris.....	O.	— 0,014	— 1,424	— 1,438	— 1,450
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,042	— 1,424	— 1,466	
11 id.....	51 Cephei.....	E.	+ 0,077	— 1,475	— 1,398	
	λ. Ursæ minoris.....	E.	— 0,030	— 1,475	— 1,505	
	λ. Ursæ minoris.....	O.	+ 0,053	— 1,475	— 1,422	— 1,437
	7169 B. A. C.....	E.	+ 0,022	— 1,475	— 1,453	
12 id.....	51 Cephei.....	E.	+ 0,004	— 1,431	— 1,427	
	λ. Ursæ minoris.....	E.	— 0,044	— 1,431	— 1,475	— 1,440
	λ. Ursæ minoris.....	O.	+ 0,034	— 1,424	— 1,390	
13 id.....	λ. Ursæ minoris.....	O.	+ 0,049	— 1,445	— 1,396	
	λ. Ursæ minoris.....	E.	+ 0,037	— 1,460	— 1,423	
	7169 B. A. C.....	O.	+ 0,061	— 1,469	— 1,408	— 1,412
	3441 Carrington.....	E.	+ 0,048	— 1,467	— 1,419	
14 id.....	λ. Ursæ minoris.....	E.	+ 0,037	— 1,417	— 1,380	
	2320 B. A. C.....	E.	— 0,005	— 1,417	— 1,422	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,052	— 1,381	— 1,433	— 1,407
	7504 B. A. C.....	E.	— 0,090	— 1,389	— 1,479	
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,072	— 1,410	— 1,339	
15 id.....	λ. Ursæ minoris.....	O.	+ 0,024	— 1,481	— 1,457	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,006	— 1,481	— 1,487	
	2320 B. A. C.....	E.	— 0,091	— 1,438	— 1,529	— 1,468
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,019	— 1,410	— 1,391	
	3441 Carrington.....	E.	— 0,035	— 1,418	— 1,453	
20 id.....	λ. Ursæ minoris.....	E.	+ 0,037	— 1,431	— 1,394	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,109	— 1,431	— 1,540	
	7169 B. A. C.....	E.	— 0,025	— 1,431	— 1,456	— 1,474
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,157	— 1,431	— 1,274	
21 id.....	λ. Ursæ minoris.....	O.	+ 0,024	— 1,423	— 1,399	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,098	— 1,423	— 1,521	
	2320 B. A. C.....	E.	+ 0,009	— 1,431	— 1,422	— 1,431
	8213 B. A. C.....	E.	+ 0,022	— 1,424	— 1,402	
22 id.....	2300 B. A. C.....	E.	— 0,021	— 1,423	— 1,424	
	λ. Ursæ minoris.....	E.	0,000	— 1,423	— 1,423	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,067	— 1,423	— 1,490	— 1,425
	7504 B. A. C.....	E.	— 0,173	— 1,423	— 1,596	
	3441 Carrigton.....	O.	+ 0,189	— 1,423	— 1,234	

Las diferencias que se notan entre los valores que forman la columna final del cuadro anterior, son suficientemente pequeñas para poder admitir que la mira ha permanecido invariable durante el período de observación, y no se padecerá error de importancia al suponer, como se hizo, un valor único para azimut de la mira, promedio de todos los hallados ó sea:

$$A = -1^{s},440.$$

Con este número aplicado á la fórmula

$$a = A \mp K (V_0 - M)$$

se ha obtenido el azimut del eje óptico que corresponde á cada una de las series de observación en las diversas posiciones del anteojo, y cuyos números entran como factores en la fórmula fundamental para deducir la corrección del péndulo. He aquí los valores á que se hace relación:

AZIMUT DEL EJE ÓPTICO

Primer período — Observador: ESTEBAN

FECHAS — 1 896.	SERIES	POSICIÓN	AZIMUT	FECHAS — 1 896.	SERIES	POSICIÓN	AZIMUT
			s				s
8 de septiembre...	1.ª	E.	+ 0,035	14 de septiembre...	1.ª	E.	— 0,023
	2.ª	O.	+ 0,035		2.ª	O.	— 0,059
	3.ª	E.	+ 0,049		3.ª	E.	— 0,051
	4.ª	O.	+ 0,056		4.ª	O.	— 0,030
9 id.....	1.ª	O.	— 0,002	15 id.....	1.ª	O.	+ 0,041
	2.ª	E.	— 0,009		2.ª	E.	— 0,002
	3.ª	O.	+ 0,020		3.ª	O.	— 0,030
	4.ª	E.	+ 0,049		4.ª	E.	— 0,022
10 id.....	1.ª	E.	+ 0,016	20 id.....	1.ª	E.	— 0,009
	2.ª	O.	+ 0,016		2.ª	O.	— 0,009
	3.ª	E.	+ 0,016		3.ª	E.	— 0,009
11 id.....	1.ª	E.	+ 0,035		4.ª	O.	— 0,009
	2.ª	O.	+ 0,035	21 id.....	1.ª	O.	— 0,017
	3.ª	E.	+ 0,035		2.ª	E.	— 0,009
12 id.....	1.ª	E.	— 0,009		3.ª	O.	— 0,016
	2.ª	O.	— 0,016		4.ª	E.	— 0,016
13 id.....	1.ª	O.	+ 0,005	22 id.....	1.ª	E.	— 0,017
	2.ª	E.	+ 0,020		2.ª	O.	— 0,017
	3.ª	O.	+ 0,027		3.ª	E.	— 0,017
	4.ª	E.	+ 0,027		4.ª	O.	— 0,017

Los elementos de observación y cálculo relativos á la determinación del azimut de la mira durante el segundo periodo, se exponen en el cuadro siguiente:

AZIMUT DE LA MIRA

Segundo período — Observador: BORRÉS

FECHAS 1896.	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	POSICIÓN DEL CÍRCULO	a	K (V_0—M)	A	PROMEDIOS
			s	s	s	
3 de octubre.....	7169 B. A. C.....	O.	+ 0,243	— 1,518	— 1,275	
	76 Draconis.....	E.	+ 0,178	— 1,489	— 1,311	
	7504 B. A. C.....	E.	+ 0,184	— 1,489	— 1,305	— 1,318
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,184	— 1,489	— 1,305	
	8213 B. A. C.....	E.	+ 0,124	— 1,518	— 1,394	
5 id.....	2320 B. A. C.....	E.	— 0,971	— 0,396	— 1,367	
	7169 B. A. C.....	E.	— 1,017	— 0,396	— 1,413	
	7504 B. A. C.....	O.	— 0,989	— 0,432	— 1,421	— 1,390
	3441 Carrington.....	E.	— 0,901	— 0,482	— 1,383	
	3441 Carrington.....	O.	— 0,905	— 0,460	— 1,365	
6 id.....	7169 B. A. C.....	O.	— 0,014	— 1,331	— 1,345	
	7504 B. A. C.....	E.	— 0,051	— 1,338	— 1,389	— 1,389
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,015	— 1,358	— 1,373	
	8213 B. A. C.....	E.	— 0,019	— 1,432	— 1,451	
7 id.....	2320 B. A. C.....	E.	+ 0,226	— 1,647	— 1,421	
	7169 B. A. C.....	E.	+ 0,240	— 1,647	— 1,407	
	7169 B. A. C.....	O.	+ 0,309	— 1,633	— 1,324	— 1,380
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,280	— 1,633	— 1,353	
	3441 Carrington.....	E.	+ 0,272	— 1,647	— 1,375	
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,290	— 1,691	— 1,401	
11 id.....	7169 B. A. C.....	O.	+ 0,289	— 1,597	— 1,408	
	7504 B. A. C.....	E.	+ 0,251	— 1,626	— 1,375	— 1,364
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,297	— 1,640	— 1,343	
	8213 B. A. C.....	E.	+ 0,281	— 1,611	— 1,330	
13 id.....	7169 B. A. C.....	E.	+ 0,384	— 1,683	— 1,299	
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,393	— 1,705	— 1,312	— 1,326
	3441 Carrington.....	E.	+ 0,355	— 1,719	— 1,364	
	8213 B. A. C.....	O.	+ 0,421	— 1,719	— 1,298	
14 id.....	7169 B. A. C.....	O.	+ 0,436	— 1,820	— 1,384	
	1 Draconis.....	E.	+ 0,474	— 1,827	— 1,353	— 1,392
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,446	— 1,827	— 1,381	
	8213 B. A. C.....	E.	+ 0,378	— 1,827	— 1,449	
17 id.....	7169 B. A. C.....	E.	+ 0,007	— 1,475	— 1,268	
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,022	— 1,460	— 1,438	— 1,289
	3441 Carrington.....	E.	+ 0,164	— 1,460	— 1,296	
	8213 B. A. C.....	O.	+ 0,115	— 1,468	— 1,353	

Suponiendo constante el azimut de la mira, el correspondiente al eje óptico del anteojo para cada serie de observación de estrellas horarias, se ha deducido introduciendo en la fórmula adecuada el número $-1^s,356$, promedio de los ocho que forman la última columna del estado anterior.

Así ha resultado el siguiente cuadro:

AZIMUT DEL EJE ÓPTICO

Segundo período — Observador: BORRÉS

FECHAS — 1896.	SERIES	POSICIÓN	AZIMUT	FECHAS — 1896.	SERIES	POSICIÓN	AZIMUT
			s				s
3 de octubre.....	1.ª	O.	+ 0,163	11 de octubre.....	1.ª	O.	+ 0,242
	2.ª	E.	+ 0,134		2.ª	E.	+ 0,271
	3.ª	O.	+ 0,134		3.ª	O.	+ 0,285
	4.ª	E.	+ 0,163		4.ª	E.	+ 0,256
5 id.....	1.ª	E.	— 0,959	13 id.....	1.ª	E.	+ 0,398
	2.ª	O.	— 0,923		2.ª	O.	+ 0,350
	3.ª	E.	— 0,873		3.ª	E.	+ 0,364
	4.ª	O.	— 0,892		4.ª	O.	+ 0,364
6 id.....	1.ª	O.	— 0,024	14 id.....	1.ª	O.	+ 0,465
	2.ª	E.	— 0,017		2.ª	E.	+ 0,472
	3.ª	O.	+ 0,033		3.ª	O.	+ 0,472
	4.ª	E.	+ 0,027		4.ª	E.	+ 0,472
7 id.....	1.ª	E.	+ 0,292	17 id.....	1.ª	E.	+ 0,120
	2.ª	O.	+ 0,278		2.ª	O.	+ 0,105
	3.ª	E.	+ 0,292		3.ª	E.	+ 0,105
	4.ª	O.	+ 0,336		4.ª	O.	+ 0,113

Obtenidos ya los elementos de cálculo necesarios, insertos en las anteriores páginas, fácil es deducir, por la introducción de aquéllos en la fórmula de Mayer, la corrección del péndulo correspondiente á una estrella determinada. Á continuación se consignan los resultados hallados en cada día y expuestos en la forma acostumbrada en estos casos. Las letras que encabezan las columnas indican: P, la posición del círculo; H, el número de hilos del retículo en que fué observada la estrella; T, la hora del paso por el hilo promedio ideal, corregida de la paralaje de la pluma cronográfica; C, la suma de las correcciones por inclinación, colimación y azimut; T_c, la hora corregida; $\mathbb{R}$, la ascensión recta de la estrella, y C_p, la corrección deducida para el péndulo.

ESTACIÓN DE MADRID

8 de septiembre de 1896.

PRIMER PERIODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_p
			h m s	s	s	s	s
φ Sagittarii	E	14	19 9 32,62	— 0,05	32,57	13,91	— 18,66
d Sagittarii	E	14	11 55,63	— 0,04	55,59	36,87	72
υ Sagittarii	E	13	16 8,76	— 0,05	8,71	50,03	68
x Sagittarii	E	14	19 19,59	— 0,05	19,54	0,86	68
λ Ursæ minoris. (P. S.)	E	10	26 45,40	+ 3,53	48,93	30,43	»
β¹ Cygni	E	14	26 53,00	— 0,01	52,99	34,38	61
χ Aquilæ	E	14	31 40,14	— 0,04	40,10	21,42	68
σ Aquilæ	E	14	34 25,67	— 0,03	25,64	6,98	66
β Sagittæ	E	14	36 44,42	— 0,01	44,41	25,75	66
λ Ursæ minoris. (P. S.)	O	10	19 26 45,32	+ 5,18	50,50	30,43	»
η Aquilæ	O	14	47 32,72	+ 0,01	32,73	14,00	— 18,73
β Aquilæ	O	14	50 34,31	0,00	34,31	15,68	63
A Sagittarii	O	14	53 0,06	— 0,01	0,05	41,34	71
γ Sagittæ	O	10	54 29,69	0,00	29,69	11,03	66
r Sagittarii	O	13	56 38,90	— 0,01	38,89	20,18	71
2320 B. A. C. (P. I.)	O	10	54 26,18	— 5,10	21,08	4,27	»
α² Capricorni	O	14	20 12 39,81	— 0,01	39,80	21,01	79
β² Capricorni	O	14	15 32,77	— 0,01	32,76	14,11	65
23 Hevelius	O	14	18 23,62	0,00	23,62	5,02	60
ε Delphini	E	14	20 28 36,83	— 0,05	36,78	18,06	— 18,72
7169 B. A. C. (P. S.)	E	10	33 43,28	+ 0,15	43,43	24,76	»
α Delphini	E	14	35 20,49	— 0,06	20,43	51,80	63
3 Aquarii	E	14	42 37,63	— 0,06	37,57	18,84	73
15 Delphini	E	14	44 2,67	— 0,06	2,61	43,89	72
μ Aquarii	E	12	47 25,37	— 0,06	25,31	6,65	66
19 Capricorni	E	14	49 18,29	— 0,06	18,23	59,49	74
α Equulei	E	14	21 11 0,05	— 0,06	59,99	41,20	79
30 Capricorni	E	14	12 30,44	— 0,06	30,38	11,60	78
ζ Capricorni	O	14	21 21 7,02	+ 0,07	7,09	48,24	— 18,85
δ Capricorni	O	11	23 10,79	+ 0,07	10,86	52,04	82
7304 B. A. C. (P. S.)	O	10	20 41,49	+ 1,58	43,07	22,79	»
d Aquarii	O	14	34 39,24	+ 0,07	39,31	20,47	84
x Capricorni	O	14	37 14,27	+ 0,06	14,33	55,42	91
ε Pegasi	O	14	39 27,14	+ 0,06	27,20	8,33	85
δ Capricorni	O	14	41 41,11	+ 0,06	41,17	22,30	87
29 Aquarii	O	14	57 8,15	+ 0,06	8,21	49,33	88
α Aquarii	O	14	22 0 49,23	+ 0,07	49,30	30,47	83

ESTACIÓN DE MADRID

9 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_p
			h m s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)	O	10	19 26 40,58	+ 6,78	47,36	29,31	»
χ Aquilæ	O	14	31 40,52	+ 0,02	40,54	91,41	— 19,13
σ Aquilæ	O	14	34 26,03	+ 0,05	26,08	6,97	11
β Sagittæ	O	14	36 44,79	+ 0,08	44,87	25,74	13
/ Sagittarii	O	14	40 41,00	0,00	41,00	21,77	23
δ Sagittæ	O	14	43 7,12	+ 0,08	7,20	48,07	13
η Aquilæ	O	14	47 33,12	+ 0,04	33,16	13,98	18
β Aquilæ	O	14	50 34,75	+ 0,05	34,80	15,66	14
γ Sagittæ	O	14	54 30,13	+ 0,08	30,21	11,01	20
2320 B. A. C. (P. I.)	O	10	54 30,25	— 6,43	23,82	5,36	»
2320 B. A. C. (P. I.)	E	10	19 54 28,28	— 1,23	27,05	5,36	»
σ Capricorni	E	13	20 13 47,06	— 0,09	46,97	27,74	— 19,23
β^2 Capricorni	E	14	15 33,42	— 0,09	33,32	14,10	22
23 Hevelius	E	14	18 54,21	— 0,06	54,15	5,01	14
69 Aquilæ	E	14	24 35,88	— 0,07	35,81	16,60	21
ε Delphini	E	14	28 37,37	— 0,06	37,31	18,05	26
β Delphini	E	14	33 2,88	— 0,04	2,84	43,69	15
α Delphini	E	14	35 10,95	— 0,04	10,91	51,79	12
φ Capricorni	E	14	40 20,03	— 0,10	19,93	0,75	18
30 Capricorni	O	14	21 12 30,99	— 0,03	30,89	11,59	— 19,30
τ Capricorni	O	14	16 50,82	— 0,02	50,80	31,61	19
δ Capricorni	O	14	23 11,23	— 0,03	11,20	52,04	16
7504 B. A. C. (P. S.)	O	10	20 41,65	+ 1,23	42,88	22,61	»
ε Capricorni	O	14	31 39,05	— 0,03	39,02	19,84	18
d Aquarii	O	14	34 39,70	— 0,01	39,69	20,47	22
κ Capricorni	O	14	37 14,62	— 0,03	14,59	55,42	17
ε Capricorni	O	14	39 27,52	— 0,01	27,51	8,35	16
δ Capricorni	O	14	41 41,58	— 0,02	41,56	22,30	26
29 Aquarii	E	14	21 57 8,58	— 0,07	8,51	49,32	— 19,19
α Aquarii	E	14	22 0 49,75	— 0,06	49,69	30,47	22
λ Pegasi	E	14	2 32,84	— 0,05	32,79	13,65	14
θ Pegasi	E	14	5 20,25	— 0,05	20,20	1,03	17
41 Aquarii	E	14	8 57,13	— 0,06	57,07	37,81	26
θ Aquarii	E	14	11 44,13	— 0,06	44,07	24,85	22
45 Aquarii	E	14	13 49,36	— 0,06	49,30	30,06	24
γ Aquarii	E	14	16 40,36	— 0,06	40,30	21,04	26
3441 Carrington (P. S.)	E	10	21 59,79	+ 0,47	60,26	40,76	»

ESTACIÓN DE MADRID

13 de septiembre de 1896.

PRIMER PERIODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T			C	T_c	$\mathcal{R}$	$C_{\mathcal{R}}$
			h	m	s	s	s	s	s
α Sagittarii	O	11	19	11	56,98	+ 0,06	57,04	36,80	— 20,24
ω Aquilæ	O	11		13	19,23	+ 0,12	19,35	59,09	26
υ Sagittarii	O	14		16	10,22	+ 0,07	10,29	49,97	32
λ Ursæ minoris (P. S.)	O	10		26	37,77	+ 8,87	46,64	24,41	2
κ Aquilæ	O	14		31	41,49	+ 0,09	41,58	21,36	20
σ Aquilæ	O	14		34	27,04	+ 0,12	27,16	6,92	24
β Sagittæ	O	14		36	45,75	+ 0,14	45,89	25,68	21
ζ Sagittarii	O	12		40	42,85	+ 0,06	42,91	21,72	19
δ Sagittæ	O	14		43	8,05	+ 0,14	8,19	48,01	18
λ Ursæ minoris (P. S.)	E	10	19	26	40,09	+ 6,91	47,00	24,41	2
γ Sagittæ	E	13		54	31,09	+ 0,09	31,18	10,96	— 20,22
θ Aquilæ	E	13	20	6	20,07	+ 0,04	20,11	59,91	20
α' Capricorni	E	14		12	17,11	+ 0,02	17,13	56,91	22
σ Capricorni	E	14		13	47,92	0,00	47,92	27,70	22
β^2 Capricorni	E	14		15	34,31	+ 0,01	34,32	14,06	26
23 Hevelius	E	14		18	25,18	+ 0,08	25,26	4,97	29
β Capricorni	E	14		23	20,11	+ 0,01	20,12	59,82	30
69 Aquilæ	E	11		24	36,75	+ 0,03	36,78	16,58	20
7 169 B. A. C. (P. S.)	E	10		33	44,16	+ 0,83	44,99	24,96	2
7 169 B. A. C. (P. S.)	O	10	20	33	43,84	+ 0,96	44,80	24,96	2
3 Aquarii	O	13		42	38,99	+ 0,07	39,06	18,80	— 20,26
15 Delphini	O	14		45	3,91	+ 0,10	4,01	43,86	15
μ^1 Aquarii	O	14		47	26,79	+ 0,06	26,85	6,61	24
19 Capricorni	O	14		49	19,59	+ 0,05	19,64	59,45	19
16 Delphini	O	14		51	4,34	+ 0,10	4,44	44,25	19
21 Capricorni	O	13		52	24,91	+ 0,06	24,97	4,78	19
η Capricorni	O	10		56	53,57	+ 0,05	53,62	33,47	15
θ Capricorni	O	13	21	0	30,37	+ 0,06	30,43	10,26	17
29 Aquarii	E	14	21	57	9,62	+ 0,01	9,63	49,32	— 20,31
α Aquarii	E	14	22	0	50,76	+ 0,03	50,79	30,46	33
ι Pegasi	E	13		2	33,88	+ 0,07	33,95	13,64	31
θ Pegasi	E	14		5	21,26	+ 0,05	21,31	1,02	29
θ Aquarii	E	14		11	45,28	+ 0,02	45,30	24,85	45
45 Aquarii	E	14		13	50,44	+ 0,01	50,45	30,06	39
ζ Aquarii	E	14		16	41,40	+ 0,03	41,43	22,04	39
50 Aquarii	E	14		19	17,45	+ 0,01	17,46	57,03	43
3 441 Carrington (P. S.)	E	10		22	0,25	+ 1,06	1,21	40,52	2

ESTACIÓN DE MADRID

14 de septiembre de 1896.

PRIMER PERIODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	R	C_β
			h m s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)..	E	10	19 26 43,98	— 0,88	42,40	23,03	»
ƒ Sagittarii.....	E	14	40 42,49	— 0,10	42,39	21,71	— 20,68
δ Sagittæ.....	E	14	43 8,65	— 0,04	8,61	48,00	61
η Aquilæ.....	E	14	47 34,62	— 0,07	34,55	13,92	63
ω Sagittarii.....	E	14	49 53,15	— 0,11	53,04	32,35	69
Λ Sagittarii.....	E	14	53 2,06	— 0,11	1,95	41,26	69
γ Sagittæ.....	E	10	54 31,52	— 0,04	31,48	10,95	53
c Sagittarii.....	E	14	56 40,93	— 0,11	40,82	20,10	72
2320 B. A. C. (P. I.).....	E	10	54 30,63	— 0,85	29,78	11,22	»
θ Aquilæ.....	E	14	20 6 20,63	— 0,07	20,56	50,90	66
2320 B. A. C. (P. I.).....	O	10	19 54 38,57	— 5,96	32,61	11,22	»
σ Capricorni.....	O	14	20 13 48,48	— 0,02	48,46	07,69	— 20,77
β^2 Capricorni.....	O	14	15 34,77	— 0,01	34,76	14,05	71
23 Hevelius.....	O	14	18 25,56	+ 0,06	25,62	4,96	66
ρ Capricorni.....	O	14	23 20,56	— 0,02	20,54	59,81	73
69 Aquilæ.....	O	11	24 37,25	+ 0,01	37,26	16,57	69
ε Delphini.....	O	14	28 38,64	+ 0,07	38,71	18,00	71
β Delphini.....	O	13	33 4,21	+ 0,08	4,29	43,64	65
α Delphini.....	O	14	35 12,38	+ 0,08	12,46	51,74	72
3 Aquarii.....	E	13	20 42 39,45	— 0,05	39,40	18,80	— 20,60
μ Aquarii.....	E	14	46 37,35	— 0,06	37,29	6,62	67
19 Capricorni.....	E	12	49 20,12	— 0,09	20,03	59,45	58
26 Delphini.....	E	14	51 4,93	0,00	4,93	44,24	69
27 Capricorni.....	E	14	21 4 1,38	— 0,10	1,28	40,57	71
γ Equulei.....	E	14	5 41,33	— 0,01	41,32	20,58	74
ζ Cygni.....	E	14	8 54,40	+ 0,05	54,45	33,73	72
α Equulei.....	E	14	11 1,90	— 0,02	1,88	41,16	72
7504 B. A. C. (P. S.).....	E	10	20 40,48	+ 0,56	41,04	21,69	»
29 Aquarii.....	O	12	21 57 9,84	+ 0,05	9,89	49,31	— 20,58
σ Aquarii.....	O	14	22 0 51,01	+ 0,09	51,10	30,46	64
ι Pegasi.....	O	14	2 34,04	+ 0,16	34,20	13,64	56
θ Pegasi.....	O	14	5 21,57	+ 0,11	21,68	1,00	66
41 Aquarii.....	O	14	8 58,40	+ 0,03	58,43	37,80	63
θ Aquarii.....	O	14	11 45,42	+ 0,08	45,50	24,85	65
45 Aquarii.....	O	14	13 50,66	+ 0,07	50,73	30,06	67
3441 Carrington (P. S.)....	O	10	51 59,02	+ 1,48	60,50	40,42	»

ESTACIÓN DE MADRID

15 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_f
			h m s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)	O	10	19 26 40,53	+ 3,83	44,36	21,61	»
κ Aquilæ	O	14	31 41,91	— 0,01	41,90	21,33	— 20,57
σ Aquilæ	O	14	34 27,44	— 0,01	27,43	6,89	54
β Sagittæ	O	14	36 46,20	0,00	46,20	25,65	55
f Sagittarii	O	14	40 42,29	0,00	42,29	21,69	60
δ Sagittæ	O	14	43 8,49	0,00	8,49	47,94	55
η Aquilæ	O	14	47 34,39	0,00	34,39	13,91	48
m Sagittarii	O	14	49 52,88	— 0,01	52,87	32,33	54
A Sagittarii	O	14	53 1,86	— 0,01	1,85	41,25	60
2320 B. A. C. (P. I.)	O	10	54 32,42	— 3,81	28,61	12,54	»
2320 B. A. C. (P. I.)	E	10	19 54 28,14	+ 1,23	29,37	12,54	»
α^1 Capricorni	E	14	20 12 17,84	— 0,11	17,37	56,89	— 20,48
σ Capricorni	E	13	13 48,23	— 0,11	48,12	27,68	44
β^2 Capricorni	E	14	15 34,70	— 0,11	34,59	14,04	55
23 Hevelius	E	14	18 25,54	— 0,09	25,45	4,95	50
ρ Capricorni	E	14	23 20,43	— 0,11	20,32	59,80	52
69 Aquilæ	E	14	24 37,20	— 0,10	37,10	16,55	55
ε Delphini	E	14	28 38,66	— 0,09	38,57	18,99	58
β Delphini	E	11	33 4,29	— 0,09	4,20	43,63	57
7269 B. A. C. (P. S.)	E	10	33 44,92	— 0,25	44,67	24,03	»
15 Delphini	O	14	20 45 4,37	— 0,02	4,35	43,83	— 20,52
μ Aquarii	O	14	47 27,14	— 0,04	27,10	6,60	50
19 Capricorni	O	14	49 19,97	— 0,06	19,91	59,44	47
16 Delphini	O	14	51 4,74	— 0,02	4,72	44,24	48
27 Capricorni	O	11	21 4 1,09	— 0,02	1,07	40,57	50
7094 B. A. C. (P. S.)	O	10	20 41,56	+ 0,58	42,14	21,32	»
29 Aquarii	O	14	57 9,83	— 0,02	9,81	49,31	50
α Aquarii	O	14	22 0 50,94	0,00	50,94	30,46	48
ι Pegasi	O	14	2 34,11	+ 0,03	34,14	13,60	48
41 Aquarii	E	14	22 8 58,45	— 0,07	58,38	37,80	— 20,58
θ Aquarii	E	14	11 45,33	— 0,07	45,26	24,85	51
45 Aquarii	E	14	13 50,65	— 0,07	50,58	30,06	52
7 Aquarii	E	14	16 41,70	— 0,06	41,64	21,04	60
50 Aquarii	E	14	19 17,69	— 0,07	17,62	57,02	59
σ Aquarii	E	14	25 33,48	— 0,07	33,41	12,38	63
3441 Carrington (P. S.)	E	10	22 0,93	— 0,87	0,06	40,31	»
η Aquarii	E	14	30 25,34	— 0,07	25,27	4,67	60
ζ Pegasi	E	14	36 40,88	— 0,07	40,81	20,24	57

ESTACIÓN DE MADRID

20 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_β
			h m s	s	s	s	s
θ¹ Aquilæ	E	14	19 13 17,17	+ 0,09	17,26	58,98	— 18,28
υ Sagittarii	E	14	16 8,14	+ 0,05	8,19	49,87	32
γ' Sagittarii	E	14	19 18,95	+ 0,04	18,99	0,69	30
ζ Aquilæ	E	12	20 36,61	+ 0,07	36,68	18,42	26
λ Ursæ minoris (P. S.)	E	20	26 32,76	+ 0,97	33,73	14,69	»
β' Cygni	E	14	26 52,38	+ 0,11	52,49	34,16	33
χ Aquilæ	E	14	31 39,52	+ 0,06	39,58	21,26	32
β Sagittæ	E	14	36 43,74	+ 0,09	43,83	25,57	26
f Sagittarii	E	14	40 39,89	+ 0,04	39,93	21,61	32
η Aquilæ	O	14	19 47 32,08	+ 0,12	32,20	13,88	— 18,32
ω Sagittarii	O	14	49 50,42	+ 0,08	50,50	32,26	24
A Sagittarii	O	14	52 59,34	+ 0,08	59,42	41,18	24
γ Sagittæ	O	14	54 28,99	+ 0,15	29,14	10,86	28
2320 B. A. C. (P. I.)	O	10	54 42,53	— 3,55	38,98	18,62	»
c Sagittarii	O	14	56 38,22	+ 0,08	38,30	20,02	28
θ Aquilæ	O	14	20 6 18,08	+ 0,12	18,20	59,83	37
σ Capricorni	O	13	13 45,78	+ 0,09	45,87	27,60	25
β² Capricorni	O	14	15 32,13	+ 0,10	32,23	13,98	25
ρ Capricorni	E	14	20 23 17,96	— 0,07	17,89	59,70	— 18,19
ε Delphini	E	14	28 36,12	— 0,05	36,07	17,93	14
7169 B. A. C. (P. S.)	E	11	31 41,15	— 0,03	41,12	23,39	»
φ Capricorni	E	13	40 19,01	— 0,08	18,93	0,64	29
3 Aquarii	E	14	42 37,07	— 0,06	37,01	18,74	27
55 Delphini	E	14	45 2,08	— 0,04	2,04	43,77	27
μ Aquarii	E	14	47 24,95	— 0,06	24,89	6,55	34
19 Capricorni	E	14	49 17,83	— 0,07	17,76	59,39	37
21 Capricorni	E	14	55 23,07	— 0,07	23,00	4,72	28
μ Capricorni	O	14	21 48 0,03	— 0,01	0,02	41,76	— 18,26
29 Aquarii	O	14	57 7,45	— 0,01	7,44	49,29	15
α Aquarii	O	14	22 0 48,75	+ 0,01	48,76	30,44	32
ι Pegasi	O	14	2 31,78	+ 0,02	31,80	13,61	19
θ Pegasi	O	14	5 19,15	+ 0,01	19,16	1,00	16
41 Aquarii	O	14	8 56,00	— 0,01	55,99	37,78	21
θ Aquarii	O	14	12 43,12	0,00	43,12	24,83	29
45 Aquarii	O	14	13 48,32	— 0,01	48,31	30,04	27
3441 Carrington (P. S.)	O	10	21 58,14	+ 1,02	59,16	39,61	»

ESTACIÓN DE MADRID

21 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	ÆR	C_p
			h m s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)	O	10	19 26 25,70	+ 5,94	31,64	13,50	»
ƒ Sagitarii	O	14	40 39,75	+ 0,02	39,77	21,60	— 18,17
δ Sagittæ	O	14	43 6,05	+ 0,02	6,07	47,89	18
η Aquilæ	O	14	47 32,01	+ 0,07	32,08	13,83	25
ω Sagittarii	O	14	49 50,45	0,00	50,45	32,30	15
A Sagittarii	O	14	52 59,37	+ 0,01	59,38	41,17	21
γ Sagittæ	O	13	54 29,01	+ 0,12	29,13	10,85	28
ε Sagittarii	O	14	56 38,21	0,00	38,21	20,01	20
2320 B. A. C. (P. I.)	O	10	54 40,27	— 5,52	34,75	19,71	»
θ Aquilæ	O	14	20 6 17,94	+ 0,07	18,01	59,82	19
2320 B. A. C. (P. I.)	E	10	19 54 39,16	— 4,07	35,09	19,71	»
ρ Capricorni	E	14	20 23 18,09	— 0,01	18,08	59,73	— 18,35
69 Aquilæ	E	14	24 34,73	+ 0,03	34,76	16,48	28
ε Delphini	E	14	28 36,26	+ 0,07	36,33	17,92	31
β Delphini	E	14	33 1,74	+ 0,08	1,82	43,56	26
α Delphini	E	14	35 9,88	+ 0,08	9,96	51,76	20
ψ Capricorni	E	14	40 18,92	— 0,02	18,90	0,64	26
3 Aquarii	E	14	42 37,01	+ 0,03	37,03	18,73	30
15 Delphini	E	14	45 2,05	+ 0,07	2,12	43,76	36
21 Capricorni	O	14	20 55 23,04	+ 0,05	23,09	4,71	— 18,38
η Capricorni	O	14	58 51,62	+ 0,04	51,65	33,40	25
27 Capricorni	O	14	21 3 38,78	+ 0,04	38,82	40,51	31
γ Equulei	O	13	5 38,71	+ 0,12	38,83	20,53	30
α Equulei	O	14	10 59,32	+ 0,11	59,43	41,11	32
τ Capricorni	O	14	16 49,73	+ 0,05	49,78	31,53	25
ζ Capricorni	O	14	21 6,32	+ 0,04	6,36	48,16	20
Aquarii	O	14	26 27,19	+ 0,09	27,28	8,96	32
τ^2 Aquarii	E	14	22 44 27,67	— 0,05	27,62	9,34	— 18,28
λ Aquarii	E	14	47 33,72	— 0,04	33,68	15,39	29
α Piscis australis	E	14	52 17,28	— 0,07	17,21	58,92	29
α Pegasi	E	14	59 56,87	— 0,01	56,86	38,57	29
58 Pegasi	E	14	23 5 9,42	— 0,02	9,40	51,08	32
φ Aquarii	E	14	9 18,61	— 0,04	18,57	0,28	29
γ Piscium	E	14	12 8,69	— 0,03	8,66	50,43	23
96 Aquarii	E	14	14 22,90	— 0,04	22,86	4,52	38
2213 B. A. C. (P. S.)	E	10	28 20,02	+ 0,03	20,05	2,12	»

ESTACIÓN DE MADRID

22 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T			C	T_c	Æ	C_p
			h	m	s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)..	E	10	19	26	22,29	+ 4,06	26,35	12,29	»
ſ Sagittarii.....	E	14		40	39,63	— 0,05	39,58	21,58	— 18,00
δ Sagittæ.....	E	14		43	5,78	+ 0,04	5,82	47,87	17,95
η Aquilæ.....	E	14		47	31,75	0,00	31,75	13,82	93
ω Sagittarii.....	E	14		49	50,28	— 0,07	50,21	32,23	98
A Sagittarii.....	E	14		52	59,25	— 0,06	59,19	41,15	18,04
γ Sagittæ.....	E	13		54	28,80	+ 0,04	28,84	10,83	01
2 320 B. A. C. (P. I.)	E	10		54	45,98	— 3,09	42,89	20,80	2
c Sagittarii.....	E	14		56	38,08	— 0,07	38,01	19,99	02
θ Aquilæ.....	E	13	20	6	17,82	0,00	17,82	59,73	09
2 320 B. A. C. (P. I.).....	O	10	19	54	44,77	— 5,48	39,29	20,80	»
23 Hevelius.....	O	13	20	18	22,81	+ 0,06	22,87	4,86	— 18,01
ρ Capricorni.....	O	14		23	17,67	0,00	17,67	59,71	17,96
69 Aquilæ.....	O	12		24	34,41	+ 0,04	34,45	16,47	98
ε Delphini.....	O	14		28	35,81	+ 0,07	35,88	17,91	97
β Delphini.....	O	14		33	1,47	+ 0,08	1,55	43,55	18,00
ψ Capricorni.....	O	14		40	18,44	— 0,01	18,43	0,62	17,81
3 Aquarii.....	O	14		42	36,64	+ 0,04	36,68	18,71	97
μ Aquarii.....	O	14		47	24,43	+ 0,02	24,45	6,52	93
21 Capricorni.....	E	14	20	55	22,75	— 0,08	22,67	4,70	— 17,97
γ Capricorni.....	E	11		58	51,43	— 0,09	51,34	33,39	95
27 Capricorni.....	E	13	21	3	58,52	— 0,09	58,43	40,50	93
γ Equulei.....	E	14		5	38,50	— 0,03	38,47	20,52	95
ζ Cygni.....	E	14		8	51,49	+ 0,02	51,51	33,63	98
α Equulei.....	E	14		10	59,06	— 0,04	59,02	41,10	92
30 Capricorni.....	E	14		12	29,60	— 0,08	29,52	11,50	18,02
τ Capricorni.....	E	14		16	49,53	— 0,08	49,45	31,52	17,93
7 504 B. A. C. (P. S.).....	E	10		20	34,93	+ 0,61	35,54	19,42	»
3 441 Carrington (P. S.)....	O	10	22	21	57,26	+ 1,33	58,59	39,37	»
ζ Pegasi.....	O	14		36	38,19	+ 0,05	38,24	20,23	— 18,01
ε^2 Aquarii.....	O	14		42	20,39	— 0,02	20,37	2,33	04
ζ^2 Aquarii.....	O	13		44	27,38	— 0,01	27,37	9,33	04
λ Aquarii.....	O	14		47	33,39	0,00	33,39	15,39	18,00
δ Aquarii.....	O	14		49	30,09	— 0,01	30,08	12,10	17,98
α Piscis australis.....	O	14		52	16,94	— 0,04	16,90	58,91	99
σ Pegasi.....	O	14		59	56,42	+ 0,06	56,48	38,58	90
ρ Aquarii.....	O	14	23	9	18,73	+ 0,01	18,74	0,28	86

ESTACIÓN DE MADRID

2 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERÍODO — OBSERVADOR: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_A
			h m s	s	s	s	s
θ Aquilæ	O	14	20 5 37,38	+ 0,11	37,69	39,65	+ 1,96
α' Capricorni	O	14	11 34,65	+ 0,14	34,79	36,66	87
β² Capricorni	O	14	15 11,76	+ 0,14	11,90	13,80	90
23 Hevelius	O	8	18 2,64	+ 0,10	2,74	4,70	96
69 Aquilæ	O	14	24 14,29	+ 0,12	14,41	16,32	91
ε Delphini	O	14	28 15,74	+ 0,09	15,83	17,76	93
7169 B. A. C. (P. S.)	O	15	33 20,28	»	»	»	»
α Delphini	O	14	34 49,49	+ 0,07	49,56	51,47	91
φ Capricorni	O	14	39 58,32	+ 0,17	58,49	0,47	98
76 Draconis (P. S.)	E	15	20 50 4,65	»	»	»	»
θ Capricorni	E	14	21 0 8,00	— 0,12	7,88	10,06	+ 2,18
27 Capricorni	E	14	3 38,20	0,00	38,20	40,37	17
γ Equulei	E	14	5 18,27	— 0,11	18,16	20,40	24
ζ Cygni	E	14	8 31,47	— 0,19	31,28	33,47	19
α Equulei	E	14	10 38,90	— 0,09	38,81	40,98	17
30 Capricorni	E	14	12 9,27	— 0,01	9,26	11,38	12
1 Pegasi	E	14	17 17,74	— 0,15	17,59	19,79	20
ζ Capricorni	E	14	20 43,90	+ 0,01	43,91	46,04	13
7504 B. A. C. (P. S.)	E	15	20 18,64	»	»	»	»
3441 Carrington (P. S.)	O	15	22 11 37,43	»	»	»	»
3 Aquarii	O	14	25 10,53	+ 0,06	10,59	12,71	+ 2,12
η Aquarii	O	14	30 2,43	+ 0,03	2,46	4,61	15
ζ Pegasi	O	14	36 18,01	0,00	18,01	20,18	17
ε² Aquarii	O	14	42 0,07	+ 0,09	0,16	2,30	14
τ² Aquarii	O	14	44 7,11	+ 0,07	7,18	9,29	11
λ Aquarii	O	14	47 13,09	+ 0,05	13,14	15,36	22
δ Aquarii	O	14	49 9,80	+ 0,08	9,88	12,07	19
α Piscis australis	O	14	51 56,64	+ 0,13	56,77	58,88	11
γ Piscium	E	14	23 11 48,15	— 0,08	48,07	50,43	+ 2,36
κ Piscium	E	14	21 37,77	— 0,07	37,70	40,11	41
70 Pegasi	E	14	23 55,09	— 0,12	55,17	57,58	41
8013 B. A. C. (P. S.)	E	15	28 1,75	»	»	»	»
1 Piscium	E	14	34 37,70	— 0,09	37,61	40,09	48
69 Aquarii	E	14	37 21,66	— 0,01	21,65	24,06	41
19 Piscium	E	14	41 6,35	— 0,08	6,27	8,67	40
21 Piscium	E	14	44 9,68	— 0,07	9,61	12,01	41
22 Piscium	E	14	46 40,10	— 0,08	40,02	42,40	38

ESTACIÓN DE MADRID

5 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERÍODO — OBSERVADOR: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_β
			h m s	s	s	s	s
2390 B. A. C. (P. I.).....	E	15	19 55 16,42	»	»	»	»
θ Aquilæ.....	E	14	20 3 57,72	— 0,67	57,05	59,61	+ 2,56
α' Capricorni.....	E	14	11 54,89	— 0,86	54,03	56,63	60
σ Capricorni.....	E	10	13 25,76	— 0,92	24,84	27,40	56
β² Capricorni.....	E	14	13 12,10	— 0,86	11,24	13,76	52
23 Hevelius.....	E	14	18 2,69	— 0,60	2,09	4,68	59
ρ Capricorni.....	E	10	22 57,89	— 0,90	56,99	59,53	54
ε Delphini.....	E	14	28 15,62	— 0,52	15,10	17,73	63
7169 B. A. C. (P. S.).....	E	15	33 14,22	»	»	»	»
3 Aquarii.....	E	14	42 16,66	— 0,73	15,93	18,55	62
21 Capricorni.....	O	14	20 53 2,66	— 0,82	1,84	4,54	+ 2,70
η Capricorni.....	O	14	58 31,37	— 0,85	30,52	33,23	71
θ Capricorni.....	O	14	21 0 8,18	— 0,82	7,36	10,05	69
27 Capricorni.....	O	14	3 38,49	— 0,86	37,63	40,34	71
ι Equulei.....	O	12	5 18,15	— 0,47	17,68	20,37	69
ζ Cygni.....	O	14	8 30,88	— 0,19	30,69	33,44	75
α Equulei.....	O	14	10 38,68	— 0,54	38,14	40,93	79
30 Capricorni.....	O	12	12 9,42	— 0,82	8,60	11,35	75
7304 B. A. C. (P. S.).....	O	15	19 59,93	»	»	»	»
7304 B. A. C. (P. S.).....	E	15	21 20 0,63	»	»	»	»
29 Aquarii.....	E	14	56 47,28	— 0,82	46,46	49,26	+ 2,80
α Aquarii.....	E	14	22 0 28,06	— 0,62	27,44	30,34	90
ι Pegasi.....	E	14	2 10,91	— 0,31	10,60	13,49	89
θ Pegasi.....	E	14	4 58,53	— 0,55	57,98	0,83	85
41 Aquarii.....	E	14	8 35,77	— 0,88	34,89	37,66	79
θ Aquarii.....	E	14	11 22,59	— 0,71	21,88	24,75	87
45 Aquarii.....	E	14	13 27,88	— 0,78	27,10	29,96	86
ζ Aquarii.....	E	14	16 18,69	— 0,64	18,05	20,95	90
3441 Carrington (P. S.).....	E	15	21 26,17	»	»	»	»
3441 Carrington (P. S.).....	O	15	22 21 25,31	»	»	»	»
ζ Pegasi.....	O	14	36 17,72	— 0,43	17,29	20,18	+ 2,89
δ² Aquarii.....	O	14	42 0,19	— 0,81	59,38	2,29	91
ζ² Aquarii.....	O	14	44 7,16	— 0,78	6,38	9,28	90
λ Aquarii.....	O	14	47 13,10	— 0,66	12,44	15,35	91
δ Aquarii.....	O	14	49 9,97	— 0,76	9,21	12,06	85
σ Piscis australis.....	O	14	51 57,05	— 0,96	56,09	58,87	78
α Pegasi.....	O	14	59 36,04	— 0,37	35,67	38,55	88
58 Pegasi.....	O	14	23 4 48,61	— 0,48	48,13	51,05	90

ESTACIÓN DE MADRID

6 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERIODO — OBSERVADOR: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_p
			h m s	s	s	s	s
θ Aquilæ	O	14	20 5 53.79	— 0,02	53.77	59,60	+ 5,83
α' Capricorni	O	14	12 50,76	— 0,02	50,74	56,61	87
β² Capricorni	O	14	15 7,96	— 0,02	7,94	13,75	81
23 Hevelius	O	14	17 58,77	— 0,02	58,75	4,66	91
ρ Capricorni	O	12	22 53,61	— 0,02	53,59	59,52	93
69 Aquilæ	O	8	24 10,39	— 0,02	10,37	16,28	91
ξ Delphini	O	14	28 12,82	— 0,02	12,80	17,72	92
7.169 B. A. C. (P. S.)	O	15	33 14,96	»	»	»	»
ψ Capricorni	O	14	39 54,54	— 0,02	54,52	0,43	91
16 Delphini	E	12	20 50 38,06	— 0,14	37,92	43,98	+ 6,06
21 Capricorni	E	14	54 58,60	— 0,12	58,48	4,53	05
η Capricorni	E	14	58 27,31	— 0,12	27,19	33,22	03
θ Capricorni	E	14	21 0 4,09	— 0,12	3,97	10,02	05
27 Capricorni	E	14	3 34,37	— 0,11	34,26	40,29	03
γ Equulei	E	14	5 14,40	— 0,14	14,26	20,36	10
ζ Cygni	E	14	8 27,46	— 0,17	27,29	33,43	14
α Equulei	E	14	10 34,99	— 0,14	34,85	40,94	09
7304 B. A. C. (P. S.)	E	15	20 9,99	»	»	»	»
7304 B. A. C. (P. S.)	O	15	21 10 8,56	»	»	»	»
γ Aquarii	O	14	22 16 14,64	+ 0,01	14,65	20,94	+ 6,29
50 Aquarii	O	14	18 50,62	+ 0,02	50,64	56,93	29
3441 Carrington (P. S.)	O	15	21 30,49	»	»	»	»
σ Aquarii	O	14	25 6,38	+ 0,02	6,40	12,69	29
η Aquarii	O	14	29 58,27	+ 0,01	58,28	4,60	32
ζ Pegasi	O	14	36 13,76	0,00	13,76	20,17	41
ξ² Aquarii	O	14	41 55,95	+ 0,03	55,98	2,28	30
τ² Aquarii	O	14	44 2,92	+ 0,02	2,94	9,28	34
λ Aquarii	O	14	47 9,02	+ 0,02	9,04	15,33	31
28 Pegasi	E	14	23 4 44,59	— 0,11	44,48	51,06	+ 6,58
φ Aquarii	E	14	8 53,76	— 0,07	53,69	0,27	58
γ Piscium	E	14	11 43,90	— 0,10	43,80	50,42	62
ψ² Aquarii	E	14	13 30,78	— 0,06	30,72	37,32	60
τ Pegasi	E	14	15 26,58	— 0,15	26,43	33,09	66
κ Piscium	E	14	21 33,58	— 0,09	33,49	40,11	62
70 Pegasi	E	14	23 51,14	— 0,12	51,02	57,38	36
8123 B. A. C. (P. S.)	E	15	27 55,71	»	»	»	»
1 Piscium	E	14	34 33,56	— 0,10	33,46	40,09	63

ESTACIÓN DE MADRID

7 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERÍODO

OBSERVADOR: BORRÁS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_p
			h m s	s	s	s	s
A Sagittarii	E	14	19 52 29,99	+ 0,48	30,27	40,90	+ 10,63
2320 B. A. C. (P. I.)	E	15	54 23,68	»	»	»	»
θ Aquilæ	E	14	20 5 48,68	+ 0,19	48,87	59,58	71
α' Capricorni	E	14	11 45,67	+ 0,23	45,90	56,59	69
σ Capricorni	E	14	13 16,50	+ 0,25	16,75	27,31	66
β[2] Capricorni	E	14	15 2,85	+ 0,23	3,08	13,74	66
23 Hevelius	E	14	17 53,75	+ 0,17	53,92	4,65	73
ρ Capricorni	E	14	22 48,47	+ 0,24	48,71	59,42	71
69 Aquilæ	E	10	24 5,32	+ 0,20	5,52	16,27	75
7169 B. A. C. (P. S.)	E	15	33 11,14	»	»	»	»
7169 B. A. C. (P. S.)	O	15	20 33 11,06	»	»	»	»
15 Delphini	O	14	44 32,52	+ 0,17	32,69	43,55	+ 10,86
μ Aquarii	O	14	46 55,30	+ 0,24	55,54	6,34	80
19 Capricorni	O	14	48 48,17	+ 0,27	48,44	59,18	74
21 Capricorni	O	14	54 53,51	+ 0,27	53,78	4,52	74
η_1 Capricorni	O	14	58 22,17	+ 0,28	22,45	33,21	76
θ Capricorni	O	14	59 58,96	+ 0,27	59,23	10,01	78
27 Capricorni	O	14	21 3 29,22	+ 0,28	29,50	40,32	82
α Equulei	O	14	10 29,88	+ 0,19	30,07	40,93	86
7504 B. A. C. (P. S.)	O	15	20 6,15	»	»	»	»
7504 B. A. C. (P. S.)	E	15	21 20 7,25	»	»	»	»
29 Aquarii	E	14	56 38,05	+ 0,22	38,27	49,16	+ 10,89
α Aquarii	E	14	22 0 19,21	+ 0,16	19,37	30,32	95
ι Pegasi	E	14	2 2,46	+ 0,06	2,52	13,47	95
θ Pegasi	E	14	4 49,83	+ 0,14	49,97	0,89	92
41 Aquarii	E	14	8 26,55	+ 0,24	26,79	37,66	87
θ Aquarii	E	14	11 13,70	+ 0,19	13,89	24,73	84
45 Aquarii	E	14	13 18,85	+ 0,21	19,06	29,94	88
ζ Aquarii	E	14	16 9,87	+ 0,17	10,04	20,93	89
3441 Carrington (P. S.)	E	15	21 28,30	»	»	»	»
3441 Carrington (P. S.)	O	15	22 21 27,96	»	»	»	»
ζ Pegasi	O	14	36 9,01	+ 0,24	9,25	20,16	+ 10,91
ξ^2 Aquarii	O	14	41 50,99	+ 0,36	51,35	2,27	92
ξ^3 Aquarii	O	14	43 58,07	+ 0,33	58,40	9,27	87
λ Aquarii	O	14	47 4,14	+ 0,31	4,45	15,34	89
δ Aquarii	O	14	49 0,85	+ 0,34	1,19	12,05	86
α Pegasi	O	14	59 27,38	+ 0,22	27,60	38,54	94
58 Pegasi	O	14	23 4 39,93	+ 0,24	40,19	51,06	87
φ Aquarii	O	14	8 49,02	+ 0,30	49,32	0,27	95

ESTACION DE MADRID

11 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERIODO — OBSERVADOR: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_ϕ
			h m s	s	s	s	s
β Capricorni	O	14	20 22 56,16	+ 0,07	56,43	59,44	+ 3,01
ε Delphini	O	14	58 14,37	+ 0,21	14,58	17,64	06
7 169 B. A. C. (P. S.)	O	15	33 17,32	»	»	»	»
φ Capricorni	O	14	39 57,02	+ 0,09	57,31	61,33	04
3 Aquarii	O	14	42 15,16	+ 0,24	15,40	18,47	07
25 Delphini	O	14	44 40,20	+ 0,20	40,41	43,49	09
μ Aquarii	O	14	47 2,98	+ 0,25	3,23	6,28	05
19 Capricorni	O	14	48 55,79	+ 0,28	56,07	59,22	05
26 Delphini	O	12	50 40,63	+ 0,00	40,63	43,91	08
ζ Cygni	E	14	21 8 30,22	+ 0,05	30,27	33,35	+ 3,08
α Equulei	E	14	10 37,67	+ 0,14	37,81	40,88	07
30 Capricorni	E	10	12 8,01	+ 0,22	8,23	11,27	04
1 Pegasi	E	14	17 16,53	+ 0,09	16,62	19,68	06
7 504 B. A. C. (P. S.)	E	15	20 13,32	»	»	»	»
β Aquarii	E	14	26 5,54	+ 0,18	5,72	8,75	03
ε Capricorni	E	14	31 16,34	+ 0,22	16,56	19,56	»
d Aquarii	E	14	34 17,08	+ 0,15	17,23	20,21	2,98
κ Capricorni	E	14	36 51,95	+ 0,22	52,17	55,16	99
45 Aquarii	O	14	22 23 26,54	+ 0,29	26,83	29,91	+ 3,08
1 Aquarii	O	14	26 27,53	+ 0,25	27,78	30,89	11
50 Aquarii	O	14	28 53,42	+ 0,29	53,71	56,87	16
3 441 Carrington (P. S.)	O	15	31 34,62	»	»	»	»
o Aquarii	O	14	35 9,22	+ 0,08	9,30	12,65	15
η Aquarii	O	14	39 1,19	+ 0,25	1,44	4,56	12
ζ Pegasi	O	14	39 16,81	+ 0,22	17,03	20,23	10
g^2 Aquarii	O	14	41 58,82	+ 0,31	59,13	1,24	11
τ^2 Aquarii	O	14	44 5,91	+ 0,09	6,00	9,05	05
58 Pegasi	E	14	23 4 47,72	+ 0,08	47,80	51,04	+ 3,24
1 Piscium	E	14	11 47,06	+ 0,11	47,17	50,40	23
ψ^8 Aquarii	E	14	13 33,88	+ 0,15	34,03	37,30	27
τ Pegasi	E	14	15 29,79	+ 0,03	29,82	33,07	25
κ Piscium	E	14	21 36,78	+ 0,12	36,90	40,09	19
70 Pegasi	E	14	23 54,32	+ 0,07	54,39	57,56	17
8 213 B. A. C. (P. S.)	E	15	28 2,13	»	»	»	»
1 Piscium	E	14	34 36,77	+ 0,10	36,87	40,08	21

ESTACIÓN DE MADRID

13 de octubre de 1896.

Segundo período — Observador: BORRÁS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_ϕ
			h m s	s	s	s	s
β Capricorni	E	14	20 22 55,69	+ 0,24	55,93	59,41	+ 3,48
α Delphini	E	14	28 27,97	+ 0,11	14,08	17,61	53
β Delphini	E	14	32 29,60	+ 0,09	29,77	43,24	53
7 269 B. A. C. (P. S.)	E	15	33 18,09	»	»	»	»
ζ Capricorni	E	14	39 36,63	+ 0,28	36,91	0,32	41
3 Aquarii	E	14	42 14,54	+ 0,18	14,72	18,44	52
15 Delphini	E	14	44 39,80	+ 0,10	39,90	43,46	56
β Aquarii	E	14	47 2,01	+ 0,20	2,21	6,15	44
19 Capricorni	E	14	48 55,42	+ 0,24	55,66	59,09	43
7 Equulei	O	14	21 5 16,60	+ 0,20	16,80	20,27	+ 3,44
ζ Cygni	O	14	8 09,81	+ 0,13	09,94	33,31	37
ν Equulei	O	14	10 37,17	+ 0,25	37,42	40,85	43
30 Capricorni	O	14	11 7,54	+ 0,35	7,89	11,04	35
1 Pegasi	O	14	17 13,99	+ 0,28	16,27	19,64	47
7 504 B. A. C. (P. S.)	O	15	20 23,20	»	»	»	»
β Aquarii	O	14	26 3,01	+ 0,29	3,30	8,73	43
ε Capricorni	O	14	32 15,83	+ 0,36	16,19	19,55	36
α Aquarii	O	14	34 16,46	+ 0,26	16,72	20,19	47
30 Aquarii	E	14	22 18 55,19	+ 0,24	55,43	58,87	+ 3,44
3 441 Carrington (P. S.)	E	15	21 35,78	»	»	»	»
2 Aquarii	E	14	25 8,93	+ 0,25	9,18	12,63	47
η Aquarii	E	14	30 0,92	+ 0,17	1,09	4,54	45
ζ Pegasi	E	14	36 16,52	+ 0,11	16,63	20,12	48
e^1 Aquarii	E	14	41 58,59	+ 0,27	58,86	2,22	36
e^2 Aquarii	E	14	44 5,64	+ 0,24	5,88	9,35	35
λ Aquarii	E	14	47 11,69	+ 0,21	11,90	15,30	40
δ Aquarii	E	14	49 8,39	+ 0,25	8,64	12,02	37
58 Pegasi	O	14	23 4 47,47	+ 0,18	47,65	51,00	+ 3,37
9 Aquarii	O	14	8 56,60	+ 0,26	56,86	0,23	37
1 Piscium	O	14	11 46,80	+ 0,21	47,01	50,39	38
9^2 Aquarii	O	14	13 33,57	+ 0,28	33,85	37,28	43
2 Piscium	O	14	21 36,38	+ 0,22	36,60	40,09	49
7 Pegasi	O	14	23 53,90	+ 0,16	54,06	57,56	50
8 213 B. A. C. (P. S.)	O	15	26 0,63	»	»	»	»
1 Piscium	O	14	34 36,38	+ 0,20	36,58	40,08	50
10^2 Aquarii	O	14	37 20,37	+ 0,21	20,58	24,04	46

ESTACIÓN DE MADRID

14 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERÍODO — OBSERVADOR: BORRÁS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_β
			h m s	s	s	s	s
23 Hevelius	O	14	20 18 0.64	+ 0.32	0.96	4.54	+ 3.58
ρ Capricorni	O	14	22 55.39	+ 0.46	55.85	59.30	54
ε Delphini	O	14	28 13.71	+ 0.28	13.99	17.59	60
7169 B. A. C. (P. S.)	O	15	33 17.81	»	»	»	»
ψ Capricorni	O	14	39 56.27	+ 0.50	56.77	0.30	53
3 Aquarii	O	14	42 14.46	+ 0.38	14.84	18.43	59
25 Delphini	O	14	44 39.50	+ 0.28	39.78	43.44	66
31 Aquarii	O	14	47 6.20	+ 0.40	6.60	6.24	64
19 Capricorni	O	14	48 55.03	+ 0.46	55.49	59.08	59
27 Capricorni	E	14	21 3 35.98	+ 0.38	36.36	40.22	+ 3.86
γ Equulei	E	14	5 36.24	+ 0.16	36.40	20.25	85
ζ Cygni	E	14	8 29.43	0.00	29.43	33.29	86
α Equulei	E	14	10 36.81	+ 0.20	37.01	40.84	83
30 Capricorni	E	10	12 7.16	+ 0.36	7.52	11.23	71
ι Draconis (P. L.)	E	15	22 15.42	»	»	»	»
ε Capricorni	E	10	37 15.44	+ 0.37	15.81	19.54	73
λ Aquarii	E	14	34 16.25	+ 0.22	16.37	20.17	80
κ Capricorni	E	14	39 51.00	+ 0.36	51.36	55.12	76
41 Aquarii	O	14	22 8 33.46	+ 0.47	33.93	37.59	+ 3.66
θ Aquarii	O	14	11 20.59	+ 0.38	20.97	24.67	70
45 Aquarii	O	14	13 25.71	+ 0.42	26.13	29.88	73
7 Aquarii	O	14	16 16.74	+ 0.34	17.08	20.87	79
50 Aquarii	O	14	18 52.80	+ 0.42	53.10	56.80	76
3441 Carrington (P. S.)	O	15	21 35.10	»	»	»	»
σ Aquarii	O	14	25 8.47	+ 0.40	8.87	12.63	76
η Aquarii	O	14	30 0.47	+ 0.33	0.80	4.34	74
ζ Pegasi	O	14	36 16.05	+ 0.07	16.12	20.11	79
58 Pegasi	E	14	23 4 47.01	+ 0.14	47.15	51.02	+ 3.87
φ Aquarii	E	14	8 36.12	+ 0.25	36.37	0.23	86
τ Piscium	E	14	11 46.32	+ 0.19	46.51	50.39	88
ψ² Aquarii	E	14	13 33.14	+ 0.28	33.42	37.28	86
τ Pegasi	E	14	19 29.13	+ 0.03	29.16	33.06	90
κ Piscium	E	14	21 36.00	+ 0.20	36.20	40.09	89
50 Pegasi	E	14	23 53.57	+ 0.12	53.69	57.55	86
8213 B. A. C. (P. S.)	E	15	26 2.71	»	»	»	»
ι Piscium	E	14	34 36.02	+ 0.17	36.18	40.07	89

ESTACIÓN DE MADRID

17 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERIODO — OBSERVADOR: BORRÁS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_1	Æ	C_1
			h m s	s	s	s	s
β Capricorni	E	14	20 22 33.34	+ 0.12	33.46	39.34	+ 5.88
ε Delphini	E	14	28 11.54	+ 0.11	11.65	17.54	89
7 269 B. A. C. (P. S.)	E	15	33 13.85	»	»	»	»
ζ Capricorni	E	14	39 34.39	+ 0.12	34.41	0.25	84
5 Aquarii	E	14	42 12.42	+ 0.11	12.54	18.38	84
15 Delphini	E	14	44 37.37	+ 0.11	37.48	43.40	92
μ Aquarii	E	14	47 0.23	+ 0.12	0.35	6.10	85
19 Capricorni	E	14	48 53.09	+ 0.12	53.21	59.04	83
16 Delphini	E	14	50 37.86	+ 0.11	37.97	43.82	85
γ Equulei	O	14	21 5 14.22	+ 0.17	14.39	20.21	+ 5.82
ζ Cygni	O	14	8 27.26	+ 0.17	27.43	33.24	81
α Equulei	O	14	10 34.83	+ 0.17	35.00	40.80	78
30 Capricorni	O	14	12 5.27	+ 0.17	5.44	11.19	75
1 Pegasi	O	14	17 13.59	+ 0.17	13.76	19.60	84
7 504 B. A. C. (P. S.)	O	15	20 6.17	»	»	»	»
β Aquarii	O	14	26 2.73	+ 0.17	2.90	8.68	78
ε Capricorni	O	14	31 13.58	+ 0.17	13.75	19.46	71
δ Aquarii	O	14	34 14.13	+ 0.17	14.30	20.24	84
γ Aquarii	E	14	22 16 14.34	+ 0.06	14.40	20.24	+ 5.84
50 Aquarii	E	14	18 50.83	+ 0.07	50.90	56.83	93
3 441 Carrington (P. S.)	E	13	21 29.72	»	»	»	»
η Aquarii	E	14	29 58.54	+ 0.06	58.60	4.51	91
ζ Pegasi	E	14	36 14.08	+ 0.05	14.13	20.08	95
g^2 Aquarii	E	14	41 56.23	+ 0.08	56.31	2.19	88
g^1 Aquarii	E	14	44 3.28	+ 0.07	3.35	9.20	85
λ Aquarii	E	14	47 9.35	+ 0.07	9.42	15.27	85
δ Aquarii	E	14	49 0.06	+ 0.08	0.14	11.98	87
58 Pegasi	O	14	23 4 45.04	+ 0.13	45.17	51.00	+ 5.83
ν Aquarii	O	14	8 54.28	+ 0.14	54.42	0.23	81
ζ Piscium	O	14	11 44.41	+ 0.13	44.54	50.37	83
ψ^2 Aquarii	O	14	13 31.29	+ 0.14	31.43	37.26	83
τ Pegasi	O	14	15 27.00	+ 0.12	27.12	33.04	92
χ Piscium	O	14	20 34.04	+ 0.14	34.18	40.07	89
70 Pegasi	O	14	23 51.54	+ 0.13	51.67	57.54	87
8 213 B. A. C. (P. S.)	O	15	27 52.60	»	»	»	»
ι Piscium	O	14	34 33.99	+ 0.13	34.12	40.04	92

ESTACIÓN DE LISBOA

PRIMER PERÍODO..... Observador: J. BORRÈS

SEGUNDO PERÍODO..... Observador: A. ESTEBAN

OBSERVATORIO.—Se instaló en un torreón del Castillo de San Jorge, á poniente de aquel en que se halla establecido el pabellón que sirve de estación central de la triangulación portuguesa. La línea que separa el centro del pilar que sustentaba el círculo meridiano, del vértice principal fijado por la Comisión de los trabajos geodésicos de Portugal, tenía una longitud de 31,68 metros, y su azimut, contado de S. á N. por el O. era: 259° 28′ 2″; la latitud geográfica adoptada, fué: 38° 42′ 43″.

INSTRUMENTOS.—Se utilizó el círculo meridiano de Brunner, número 2, igual exactamente al establecido en Madrid, y como éste, empleado con excelente resultado en trabajos anteriores ejecutados por el INSTITUTO GEOGRÁFICO desde larga fecha. El péndulo de Hipp, número 1, y el cronógrafo empleado, eran respectivamente iguales también á los establecidos en la estación conjugada.

CONSTANTES INSTRUMENTALES DEL CÍRCULO MERIDIANO DE BRUNNER, NÚM. 2

a) Distancia de los hilos fijos del retículo al promedio ideal.—De numerosas coincidencias verificadas por los dos observadores dedujéronse los resultados aquí insertos, utilizados en los cálculos sucesivos y que se diferencian en cantidades apenas apreciables de los ya publicados en años anteriores:

I.....	+ 4,924	XIV.....	— 4,912
II.....	+ 4,234	XIII.....	— 4,234
III.....	+ 3,572	XII.....	— 3,570
IV.....	+ 2,629	XI.....	— 2,620
V.....	+ 1,936	X.....	— 1,951
VI.....	+ 1,276	IX.....	— 1,279
VII.....	+ 0,325	VIII.....	— 0,330

b) Valor de una vuelta del tornillo micrométrico del ocular. — Se aceptó para esta constante el siguiente, previamente determinado:

$$K = 7^{s},205.$$

c) Valor angular de una división del nivel. — Se admitió, como ya conocido:

$$1^{d} = 0^{s},120.$$

Estos dos últimos números proceden de antiguas y muy repetidas observaciones verificadas por varios procedimientos en años anteriores.

d) Muñones del eje de giro del anteojo. — De las inclinaciones del eje en posiciones opuestas del círculo obtuvo el Sr. Borrés en el primer período de la operación,

$$\frac{1}{4}(\beta_e - \beta_o) = -0^{s},012$$

y durante el segundo, dedujo el Sr. Esteban,

$$\frac{1}{4}(\beta_e - \beta_o) = -0^{s},010,$$

aplicando luego cada observador las correspondientes correcciones á los valores de la inclinación.

CÁLCULO DE LAS OBSERVACIONES

Fueron empleadas en la estación de Lisboa las mismas fórmulas que para la de Madrid; así las referentes al cálculo de los errores instrumentales como la que conduce á la determinación del estado del péndulo.

ERRORES INSTRUMENTALES

Habiéndose procedido en detalles y conjunto de observaciones de manera idéntica en las dos estaciones, la disposición de los cuadros que siguen en nada se diferencia de la adoptada al tratarse de la estación de Madrid.

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO

Primer período — Observador: BORRÉS

FECHAS — 1896.	Posición del círculo	Valor de b en tiempo	FECHAS — 1896.	Posición del círculo	Valor de b en tiempo
		s			s
8 de septiembre.....	E.	+ 0,063	15 de septiembre.....	E.	— 0,087
—	O.	— 0,006	—	O.	— 0,117
—	E.	— 0,018	—	E.	— 0,111
—	O.	+ 0,041	—	E.	+ 0,027
			—	O.	+ 0,052
9 id.....	O.	— 0,033	20 id.....	E.	— 0,014
—	E.	— 0,197	—	O.	— 0,035
—	O.	— 0,007	—	E.	— 0,024
—	E.	— 0,002	—	E.	— 0,104
—	E.	+ 0,007	—	O.	— 0,056
13 id.....	E.	+ 0,021	21 id.....	O.	— 0,009
—	O.	— 0,014	—	E.	— 0,070
—	E.	— 0,080	—	O.	— 0,044
—	O.	— 0,027	—	E.	— 0,045
			22 id.....	E.	— 0,125
14 id.....	O.	— 0,044	—	O.	— 0,083
—	E.	— 0,138	—	E.	— 0,082
—	O.	— 0,129	—	E.	— 0,134
—	E.	— 0,159	—	O.	— 0,115

Segundo período — Observador: ESTEBAN

FECHAS — 1896.	Posición del círculo	Valor de b en tiempo	FECHAS — 1896.	Posición del círculo	Valor de b en tiempo
		s			s
3 de octubre.....	O.	— 0,058	11 de octubre.....	O.	+ 0,095
—	E.	— 0,137	—	E.	— 0,009
—	O.	— 0,090	—	O.	— 0,028
—	E.	+ 0,043	—	E.	+ 0,020
5 id.....	E.	— 0,080	13 id.....	E.	+ 0,194
—	O.	— 0,151	—	O.	+ 0,032
—	E.	— 0,189	—	E.	+ 0,040
—	O.	— 0,112	—	O.	— 0,037
6 id.....	O.	— 0,064	14 id.....	O.	— 0,020
—	E.	— 0,067	—	E.	— 0,152
—	O.	— 0,080	—	O.	— 0,053
—	E.	— 0,135	—	E.	— 0,165
7 id.....	E.	+ 0,029	17 id.....	O.	+ 0,050
—	O.	+ 0,008	—	E.	— 0,035
—	E.	— 0,006	—	O.	+ 0,035
—	O.	— 0,003	—	E.	— 0,122

COLIMACIÓN DEL EJE ÓPTICO

Primer período — Observador: BORRÉS

FECHAS — 1896.	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	COLIMACIÓN		DIFERENCIA
		POLAR	FÍSICA	
		»	»	»
8 septiembre	—	»	— 0,029	»
9 —	2320 B. A. C. P. I.	+ 0,086	— 0,014	+ 0,094
9 —	7504 B. A. C. P. S.	+ 0,064	»	+ 0,078
13 —	3441 Carrington. P. S.	+ 0,065	— 0,029	+ 0,094
14 —	2320 B. A. C. P. I.	+ 0,074	— 0,022	+ 0,096
» —	3495 B. A. C. P. I.	+ 0,047	»	+ 0,064
15 —	2320 B. A. C. P. I.	+ 0,049	— 0,029	+ 0,078
» —	3441 Carrington. P. S.	+ 0,040	»	+ 0,069
20 —	λ Ursæ minoris. P. S.	+ 0,033	— 0,036	+ 0,069
» —	7169 B. A. C. P. S.	+ 0,028	»	+ 0,064
» —	3495 B. A. C. P. I.	+ 0,025	»	+ 0,061
21 —	7504 B. A. C. P. S.	+ 0,054	— 0,007	+ 0,061
» —	8213 B. A. C. P. S.	+ 0,034	»	+ 0,041
22 —	7169 B. A. C. P. S.	+ 0,060	— 0,022	+ 0,082
» —	7504 B. A. C. P. S.	+ 0,070	»	+ 0,092
» —	8213 B. A. C. P. S.	+ 0,047	»	+ 0,069
	Promedios	+ 0,051	— 0,023	+ 0,074

Segundo período — Observador: ESTEBAN

FECHAS — 1896.	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	COLIMACIÓN		DIFERENCIA
		POLAR	FÍSICA	
		»	»	»
2 octubre	—	»	+ 0,036	»
3 —	3441 Carrington. P. S.	+ 0,005	— 0,007	+ 0,012
5 —	2320 B. A. C. P. I.	+ 0,001	— 0,029	+ 0,030
» —	3441 Carrington. P. S.	+ 0,079	»	+ 0,108
6 —	7504 B. A. C. P. S.	+ 0,037	+ 0,022	+ 0,015
» —	3441 Carrington. P. S.	+ 0,052	»	+ 0,030
7 —	2320 B. A. C. P. I.	+ 0,035	— 0,050	+ 0,085
11 —	7169 B. A. C. P. S.	+ 0,052	+ 0,036	+ 0,016
» —	3441 Carrington. P. S.	+ 0,111	»	+ 0,075
13 —	3441 Carrington. P. S.	+ 0,091	+ 0,022	+ 0,069
14 —	—	»	+ 0,036	»
16 —	—	»	+ 0,028	»
17 —	—	»	+ 0,036	»
	Promedios	+ 0,052	+ 0,023	+ 0,049

Ambos observadores, considerando como constante la colimación, han aceptado en sus cálculos como valor único el promedio de los que en cada período se deducen particularmente por la observación de la mira y de las circumpolares, es decir: $+0^s,014$ el Sr. Borrés y $+0^s,033$ el Sr. Esteban; y tomando en cuenta el efecto de aberración diurna de la luz, el primero aplicó, para el término $c - \alpha$, los siguientes valores:

$-0^s,002$	para la posición C . E
$-0,030$	para la posición C . O

y el segundo, estos otros:

$+0^s,017$	para la posición C . E
$-0,049$	para la posición C . O.

Azimut del eje óptico. — Disponiéndose en Lisboa de una mira meridiana, colocada al Norte del pilar de observación, se halló el azimut de esta señal en los varios días de trabajo, y dedújose el que corresponde al eje del anteojo en cada una de las series, como se hizo en la estación de Madrid. Los resultados obtenidos van á continuación.

AZIMUT DE LA MIRA

Primer período — Observador: BORRÉS

FECHAS — 1896.	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	POSICIÓN DEL CÍRCULO	a	K (V_0 — M)	A	PROMEDIOS
			s	s	s	
8 de septiembre ..	51 Cephei.....	E.	— 0,002	+ 0,778	+ 0,736	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,035	+ 0,770	+ 0,735	+ 0,748
	7504 B. A. C.....	E.	— 0,036	+ 0,778	+ 0,742	
	3441 Carrington.....	O.	— 0,012	+ 0,770	+ 0,758	
9 id.....	51 Cephei.....	O.	— 0,087	+ 0,770	+ 0,683	
	λ Ursæ minoris.....	E.	— 0,142	+ 0,756	+ 0,614	
	2320 B. A. C.....	E.	— 0,204	+ 0,756	+ 0,632	+ 0,687
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,044	+ 0,749	+ 0,793	
	7504 B. A. C.....	E.	— 0,065	+ 0,778	+ 0,713	
	3495 B. A. C.....	E.	— 0,093	+ 0,778	+ 0,685	
13 id.....	2320 B. A. C.....	E.	— 0,039	+ 0,792	+ 0,753	
	7169 B. A. C.....	O.	— 0,097	+ 0,792	+ 0,695	
	76 Draconis.....	O.	— 0,112	+ 0,792	+ 0,680	+ 0,770
	3441 Carrington.....	E.	— 0,059	+ 0,821	+ 0,762	
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,068	+ 0,828	+ 0,896	
	8213 B. A. C.....	O.	+ 0,042	+ 0,828	+ 0,870	
14 id.....	51 Cephei.....	O.	— 0,097	+ 0,778	+ 0,681	
	λ Ursæ minoris.....	E.	— 0,054	+ 0,799	+ 0,745	
	2320 B. A. C.....	E.	— 0,083	+ 0,799	+ 0,716	+ 0,693
	3495 B. A. C.....	O.	— 0,080	+ 0,814	+ 0,734	
	3495 B. A. C.....	E.	— 0,177	+ 0,814	+ 0,637	
15 id.....	51 Cephei.....	E.	— 0,074	+ 0,720	+ 0,646	
	λ Ursæ minoris.....	O.	— 0,152	+ 0,727	+ 0,575	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,088	+ 0,727	+ 0,639	
	3495 B. A. C.....	E.	— 0,072	+ 0,806	+ 0,734	+ 0,720
	3441 Carrington.....	E.	— 0,054	+ 0,806	+ 0,752	
	3441 Carrington.....	O.	+ 0,022	+ 0,850	+ 0,872	
	8213 B. A. C.....	O.	— 0,025	+ 0,850	+ 0,825	
20 id.....	51 Cephei.....	E.	— 0,097	+ 0,973	+ 0,876	
	λ Ursæ minoris.....	E.	— 0,047	+ 0,973	+ 0,926	
	λ Ursæ minoris.....	O.	0,000	+ 0,965	+ 0,965	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,103	+ 0,965	+ 0,862	+ 0,892
	7169 B. A. C.....	O.	— 0,088	+ 0,965	+ 0,877	
	3495 B. A. C.....	E.	— 0,162	+ 1,001	+ 0,839	
	3495 B. A. C.....	O.	— 0,110	+ 1,009	+ 0,899	
21 id.....	2320 B. A. C.....	O.	— 0,054	+ 0,901	+ 0,867	
	7169 B. A. C.....	E.	+ 0,028	+ 0,937	+ 0,955	
	76 Draconis.....	E.	— 0,009	+ 0,937	+ 0,928	
	7504 B. A. C.....	E.	— 0,004	+ 0,937	+ 0,933	+ 0,900
	8213 B. A. C.....	O.	— 0,031	+ 0,965	+ 0,934	
	8213 B. A. C.....	E.	— 0,032	+ 0,960	+ 0,928	
	4165 B. A. C.....	E.	— 0,083	+ 0,980	+ 0,897	
22 id.....	2320 B. A. C.....	E.	— 0,028	+ 1,001	+ 0,973	
	7169 B. A. C.....	E.	— 0,038	+ 1,001	+ 0,963	
	7169 B. A. C.....	O.	+ 0,045	+ 1,016	+ 1,061	
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,064	+ 1,016	+ 1,080	+ 1,016
	8213 B. A. C.....	E.	— 0,059	+ 1,032	+ 0,973	
	8213 B. A. C.....	O.	+ 0,041	+ 1,032	+ 1,073	
	4165 B. A. C.....	O.	— 0,063	+ 1,052	+ 0,989	

Del examen de los resultados que presenta el estado anterior parece deducirse que del día 15 al 20 ha habido algún movimiento perceptible en la mira, por cuya razón ha admitido el Sr. Borrés los siguientes valores, para azimut de la mira:

del 8 al 15 de septiembre + 0,726
del 20 al 22 de id. + 0,943,

de los cuales ha partido para obtener los que corresponden á las diversas series y que se exponen á continuación.

AZIMUT DEL EJE OPTICO

Primer período — Observador: BORRÉS

FECHAS — 1 896.	SERIES	POSICIÓN	AZIMUT	FECHAS — 1 896.	SERIES	POSICIÓN	AZIMUT
8 de septiembre...	1.ª	E.	— 0,050	15 de septiembre...	1.ª	E.	+ 0,008
	2.ª	O.	— 0,042		2.ª	O.	+ 0,001
	3.ª	E.	— 0,050		3.ª	E.	— 0,078
	4.ª	O.	— 0,042		4.ª	O.	— 0,122
9 id.....	1.ª	O.	— 0,042	20 id.....	1.ª	E.	— 0,035
	2.ª	E.	— 0,028		2.ª	O.	— 0,027
	3.ª	O.	— 0,021		3.ª	E.	— 0,063
	4.ª	E.	— 0,050		4.ª	O.	— 0,071
12 id.....	1.ª	E.	— 0,064	21 id.....	1.ª	O.	+ 0,037
	2.ª	O.	— 0,064		2.ª	E.	+ 0,001
	3.ª	E.	— 0,093		3.ª	O.	— 0,027
	4.ª	O.	— 0,100		4.ª	E.	— 0,042
14 id.....	1.ª	O.	— 0,050	22 id.....	1.ª	E.	— 0,063
	2.ª	E.	— 0,071		2.ª	O.	— 0,078
	3.ª	O.	— 0,086		3.ª	E.	— 0,114
	4.ª	E.	— 0,086		4.ª	O.	— 0,114

AZIMUT DE LA MIRA

Segundo período

Observador: Esteban

FECHAS — 1896.	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	POSICIÓN DEL CÍRCULO	*a*	K (V_0—M)	A	PROMEDIOS
			″	″	″	″
2 de octubre.....	2320 B. A. C.....	O.	— 0,196	+ 0,987	+ 0,791	
	7505 B. A. C.....	E.	— 0,035	+ 1,016	+ 0,981	+ 0,886
3 id.....	λ. Ursæ minoris.....	O.	0,000	+ 0,958	+ 0,958	
	7169 B. A. C.....	E.	— 0,037	+ 1,052	+ 1,015	
	3441 Carrington.....	O.	— 0,154	+ 1,038	+ 0,884	+ 0,931
	3441 Carrington.....	E.	— 0,077	+ 0,944	+ 0,867	
5 id.....	λ. Ursæ minoris.....	E.	— 0,135	+ 1,052	+ 0,917	
	2320 B. A. C.....	E.	— 0,121	+ 1,052	+ 0,931	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,206	+ 1,202	+ 0,996	
	1495 B. A. C.....	E.	— 0,216	+ 1,131	+ 0,915	+ 0,968
	3441 Carrington.....	E.	+ 0,022	+ 1,131	+ 1,053	
	3441 Carrington.....	O.	— 0,114	+ 1,110	+ 0,996	
6 id.....	7504 B. A. C.....	O.	— 0,307	+ 1,110	+ 0,803	
	7504 B. A. C.....	E.	— 0,256	+ 1,117	+ 0,861	
	3441 Carrington.....	E.	— 0,033	+ 1,117	+ 1,084	+ 0,945
	3441 Carrington.....	O.	— 0,055	+ 1,117	+ 1,062	
	8213 B. A. C.....	E.	— 0,221	+ 1,138	+ 0,917	
7 id.....	λ. Ursæ minoris.....	E.	— 0,087	+ 0,994	+ 0,907	
	2320 B. A. C.....	E.	— 0,168	+ 0,994	+ 0,826	
	2320 B. A. C.....	O.	— 0,130	+ 1,072	+ 0,942	+ 0,945
	76 Draconis.....	E.	— 0,050	+ 1,072	+ 1,022	
	3441 Carrington.....	O.	— 0,102	+ 1,131	+ 1,029	
12 id.....	λ. Ursæ minoris.....	O.	— 0,089	+ 1,196	+ 1,107	
	7169 B. A. C.....	O.	— 0,022	+ 1,196	+ 1,174	
	7169 B. A. C.....	E.	— 0,223	+ 1,268	+ 1,045	+ 1,115
	3441 Carrington.....	O.	— 0,667	+ 1,290	+ 1,223	
	3441 Carrington.....	E.	— 0,244	+ 1,268	+ 1,024	
13 id.....	λ. Ursæ minoris.....	E.	— 0,134	+ 1,225	+ 0,991	
	7169 B. A. C.....	O.	— 0,158	+ 1,260	+ 1,102	
	7504 B. A. C.....	E.	— 0,321	+ 1,290	+ 0,969	+ 1,019
	3441 Carrington.....	E.	— 0,309	+ 1,290	+ 0,981	
	3441 Carrington.....	O.	— 0,216	+ 1,268	+ 1,052	
14 id.....	λ. Ursæ minoris.....	O.	+ 0,002	+ 1,138	+ 1,140	
	7169 B. A. C.....	E.	— 0,018	+ 1,239	+ 1,221	
	1 Draconis.....	O.	— 0,311	+ 1,305	+ 0,994	+ 1,078
	7504 B. A. C.....	O.	— 0,304	+ 1,305	+ 1,001	
	3441 Carrington.....	E.	— 0,232	+ 1,268	+ 1,036	
17 id.....	λ. Ursæ minoris.....	O.	+ 0,030	+ 1,095	+ 1,125	
	7169 B. A. C.....	E.	— 0,031	+ 0,994	+ 0,963	
	7504 B. A. C.....	O.	+ 0,248	+ 0,915	+ 1,163	+ 1,068
	1 Draconis.....	O.	+ 0,173	+ 0,915	+ 1,088	
	3441 Carrington.....	E.	+ 0,048	+ 0,952	+ 0,990	

El azimut de la mira, según se desprende de estos resultados, puede suponerse constante en los cinco primeros días de observación; del día 7 al 11 se manifiesta un pequeño aumento y queda luego con escasa ó ninguna alteración hasta el final de la campaña; se ha creído conveniente emplear estos dos valores para azimut de la mira:

del 3 al 7 de octubre + 0,938
del 11 al 17 de id. + 1,050,

y de ellos se ha partido para obtener el correspondiente al eje del anteojo en cada una de las series.

AZIMUT DEL EJE ÓPTICO

Segundo período — Observador: ESTEBAN

FECHAS — 1896.	SERIES	POSICIÓN	AZIMUT	FECHAS — 1896.	SERIES	POSICIÓN	AZIMUT
3 de octubre.....	1.ª	O.	— 0,020	11 de octubre.....	1.ª	O.	— 0,146
	2.ª	E.	— 0,114		2.ª	E.	— 0,218
	3.ª	O.	— 0,100		3.ª	O.	— 0,040
	4.ª	E.	— 0,006		4.ª	E.	— 0,218
5 id.....	1.ª	E.	— 0,114	13 id.....	1.ª	E.	— 0,175
	2.ª	O.	— 0,164		2.ª	O.	— 0,210
	3.ª	E.	— 0,193		3.ª	E.	— 0,240
	4.ª	O.	— 0,172		4.ª	O.	— 0,218
6 id.....	1.ª	O.	— 0,172	14 id.....	1.ª	O.	— 0,088
	2.ª	E.	— 0,179		2.ª	E.	— 0,189
	3.ª	O.	— 0,179		3.ª	O.	— 0,055
	4.ª	E.	— 0,200		4.ª	E.	— 0,218
7 id.....	1.ª	E.	— 0,056	17 id.....	1.ª	O.	— 0,045
	2.ª	O.	— 0,134		2.ª	E.	+ 0,056
	3.ª	E.	— 0,134		3.ª	O.	+ 0,135
	4.ª	O.	— 0,192		4.ª	E.	+ 0,099

En los cuadros siguientes, dispuestos en igual forma que sus análogos de la estación de Madrid, van expuestos los resultados obtenidos para corrección del péndulo en Lisboa en cada uno de los días correspondientes á los dos períodos de la operación de longitud.

ESTACIÓN DE LISBOA

8 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO

OBSERVADOR: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	R	C_R
			h m s	s	s	s	s
α Aquilæ	E	14	18 36 37,94	0,00	37,94	38,14	+ 0,20
φ Sagittarii	E	14	39 13,98	— 0,02	13,97	13,44	17
29 Sagittarii	E	14	43 33,42	— 0,01	33,41	33,55	14
ν' Sagittarii	E	15	47 57,07	— 0,02	57,05	57,27	22
31 Cephei (P. S.)	E	14	52 3,77	»	»	»	»
π Sagittarii	E	14	19 3 38,46	— 0,01	38,45	38,59	14
φ Sagittarii	E	14	9 13,72	— 0,02	13,70	13,91	21
α' Sagittarii	E	14	12 36,66	— 0,01	36,65	36,87	22
υ Sagittarii	E	14	15 49,87	— 0,01	49,86	50,03	17
π Aquilæ	O	14	19 31 21,54	— 0,06	21,48	21,42	— 0,06
σ Aquilæ	O	14	34 7,10	— 0,06	7,04	6,98	06
β Sagittæ	O	14	36 25,88	— 0,05	25,83	25,75	08
ζ Sagittarii	O	14	40 21,84	— 0,07	21,77	21,78	+ 0,01
δ Sagittæ	O	14	42 48,26	— 0,05	48,21	48,08	— 0,13
η Aquilæ	O	14	47 14,02	— 0,06	13,95	14,00	+ 0,05
2320 B. A. C. (P. I.)	O	15	54 6,49	»	»	»	»
θ Aquilæ	O	14	20 6 0,02	— 0,06	59,96	59,96	0,00
α' Capricorni	O	14	11 56,97	— 0,07	56,90	56,96	+ 0,06
ι Equulei	E	14	21 5 20,61	— 0,04	20,57	20,63	+ 0,06
ζ Cygni	E	14	8 33,76	— 0,03	33,73	33,78	05
α Equulei	E	14	10 41,09	— 0,04	41,05	41,20	15
30 Capricorni	E	14	12 11,51	— 0,06	11,45	11,60	15
ι Pegasi	E	14	15 20,05	— 0,04	20,01	20,03	02
7504 B. A. C. (P. S.)	E	15	20 21,92	»	»	»	»
ε Capricorni	E	14	31 19,68	— 0,06	19,62	19,84	22
α' Aquarii	E	14	34 20,38	— 0,05	20,33	20,47	14
ε Capricorni	E	14	36 55,32	— 0,06	55,26	55,42	16
29 Aquarii	O	14	21 56 49,46	— 0,04	49,42	49,33	— 0,09
α Aquarii	O	14	22 0 30,63	— 0,02	30,61	30,47	14
ι Pegasi	O	12	2 13,83	0,00	13,83	13,65	18
θ Pegasi	O	14	5 1,21	— 0,02	1,19	1,03	16
41 Aquarii	O	14	8 37,94	— 0,05	37,89	37,61	08
45 Aquarii	O	8	13 30,21	— 0,04	30,17	30,06	11
ζ Aquarii	O	12	16 21,17	— 0,03	21,14	21,04	10
3441 Carrington (P. S.)	O	15	21 40,39	»	»	»	»
η Aquarii	O	14	23 4,86	— 0,02	4,84	4,66	18

ESTACIÓN DE LISBOA

9 de septiembre de 1896.

PRIMER PERIODO — OBSERVADOR: BORRÈS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_f
			h m s	s	s	s	s
1 Aquilæ	O	14	18 19 36,04	— 0,08	35,96	36,19	+ 0,23
2 Aquilæ	O	14	36 37,95	— 0,08	37,87	38,13	26
φ Sagittarii	O	14	39 13,27	— 0,09	13,18	13,42	24
110 Herculis	O	14	41 13,86	— 0,08	13,78	13,99	21
29 Sagittarii	O	12	43 33,39	— 0,09	33,30	33,53	23
ν Sagittarii	O	14	47 57,18	— 0,09	57,09	57,25	16
θ Serpentis	O	14	51 5,96	— 0,08	5,88	6,09	21
31 Cephei (P. I.)	O	15	52 3,82	»	»	»	»
6 Sagittarii	O	14	58 30,77	— 0,09	30,68	30,88	20
ψ Sagittarii	E	14	19 15 49,63	— 0,14	49,49	50,02	+ 0,53
δ Aquilæ	E	14	21 18,29	— 0,18	18,11	18,57	46
λ Ursæ minoris (P. S.)	E	15	26 26,49	»	»	»	»
κ Aquilæ	E	14	31 21,10	— 0,16	20,94	21,41	47
σ Aquilæ	E	14	34 6,65	— 0,18	6,47	6,97	50
β Sagittæ	E	14	36 25,31	— 0,00	25,31	25,74	43
ζ Sagittarii	E	14	40 21,42	— 0,14	21,28	21,77	49
δ Sagittæ	E	14	42 47,83	— 0,21	47,62	48,07	45
η Aquilæ	E	14	47 13,70	— 0,17	13,53	13,98	45
*320 B. A. C. (P. I.)	E	15	54 3,70	»	»	»	»
*320 B. A. C. (P. I.)	O	15	20 53 57,06	»	»	»	»
21 Capricorni	O	14	55 4,62	— 0,05	4,57	4,81	+ 0,24
η Capricorni	O	14	58 33,31	— 0,05	33,26	33,50	24
θ Capricorni	O	14	21 11 10,11	— 0,05	10,06	10,29	23
27 Capricorni	O	14	3 40,39	— 0,05	40,34	40,61	27
ι Equulei	O	12	5 20,49	— 0,04	20,45	20,62	17
ξ Cygni	O	14	8 33,64	— 0,04	33,60	33,77	17
α Equulei	O	14	10 41,07	— 0,04	41,03	41,19	16
30 Capricorni	O	12	12 11,41	— 0,05	11,36	11,59	23
7504 B. A. C. (P. S.)	O	15	20 24,09	»	»	»	»
7504 B. A. C. (P. S.)	E	15	21 20 21,71	»	»	»	»
ε Pegasi	E	14	30 7,88	— 0,02	7,86	8,35	+ 0,49
ζ Capricorni	E	14	41 21,86	— 0,04	21,82	22,30	48
β Capricorni	E	14	47 41,30	— 0,04	41,26	41,79	53
29 Aquarii	E	14	56 48,83	— 0,04	48,79	49,32	53
α Aquarii	E	14	22 0 30,02	— 0,03	29,99	30,47	48
ι Pegasi	E	14	2 13,21	— 0,01	13,20	13,65	45
θ Pegasi	E	14	5 0,39	— 0,00	0,37	1,03	46
41 Aquarii	E	14	* 8 37,33	— 0,04	37,29	37,81	52
3495 B. A. C. (P. I.)	E	15	14 31,48	»	»	»	»

ESTACIÓN DE LISBOA

13 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_p
			h m s	s	s	s	s
β Sagittæ	E	14	19 36 19,40	— 0,01	19,39	25,68	+ 6,29
γ Sagittarii	E	14	40 15,38	— 0,05	15,33	21,72	39
δ Sagittæ	E	14	42 41,74	0,00	41,74	48,01	27
η Aquilæ	E	14	47 7,53	— 0,02	7,51	13,94	43
ω Sagittarii	E	14	49 26,07	— 0,06	26,01	32,36	35
ι Sagittarii	E	14	52 35,02	— 0,06	34,96	41,28	32
2320 B. A. C. (P. I.)	E	15	54 7,19	»	»	»	»
θ Aquilæ	E	14	20 5 53,66	— 0,03	53,63	59,91	28
α' Capricorni	E	14	12 50,62	— 0,04	50,58	56,91	33
ρ Capricorni	O	14	20 22 53,81	— 0,10	53,71	59,82	+ 6,11
2 Delphini	O	14	28 12,02	— 0,07	11,95	18,01	06
7269 B. A. C. (P. S.)	O	15	31 17,39	»	»	»	»
ψ Capricorni	O	12	39 54,65	— 0,10	54,55	0,72	17
3 Aquarii	O	14	42 12,78	— 0,08	12,70	18,80	10
15 Delphini	O	14	44 37,89	— 0,07	37,82	43,86	04
μ Aquarii	O	14	47 0,51	— 0,09	0,42	6,61	19
19 Capricorni	O	14	48 53,35	— 0,10	53,25	59,43	20
76 Draconis (P. S.)	O	15	50 1,43	»	»	»	»
21 Capricorni	O	14	54 38,71	— 0,10	38,61	4,78	17
μ Capricorni	E	14	21 47 35,50	— 0,13	35,37	41,79	+ 6,42
29 Aquarii	E	14	56 43,02	— 0,13	42,89	49,32	43
α Aquarii	E	14	22 0 24,23	— 0,12	24,11	30,46	35
ι Pegasi	E	14	2 7,42	— 0,12	7,30	13,64	34
θ Pegasi	E	14	4 54,78	— 0,12	54,66	1,02	36
41 Aquarii	E	14	8 31,55	— 0,13	31,42	37,80	38
θ Aquarii	E	14	11 18,54	— 0,12	18,42	24,85	43
45 Aquarii	E	14	13 23,77	— 0,13	23,64	30,06	42
3441 Carrington (P. S.)	E	15	21 34,01	»	»	»	»
3441 Carrington (P. S.)	O	15	22 21 35,25	»	»	»	»
ζ Pegasi	O	14	36 14,29	— 0,10	14,19	20,23	+ 6,04
ε² Aquarii	O	14	41 36,33	— 0,14	36,19	2,33	14
ζ² Aquarii	O	14	44 3,33	— 0,13	3,20	9,33	13
λ Aquarii	O	14	47 9,45	— 0,12	9,33	15,38	05
δ Aquarii	O	14	49 6,16	— 0,13	6,03	12,09	06
α Pegasi	O	14	59 32,58	— 0,10	32,48	38,56	08
58 Pegasi	O	14	23 4 45,00	— 0,10	44,90	51,07	17
φ Aquarii	O	14	8 54,26	— 0,12	54,14	0,26	12
8213 B. A. C. (P. S.)	O	15	17 37,38	»	»	»	»

ESTACIÓN DE LISBOA

14 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T			C	T_c	Æ	C_p
			h	m	s	s	s	s	s
τ Aquilæ	O	14	18	29	28,29	— 0,10	28,19	36,11	+ 7,92
ο Aquilæ	O	14		36	30,25	— 0,10	30,15	38,05	90
ψ Sagittarii	O	14		39	5,47	— 0,10	5,37	13,34	97
110 Herculis	O	14		41	6,05	— 0,09	5,96	13,90	94
29 Sagittarii	O	14		43	25,58	— 0,10	25,48	33,45	97
ν' Sagittarii	O	14		47	49,33	— 0,10	49,23	57,27	94
31 Cephei (P. I.)	O	15		51	58,87	»	»	»	»
ϑ Sagittarii	O	14		58	22,93	— 0,10	22,83	30,80	97
ζ Aquilæ	O	14	19	0	32,80	— 0,09	32,71	40,68	95
κ' Sagittarii	E	14	19	18	52,62	— 0,14	52,48	0,78	+ 8,30
λ Ursæ minoris (P. S.)	E	15		26	12,73	»	»	»	»
χ Aquilæ	E	14		31	23,02	— 0,15	23,07	31,35	28
ϑ Aquilæ	E	14		33	58,79	— 0,16	58,63	6,91	28
β Sagittæ	E	14		36	17,54	— 0,16	17,38	25,67	29
ι Sagittarii	E	14		40	13,49	— 0,14	13,35	21,71	36
δ Sagittæ	E	14		42	39,93	— 0,16	39,77	48,00	23
η Aquilæ	E	14		47	5,85	— 0,15	5,70	13,92	22
θ Sagittarii	E	14		49	24,62	— 0,14	24,12	32,35	23
2320 B. A. C. (P. I.)	E	15		54	2,33	»	»	»	»
2320 B. A. C. (P. I.)	O	15	19	53	56,46	»	»	»	»
σ Aquarii	O	14	22	34	22,46	— 0,18	22,28	30,45	+ 8,17
χ Capricorni	O	14		36	47,35	— 0,18	47,17	55,40	23
ε Pegasi	O	14		39	0,31	— 0,18	0,13	8,33	20
δ Capricorni	O	14		41	14,21	— 0,18	14,03	22,29	26
μ Capricorni	O	14		47	33,73	— 0,18	33,55	41,78	23
29 Aquarii	O	14		56	41,21	— 0,18	41,03	49,31	28
α Aquarii	O	14	22	0	22,38	— 0,18	22,20	30,46	26
θ Pegasi	O	14		4	53,04	— 0,18	52,86	1,02	16
3495 B. A. C. (P. I.)	O	15		14	23,14	»	»	»	»
3495 B. A. C. (P. I.)	E	15	22	14	24,07	»	»	»	»
η Aquarii	E	14		29	56,38	— 0,18	56,20	4,67	+ 8,47
ζ Pegasi	E	14		36	12,03	— 0,19	11,84	20,24	40
ε^2 Aquarii	E	14		42	53,96	— 0,17	53,79	2,33	54
ζ^2 Aquarii	E	14		44	1,10	— 0,17	0,93	9,33	40
λ Aquarii	E	14		47	7,15	— 0,17	6,98	15,38	40
δ Aquarii	E	14		49	3,82	— 0,17	3,65	12,09	44
α Pegasi	E	14		59	30,32	— 0,19	30,13	38,36	43
58 Pegasi	E	14	23	4	42,79	— 0,18	42,61	51,07	46

ESTACIÓN DE LISBOA

15 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	AR	C_β
			h m s	s	s	s	s
1 Aquilæ	E	14	18 29 35,90	— 0,07	35,83	36,09	+ 0,26
2 Aquilæ	E	14	36 37,88	— 0,07	37,81	38,03	22
φ Sagittarii	E	14	39 13,19	— 0,05	13,14	13,33	19
110 Herculis	E	14	41 13,71	— 0,09	13,62	13,88	26
29 Sagittarii	E	14	43 33,85	— 0,06	33,79	33,44	25
ψ' Sagittarii	E	14	47 56,94	— 0,05	56,89	57,16	27
θ' Serpentis	E	14	51 5,85	— 0,08	5,77	5,99	22
51 Cephei (P. I.)	E	15	52 6,53	»	»	»	»
6 Sagittarii	E	14	58 30,65	— 0,06	30,59	30,78	19
9 Sagittarii	O	14	19 13 50,04	— 0,10	49,94	49,94	0,00
κ' Sagittarii	O	14	19 0,87	— 0,09	0,78	0,76	— 0,02
β' Cygni	O	14	26 34,56	— 0,16	34,40	34,31	09
λ Ursæ minoris (P. S.)	O	15	26 19,26	»	»	»	»
σ Aquilæ	O	14	34 7,05	— 0,13	6,92	6,89	03
β Sagittæ	O	14	36 25,88	— 0,14	25,74	25,65	09
ζ Sagittarii	O	14	40 21,77	— 0,10	21,67	21,69	+ 0,02
δ Sagittæ	O	14	42 48,18	— 0,15	48,03	47,94	— 0,09
γ Aquilæ	O	14	47 14,05	— 0,12	13,93	13,91	02
2320 B. A. C. (P. I.)	O	15	54 12,61	»	»	»	»
2320 B. A. C. (P. I.)	E	15	19 54 18,81	»	»	»	»
2 Pegasi	E	14	21 39 8,02	— 0,02	8,00	8,32	+ 0,32
δ Capricorni	E	14	41 22,02	— 0,05	21,97	22,28	31
μ Capricorni	E	14	47 41,44	— 0,05	41,39	41,78	39
29 Aquarii	E	14	56 48,94	— 0,05	48,89	49,31	42
α Aquarii	E	14	22 0 30,18	— 0,03	30,15	30,46	31
1 Pegasi	E	14	3 13,35	— 0,01	13,36	13,66	30
θ Aquarii	E	14	5 0,75	— 0,02	0,73	1,03	30
41 Aquarii	E	14	8 37,46	— 0,06	37,40	37,79	39
3495 B. A. C. (P. I.)	E	15	14 32,34	»	»	»	»
3441 Carrington (P. S.)	E	15	21 39,02	»	»	»	»
3441 Carrington (P. S.)	O	15	22 22 40,13	»	»	»	»
ζ Pegasi	O	14	36 20,22	— 0,04	20,18	20,24	+ 0,06
g^2 Aquarii	O	14	42 2,32	— 0,12	2,20	2,34	14
$\frac{1}{2}$ Aquarii	O	14	44 9,39	— 0,10	9,29	9,34	05
λ Aquarii	O	14	47 15,41	— 0,08	15,33	15,39	06
δ Aquarii	O	14	49 12,12	— 0,10	12,02	12,10	09
α Pegasi	O	14	59 38,49	— 0,09	38,40	38,57	21
58 Pegasi	O	14	23 4 52,02	— 0,04	52,07	52,08	21
φ Aquarii	O	14	9 0,20	— 0,09	0,11	0,27	16
5213 B. A. C. (P. S.)	O	15	28 2,24	»	»	»	»

ESTACIÓN DE LISBOA

20 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: BORRÁS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_p
			h m s	s	s	s	s
ν' Sagitarii	E	14	18 47 58,22	— 0,04	58,18	57,07	— 2,11
θ' Serpentis	E	14	51 7,13	— 0,03	7,10	5,92	18
32 Cephei (P. L.)	E	15	52 12,05	»	»	»	»
ζ Aquilæ	E	14	19 0 41,74	— 0,03	41,71	40,56	15
π Sagittarii	E	14	3 39,59	— 0,04	39,55	38,42	14
φ Sagittarii	E	12	9 14,90	— 0,04	14,86	13,73	13
σ Sagittarii	E	14	11 37,91	— 0,04	37,87	36,70	12
υ Sagittarii	E	14	15 51,09	— 3,04	51,05	49,85	18
κ' Sagittarii	E	14	19 7,93	— 0,04	7,89	6,69	20
λ Ursæ minoris (P. S.)	E	15	26 13,91	»	»	»	»
λ Ursæ minoris (P. S.)	O	15	19 26 28,13	»	»	»	»
η Aquilæ	O	14	47 15,47	— 0,07	15,40	13,88	— 1,32
ω Sagittarii	O	14	49 33,66	— 0,08	33,58	32,26	32
ι Sagittarii	O	14	52 42,51	— 0,08	42,43	41,18	25
7 320 B. A. C. (P. L.)	O	13	53 24,03	»	»	»	»
θ Aquilæ	O	14	20 6 1,14	— 0,07	1,07	59,85	24
α' Capricorni	O	14	11 58,16	— 0,07	58,09	56,83	26
β² Capricorni	O	14	15 25,35	— 0,07	15,28	13,98	30
23 Hevelius	O	14	18 6,17	— 0,07	6,10	4,89	21
ρ Capricorni	O	14	23 1,00	— 0,08	0,92	59,70	22
7 169 B. A. C. (P. S.)	O	15	33 23,98	»	»	»	»
7 169 B. A. C. (P. S.)	E	15	21 33 23,61	»	»	»	»
β Aquarii	E	14	26 9,94	— 0,12	9,82	8,97	— 0,85
z Capricorni	E	14	31 20,71	— 0,12	20,59	19,77	82
ε Aquarii	E	14	34 21,37	— 0,12	21,25	20,41	84
χ Capricorni	E	14	36 56,39	— 0,12	56,27	55,36	91
ε Pegasi	E	14	39 9,31	— 0,12	9,19	8,29	90
δ Capricorni	E	12	42 23,27	— 0,12	23,15	22,25	90
μ Capricorni	E	14	47 42,71	— 0,12	42,59	41,76	83
29 Aquarii	E	14	56 50,17	— 0,12	50,05	49,29	76
3 495 B. A. C. (P. L.)	E	15	22 14 34,15	»	»	»	»
3 495 B. A. C. (P. L.)	O	15	22 14 33,54	»	»	»	»
η Aquarii	O	14	30 5,85	— 0,15	5,70	4,66	— 1,04
ζ Pegasi	O	14	36 21,38	— 0,15	21,23	20,23	00
δ² Aquarii	O	14	42 3,51	— 0,15	3,36	2,34	02
ε² Aquarii	O	14	43 10,46	— 0,15	10,31	9,34	0,97
λ Aquarii	O	14	47 18,48	— 0,15	18,33	17,39	94
δ Aquarii	O	14	49 13,25	— 0,15	13,10	12,10	1,00
α Pegasi	O	14	59 39,66	— 0,15	39,51	38,57	0,94
58 Pegasi	O	14	23 4 52,17	— 0,15	52,02	51,08	94

ESTACIÓN DE LISBOA

21 de septiembre de 1896.

PRIMER PERÍODO — OBSERVADOR: BORRÊS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_{φ}
			h m s	s	s	s	s
ζ Sagittarii	O	14	19 9 12,77	0,00	12,77	13,71	+ 0,94
d Sagittarii	O	14	11 35,76	0,00	35,76	36,68	92
υ Sagittarii	O	14	15 48,90	0,00	48,90	49,85	95
x' Sagittarii	O	14	18 59,65	0,00	59,65	0,67	1,02
κ Aquilæ	O	14	31 20,28	— 0,01	20,27	21,25	0,98
β Sagittæ	O	20	36 24,66	— 0,03	24,63	25,56	93
η Aquilæ	O	14	47 12,87	— 0,01	12,86	13,83	97
ω Sagittarii	O	8	49 31,40	0,00	31,40	32,30	90
2320 B. A. C. (P. I.)	O	15	54 22,18	»	»	»	»
7169 B. A. C. (P. S.)	E	15	20 33 21,72	»	»	»	»
ψ Capricorni	E	14	39 59,41	— 0,03	59,38	0,64	+ 1,26
3 Aquarii	E	14	42 17,46	— 0,05	17,41	18,73	32
15 Delphini	E	14	44 42,53	— 0,06	42,47	43,76	29
μ Aquarii	E	14	47 5,27	— 0,05	5,22	6,54	32
19 Capricorni	E	12	48 58,11	— 0,04	58,07	59,38	31
16 Delphini	E	14	50 42,93	— 0,06	42,87	44,18	31
76 Draconis (P. S.)	E	11	50 5,88	»	»	»	»
η Capricorni	E	12	58 32,12	— 0,04	32,08	33,40	32
27 Capricorni	E	14	21 3 39,19	— 0,04	39,15	40,51	36
7304 B. A. C. (P. S.)	E	15	10 18,84	»	»	»	»
7504 B. A. C. (P. S.)	O	15	21 20 20,27	»	»	»	»
ϑ Aquarii	O	14	22 15 11,65	— 0,07	11,58	12,77	+ 1,19
η Aquarii	O	10	30 3,32	— 0,07	3,45	4,66	21
ζ Pegasi	O	10	36 19,08	— 0,07	19,01	20,23	22
g^2 Aquarii	O	14	41 1,18	— 0,07	1,11	2,34	23
τ^2 Aquarii	O	14	44 8,14	— 0,07	8,07	9,34	27
58 Pegasi	O	14	23 4 49,86	— 0,07	49,79	51,08	29
φ Aquarii	O	14	8 59,09	— 0,07	59,02	0,28	26
γ Piscium	O	14	11 49,20	— 0,07	49,13	50,43	30
8213 B. A. C. (P. S.)	O	15	18 0,43	»	»	»	»
8213 B. A. C. (P. S.)	E	15	23 27 59,36	»	»	»	»
19 Piscium	E	14	41 7,10	— 0,06	7,04	8,64	+ 1,60
21 Piscium	E	14	44 10,40	— 0,06	10,34	11,98	64
22 Piscium	E	14	46 40,83	— 0,06	40,77	42,36	59
27 Piscium	E	14	53 23,45	— 0,06	23,39	25,00	61
29 Piscium	E	14	56 32,20	— 0,06	32,14	33,71	57
33 Piscium	E	14	0 0 3,30	— 0,06	3,24	4,79	55
4 Ceti	E	14	2 26,96	— 0,06	26,90	28,46	56
17 B. A. C.	E	14	5 1,96	— 0,06	1,90	3,47	57
4165 B. A. C. (P. I.)	E	15	13 57,85	»	»	»	»

ESTACION DE LISBOA

22 de septiembre de 1890.

Primer período — Observador: BORRÉS

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_β
			h m s	s	s	s	s
δ Sagittæ	E	14	19 42 44,08	— 0,15	43,93	47,87	+ 3,94
η Aquilæ	E	14	47 0,98	— 0,24	9,84	13,82	98
Λ Sagittarii	E	14	52 37,34	— 0,22	37,22	41,15	93
γ Sagittæ	E	10	53 7,07	— 0,25	6,92	10,85	91
2320 B. A. C. (P. I.)	E	15	54 10,55	»	»	»	»
θ Aquilæ	E	10	20 3 55,99	— 0,14	55,85	59,73	88
α' Capricorni	E	14	11 52,99	— 0,13	52,86	56,81	95
5 Capricorni	E	14	13 23,75	— 0,13	23,62	27,59	97
23 Hevelius	E	14	18 1,00	— 0,14	0,86	4,84	98
7169 B. A. C. (P. S.)	E	15	33 19,22	»	»	»	»
7169 B. A. C. (P. S.)	O	15	20 33 19,88	»	»	»	»
15 Delphini	O	12	44 40,15	— 0,14	40,01	43,75	+ 3,74
μ Aquarii	O	14	47 2,96	— 0,14	2,82	6,52	70
19 Capricorni	O	14	48 55,74	— 0,15	55,59	59,36	77
21 Capricorni	O	14	55 1,05	— 0,15	0,90	4,70	80
θ Capricorni	O	14	21 0 6,53	— 0,15	6,38	10,18	80
27 Capricorni	O	14	3 36,87	— 0,15	36,72	40,50	78
γ Equulei	O	14	5 16,90	— 0,14	16,76	20,52	76
ζ Cygni	O	14	8 30,08	— 0,14	29,74	33,61	69
7504 B. A. C. (P. S.)	O	15	20 16,86	»	»	»	»
7504 B. A. C. (P. S.)	E	15	21 20 15,93	»	»	»	»
ζ Pegasi	E	14	22 36 16,23	— 0,18	16,05	20,23	+ 4,18
ξ² Aquarii	E	14	41 58,31	— 0,18	58,13	2,33	20
π² Aquarii	E	14	43 5,33	— 0,18	5,15	9,32	18
λ Aquarii	E	14	47 11,38	— 0,18	11,20	15,39	19
δ Aquarii	E	14	49 8,09	— 0,18	7,91	12,10	19
38 Pegasi	E	14	23 4 47,02	— 0,18	46,84	51,09	25
φ Aquarii	E	14	8 56,22	— 0,18	56,04	0,28	24
γ Piscium	E	14	11 46,35	— 0,18	46,17	50,43	26
8213 B. A. C. (P. S.)	E	15	27 58,13	»	»	»	»
8213 B. A. C. (P. S.)	O	15	23 27 59,16	»	»	»	»
19 Piscium	O	14	41 4,73	— 0,19	4,54	8,64	+ 4,10
22 Piscium	O	14	46 38,41	— 0,19	38,22	42,37	15
27 Piscium	O	14	53 21,07	— 0,19	20,88	25,01	13
29 Piscium	O	14	56 29,72	— 0,19	29,53	33,72	19
33 Piscium	O	14	0 0 0,80	— 0,19	0,61	4,80	19
4 Ceti	O	14	2 24,46	— 0,19	24,27	28,47	20
17 B. A. C.	O	14	4 59,46	— 0,19	59,27	3,48	21
γ Pegasi	O	14	7 52,68	— 0,19	52,49	56,69	20
4165 B. A. C. (P. I.)	O	15	13 52,56	»	»	»	»

ESTACIÓN DE LISBOA

3 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERIODO

OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_1	Æ	C_1
			h m s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)..	O	10	19 26 21,08	— 3,66	17,42	56,82	»
χ Aquilæ.	O	14	31 40,65	0,00	40,65	21,07	— 19,58
ϑ Aquilæ.	O	14	34 26,24	— 0,01	26,23	6,61	61
β Sagittæ.	O	14	36 45,04	— 0,02	45,02	25,35	67
f Sagittarii.....	O	13	40 41,07	0,00	41,07	21,42	65
δ Sagittæ.	O	14	43 7,28	— 0,02	7,26	47,69	57
η Aquilæ.	O	14	47 33,25	— 0,01	33,24	13,65	59
β Aquilæ.	O	14	50 34,94	— 0,01	34,93	15,34	59
γ Sagittæ.	O	14	54 30,34	— 0,02	30,32	10,72	60
σ Capricorni.....	E	14	20 13 47,07	— 0,05	47,02	27,44	— 19,58
β^3 Capricorni.....	E	14	15 33,39	— 0,05	33,34	13,80	54
23 Hevelius	E	14	18 24,29	— 0,05	24,24	4,70	54
69 Aquilæ.	E	14	24 35,89	— 0,05	35,84	16,32	52
ε Delphini.....	E	14	28 37,39	— 0,05	37,34	17,76	58
7169 B. A. C. (P. S.)	E	10	33 40,89	+ 0,06	40,95	21,72	»
ζ Aquarii.	E	14	42 38,24	— 0,04	38,20	18,38	62
μ Aquarii.	E	14	47 26,03	— 0,05	25,98	6,39	59
19 Capricorni.....	E	14	49 18,95	— 0,05	18,90	59,23	67
γ Equulei.....	O	7	21 5 40,23	— 0,04	40,19	20,40	— 19,79
α Equulei.....	O	14	10 0,78	— 0,05	0,73	40,98	75
30 Capricorni.....	O	12	12 31,17	— 0,07	31,10	11,38	72
τ Capricorni.....	O	14	16 51,28	— 0,07	51,21	31,40	81
ζ Capricorni.....	O	14	21 7,91	— 0,08	7,83	48,04	79
δ Capricorni.....	O	14	23 11,74	— 0,08	11,66	51,84	82
α Aquarii.	O	14	22 0 50,27	— 0,05	50,22	30,35	87
ι Pegasi.....	O	14	2 33,43	— 0,06	33,37	13,52	86
3441 Carrington (P. S.)....	O	10	21 56,82	— 0,03	56,79	37,70	»
3441 Carrington (P. S.)....	E	10	22 21 35,87	+ 0,76	36,63	37,70	»
ϑ Aquarii.	E	14	25 32,50	+ 0,14	32,64	12,71	— 19,93
ζ Pegasi.....	E	14	36 40,00	+ 0,16	40,16	20,18	98
π^2 Aquarii.....	E	14	42 22,13	+ 0,13	22,26	2,30	96
τ^2 Aquarii.....	E	14	44 29,11	+ 0,14	29,25	9,29	96
λ Aquarii.....	E	14	47 35,19	+ 0,15	35,34	15,36	98
δ Aquarii.	E	14	49 32,89	+ 0,14	32,03	12,07	96
α Piscis australis.....	E	14	52 18,74	+ 0,13	18,87	58,88	99
α Pegasi.	E	14	59 58,38	+ 0,16	58,54	38,56	98

ESTACION DE LISBOA

5 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T			C	T_c	Æ	C_β
			h	m	s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)..	E	10	19	06	12,53	+ 3,03	14,56	54,10	3
β^1 Cygni.....	E	14		06	57,11	— 0,09	57,02	33,87	— 23,15
χ Aquilæ.....	E	14		31	44,35	— 0,10	44,25	21,04	21
ο Aquilæ.....	E	14		34	29,92	— 0,10	29,82	6,59	23
β Sagittæ.....	E	14		36	48,63	— 0,10	48,53	25,32	21
f Sagittarii.....	E	14		40	44,66	— 0,11	44,55	21,39	16
δ Sagittæ.....	E	14		43	11,05	— 0,11	10,94	47,65	29
γ Aquilæ.....	E	14		47	36,96	— 0,10	36,86	13,62	24
β Aquilæ.....	E	14		50	38,66	— 0,11	38,55	15,33	22
2320 B. A. C. (P. I.).....	E	10		55	5,05	— 3,14	1,91	37,67	2
2320 B. A. C. (P. I.).....	O	10	19	55	1,81	+ 0,60	2,41	37,67	3
ο Capricorni.....	O	13	20	13	50,93	— 0,28	50,65	27,40	— 23,25
β^2 Capricorni.....	O	13		15	37,37	— 0,28	37,09	13,76	33
23 Hevelius.....	O	14		28	28,35	— 0,28	28,07	4,68	39
69 Aquilæ.....	O	14		24	39,90	— 0,26	39,64	16,29	35
ε Delphini.....	O	14		28	41,33	— 0,27	41,06	17,73	33
β Delphini.....	O	14		33	6,98	— 0,27	6,71	43,37	34
α Delphini.....	O	14		35	15,06	— 0,27	14,79	51,46	35
3 Aquarii.....	O	14		42	42,17	— 0,26	41,91	18,55	36
27 Capricorni.....	E	14	21	4	3,85	— 0,12	3,73	40,34	— 23,39
ζ Cygni.....	E	14		8	56,92	— 0,07	56,85	33,44	41
α Aquarii.....	E	14		34	43,82	— 0,08	43,74	20,28	46
ε Pegasi.....	E	14		39	31,71	— 0,09	31,62	8,16	46
δ Capricorni.....	E	14		41	45,63	— 0,13	45,50	22,13	37
μ Capricorni.....	E	12		48	5,19	— 0,12	5,07	41,64	43
29 Aquarii.....	E	14		57	12,88	— 0,12	12,76	49,26	50
α Aquarii.....	E	14		59	53,86	— 0,08	53,78	30,34	44
3495 B. A. C. (P. I.).....	E	10	22	14	59,51	— 0,71	58,80	35,20	»
3441 Carrington (P. S.)....	E	10		21	59,72	+ 1,00	60,72	37,34	»
3441 Carrington (P. S.)....	O	10	22	22	1,22	+ 0,07	1,29	37,34	2
η Aquarii.....	O	13		30	28,42	— 0,16	28,25	4,60	— 23,65
ζ Pegasi.....	O	14		36	44,06	— 0,16	43,90	20,18	72
κ^2 Aquarii.....	O	14		42	26,18	— 0,19	25,99	2,28	71
τ^3 Aquarii.....	O	14		44	33,13	— 0,17	32,96	9,28	68
λ Aquarii.....	O	14		47	39,24	— 0,17	39,07	15,35	72
δ Aquarii.....	O	13		49	35,87	— 0,18	35,69	12,06	63
π Piscis australis.....	O	14		52	22,69	— 0,22	22,47	58,87	60
α Pegasi.....	O	14	23	0	2,47	— 0,11	2,36	38,55	81

ESTACION DE LISBOA

6 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERIODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T			C	T_c	R	C_f
			h	m	s	s	s	s	s
μ Aquarii	O	14	20	47	30,54	— 0,26	30,08	0,35	— 23,93
16 Delphini	O	14		51	8,91	— 0,23	7,98	43,98	24,00
21 Capricorni	O	14		55	28,60	— 0,27	28,33	4,53	23,80
27 Capricorni	O	14	21	4	4,52	— 0,27	4,25	40,29	96
γ Equulei	O	14		5	44,52	— 0,24	44,28	20,36	92
κ Equulei	O	14		12	5,17	— 0,24	4,93	40,94	99
30 Capricorni	O	14		12	35,45	— 0,27	35,18	19,27	91
7504 B. A. C. (P. S.)	O	10		20	37,44	+ 1,56	39,00	15,21	»
7504 B. A. C. (P. S.)	E	10	21	20	37,07	+ 1,74	38,81	15,21	»
ι Pegasi	E	13	22	2	37,66	— 0,14	37,52	13,52	— 24,00
δ Pegasi	E	14		5	25,11	— 0,18	24,93	0,90	03
41 Aquarii	E	12		9	1,81	— 0,22	1,59	37,67	23,92
θ Aquarii	E	14		11	48,97	— 0,20	48,77	24,74	24,03
45 Aquarii	E	11		13	54,19	— 0,21	53,98	29,94	04
γ Aquarii	E	14		16	45,21	— 0,19	45,02	20,94	08
50 Aquarii	E	14		19	21,19	— 0,21	20,98	56,95	03
3441 Carrington (P. S.)	E	10		22	1,09	+ 1,28	2,37	37,17	»
3441 Carrington (P. S.)	O	10	22	22	2,64	+ 0,31	2,95	37,17	»
ζ Pegasi	O	11		36	44,75	— 0,25	44,50	20,17	— 24,33
ε^2 Aquarii	O	14		42	26,83	— 0,29	26,54	2,28	26
π^2 Aquarii	O	11		44	33,75	— 0,29	33,46	0,28	28
λ Aquarii	O	7		47	39,89	— 0,28	39,61	15,35	26
δ Aquarii	O	10		49	36,38	— 0,29	36,09	12,06	27
α Piscis australis	O	13		52	23,42	— 0,32	23,10	58,86	24
α Pegasi	O	14	23	0	3,24	— 0,05	3,19	38,55	34
58 Pegasi	E	14	23	5	13,46	— 0,12	13,34	51,06	— 24,28
φ Aquarii	E	14		9	24,68	— 0,13	24,55	0,27	28
γ Piscium	E	14		10	14,84	— 0,13	14,71	50,42	29
ψ^2 Aquarii	E	14		14	1,76	— 0,14	1,62	37,32	30
τ Pegasi	E	13		15	57,45	— 0,10	57,35	33,09	26
χ Piscium	E	14		22	4,64	— 0,12	4,52	40,21	41
70 Pegasi	E	14		24	21,98	— 0,11	21,87	57,28	29
8213 B. A. C. (P. S.)	E	10		28	23,06	+ 1,33	24,39	0,79	»
ι Piscium	E	14		35	4,54	— 0,12	4,42	40,09	33

ESTACIÓN DE LISBOA

7 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERIODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_p
			h m s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)	E	10	19 26 12,25	+ 2,18	14,43	51,46	»
ο Aquilæ	E	14	34 33,56	+ 0,01	33,57	6,35	— 27,09
ξ Sagittæ	E	14	36 52,29	+ 0,03	52,32	25,28	04
ζ Sagittarii	E	14	40 48,40	— 0,00	48,38	21,35	03
δ Sagittæ	E	14	43 14,65	+ 0,03	14,68	47,61	07
η Aquilæ	E	14	47 40,60	+ 0,01	40,61	13,58	03
β Aquilæ	E	14	50 42,26	+ 0,01	42,27	15,26	01
δ Sagittarii	E	15	55 7,96	— 0,03	7,93	40,90	03
γ Sagittæ	E	21	54 37,59	+ 0,03	37,62	10,57	05
2 320 B. A. C. (P. I.)	E	10	55 11,08	— 4,26	7,32	40,14	»
2 320 B. A. C. (P. I.)	O	10	19 55 8,51	— 3,35	5,16	40,14	»
β^2 Capricorni	O	14	20 15 41,06	— 0,16	40,90	13,74	— 27,16
23 Hevelius	O	11	28 31,98	— 0,12	31,87	4,63	22
ρ Capricorni	O	14	25 26,86	— 0,17	26,69	59,42	27
ε Delphini	O	14	28 45,05	— 0,11	44,94	17,70	24
β Delphini	O	14	33 10,70	— 0,10	10,60	43,33	27
α Delphini	O	14	35 18,77	— 0,10	18,67	51,42	25
φ Capricorni	O	14	40 27,82	— 0,18	27,64	0,41	23
3 Aquarii	O	14	42 45,92	— 0,13	45,79	58,53	26
76 Draconis (P. S.)	E	10	20 30 32,42	+ 0,76	32,18	4,84	»
θ Capricorni	E	14	21 0 37,40	— 0,10	37,30	10,01	— 27,29
27 Capricorni	E	14	4 7,72	— 0,10	7,62	40,32	30
α Equulei	E	14	11 8,29	— 0,05	8,24	40,93	31
30 Capricorni	E	14	12 38,75	— 0,10	38,65	11,33	32
2 Pegasi	E	14	19 35,55	— 0,06	35,49	8,14	35
ζ Capricorni	E	14	41 49,60	— 0,09	49,51	22,11	40
β^1 Capricorni	E	14	48 9,08	— 0,09	8,99	41,62	37
29 Aquarii	E	14	57 16,62	— 0,10	16,52	49,16	36
α Aquarii	O	14	22 0 58,01	— 0,19	57,82	30,32	— 27,50
ι Pegasi	O	14	2 41,13	— 0,12	41,01	13,47	54
θ Pegasi	O	14	5 28,58	— 0,17	28,41	0,89	52
41 Aquarii	O	14	9 5,46	— 0,24	5,22	37,66	56
θ Aquarii	O	14	11 52,45	— 0,21	52,24	24,73	51
45 Aquarii	O	14	13 57,66	— 0,21	57,45	29,94	51
γ Aquarii	O	14	16 48,62	— 0,19	48,43	20,93	50
50 Aquarii	O	14	19 24,67	— 0,22	24,45	56,92	53
3441 Carrington (P. S.)	O	15	22 3,99	+ 0,99	4,98	37,01	»

ESTACIÓN DE LISBOA

11 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T			C	T_c	R	C_f
			h	m	s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)	O	10	19	26	17,45	+ 6,98	24,42	45,71	»
η Aquilæ	O	14		47	50,16	— 0,07	50,09	13,52	— 36,57
β Aquilæ	O	14		50	52,76	— 0,03	52,72	15,20	52
γ Sagittæ	O	14		54	47,25	— 0,01	47,24	10,80	64
θ Aquilæ	O	14	20	6	36,25	— 0,07	36,08	59,52	56
α' Capricorni	O	14		12	33,21	— 0,11	33,10	56,53	57
ο Capricorni	O	14		14	4,00	— 0,13	3,87	27,31	56
23 Hevelius	O	22		18	41,25	— 0,05	41,20	4,59	61
69 Aquilæ	O	14		24	32,79	— 0,07	32,72	16,21	51
7169 B. A. C. (P. S.)	O	10		33	56,56	+ 0,77	57,33	20,63	»
7169 B. A. C. (P. S.)	E	10	20	33	53,62	+ 1,08	58,70	20,63	»
3 Aquarii	E	14		42	54,99	— 0,08	54,91	18,47	— 36,44
15 Delphini	E	14		45	19,98	— 0,03	19,95	43,49	46
μ Aquarii	E	14		47	42,83	— 0,09	42,74	6,28	46
21 Capricorni	E	14		55	41,00	— 0,28	40,84	4,46	38
γ Capricorni	E	14		59	9,76	— 0,18	9,58	33,15	43
θ Capricorni	E	14	21	0	46,55	— 0,28	46,37	9,95	42
27 Capricorni	E	14		4	16,98	— 0,18	16,80	40,20	54
39 Aquarii	O	14	21	37	26,10	— 0,21	25,89	49,12	— 36,77
α Aquarii	O	14	22	1	7,19	— 0,16	7,03	30,28	75
τ Pegasi	O	11		2	50,24	— 0,08	50,16	13,42	74
θ Pegasi	O	14		2	37,73	— 0,14	37,59	0,85	74
41 Aquarii	O	14		9	14,57	— 0,22	14,35	37,62	73
θ Aquarii	O	14		12	1,60	— 0,29	1,41	24,70	71
45 Aquarii	O	14		14	6,77	— 0,20	6,57	29,91	66
γ Aquarii	O	14		16	57,77	— 0,16	57,61	20,89	72
3441 Carrington (P. S.)	O	10		22	13,03	+ 1,45	14,48	36,33	»
3441 Carrington (P. S.)	E	10	22	22	9,90	+ 2,47	12,37	36,33	»
ζ Pegasi	E	12		36	36,80	— 0,20	36,79	20,13	— 36,66
ε² Aquarii	E	13		42	39,25	— 0,20	38,95	2,24	71
ζ² Aquarii	E	13		44	46,04	— 0,18	45,86	9,75	61
λ Aquarii	E	12		47	52,17	— 0,16	52,01	15,32	69
δ Aquarii	E	14		49	48,89	— 0,19	48,70	17,03	67
α Piscis australis	E	14		52	35,72	— 0,22	35,50	58,82	68
58 Pegasi	E	14	23	5	27,86	— 0,10	27,76	51,04	72
φ Aquarii	E	14		9	37,25	— 0,25	37,00	0,23	73

ESTACIÓN DE LISBOA

13 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERIODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_ϕ
			h m s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)	E	10	19 20 5,41	+ 25,61	21,00	49,56	»
β Sagittæ	E	11	37 6,20	+ 0,28	6,38	25,17	— 41,01
f Sagittarii	E	14	41 2,45	+ 0,01	2,46	21,25	21
δ Sagittæ	E	14	43 28,58	+ 0,28	28,76	47,51	25
η Aquilæ	E	14	47 54,67	+ 0,10	54,77	13,49	28
β Aquilæ	E	14	50 56,31	+ 0,13	56,44	15,37	27
A Sagittarii	E	22	54 22,03	— 0,03	22,00	40,80	30
c Sagittarii	E	14	57 0,96	— 0,03	0,93	19,63	30
α' Capricorni	E	13	20 12 37,75	+ 0,04	37,79	56,50	29
β Capricorni	O	14	20 23 41,00	— 0,17	40,83	39,41	— 41,42
z Delphini	O	14	28 59,12	— 0,08	59,04	17,61	43
7 169 B. A. C. (P. S.)	O	10	34 0,92	+ 0,78	1,70	20,33	»
α Delphini	O	14	35 32,81	— 0,09	32,72	51,33	39
3 Aquarii	O	14	45 0,04	— 0,13	39,91	28,44	47
15 Delphini	O	14	45 24,98	— 0,08	24,90	43,46	44
β Aquarii	O	14	48 47,85	— 0,15	47,70	6,25	45
19 Capricorni	O	14	49 40,69	— 0,17	40,52	59,09	43
16 Delphini	O	14	52 25,40	— 0,08	25,32	45,88	44
30 Capricorni	E	14	22 12 32,79	— 0,13	32,66	11,24	— 41,42
ν Capricorni	E	14	17 12,75	— 0,13	12,58	31,27	41
ζ Capricorni	E	14	21 39,37	— 0,15	39,22	47,90	32
7504 B. A. C. (P. S.)	E	10	29 48,86	+ 3,80	52,66	12,90	»
ε Capricorni	E	14	32 1,06	— 0,14	0,92	19,55	37
d Aquarii	E	14	35 1,65	— 0,06	1,59	20,19	40
α Aquarii	E	14	22 1 11,80	— 0,06	11,74	30,26	48
ι Pegasi	E	14	2 54,84	+ 0,04	54,88	13,40	48
θ Pegasi	E	14	5 42,33	— 0,04	42,29	0,83	46
3 447 Carrington (P. S.)	E	10	22 13,61	+ 2,90	16,51	35,90	»
3 441 Carrington (P. S.)	O	9	22 12 16,19	+ 1,14	17,82	35,90	»
η Aquarii	O	14	30 46,42	— 0,17	46,25	4,34	— 41,71
ζ Pegasi	O	14	37 1,98	— 0,15	1,83	20,11	72
ξ^2 Aquarii	O	14	42 44,19	— 0,13	43,96	2,22	74
τ^2 Aquarii	O	14	44 31,20	— 0,20	31,00	19,23	77
λ Aquarii	O	11	47 57,90	— 0,20	57,00	15,30	70
δ Aquarii	O	14	49 33,94	— 0,21	33,73	12,01	72
α Piscis australis	O	14	52 40,80	— 0,26	40,54	38,80	74
9 Pegasi	O	14	23 00,29	— 0,15	00,14	38,51	63

ESTACIÓN DE LISBOA

14 de octubre de 1896.

SEGUNDO PERÍODO — OBSERVADOR: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T			C	T_c	Æ	C_p
			h	m	s	s	s	s	s
λ. Ursæ minoris (P. S)..	O	10	19	26	28,49	— 0,32	28,81	40,90	»
η Aquilæ.	O	14		47	37,67	— 0,12	37,55	13,47	— 44,08
ω Sagittarii.	O	14		50	16,05	— 0,15	15,90	31,86	04
A Sagittarii.	O	11		53	24,90	— 0,15	24,75	40,78	43,97
ζ Sagittæ.	O	13		54	54,61	— 0,10	54,51	10,44	44,07
ε Sagittarii.	O	14		57	3,76	— 0,16	3,60	19,62	43,98
θ Aquilæ.	O	14	20	6	43,65	— 0,13	43,52	59,47	44,05
α' Capricorni.	O	14		12	40,67	— 0,13	40,54	56,48	06
σ Capricorni.	O	14		14	11,44	— 0,14	11,30	27,26	04
23 Hevelius.	E	14	20	18	48,66	— 0,21	48,45	4,54	— 43,91
β Capricorni.	E	14		23	43,57	— 0,24	43,33	59,39	94
69 Aquilæ.	E	11		25	0,25	— 0,21	0,04	16,16	86
ε Delphini.	E	13		29	1,68	— 0,21	1,47	17,59	88
β Delphini.	E	14		33	27,27	— 0,20	27,07	43,22	85
α Delphini.	E	14		35	35,46	— 0,25	35,21	51,31	90
7.169 B. A. C. (P. S.).....	E	10		34	4,31	+ 0,20	4,51	20,17	»
3 Aquarii.	E	14		43	2,57	— 0,22	2,35	18,43	92
15 Delphini.	E	14		45	27,61	— 0,20	27,41	43,44	97
θ Capricorni.	O	14	21	0	54,31	— 0,26	54,05	3,91	— 44,14
27 Capricorni.	O	14		4	24,72	— 0,27	24,45	40,22	23
γ Equulei.	O	14		6	4,55	— 0,18	4,37	20,25	12
ζ Cygni.	O	14		9	17,70	— 0,12	17,58	33,29	09
α Equulei.	O	14		11	25,19	— 0,19	25,00	40,64	16
32 Capricorni.	O	13		13	55,60	— 0,26	55,34	11,23	11
1 Capricorni.	O	14		17	15,75	— 0,26	15,49	31,26	23
ζ Capricorni.	O	14		21	32,41	— 0,28	32,13	47,60	24
1 Draconis (P. L).	O	10		23	8,00	— 0,07	7,93	22,51	»
7.504 B. A. C. (P. S.).....	O	5		30	54,76	+ 1,62	56,38	12,51	»
α Aquarii.	E	14	22	1	14,57	— 0,19	14,38	30,95	— 44,13
1 Pegasi.	E	14		2	57,68	— 0,18	57,50	13,38	12
θ Pegasi.	E	14		3	45,17	— 0,19	44,98	0,82	16
41 Aquarii.	E	14		9	21,99	— 0,23	21,76	37,59	17
θ Aquarii.	E	14		12	9,09	— 0,21	8,88	24,67	21
43 Aquarii.	E	13		14	14,31	— 0,26	14,05	29,88	17
γ Aquarii.	E	14		17	5,28	— 0,19	5,09	20,87	22
50 Aquarii.	E	14		19	41,28	— 0,22	41,06	56,86	20
3.442 Carrington (P. S.)....	E	14		22	18,35	+ 0,86	19,21	35,67	»

ESTACIÓN DE LISBOA

17 de octubre de 1896.

Segundo período — Observador: ESTEBAN

ESTRELLAS	P	H	T	C	T_c	Æ	C_p
			h m s	s	s	s	s
λ Ursæ minoris (P. S.)	O	10	19 26 13.33	+ 0,29	13,62	36,54	— 34,06
f Sagittarii	O	12	40 55,72	— 0,03	55,74	21,18	26
δ Sagittæ	O	13	42 22,34	0,00	22,34	47,45	09
β Aquilæ	O	14	50 49,19	0,00	49,19	15,10	02
γ Sagittæ	O	14	54 44,46	0,00	44,46	10,39	07
ε Sagittarii	O	14	56 53,65	— 0,05	53,60	16,56	04
θ Aquilæ	O	14	20 0 33,43	— 0,02	33,41	59,43	— 33,98
α^2 Capricorni	O	14	12 55,44	— 0,03	55,42	20,49	92
β^2 Capricorni	O	14	15 47,50	— 0,03	47,47	15,59	88
ρ Capricorni	E	14	00 23 33,12	+ 0,11	33,23	19,34	— 33,89
69 Aquilæ	E	11	24 49,78	+ 0,09	49,87	16,12	75
3269 B. A. C. (P. S.)	E	10	33 52,80	+ 0,10	52,90	19,70	»
α Delphini	E	14	35 24,92	+ 0,08	25,00	51,26	74
ψ Capricorni	E	14	40 33,91	+ 0,11	34,02	0,25	77
3 Aquarii	E	14	47 51,97	+ 0,10	52,07	18,38	69
μ Aquarii	E	14	47 39,85	+ 0,10	39,95	6,20	75
19 Capricorni	E	14	49 52,62	+ 0,10	52,72	59,04	69
16 Delphini	E	14	51 17,46	+ 0,08	17,54	43,82	77
27 Capricorni	O	14	21 4 13,79	+ 0,17	13,96	40,18	— 33,78
γ Equulei	O	11	5 33,81	+ 0,13	33,94	20,21	73
ζ Cygni	O	12	9 6,95	+ 0,08	7,03	33,24	79
α Equulei	O	14	11 14,34	+ 0,13	14,47	40,80	67
30 Capricorni	O	12	20 44,69	+ 0,17	44,86	11,19	67
τ Capricorni	O	14	17 4,82	+ 0,17	4,99	31,02	77
7504 B. A. C. (P. S.)	O	10	22 49,16	— 0,05	47,11	11,36	»
1 Draconis (P. I.)	O	10	22 55,47	+ 1,12	56,59	23,02	»
β Aquarii	O	14	26 42,24	+ 0,15	42,39	8,68	71
ε Capricorni	O	14	32 53,00	+ 0,17	53,17	19,48	69
45 Aquarii	E	14	22 14 3,00	+ 0,08	3,14	29,85	— 33,29
γ Aquarii	E	14	16 53,98	+ 0,05	54,03	20,84	19
50 Aquarii	E	14	19 30,00	+ 0,08	30,08	56,83	15
3441 Carrington (P. S.)	E	10	22 9,08	— 1,75	7,33	34,94	»
ϑ Aquarii	E	14	25 45,72	— 0,08	45,80	12,60	20
η Aquarii	E	14	30 37,68	— 0,05	37,73	4,31	22
ζ Pegasi	E	14	36 53,25	— 0,02	53,27	20,08	19
κ^2 Aquarii	E	14	42 35,28	— 0,10	35,38	2,19	19
τ^2 Aquarii	E	14	44 22,27	— 0,08	22,35	9,20	15
χ Aquarii	E	11	47 48,33	— 0,06	48,39	15,27	22

ESTADOS DEL PÉNDULO

ADOPTADOS EN CADA NOCHE DE OBSERVACIÓN

Para deducir las correcciones en ascensión recta de las estrellas observadas sólo se tuvieron en cuenta las series aisladas, en una primera reducción; pero cuando hechas aquellas correcciones pudieron todas las estrellas observadas formar parte de las series correspondientes á una noche de observación, el *estado* del péndulo se obtuvo con gran seguridad, haciendo intervenir las correcciones deducidas por cada serie en particular: considerando cada una de aquellas como *estado* del péndulo en el momento en que efectuaron las observaciones de las estrellas que componen ó determinan una serie, su promedio puede aceptarse como el que corresponde al momento medio de la noche de trabajo, y de la comparación de dos series efectuadas en la misma posición del círculo, resulta el valor que podrá aceptarse para el que represente el movimiento del péndulo.

Los resultados así obtenidos están insertos en los dos cuadros que siguen:

CORRECCIONES MEDIAS Y MOVIMIENTO DE LOS PÉNDULOS

PRIMER PERÍODO

MADRID Observador: ESTEBAN	FECHAS 1896.	LISBOA Observador: BORRÁS
$-18^s,730 - 0^s,067\,(t - 20^h,490)$	8 septiembre.	$+0^s,037 - 0^s,034\,(t - 20^h,562)$
$-19,191 - 0,020\,(t - 20,935)$	9 id.	$+0,349 + 0,003\,(t - 20,317)$
$-20,256 - 0,017\,(t - 20,652)$	13 id.	$+6,238 + 0,006\,(t - 21,360)$
$-20,665 + 0,011\,(t - 20,816)$	14 id.	$+8,221 + 0,072\,(t - 20,732)$
$-20,537 + 0,012\,(t - 20,842)$	15 id.	$+0,158 + 0,036\,(t - 20,762)$
$-18,269 + 0,027\,(t - 20,537)$	20 id.	$-1,063 + 0,112\,(t - 20,900)$
$-18,272 - 0,030\,(t - 21,158)$	21 id.	$+1,273 + 0,089\,(t - 21,742)$
$-17,967 + 0,015\,(t - 21,106)$	22 id.	$+4,020 + 0,116\,(t - 21,942)$

SEGUNDO PERÍODO

MADRID Observador: BORRÉS	FECHAS 1888.	LISBOA Observador: ESTEBAN
$+ 2^s,164 + 0^s,097 (t - 21^h,937)$	3 octubre.	$- 19^s,738 - 0^s,139 (t - 21^h,133)$
$+ 2,758 + 0,122 (t - 21,585)$	5 id.	$- 23,419 - 0,137 (t - 21,104)$
$+ 6,221 + 0,217 (t - 21,800)$	6 id.	$- 24,127 - 0,140 (t - 22,332)$
$+ 10,823 + 0,081 (t - 21,530)$	7 id.	$- 27,280 - 0,173 (t - 20,970)$
$+ 3,105 + 0,065 (t - 21,950)$	11 id.	$- 36,606 - 0,100 (t - 21,502)$
$+ 3,438 - 0,012 (t - 21,970)$	13 id.	$- 41,452 - 0,111 (t - 21,239)$
$+ 3,752 + 0,064 (t - 21,880)$	14 id.	$- 44,076 - 0,146 (t - 20,979)$
$+ 5,854 + 0,026 (t - 21,967)$	17 id.	$- 33,679 + 0,245 (t - 21,106)$

COMPARACIÓN DE LOS PÉNDULOS

En el capítulo primero de esta Memoria, destinado á dar á conocer el plan de trabajo, queda expuesto el modo seguido para la trasmisión de señales telegráficas en ambas estaciones: esta operación se efectuaba habitualmente entre las series de observación 2.ª y 3.ª para que, en lo posible, coincidiese la comparación con el momento medio del trabajo de la noche y fuera insignificante ó nulo el efecto del movimiento de los péndulos deducido por uno y otro observador en cada noche.

En las páginas siguientes se insertan, en la forma acostumbrada, los cuadros que contienen todos los elementos de la comparación de los péndulos y del cálculo de la longitud por cada cambio de señales.

COMPARACIÓN DE LOS PÉNDULOS

8 de septiembre de 1896. PRIMER PERÍODO

	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA
	SEÑALES DE MADRID					
Promedio (50 señales).	20 h 54 m 5,600 s	20 h 32 m 0,049 s	22 m 5,571 s	21 h 1 m 9,446 s	20 h 39 m 3,807 s	22 m 5,639 s
Paralaje.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Péndulo.....	— 18,758	+ 0,038	— 18,796	— 18,765	+ 0,034	— 18,799
	L''$_1$.....		21 m 46,775 s	.....		21 m 46,840 s
	SEÑALES DE LISBOA					
Promedio (50 señales).	20 h 56 m 11,850 s	20 h 34 m 6,160 s	22 m 5,690 s	20 h 57 m 37,627 s	20 h 35 m 31,720 s	22 m 5,707 s
Paralaje.....	— 0,060	0,000	— 0,060	— 0,060	0,000	— 0,060
Péndulo.....	— 18,760	+ 0,037	— 18,797	— 18,762	+ 0,036	— 18,798
	L''$_2$.....		21 m 46,833 s	.....		21 m 46,849 s

L' = 0h 21m 46s,824 S = 0s,017

9 de septiembre de 1896. PRIMER PERÍODO

	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA
	SEÑALES DE MADRID					
Promedio (50 señales).	20 h 49 m 56,190 s	20 h 27 m 51,000 s	22 m 6,190 s	20 h 54 m 55,942 s	20 h 32 m 48,901 s	22 m 6,341 s
Paralaje.	0,000	— 0,060	+ 0,060	0,000	— 0,060	+ 0,060
Péndulo.....	— 19,289	+ 0,349	— 19,538	— 19,191	+ 0,350	— 19,541
	L''$_1$.....		21 m 46,812 s	.....		21 m 46,860 s
	SEÑALES DE LISBOA					
Promedio (50 señales).	20 h 51 m 54,313 s	20 h 29 m 47,951 s	22 m 6,362 s	20 h 53 m 7,352 s	20 h 31 m 0,974 s	22 m 6,378 s
Paralaje.	0,000	— 0,040	+ 0,040	0,000	— 0,040	+ 0,040
Péndulo.....	— 19,190	+ 0,349	— 19,540	— 19,190	+ 0,350	— 19,540
	L''$_2$.....		21 m 46,862 s	.....		21 m 46,878 s

L' = 0h 21m 46s,853 S = 0s,017

COMPARACION DE LOS PÉNDULOS

13 de septiembre de 1806. — PRIMER PERÍODO

	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales).	21 h 38 m 34,528 s	21 h 16 m 21,295 s	22 m 13,233 s	21 h 44 m 49,089 s	21 h 22 m 35,853 s	22 m 13,236 s
Paralaje.....	+ 0,080	0,000	+ 0,080	+ 0,080	0,000	+ 0,080
Péndulo.....	— 20,273	+ 6,237	— 26,510	— 20,275	+ 6,238	— 26,513
	L''_1.....		21 46,803	.....		21 46,803
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales).	21 h 40 m 23,086 s	21 h 18 m 9,827 s	22 m 13,259 s	21 h 42 m 37,032 s	21 h 19 m 23,762 s	22 m 13,260 s
Paralaje.....	+ 0,080	— 0,020	+ 0,100	+ 0,080	— 0,020	+ 0,100
Péndulo.....	— 20,273	+ 6,238	— 26,511	— 20,274	+ 6,238	— 26,512
	L''_2.....		21 46,848	.....		21 46,848

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,825$ $S = 0^s,022$

14 de septiembre de 1806. — PRIMER PERÍODO

	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales).	21 h 19 m 36,387 s	20 h 57 m 20,636 s	22 m 15,751 s	21 h 37 m 56,700 s	21 h 5 m 40,934 s	22 m 15,768 s
Paralaje.....	— 0,060	0,000	— 0,060	— 0,060	0,000	— 0,060
Péndulo.....	— 20,659	+ 8,237	— 28,896	— 20,658	+ 8,247	— 28,905
	L''_1.....		21 46,795	.....		21 46,803
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales).	21 h 21 m 32,289 s	20 h 59 m 16,482 s	22 m 15,807 s	21 h 22 m 46,985 s	21 h 0 m 31,165 s	22 m 15,820 s
Paralaje.....	— 0,100	0,000	— 0,100	— 0,100	0,000	— 0,100
Péndulo.....	— 20,659	+ 8,241	— 28,898	— 20,659	+ 8,242	— 28,900
	L''_2.....		21 46,809	.....		21 46,820

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,806$ $S = 0^s,007$

COMPARACIÓN DE LOS PÉNDULOS

15 de septiembre de 1896. — PRIMER PERÍODO

	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA
	SEÑALES DE MADRID					
Promedio (50 señales).	21 27 33,439	21 3 25,002	22 7,437	21 34 3,985	21 11 55,722	22 7,437
Paralaje	+ 0,000	— 0,060	+ 0,080	+ 0,000	— 0,060	+ 0,080
Péndulo	— 20,550	+ 0,170	— 20,700	— 20,528	+ 0,175	— 20,703
	L''$_1$		21 46,817			21 46,814
	SEÑALES DE LISBOA					
Promedio (50 señales).	21 29 13,819	21 7 18,323	22 7,496	21 30 45,624	21 8 38,221	22 7,403
Paralaje	0,000	— 0,080	+ 0,080	0,000	— 0,080	+ 0,080
Péndulo	— 20,530	+ 0,171	— 20,701	— 20,530	+ 0,173	— 20,703
	L''$_2$		21 46,875			21 46,840

L' = 0h 21m 46s,836 S = 0s,021

20 de septiembre de 1896. — PRIMER PERÍODO

	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA
	SEÑALES DE MADRID					
Promedio (50 señales).	21 12 30,790	20 51 26,772	22 4,018	21 20 12,594	20 58 7,553	22 4,041
Paralaje	+ 0,000	— 0,040	+ 0,060	+ 0,000	— 0,040	+ 0,060
Péndulo	— 18,250	— 1,068	— 17,182	— 18,247	— 1,055	— 17,192
	L''$_1$		21 46,896			21 46,909
	SEÑALES DE LISBOA					
Promedio (50 señales).	21 15 44,273	20 53 40,210	22 4,063	21 17 5,282	20 55 1,216	22 4,066
Paralaje	0,000	— 0,060	+ 0,060	0,000	— 0,060	+ 0,060
Péndulo	— 18,240	— 1,063	— 17,186	— 18,248	— 1,059	— 17,189
	L''$_2$		21 46,937			21 46,937

L' = 0h 21m 46s,919 S = 0s,017

COMPARACIÓN DE LOS PÉNDULOS

21 de septiembre de 1896. — PRIMER PERIODO

	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales)	21 h 18 m 41,717 s	21 h 56 m 35,390 s	22 m 6,327 s	22 h 24 m 26,208 s	22 h 2 m 19,878 s	22 m 6,352 s
Paralaje	+ 0,060	0,000	+ 0,060	+ 0,060	0,000	+ 0,060
Péndulo	— 18,307	+ 1,291	— 19,598	— 18,309	+ 1,300	— 19,609
	L''_1		21 m 46,789 s			21 m 46,803 s
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales)	21 h 20 m 30,177 s	21 h 58 m 23,817 s	22 m 6,360 s	22 h 21 m 47,420 s	21 h 59 m 41,054 s	22 m 6,366 s
Paralaje	+ 0,100	0,000	+ 0,100	+ 0,100	0,000	+ 0,100
Péndulo	— 18,308	+ 1,294	— 19,602	— 18,308	+ 1,297	— 19,605
	L''_2		21 m 46,858 s			21 m 46,860 s

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,828$ $\qquad$ $S = 0^s,032$

22 de septiembre de 1896. — PRIMER PERIODO

	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA	CRONÓGRAFO De Madrid.	CRONÓGRAFO De Lisboa.	DIFERENCIA
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales)	22 h 5 m 21,520 s	22 h 43 m 12,682 s	22 m 8,838 s	22 h 22 m 7,150 s	21 h 48 m 58,286 s	22 m 8,864 s
Paralaje	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Péndulo	— 17,952	+ 3,994	— 21,946	— 17,951	+ 4,005	— 21,956
	L''_1		21 m 46,894 s			21 m 46,908 s
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales)	22 h 7 m 12,545 s	21 h 45 m 3,625 s	22 m 8,920 s	22 h 8 m 31,504 s	21 h 46 m 22,590 s	22 m 8,914 s
Paralaje	0,000	+ 0,000	— 0,000	0,000	+ 0,000	— 0,000
Péndulo	— 17,952	+ 3,998	— 21,950	— 17,952	+ 4,002	— 21,954
	L''_2		21 m 46,970 s			21 m 46,940 s

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,923$ $\qquad$ $S = 0^s,022$

COMPARACIÓN DE LOS PÉNDULOS

3 de octubre de 1896. — Segundo período

	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales)	22 0 58,889	21 39 34,120	21 24,777	22 0 17,681	21 44 52,919	21 24,762
Paralaje	— 0,060	+ 0,100	— 0,160	— 0,060	+ 0,100	— 0,160
Péndulo	+ 2,179	— 19,822	+ 21,983	+ 2,180	— 19,823	+ 21,003
L''_1			21 46,600			21 46,605
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales)	22 [illegible] 27,380	21 41 7,738	21 24,840	22 3 45,430	21 42 20,607	21 24,843
Paralaje	— 0,040	+ 0,100	— 0,140	— 0,040	+ 0,100	— 0,140
Péndulo	+ 2,174	— 19,815	+ 21,989	+ 2,176	— 19,818	+ 21,994
L''_2			21 46,691			21 46,697

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,648$ $S = 0^s,046$

3 de octubre de 1896. — Segundo período

	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales)	21 39 43,685	21 18 23,337	21 20,348	21 45 30,874	21 24 10,640	21 20,234
Paralaje	— 0,020	— 0,060	+ 0,040	— 0,020	— 0,060	+ 0,040
Péndulo	+ 2,765	— 23,447	+ 26,214	+ 2,779	— 23,459	+ 26,238
L''_1			21 46,600			21 46,512
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales)	21 41 40,952	21 20 20,500	21 20,452	21 43 8,380	21 21 48,108	21 20,452
Paralaje	— 0,040	+ 0,040	— 0,080	— 0,040	+ 0,040	— 0,080
Péndulo	+ 2,771	— 23,451	+ 26,222	+ 2,774	— 23,454	+ 26,228
L''_2			21 46,594			21 46,600

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,577$ $S = 0^s,020$

COMPARACIÓN DE LOS PÉNDULOS

6 de octubre de 1896. — Segundo período

	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales)	21h 54m 48s,206	21h 33m 32s,077	21m 16s,129	22h 0m 11s,790	21h 38m 55s,674	21m 16s,124
Paralaje	— 0,020	— 0,060	+ 0,040	— 0,020	— 0,060	+ 0,040
Péndulo	+ 6,246	— 24,029	+ 30,265	+ 6,265	— 24,031	+ 30,296
L''_1			21 46,434			21 46,450
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales)	21h 56m 30s,847	21h 35m 14s,590	21m 16s,257	21h 57m 48s,746	21h 36m 32s,523	21m 16s,223
Paralaje	— 0,040	— 0,060	+ 0,020	— 0,040	— 0,060	+ 0,020
Péndulo	+ 6,252	— 24,023	+ 30,275	+ 6,257	— 24,026	+ 30,283
L''_2			21 46,532			21 46,526

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,485$ $\qquad$ $S = 0^s,043$

7 de octubre de 1896. — Segundo período

	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales)	21h 40m 36s,026	21h 19m 47s,720	21m 8s,306	21h 41m 12s,864	21h 25m 4s,545	21m 8s,319
Paralaje	— 0,020	+ 0,040	— 0,060	— 0,020	+ 0,040	— 0,060
Péndulo	+ 10,835	— 27,342	+ 38,177	+ 10,842	— 27,358	+ 38,200
L''_1			21 46,423			21 46,459
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales)	21h 42m 39s,085	21h 21m 30s,725	21m 8s,360	21h 43m 51s,160	21h 22m 42s,807	21m 8s,360
Paralaje	— 0,020	+ 0,040	— 0,060	— 0,020	+ 0,040	— 0,060
Péndulo	+ 10,838	— 27,347	+ 38,185	+ 10,839	— 27,351	+ 38,190
L''_2			21 46,487			21 46,492

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,465$ $\qquad$ $S = 0^s,024$

COMPARACIÓN DE LOS PÉNDULOS

11 de octubre de 1896. — Segundo período

	Cronógrafo De Madrid.	Cronógrafo De Lisboa.	Diferencia	Cronógrafo De Madrid.	Cronógrafo De Lisboa.	Diferencia
	SEÑALES DE MADRID					
	h m s	h m s	m s	h m s	h m s	m s
Promedio (50 señales)	21 53 45,517	21 32 38,602	21 6,916	22 4 30,949	21 43 24,102	21 6,847
Paralaje	— 0,060	0,000	— 0,060	— 0,060	0,000	— 0,060
Péndulo	+ 3,101	— 36,610	+ 39,711	+ 3,113	— 36,628	+ 39,741
	L''_1		21 46,567			21 46,528
	SEÑALES DE LISBOA					
	h m s	h m s	m s	h m s	h m s	m s
Promedio (50 señales)	21 55 29,765	21 34 22,820	21 6,945	22 57 39,059	21 35 32,101	21 6,958
Paralaje	— 0,040	+ 0,040	— 0,080	— 0,040	+ 0,040	— 0,080
Péndulo	+ 3,103	— 36,613	+ 39,716	+ 3,106	— 36,615	+ 39,721
	L''_2		21 46,581			21 46,599

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,568$ $S = 0^s,021$

13 de octubre de 1896. — Segundo período

	Cronógrafo De Madrid.	Cronógrafo De Lisboa.	Diferencia	Cronógrafo De Madrid.	Cronógrafo De Lisboa.	Diferencia
	SEÑALES DE MADRID					
	h m s	h m s	m s	h m s	h m s	m s
Promedio (50 señales)	22 6 8,549	21 45 7,046	21 1,503	22 12 30,029	21 50 28,357	21 1,672
Paralaje	— 0,040	+ 0,040	— 0,080	— 0,040	+ 0,040	— 0,080
Péndulo	+ 3,436	— 41,509	+ 44,945	+ 3,435	— 41,519	+ 44,954
	L''_1		21 46,368			21 46,366
	SEÑALES DE LISBOA					
	h m s	h m s	m s	h m s	h m s	m s
Promedio (50 señales)	22 7 36,753	21 46 54,993	21 1,760	22 9 20,269	21 48 8,482	21 1,760
Paralaje	— 0,040	+ 0,040	— 0,080	— 0,040	+ 0,040	— 0,080
Péndulo	+ 3,436	— 41,512	+ 44,948	+ 3,436	— 41,514	+ 44,950
	L''_2		21 46,628			21 46,630

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,598$ $S = 0^s,031$

COMPARACIÓN DE LOS PÉNDULOS

14 de octubre de 1896. — Segundo período

	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales)	21 h 55 m 33,250 s	21 h 39 m 34,508 s	20 m 58,842 s	21 h 58 m 46,680 s	21 h 57 m 50,020 s	20 m 58,660 s
Paralaje	— 0,040	+ 0,060	— 0,100	— 0,040	+ 0,060	— 0,100
Péndulo	+ 3,753	— 44,158	+ 47,911	+ 3,758	— 44,171	+ 47,929
	L''_1		21 m 46,453 s			21 m 46,489 s
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales)	21 h 55 m 31,975 s	21 h 34 m 23,235 s	20 m 58,740 s	21 h 56 m 38,393 s	21 h 35 m 39,650 s	20 m 58,743 s
Paralaje	— 0,040	+ 0,090	— 0,130	— 0,040	+ 0,090	— 0,130
Péndulo	+ 3,755	— 44,163	+ 47,918	+ 3,756	— 44,166	+ 47,922
	L''_2		21 m 46,598 s			21 m 46,535 s

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,501$ $\qquad$ $S = 0^s,030$

17 de octubre de 1896. — Segundo período

	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia	Cronógrafo: De Madrid	Cronógrafo: De Lisboa	Diferencia
SEÑALES DE MADRID						
Promedio (50 señales)	22 h 0 m 51,363 s	21 h 39 m 43,982 s	21 m 7,381 s	22 h 6 m 30,974 s	21 h 45 m 23,517 s	21 m 7,407 s
Paralaje	— 0,060	+ 0,100	— 0,160	— 0,060	+ 0,100	— 0,160
Péndulo	+ 5,855	— 33,543	+ 39,398	+ 5,858	— 33,540	+ 39,378
	L''_1		21 m 46,619 s			21 m 46,605 s
SEÑALES DE LISBOA						
Promedio (50 señales)	22 h 2 m 40,466 s	21 h 42 m 33,019 s	21 m 7,447 s	22 h 3 m 47,542 s	21 h 42 m 40,095 s	21 m 7,447 s
Paralaje	— 0,040	+ 0,140	— 0,180	— 0,040	+ 0,140	— 0,180
Péndulo	+ 5,856	— 33,523	+ 39,391	+ 5,856	— 33,531	+ 39,387
	L''_2		21 m 46,658 s			21 m 46,654 s

$L' = 0^h\ 21^m\ 46^s,639$ $\qquad$ $S = 0^s,017$

RESULTADO FINAL

Los valores representados en los cuadros últimos con el símbolo L''_1, deducidos para diferencia de longitud y procedentes de los grupos de señales dadas en Madrid son, en cada uno de los días, próximamente iguales entre sí; y otro tanto sucede con los L''_2, que indican los valores que resultan de las señales de Lisboa; lo que induce á creer que durante el tiempo invertido en el cambio de señales no se ha presentado perturbación alguna en la corriente eléctrica. Reduciendo al promedio cada grupo de aquellos números, se forman los siguientes estados en que puede abarcarse de una mirada los resultados obtenidos para diferencia de longitud, ya por las señales de Madrid, ya por las de Lisboa, presentados en la columna segunda; la tercera contiene bajo la indicación de L', las diferencias de longitud deducidas por semisuma de las anteriores, y la última, fórmanla las semidiferencias, que expresarian el tiempo que tarda la corriente en llegar de una á otra estación, si fuese nula la inercia de los aparatos receptores y constantes las resistencias de los resortes del áncora de las plumas del cronógrafo; circunstancias imposibles de apreciar de un modo absoluto, por cuya razón no pueden estimarse aquellos números, indicados por S, como elementos para conocer la velocidad del fluido eléctrico; pero atendiendo á la pequeñez de las diferencias entre los que á los diversos días corresponden, sirven para manifestar que durante la campaña no ha tenido la corriente alteraciones de importancia, capaces de producir resultados evidentemente erróneos.

PRIMER PERÍODO DE OBSERVACIONES

Esteban en Madrid.—Borrés en Lisboa.

FECHAS 1896.	DIFERENCIAS DE LONGITUD	L'	S
	m s	m s	s
Septiembre 8.....	21 46,807 / 841	21 46,824	0,017
— 9.....	21 46,836 / 870	21 46,853	0,017
— 13.....	21 46,803 / 848	21 46,825	0,022
— 14.....	21 46,799 / 814	21 46,806	0,007
— 15.....	21 46,815 / 857	21 46,836	0,021
— 20.....	21 46,902 / 937	21 46,919	0,017
— 21.....	21 46,796 / 860	21 46,828	0,032
— 22.....	21 46,901 / 945	21 46,923	0,022

SEGUNDO PERÍODO DE OBSERVACIONES

Borrés en Madrid.—Esteban en Lisboa.

FECHAS 1896.	DIFERENCIAS DE LONGITUD	L'	S
	m s	m s	s
Octubre 3.....	21 46,602 / 694	21 46,648	0,046
— 5.....	21 46,557 / 597	21 46,577	0,020
— 6.....	21 46,442 / 529	21 46,485	0,043
— 7.....	21 46,441 / 489	21 46,465	0,024
— 11.....	21 46,547 / 590	21 46,568	0,021
— 13.....	21 46,567 / 629	21 46,598	0,031
— 14.....	21 46,471 / 532	21 46,501	0,030
— 17.....	21 46,622 / 656	21 46,639	0,017

Las divergencias que entre sí presentan los números L' considerados en cada uno de los dos cuadros que preceden, son lo suficientemente pequeñas para que sea permitido abrigar la creencia de que los errores que hayan podido deslizarse en tan compleja operación y prolijos cálculos, no tienen importancia trascendental sobre aquellos resultados, todos los cuales pueden entrar como elementos integrantes del valor final de la diferencia de longitud.

Conviene, sin embargo, tener alguna idea sobre la precisión de los resultados en cada día obtenidos y para ello son necesarias algunas consideraciones. De todos los factores de que aquéllos se derivan, el más importante, sin duda alguna, es la corrección atribuída á los péndulos, y es evidente que del grado de confianza que éste merezca depende en gran parte, si no en totalidad, la del valor que se deduce para diferencia de longitud entre las dos estaciones.

Podría fácilmente obtenerse un número que expresase para cada serie el error medio ó probable de la corrección del péndulo deducido de los errores de colimación, inclinación, azimut y observación meridiana de las estrellas, y conocido aquél en una serie, calcular el correspondiente á la corrección atribuída á una noche determinada. Los números obtenidos no darían, sin embargo, idea exacta de la precisión de los resultados por la imposibilidad de someter al cálculo todos los elementos capaces de ejercer sobre ellos influencias más ó menos decisivas.

En la manera conveniente de disponer hasta los últimos detalles en el modo de verificar el trabajo, sujetándose los dos observadores á un programa bien meditado y por ambos rigurosamente seguido, es donde ha de buscarse la bondad de los resultados hallados. Conforme queda dicho en el primer capítulo de esta Memoria, en las dos estaciones Madrid y Lisboa funcionaron instrumentos exactamente iguales; los observadores tenían la misma práctica, ya de larga fecha adquirida, en el manejo de aquéllos; la cantidad de elementos de cálculo, como el número de estrellas por serie, de lecturas del nivel, de la mira, etc., fué la misma constantemente para ambos; por último, sólo se admitieron como noches útiles, aquellas en que por ambas partes se efectuaron cuatro series de estrellas y cambio de señales telegráficas para comparación de péndulos. En tales condiciones puede legitimamente admitirse que todas las causas de error, sean las que fueren, aparte el estado fisiológico particular de cada observador, son las mismas para una y otra estación, y por lo tanto, las observaciones deben considerarse como de *peso* igual.

Admitido así, el promedio aritmético de los números L' en cada período dará un valor de la diferencia de longitud, cuyo *peso* será el del número de noches, tomando por unidad el que corresponde á una de observación. Los números obtenidos son estos:

$L'_1 = 21^m 46^s,852$ en el primer período,
$L'_1 = 21\ 46,560$ en el segundo;

cuya semisuma representa el valor definitivo de la diferencia de longitud entre los dos observatorios, y la semidiferencia $0^s,146$ expresa el de la ecuación personal relativa entre los observadores, para cuya investigación no se hicieron trabajos especiales. Si á cada uno de los números L' se hace la corrección por ecuación personal, con el signo conveniente, obtiénese una serie de términos comparables entre sí, y cuyas diferencias al promedio general podrán considerarse como errores accidentales ó puramente fortuitos; en este caso el error probable de la diferencia de longitud se obtendrá por el método ordinario.

FECHAS 1896.	L'	ECUACIÓN PERSONAL.	L
Septiembre 8.....	21m 46s,824	— 0s,146	21m 46s,678
— 9.....	46,853	— 0,146	46,707
— 13.....	46,825	— 0,146	46,679
— 14.....	46,806	— 0,146	46,660
— 15.....	46,836	— 0,146	46,690
— 20.....	46,919	— 0,146	46,773
— 21.....	46,828	— 0,146	46,682
— 22.....	46,923	— 0,146	46,777
Octubre 3.....	46,648	+ 0,146	46,794
— 5.....	46,577	+ 0,146	46,723
— 6.....	46,485	+ 0,146	46,631
— 7.....	46,465	+ 0,146	46,611
— 11.....	46,568	+ 0,146	46,714
— 13.....	46,598	+ 0,146	46,744
— 14.....	46,501	+ 0,146	46,647
— 17.....	46,639	+ 0,146	46,785

De aquí, y como resultado final, se obtiene:

$$L = 21^m\ 46^s,706,$$

con error probable de $\pm\ 0^s,009$ y peso igual á 16.

El pilar de observación en Madrid se hallaba al E. y á distancia de 32,45 metros de la meridiana fundamental que pasa por la proyección del centro de la cúpula del Observatorio; el de Lisboa se estableció al O. y á 31,15 metros de la meridiana central del pabellón geodésico del castillo de San Jorge. Para referir la operación á los meridianos oficiales de los dos países habrá que corregir el valor hallado, restando, por una parte, $0^s,092$, y por otra, $0^s,086$; se tendrá, por consiguiente, para diferencia de longitud entre Madrid y Lisboa:

$$21^m\ 46^s,528 \pm 0^s,009.$$

APÉNDICE

En la nota preliminar de esta Memoria queda indicado el motivo por el que se comprendió en la campaña de trabajos de 1 896 el concerniente á determinación de la diferencia de longitud entre Lisboa y Badajoz, verificado inmediatamente después de terminadas las observaciones en Madrid y Lisboa que anteriormente quedan expuestas.

Estacionado el Sr. Esteban en el último punto citado, y en el vértice geodésico *Reducto* el Sr. Borrés, realizóse la operación en cinco noches de observación completa, en la forma que se había efectuado la anterior, ya consignada detalladamente en el capítulo consagrado al *plan de trabajo;* y como el objeto más interesante de la segunda operación es deducir indirectamente un valor de la diferencia de longitud *Madrid-Lisboa*, por comparación con el resultado obtenido en 1 882-83 para Madrid-Reducto (Memorias del INSTITUTO, tomo VI), solamente de una manera breve se tratará en este Apéndice de las observaciones de Lisboa-Reducto, consignando algunos elementos de cálculo que fueron obtenidos para la deducción del valor final de aquella diferencia de longitud.

Las series de observación, en número de cuatro, que formaron el trabajo de una noche, componíanse de seis estrellas horarias tomadas del catálogo común previamente formado por los observadores, y una estrella circumpolar, cuando menos, en cada serie. El número de señales telegráficas, en vez de ciento, fué de sesenta no más en cada estación, y seis las estrellas de cada serie; aparte estas alteraciones en el programa, que no tienen importancia de gran monta, en todo lo demás el trabajo consta de iguales elementos que el anterior. Y como en otro lugar ha de publicarse íntegra la correspondiente Memoria, insertándose en ella todos los resultados de observación y de cálculo, basta á nuestro propósito hacer aquí una ligera enumeración de los mismos.

ESTACION DE LISBOA

INSTRUMENTOS. — Círculo meridiano de Brunner, núm. 2. — Péndulo eléctrico de Hipp, núm. 1. — Cronógafo de Fuess, núm. 2.

Errores instrumentales. — *Inclinación del eje de giro del anteojo.* — Se obtuvo para cada serie por lecturas dobles del nivel, oscilando los valores obtenidos y adoptados, entre $+0^s,136$ y $-0^s,174$; del conjunto de ellos se obtuvo para corrección por desigualdad de muñones, $-0^s,009$.

Colimación. — De seis valores deducidos por observación de circumpolares, se obtuvo: $c = +0^s,154$; de otros tantos, por punterías á la mira, se dedujo: $c = +0^s,113$, aceptándose el promedio: y para valor de $c - \chi$, de la fórmula fundamental de Mayer, resulta:

$+0^s,118$	para la posición C. E.
$-0,150$	id. id. C. O.

Azimut de la mira. — De seis valores próximamente iguales, correspondientes á otros tantos días, se obtuvo: $A = +1^s,157$, del cual se dedujo el azimut del eje óptico para cada una de las series: estos números oscilan entre $+0^s,012$ y $+0^s,206$.

ESTACIÓN DE BADAJOZ

Instrumentos. — Círculo meridiano de Brunner, núm. 3. Cronómetro eléctrico de Nardin, núm. $\frac{7}{5845}$. Cronógrafo de Fuess, núm. 1.

Errores instrumentales. — *Inclinación del eje.* — Los valores deducidos fluctúan entre $+0^s,022$ y $-0^s,179$.

Colimación. — De la observación de ocho estrellas circumpolares resulta: $c = +0^s,120$ y de la mira, $c = +0^s,037$, cuyo promedio fué aceptado como valor único de la colimación; y de él se deducen para $c - \chi$ los siguientes:

$+0^s,062$	para la posición C. E.
$-0,094$	id. id. C. O.

Azimut de la mira. — Resulta de los números obtenidos que la mira ha presentado poca estabilidad; por cuya razón, el Sr. Borrés, ha creido prudente adoptar para cada día el valor resultante de la observación, deduciendo luego el azimut del eje óptico para cada serie; de los números hallados el mayor es $+0^s,448$ y el menor $+0^s,155$.

De la observación total de las estrellas en cada noche se han deducido para la estación de Lisboa las siguientes correcciones y movimiento horario del péndulo:

Noviembre	3.....	$+ 9^{s},689$	$- 0^{s},030\ (t^{h} - 23^{h},596)$
—	4.....	$+ 9,291$	$- 0,079\ (t - 22,188)$
—	7.....	$+ 9,815$	$+ 0,058\ (t - 22,061)$
—	9.....	$+ 8,903$	$- 0,022\ (t - 23,248)$
—	10.....	$+ 8,828$	$+ 0,034\ (t - 22,217)$
—	11.....	$+ 8,611$	$+ 0,020\ (t - 22,650)$.

Los resultados análogos en Badajoz para el cronómetro empleado, fueron éstos:

Noviembre	3.....	$- 12^{s},538$	$- 0^{s},083\ (t^{h} - 23^{h},080)$
—	7.....	$- 18,450$	$- 0,055\ (t - 22,850)$
—	9.....	$- 21,361$	$- 0,111\ (t - 23,092)$
—	10.....	$- 22,346$	$- 0,159\ (t - 22,632)$
—	11.....	$- 23,224$	$- 0,191\ (t - 22,682)$.

De la comparación del péndulo y cronómetro verificada por las señales telegráficas, se dedujeron las diferencias de longitud marcadas en la segunda columna del cuadro siguiente:

FECHAS — 1896		DIFERENCIAS DE LONGITUD	L.'	S
Noviembre	3.....	$8^{m}\ 36^{s},101$ / 136	$8^{m}\ 36^{s},118$	$0^{s},017$
—	7.....	36,029 / 059	36,044	0,015
—	9.....	36,185 / 214	36,199	0,014
—	10.....	36,078 / 085	36,081	0,003
—	11.....	36,168 / 207	36,187	0,019

Para obtener el valor exacto de la diferencia de longitud deberá aplicarse á cada uno de los que forman la columna tercera la corrección por error de ecuación personal entre los observadores, para la cual puede aceptarse el número obtenido en la operación Madrid-Lisboa, recientemente, y por el procedimiento

ordinario deducir el error probable del promedio de la serie así formada; resulta, pues, en definitiva:

FECHAS 1896.	L'	ECUACIÓN PERSONAL.	L
	m s	s	m s
Noviembre 3.....	8 36,118	+ 0,146	8 36,264
— 4.....	36,044	+ 0,146	36,190
— 9.....	36,199	+ 0,146	36,345
— 10.....	36,081	+ 0,146	36,227
— 11.....	36,187	+ 0,146	36,333

Y la diferencia de longitud entre los dos observatorios será:

$$8^m\ 36^s,272,$$

con un error probable de $\pm$ 0s,020.

Para reducir al meridiano oficial de Lisboa habrá de restarse 0s,086 de aquel número, puesto que el observatorio se estableció, como queda dicho, al Oeste y á distancia de 31m,15 del pabellón geodésico del castillo de San Jorge; por lo tanto, el valor definitivo será:

$$8^m\ 36^s,186.$$

En los años 1882-83 en que se inauguraron los trabajos de diferencias de longitud, se hizo estación en el vértice geodésico *Reducto* por el Sr. Esteban, primeramente, y después por el Sr. Eugenio: el resultado obtenido entonces para diferencia de longitud Madrid-Reducto (Memorias del INSTITUTO, tomo IV), fué: 13m 10s,367. Este número sumado al anterior nos da la comprobación del resultado obtenido para Madrid-Lisboa.

Tenemos así:

	m s
Diferencia de longitud determinada directamente. .	21 46,528
Id. id. id. indirectamente.	21 46,553
DIFERENCIA.	0,025

de cuyo resultado se deduce que los valores hallados tienen la garantía de una gran exactitud.

II

5

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL

DE LA

INTENSIDAD DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD

EN VALENCIA

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

TOMO XII

II

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL
DE LA
INTENSIDAD DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD
EN VALENCIA,

POR

D. RAFAEL APARICI PUIG,
Teniente Coronel de Estado Mayor,
Geodesta.

D. ARTURO MIFSUT MACÓN,
Comandante de Estado Mayor,
Geodesta.

MADRID
IMPRENTA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

1900

CAPÍTULO PRIMERO

RESEÑA DEL LOCAL DE OBSERVACIÓN Y PLAN GENERAL DEL TRABAJO

§ 1. Comisionados en el otoño de 1895 por el INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO para hacer una determinación completa de la intensidad de la fuerza de la gravedad en Valencia, fué nuestro primer cuidado buscar idóneo local que reuniera las apetecidas condiciones que para este género de trabajo se exigen. A pesar de los ofrecimientos hechos y buenas disposiciones manifestadas en pro de nuestro deseo por Autoridades, Jefes de Establecimientos de enseñanza y algunos propietarios particulares, hubimos de convencernos de la imposibilidad de hallar lo que deseábamos dentro del casco de la Ciudad. En unos lugares la iluminación era deficiente; en otros, por falta de horizonte no había posibilidad de realizar las observaciones astronómicas necesarias para la valoración absoluta del tiempo, y allí donde las enumeradas condiciones hubieran podido hallarse reunidas, era muy de presumir resultaran estériles las observaciones á causa de la trepidación del suelo por efecto del tránsito de carruajes en calles muy inmediatas.

En vista de ello dirigimos nuestras investigaciones á los barrios extramuros, aunque procurando no separarnos en demasía de la Torre del Miguelete, donde existe un vértice geodésico de primer orden. En las afueras de la Puerta de Cuarte vimos un grandioso edificio construído de nueva planta por los R. R. P. P. de la Compañía de Jesús con destino á Colegio de segunda enseñanza, y á él nos dirigimos con casi tanta seguridad de hallar el apetecido local, como de la buena acogida que había de merecer nuestra demanda. Así lo vimos comprobado: aquella ilustrada Comunidad, y muy particularmente los R. R. P. P. José Xercavins y Vicente Gambón, Rector y Prefecto respectivamente, demostraron el

gran interés que les inspiraba la operación científica que teníamos misión de realizar, y pusieron á nuestra disposición el edificio á fin de escoger en él los lugares que nos fueran precisos, cediéndonos éstos para el tiempo que durara la operación y permitiéndonos hacer en ellos las necesarias obras para la instalación de los instrumentos.

Elegimos para las observaciones un salón situado en el extremo N. O. de la planta baja del edificio, que reunía inmejorables condiciones de iluminación y aislamiento, contiguo á jardines y extenso patio. Este local estaba destinado á Laboratorio microbiológico del sabio químico y naturalista, R. P. Antonio Vicent, tan ventajosamente conocido en el mundo de la ciencia por sus luminosos trabajos experimentales de química biológica. No vacilamos en aceptar este local con la casi seguridad de que durante nuestra ocupación no había de serle preciso para sus experimentos al P. Vicent, á la sazón ausente en excursión científica; pero no sucedió así, y los miscroscopios del químico hubieron de buscar instalación provisional y menos ventajosamente iluminada, circunstancia que consignamos, porque vino á avalorar más las delicadas atenciones que constantemente recibimos de aquellos ilustrados Sacerdotes.

§ 2. La figura que se acompaña representa la planta del salón y patio anexo; no muy amplio aquél en verdad, pero sí lo suficiente para todas las necesidades de la operación. Allí se levantaron sobre cimientos propios, sentados en firme, dos pilares de sillería señalados en *A* y *D*; el primero, para asiento sucesivo de los aparatos grande y pequeño de suspensión de los péndulos oscilantes, y el segundo, para sostén del péndulo sidéreo de Hipp. Se redujo la longitud del salón, que era desproporcionada á su anchura, mediante un tabique *B*, elevado sólo hasta tres cuartos de la total altura de muros, quedando así interpuesta entre aquél y la pieza que comunicaba con el exterior, una antecámara que se utilizó para los trabajos de gabinete de las operaciones del día anterior que cotidianamente efectuaban los Auxiliares de Geodesia D. Miguel Martínez Corpas y D. José Iglesias. De este modo y merced á la elevación del techo, gruesos muros que circundaban el salón por la parte del jardín y gran patio, y habitaciones contiguas por el cuarto lado, podía garantizarse en lo posible la constancia de la temperatura; pero á fin de asegurar más esta importante condición y evitar las corrientes de aire que pudieran perturbar la libre oscilación del péndulo, se procedió á la oclusión completa de todo resquicio por donde pudiera penetrar el aire, mediante dobles tiras de papel engomado alrededor de marcos, cercos y cristales, y se pusieron cortinas entre el pilar de observación y la puerta de entrada que comunicaba con la antecámara antes citada.

§ 3. El examen del plano dispensa de entrar en más detalles acerca de la buena iluminación del local y circunstancias favorables en que pudieron

efectuarse las observaciones, exentas de los ruidos y trepidaciones del tránsito de carruajes, que en otra parte hubieran sido inevitables; la calle más próxima, sin empedrado y poco transitada, distaba un centenar de metros aproximadamente.

Colocado en *A* el aparato de sustentación de los péndulos, los microscopios del comparador con que se observaban los filos de los cuchillos, quedaban enfilados hacia la ventana central del muro N. O., proyectándose su campo sobre fondo blanco, merced á unas hojas de papel pegadas á conveniente altura en los cristales.

Las observaciones astronómicas se hicieron desde el pilar *F*, situado en el extenso patio adjunto. El pilar *F*, también cimentado sobre firme, quedaba dentro de la barraca portátil que, para este objeto, posee el INSTITUTO GEOGRÁFICO, y sobre él se colocó el anteojo meridiano de Repsold para observar pasos de estrellas, que se registraban automáticamente en el Cronógrafo *C*, establecido en el salón, mediante la corriente eléctrica de las pilas y circuitos metálicos oportunamente establecidos entre uno y otro lugar.

§ 4. El procedimiento que hemos seguido para la determinación de una medida absoluta de la intensidad de la fuerza de la gravedad en la ciudad de Valencia, se ajusta en un todo al implantado por el Sr. Barraquer en sus estaciones del Real Observatorio de Madrid y preliminar del INSTITUTO GEOGRÁFICO, que revistiendo el carácter de fundamentales, han servido de norma á los contados Geodestas, que han practicado operaciones de esta índole. Limitadas nuestras observaciones exclusivamente al conocimiento de los *correlativos* elementos de cálculo, determinantes del péndulo matemático, por el empleo en aquella Estación del doble aparato de péndulo de inversión de Repsold, que se resumen en el siguiente programa:

***A'*)** DISTANCIA ENTRE LOS EJES DE SUSPENSIÓN, $[\lambda]$.
***B'*)** DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN ISÓCRONA CIRCULAR, EN AMBAS SUSPENSIONES, $[\tau_n, \tau'_n]$.
***C'*)** SITUACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD, $[h_n, h'_n]$.

hemos prescindido y eliminado por tanto de los programas establecidos por el mencionado Geodesta, todas aquellas operaciones complementarias no encaminadas directamente á la persecución del objeto deseado, como son: las conducentes á la determinación del acortamiento en la regla por su propio peso, en el gran aparato, toda vez que según se desprende de los ya citados experimentos, esta causa no ejerce sensible influencia en la corta regla del pequeño, tomando desde luego, para nuestros cálculos, las constantes ε_0 y ε^0 deducidas por el Sr. Barraquer en su estación del Observatorio Astronómico correspondientes al acortamiento de la regla del aparato grande, ó disminuciones de su longitud, ocasio-

nadas por su propio peso en las dos colocaciones de o inferior y o superior, cuyos valores en micrones resultan ser de:

$$\varepsilon_0 = 0,^{\mu}32$$
$$\varepsilon^0 = 0,^{\mu}87;$$

las que tienen por objeto, el cálculo del balance del sostén ó de su movimiento oscilatorio sincrónico con el del péndulo, que desde luego queda eliminado, por el empleo combinado del par de péndulos de inversión de casi igual longitud y pesos muy diferentes, con un solo juego de cuchillos, oscilando sucesivamente en el mismo sostén ó plano de suspensión de cada aparato; y, por último, de las enderezadas al estudio de la deformación de los filos de los cuchillos, ó su aplastamiento por el peso del péndulo, que, demostrada por el Sr. Barraquer la insignificancia de los efectos totales de aplastamiento en cuanto toca al requisito de la invariabilidad del péndulo de forma simétrica, producirían datos, que no tienen aplicación á las reducciones de los resultados inmediatos de la observación.

§ 5. La Dirección general del Instituto Geográfico y Estadístico, al reanudar este linaje de estudios en nuestro país, vióse obligada por la necesidad de economizar tiempo y dinero, á reducir el número de determinaciones y de las series de operaciones que las constituyen, á lo estrictamente indispensable, sin perjudicar empero la bondad de los resultados. Con arreglo á este criterio, hemos efectuado en la estación que nos ocupa, cuatro determinaciones absolutas del péndulo matemático: 1.ª y 2.ª con el grande aparato, 3.ª y 4.ª con el pequeño, ya que según los experimentos del tantas veces citado Sr. Barraquer, no se declara ventaja alguna por el empleo de uno ú otro aparato; provistos los péndulos siempre del solo juego de cuchillos de ágata, que conservamos en la misma colocación, tanto por la imposibilidad de emplear los de acero, que con el transcurso del tiempo han sufrido deformaciones importantes en sus filos, cuanto, porque como es sabido, no se manifiestan diferencias muy considerables de precisión en la medida de la *distancia*, por el empleo de unos ó de otros. Agrupadas las operaciones en series, hechas á continuación con cada uno de los péndulos, se distinguen las dichas *determinaciones*, que expresadas por su orden cronológico, son:

DETERMINACIONES	APARATOS	PÉNDULOS	Cuchillos y plano de suspensión.	NÚMERO DE SERIES
1.ª.....	Grande.	Pesado.	Ágata.	8
2.ª.....	—	Ligero.	Ágata.	8
3.ª.....	Pequeño.	Pesado.	Ágata.	12
4.ª.....	—	Ligero.	Ágata.	12

Estas determinaciones efectuadas por mitad, por ambos observadores, comprenden, en definitiva, las operaciones practicadas por cada uno con entera independencia, empleando los mismos aparatos y procedimientos en las cuatro determinaciones, dos con el grande y dos con el pequeño, de cuatro y seis series respectivas de operaciones, arregladas las determinaciones y las series que cada una comprende á los respectivos.

§ 6. PROGRAMA GENERAL

DE UNA

DETERMINACIÓN ABSOLUTA DEL PÉNDULO MATEMÁTICO

(CON LOS DOS PÉNDULOS DE INVERSIÓN DE CADA APARATO)

OPERACIONES EN SERIES

(PARA OBTENER Á LAS TEMPERATURAS DE OBSERVACIÓN)

A) La *Distancia* entre los filos de los cuchillos, en partes de la longitud de la regla colocada verticalmente en el aparato;

B) La *Duración* de la oscilación isócrona, en las suspensiones recíprocas, contada en tiempo cronográfico, y abstracción hecha de la influencia del balance del sostén; y

C) La situación del *Centro de gravedad* del péndulo respecto de los filos de los cuchillos.

OPERACIONES COMPLEMENTARIAS

(REFERENTES Á)

D) Las constantes termométrica; y

G) La marcha del reloj eléctrico, es decir, la valoración absoluta del tiempo cronográfico, y

PROGRAMA

DE UNA

SERIE DE OPERACIONES

C) Centro de gravedad del péndulo.
J) Equivalencias lineales de la vuelta micrométrica en ambos microscopios.

MODO DE SUSPENSIÓN.. H . P { *A) Distancia* entre los cuchillos. *B) Duración* de la oscilación. *A) Distancia* entre los cuchillos.

P . H { *A)* *B)* *A)*

P . M { *A)* *B)* *A)*

M . P { *A)* *B)* *A)*

C)

Si bien la operación *J)*, observaciones encaminadas á valorar las equivalencias lineales de la *vuelta micrométrica* en ambos microscopios, figura en el programa de una serie de operaciones, puede considerarse para sus efectos, como parte integrante del especial programa de una operación de *distancia* entre cuchillos, puesto que sus resultados han de servir para obtener los *inmediatos* de éstas, á las cuales se contraen exclusivamente.

§ 7. Los anteriores y generales programas se descomponen, á su vez, en los particulares que comprenden los relativos á una operación *A)*, *Distancia* y *B)*, *Duración de la oscilación*, ya que las *C)*, *Centro de gravedad* y *J)*, *Equivalencias lineales*, no necesitan ordenarse con sujeción á programa determinado.

Las dos primeras operaciones citadas se efectuaron, pues, con arreglo á los siguientes:

PROGRAMA DE UNA OPERACIÓN

DE

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

TEMPERATURA..... Indicaciones de los dos termómetros de mercurio.

LECTURAS MICROMÉTRICAS. { Péndulo... 4 observaciones sobre cada cuchillo (oscuros). Regla..... 4 — sobre cada uno de los trozos terminales. Péndulo... 4 — sobre cada cuchillo (oscuros).

TEMPERATURA..... Indicaciones de los dos termómetros de mercurio.

PROGRAMAS DE UNA OPERACIÓN

DE

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

Para las 1.ª y 2.ª Determinaciones. (Gran aparato)

(INTERVALOS DE 1.000 OSCILACIONES)

TIEMPOS RELATIVOS	OBSERVACIONES
	b^{IV}) Temperatura y presión atmosféricas.
0^m	b'') Amplitud de oscilación.
1	b) Pasos del péndulo.
	b') Paralaje de las plumas cronográficas.
5	b'')
10	
15	
$17^m\ 40^s$	b)
	b')
20	b'')
	b''')

Para la 3.ª Determinación. (Pequeño aparato)

(INTERVALOS DE 2.000 OSCILACIONES)

TIEMPOS RELATIVOS	OBSERVACIONES
	b''') Temperatura y presión atmosféricas.
0^m	b'') Amplitud de oscilación.
2	b) Pasos del péndulo.
	b') Paralaje de las plumas cronográficas.
5	b'')
10	
15	
20	
25	
27	b)
	b')
	b'')
30	b''')

Para la 4.ª Determinación. (Pequeño aparato)

(INTERVALOS DE 1 600 OSCILACIONES)

TIEMPOS RELATIVOS	OBSERVACIONES
	b''') Temperatura.
0m	*b''*) Amplitud de oscilación.
2	*b*) Pasos del péndulo.
	b') Paralaje de las plumas cronográficas.
5	
10	*b''*)
15	
20	
22	*b*)
	b')
25	*b''*)
	b''')

§ 8. Tales han sido los programas á que se han ceñido las operaciones practicadas separadamente por cada uno de los observadores, para obtener cuatro determinaciones aisladas de la intensidad de la fuerza de la gravedad (sin tener en cuenta el balance del sostén), ó dos completas, una con cada aparato, en las que, por la combinación de cada par de péndulos (pesado y ligero), queda eliminada la influencia de la expresada causa. Como sólo se persigue en este trabajo un resultado práctico, omitimos consignar en su minuciosidad, las diversas observaciones originales, comenzando, desde luego, por estampar los resultados inmediatos relativos á las varias operaciones en series detalladas en el programa general de cada una de las determinaciones absolutas del péndulo matemático con los dos de inversión de cada aparato. Ordenamos separadamente los resultados de las operaciones efectuadas por cada observador, al objeto de tener reunidos los elementos de cálculo correspondientes á las cuatro determinaciones hechas por cada uno, entendiéndose que las fórmulas y el procedimiento seguido son comunes á las de uno y otro.

Excusado es añadir que, para la ejecución de cada una de las operaciones parciales que comprenden los mencionados programas, nos atuvimos en un todo á los métodos y procedimientos seguidos por el Sr. Barraquer y magistralmente descritos en su memoria, extremando cuantas precauciones en ella indica para preservar al aparato de las influencias que por temperatura podría ocasionar la proximidad del observador en los momentos de hacer observaciones de distancia, valoración de equivalencia de la vuelta de los tornillos micrométricos y

lectura de los termómetros suspendidos á diferente altura, pero muy inmediatos al péndulo oscilante. La lectura de estos últimos se hacia mediante una lente colocada en la extremidad de una varilla que se introducia por pequeñas ventanas practicadas en las pantallas de bayeta que rodeaban el aparato por dos de sus lados.

Debemos hacer constar que, destinados á la Escuela Superior de Guerra poco después de comenzados los trabajos de gabinete, quedaron encargados de su continuación los Auxiliares de Geodesia Sres. Martínez Corpas é Iglesias, quienes los han proseguido hasta su terminación, revelando una vez más su competencia en este linaje de operaciones numéricas, y salvando acertadamente las dificultades que presenta el manejo de los complejos y variados elementos que intervienen en el cálculo de una determinación de la intensidad de la fuerza de la gravedad, según hemos visto confirmado al revisar y comprobar las expresadas operaciones de cálculo.

CAPÍTULO II

RESULTADOS INMEDIATOS DE LAS OPERACIONES EN SERIES

A) DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

§ 9. Cada operación de *Distancia*, efectuada con arreglo á su *Programa* (*i*), consistió en una comparación del intervalo entre los filos de los cuchillos con la longitud de la regla definida por los trazos elegidos como terminales, que fueron, respectivamente, en la del grande y pequeño aparato, los marcados por 0 y 1^{m} y 0 y 559^{mm}.

Inmovilizado el péndulo en su libre posición de equilibrio, y verticales también la regla y el eje de giro del comparador, se apuntaba alternativamente con los dos microscopios superior é inferior, á los filos de los cuchillos, ó extremidades de la regla, de modo que, sus imágenes aparecian siempre en lugares muy inmediatos al centro de los campos, y podían, por tanto, observarse en muy buenas condiciones ópticas. El enrase de los hilos del micrómetro, para la observación de filo de cuchillo, ó raya de regla, se hizo siempre por mitad y alternativamente en ambos sentidos del movimiento del tambor.

Las lecturas hechas en éste, relacionan numéricamente en *vueltas* y *partes* del mismo, las longitudes del péndulo *(Distancia)*, y de la regla, pero con dependencia de las peculiares circunstancias en que se realizó la observación, es decir, temperatura, suspensión del péndulo y colocación de la regla, y esta dependencia de tales peculiares circunstancias, que hemos de considerar mas adelante como causas de reducción en el resultado inmediato, subsistirá aun cuando valoremos la comparación adoptando como nueva unidad la diezmilésima parte de la regla.

Á este fin se encamina la operación *J)* del programa, cuyo objeto inmediato es apreciar en subdivisiones menores de la regla, la unidad *vuelta* de los

tornillos micrométricos. La observación consistió siempre en dirigir diez punterías con cada uno de los dos microscopios, á los pares de trazos de la regla adyacentes á los terminales respectivos, que fueron los marcados por 9999, 10,001, y + 1, — 1, inmediatos respectivamente á aquéllos en el gran aparato, y los 5591, 5589 y + 1, — 1, en el pequeño aparato.

§ 10. El cuidadoso esmero con que se han conservado las reglas de ambos aparatos desde la fecha en que fueron devueltos por la Oficina internacional de Breteuil, permite suponer la invariabilidad de sus respectivas ecuaciones y distancias entre los trazos. En tal hipótesis se fundan los cálculos, pero no siendo absolutamente uniforme la división en la regla, para deducir en diezmilésimas de ésta la equivalencia lineal de una vuelta de los tornillos micrométricos, precisa conocer de antemano en la misma unidad los valores de los intervalos entre las rayas observadas.

Estos valores expresados en magnitudes absolutas (décima de milímetro) y á la temperatura de cero grados, son:

del trazo	9999 al 10,001	2,012
del trazo	— 1 al + 1	1,974.

y la relación entre la unidad absoluta y la de la regla, es de 1,000125.

En el pequeño aparato, la separación de los trazos observados en las mismas condiciones, es

del trazo	5589 al 5591	2,002
del trazo	— 1 al + 1	2,001,

y la relación entre la décima de milímetro y la equivalente división de la regla, es sólo de 1,000069.

Para calcular ahora las equivalencias lineales, se han agrupado las diferencias de las lecturas de los tambores, consignadas en los cuadernos originales de observación, en cinco promedios, que resumen todas las observaciones correspondientes á las series 1.ª y 2.ª, y 3.ª y 4.ª de la primera determinación, y cada una de las tres restantes determinaciones, en atención á las colocaciones que tuvo la regla. Con estos valores y los datos anteriormente consignados, fácil ha sido deducir los siguientes:

VALORES LINEALES

EQUIVALENTES Á UNA VUELTA DE LOS TORNILLOS MICROMÉTRICOS,

EXPRESADOS EN SUBDIVISIONES MENORES DE LAS REGLAS

DETERMINACIONES	SERIES QUE SE RESUMEN EN EL PROMEDIO	MICROSCOPIOS	TRAZOS OBSERVADOS	VALORES DE LA VUELTA
1.ª	I, II.	Superior.	9999 á 10001	1,0066
		Inferior.	— 1 á + 1	172
	III, IV.	Superior.	+ 1 á — 1	101
		Inferior.	10001 á 9999	30
2.ª	I, II, III, IV.	Superior.	9999 á 10001	3
		Inferior.	— 1 á + 1	165
3.ª	I, II, III, IV, V, VI.	Superior.	+ 1 á — 1	3
		Inferior.	5591 á 5589	30
4.ª	I, II, III, IV, V, VI.	Superior.	5589 á 5591	8
		Inferior.	— 1 á + 1	48

§ 11. La distancia entre los cuchillos, operación *A)* del programa general, se deduce de las observaciones originales obtenidas con arreglo á su programa particular, oportunamente consignado, mediante la fórmula

$$\lambda_{(t)} - R_{(t)} = (r_s - c_s)\, v_s + (c_i - r_i)\, v_i,$$

en las que representan:

$\lambda_{(t)}$..... la distancia que existe entre los filos de los cuchillos á la temperatura t, promedio de las observadas en los termómetros de mercurio, y corregidos de sus constantes;

$R_{(t)}$..... la definida á esta misma temperatura por los trazos terminales de la regla;

c_s, c_i..... los respectivos promedios de las ocho lecturas micrométricas, observadas para cada cuchillo;

r_s, r_i..... análogos promedios de las cuatro lecturas hechas sobre los trazos superior é inferior de la regla;

v_s, v_i..... los valores lineales, en divisiones menores de ésta, que corresponden á las unidades de vueltas micrométricas.

Teniendo presentes los valores lineales antes consignados, resultan como valores formulares de las distancias λ, á las temperaturas de observación, en unidades métricas M' y M'', de las reglas, los siguientes:

DETERMINACIONES	SERIES	VALORES DE λ
1.ª	I, II	$\lambda_1 = \overset{M'}{1} + \overset{M'}{0{,}00010066}\,(r_2 - c_2) + \overset{M'}{0{,}00010173}\,(c_1 - r_1)$
	III, IV	$\lambda_1 = \overset{M'}{1} + \overset{M'}{0{,}00010101}$ — $+ \overset{M'}{0{,}00010030}$ —
2.ª	I á IV	$\lambda_2 = \overset{M'}{1} + \overset{M'}{0{,}00010003}$ — $+ \overset{M'}{0{,}00010165}$ —
3.ª	I á VI	$\lambda_3 = \overset{M''}{1} + \overset{M''}{0{,}00010003}$ — $+ \overset{M''}{0{,}00010030}$ —
4.ª	I á VI	$\lambda_4 = \overset{M''}{1} + \overset{M''}{0{,}00010008}$ — $+ \overset{M''}{0{,}00010048}$ —

Sustituyendo en estas fórmulas los valores de las c_1, c_2, r_1, r_2 que resultan de las observaciones originales, se obtienen las distancias λ que se consignan en los siguientes *Estados A*.

ESTADO A_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de agata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

SERIES... I, II, III y IV

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Noviembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_1	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_1	TEMPERATURAS — t
				m	°					m	°
8	I	**H**. F... c.o	Inferior.	0,9995127	15,090	18	III	**H**. F... c.o	Superior.	0,9995173	17,840
		F. **H**... c.o		72	15,315			F. **H**... c.o		190	17,650
		F. **M**... c.o		133	15,680			F. **M**... c.o		189	17,513
		M. F... c.o		134	15,980			**M**. F... c.o		218	17,295
12		**H**. F... c.o		0,9995108	16,415	19	IV	**H**. F... c.o		0,9995160	17,245
		F. **H**... c.o		134	16,775			F. **H**... c.o		158	17,515
		F. **M**... c.o		134	16,865			F. **M**... c.o		134	17,500
		M. F... c.o		119	16,875			**M**. F... c.o		123	17,775

ESTADO A_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

SERIES... I, II, III y IV

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t
				m'	°					m'	°
6	I	**H**.F...c.o	Inferior.	1,0001650	11,625	10	III	**H**.F...c.o	Inferior.	1,0001663	13,350
		F.**H**...c.o		35	11,985			F.**H**...c.o		15	13,500
		F.**M**...c.o		39	12,160			F.**M**...c.o		89	13,440
		M.F...c.o		36	12,455			**M**.F...c.o		79	13,455
9	II	**H**.F...c.o		1,0001687	11,785	11	IV	**H**.F...c.o		1,0001686	13,040
		F.**H**...c.o		72	12,005			F.**H**...c.o		75	13,705
		F.**M**...c.o		82	12,090			F.**M**...c.o		88	14,085
		M.F...c.o		96	12,395			**M**.F...c.o		34	14,450

ESTADO A_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... II

SERIES... I, II, III, IV, V y VI

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_3	TEMPERATURAS — t
				m'	°
24	I	H. F... c.o	Superior.	0,5590705	15,190
		F. H... c.o		706	15,770
		F. M... c.o		708	15,810
		M. F... c.o		704	15,970
26	II	H. F... c.o		0,5590705	16,070
		F. H... c.o		707	16,830
		F. M... c.o		712	16,975
		M. F... c.o		696	17,170
27	III	H. F... c.o		0,5590714	16,450
		F. H... c.o		678	16,785
		F. M... c.o		689	16,790
		M. F... c.o		688	17,020

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_3	TEMPERATURAS — t
				m'	°
28	IV	H. F... c.o	Superior.	0,5590708	14,870
		F. H... c.o		696	14,900
		F. M... c.o		707	16,060
		M. F... c.o		701	16,600
30	V	H. F... c.o		0,5590710	15,210
		F. H... c.o		699	15,725
		F. M... c.o		709	15,865
		M. F... c.o		703	16,445
31	VI	H. F... c.o		0,5590704	14,300
		F. H... c.o		713	15,680
		F. M... c.o		724	15,980
		M. F... c.o		708	16,185

ESTADO *A*,

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos... a.

SERIES... I, II, III, IV, V y VI

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Enero.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — l_4	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — l_4	TEMPERATURAS — t
				m.	°					m.	°
14	I	H. F... c.o	Superior.	0,5590567	11,595	17	IV	H. F... c.o	Superior.	0,5590595	13,665
		F. H... c.o		597	11,825			F. H... c.o		588	13,940
		F. M... c.o		604	12,165			F. M... c.o		581	13,975
		M. F... c.o		535	12,230			M. F... c.o		587	14,345
15	II	H. F... c.o		0,5590567	12,840	18	V	H. F... c.o		0,5590574	14,365
		F. H... c.o		607	13,160			F. H... c.o		583	14,585
		F. M... c.o		595	13,300			F. M... c.o		564	13,730
		M. F... c.o		576	13,800			M. F... c.o		588	13,960
16	III	H. F... c.o		0,5590566	13,145	19	VI	H. F... c.o		0,5590565	13,675
		F. H... c.o		577	13,455			F. H... c.o		569	14,560
		F. M... c.o		597	13,540			F. M... c.o		574	14,535
		M. F... c.o		573	13,900			M. F... c.o		565	13,740

Debemos consignar aquí, que las observaciones de distancia se hicieron siempre con cuchillos oscuros, proyectándose sobre fondo claro, á causa de no haber podido utilizar el pequeño aparato de iluminación de cuchillos, que se hallaba incompleto; pero esta circunstancia, en manera alguna puede dañar á la precisión de las observaciones, según patentiza el Sr. Barraquer en su resumen comparativo de los resultados en las dos maneras de iluminar los cuchillos.

B) DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

§ 12. El método empleado para esta operación fué llamado *método de pasos*, por el cual este elemento primordial *(Duración)*, se deduce de la medida de periodos ó intervalos en que se cumplió cabal y determinado número de oscilaciones, habiéndose obtenido los instantes relativos que precisamente los definen, mediante el registro cronográfico por el observador de pasos *alternados* (en un mismo sentido) del péndulo por la vertical.

Una vez preparados los aparatos é instrumentos, y garantidas en lo posible las buenas circunstancias de temperatura, se procedió á la operación de *Duración*, haciendo oscilar libremente el péndulo, para lo cual se desviaba éste, con suavidad, por su extremo inferior de la posición de equilibrio, y esto con la anticipación y en la cantidad angular á propósito para que, siguiendo el programa respectivo, al efectuar la primera observación de *Amplitud*, se hubiera ya regularizado el movimiento oscilatorio, y esta amplitud fuese, con corta diferencia, la previamente elegida para la *suspensión*, según las condiciones propias del péndulo y la duración del período.

§ 13. No habiendo de publicarse las observaciones originales, que aumentarían considerablemente este volumen, precisa dar una sucinta idea de cómo se ha procedido para la obtención de aquellos datos, en cada una de las operaciones parciales que intervienen en los progamas *B)*, y cuáles han sido los procedimientos de cálculo propios para deducir los resultados inmediatos, que se consignan en las diversas columnas de los *Estados B*, que á continuación se insertan:

ESTADO B_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la clase cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	°	°	°
8	I	H.P	1.°	0	13 1 6,4772	0,000	53,20	15,325
			2.°	1 000	17 52,7632	0,000		
		P.H	1.°	0	13 35 54,8440	0,000	50,09	15,435
			2.°	1 000	52 41,1044	0,000		
		P.M	1.°	0	13 55 57,1816	0,000	53,70	15,715
			2.°	1 000	14 12 43,4688	0,000		
		M.P	1.°	0	14 23 48,6186	0,000	52,54	15,805
			2.°	1 000	40 34,9702	0,000		
12	II	H.P	1.°	0	13 12 56,0566	— 0,049	54,59	16,130
			2.°	1 000	29 52,3396	— 0,047		
		P.H	1.°	0	14 44 5,7674	— 0,051	52,20	16,240
			2.°	1 000	0 52,0236	— 0,045		
		P.M	1.°	0	14 57 56,6804	— 0,033	52,07	16,940
			2.°	1 000	15 14 52,9447	— 0,035		
		M.P	1.°	0	15 28 9,9280	— 0,031	53,34	16,955
			2.°	1 000	44 56,2726	— 0,045		

ESTADO B_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la clase cronográfica)	PARALAJE DE LAS PLOMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	'	°
18	III	H.P	1.°	0	13 28 51,8726	0,000	55,54	17,060
			2.°	1 000	43 38,1554	0,000		
		P.H	1.°	0	14 36 55,3636	— 0,004	55,20	17,450
			2.°	1 000	53 41,6970	— 0,008		
		P.M	1.°	0	15 38 3,3774	— 0,005	47,66	17,675
			2.°	1 000	54 46,7511	— 0,007		
		M.P	1.°	0	13 0 38,2372	— 0,006	50,29	17,750
			2.°	1 000	17 44,6182	— 0,009		
19	IV	H.P	1.°	0	12 44 38,8338	0,000	54,34	17,295
			2.°	1 000	13 1 45,1086	0,000		
		P.H	1.°	0	13 13 0,1400	0,000	54,29	17,490
			2.°	1 000	29 46,4238	0,000		
		P.M	1.°	0	14 16 20,9148	0,000	57,14	17,610
			2.°	1 000	32 57,2620	0,000		
		M.P	1.°	0	14 45 0,2772	0,000	49,82	17,710
			2.°	1 000	15 1 46,6448	0,000		

ESTADO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... n.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NUMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	′	°
8	V	H.P	1.º	0	14 13 1,5360	— 0,021	52,11	11,705
			2.º	1 000	80 47,9438	— 0,025		
		P.H	1.º	0	14 51 1,9896	— 0,038	53,75	11,830
			2.º	1 000	15 7 48,3862	— 0,039		
		P.M	1.º	0	16 15 0,6645	— 0,042	47,21	12,185
			2.º	1 000	31 47,1060	— 0,037		
		M.P	1.º	0	16 49 59,4220	0,000	46,97	12,295
			2.º	1 000	17 6 45,8272	0,000		
9	VI	H.P	1.º	0	14 12 59,4076	0,000	50,95	11,840
			2.º	1 000	29 45,8300	0,000		
		P.H	1.º	0	14 39 59,6566	0,000	51,45	11,910
			2.º	1 000	56 46,0588	0,000		
		P.M	1.º	0	16 9 0,1092	0,000	46,24	12,150
			2.º	1 000	25 46,4658	0,000		
		M.P	1.º	0	16 35 58,5728	0,000	46,46	12,300
			2.º	1 000	52 44,9798	0,000		

ESTADO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata:
Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	NODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	″	′	°
10	VII	**H.P**	1.º	0	14 36 58,4404	— 0,008	32,24	13,385
			2.º	1 000	53 44,8808	— 0,026		
		P.H	1.º	0	15 3 8,7328	0,000	30,68	13,535
			2.º	1 000	19 48,1260	0,000		
		P.M	1.º	0	26 24 58,3798	0,000	45,76	13,450
			2.º	1 000	41 44,8090	0,000		
		M.P	1.º	0	27 4 58,7354	0,000	45,76	13,375
			2.º	1 000	21 45,7558	0,000		
11	VIII	**H.P**	1.º	0	14 35 59,7444	0,000	52,55	13,210
			2.º	1 000	42 46,1890	0,000		
		P.H	1.º	0	14 52 0,3988	0,000	51,69	13,465
			2.º	1 000	15 8 46,8550	0,000		
		P.M	1.º	0	26 12 59,4030	0,000	47,54	14,250
			2.º	1 000	29 45,8980	0,000		
		M.P	1.º	0	26 39 58,5640	0,000	46,61	14,405
			2.º	1 000	56 44,9800	0,000		

ESTADO B_8

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. —Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la línea cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	′	°
24	I	**H.P**	1.º	0	15 31 59,1130	0,000	58,96	14,165
			2.º	2 000	37 4,1074	0,000		
		P.H	1.º	0	16 9 59,4472	0,000	58,83	14,430
			2.º	2 000	35 4,4200	0,000		
		P.M	1.º	0	17 22 56,2890	0,000	51,42	14,010
			2.º	2 000	48 1,2416	0,000		
		M.P	1.º	0	17 56 56,8588	0,000	50,85	13,873
			2.º	2 000	18 24 1,8976	0,000		
26	II	**H.P**	1.º	0	16 38 58,2744	0,000	57,99	15,375
			2.º	2 000	17 4 3,2082	0,000		
		P.H	1.º	0	17 12 55,9218	0,000	59,33	15,740
			2.º	2 000	38 0,8910	0,000		
		P.M	1.º	0	18 13 55,7650	0,000	53,17	15,890
			2.º	2 600	39 0,7932	0,000		
		M.P	1.º	0	18 48 57,0374	0,000	52,04	15,815
			2.º	2 000	19 14 2,0512	0,000		

ESTADO B_3

3. DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMEROS DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la línea cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	°	′	°
27	III	**H.P**	1.°	0	15 32 57,3484	— 0,040	59,78	16,170
			2.°	2 000	59 4,3164	— 0,040		
		P.H	1.°	0	16 13 57,6086	0,000	58,78	16,640
			2.°	2 000	39 2,6184	0,000		
		P.M	1.°	0	17 32 59,8300	— 0,040	56,83	17,005
			2.°	2 000	58 4,8570	— 0,040		
		M.P	1.°	0	18 22 57,4232	— 0,040	53,30	17,065
			2.°	2 000	38 2,5158	— 0,040		
28	IV	**H.P**	1.°	0	15 36 57,9880	0,000	59,78	16,790
			2.°	2 000	16 2 2,8942	0,000		
		P.H	1.°	0	16 25 57,9112	0,000	58,48	16,890
			2.°	2 000	41 2,9140	0,000		
		P.M	1.°	0	17 20 57,8574	0,000	54,43	16,890
			2.°	2 000	46 2,8884	0,000		
		M.P	1.°	0	56 57,5674	0,000	55,67	16,975
			2.°	2 000	18 22 2,5416	0,000		

ESTADO B_2

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PENDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... B.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DIAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la línea cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PUERTAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	°	°
30	V	H.F	1.°	0	15 43 58,1220	0,000	59,09	15,320
			2.°	2 000	16 9 3,6940	0,000		
		F.H	1.°	0	16 24 7,8600	0,000	59,86	15,730
			2.°	2 000	49 10,0298	0,000		
		F.M	1.°	0	17 26 56,5934	0,000	54,08	16,143
			2.°	2 000	32 1,6286	0,000		
		M.F	1.°	0	18 1 57,0614	0,000	59,17	16,465
			2.°	2 000	37 2,1448	0,000		
31	VI	H.F	1.°	0	15 34 57,0090	— 0,030	53,28	15,465
			2.°	2 000	16 00 2,1391	— 0,020		
		F.H	1.°	0	16 11 57,1982	— 0,020	54,06	15,660
			2.°	2 000	37 2,1592	— 0,020		
		F.M	1.°	0	17 14 56,8812	— 0,020	47,61	15,830
			2.°	2 000	40 1,8034	— 0,020		
		M.F	1.°	0	17 51 57,1900	— 0,020	43,87	16,010
			2.°	2 000	18 17 2,1942	— 0,020		

ESTADO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... 2.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1890. Enero.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PARES	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica).	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	°	°
14	I	**H.F**	1.°	0	16 22 57,6822	0,000	50,95	13,200
			2.°	1 600	33 1,6556	0,000		
		F.H	1.°	0	16 43 56,0436	0,000	51,93	13,370
			2.°	1 600	17 4 1,9800	0,000		
		F.M	1.°	0	19 25 58,6860	0,000	47,93	13,085
			2.°	1 600	46 2,6606	0,000		
		M.F	1.°	0	19 54 57,3908	0,000	48,22	13,275
			2.°	1 600	20 15 1,3982	0,000		
15	II	**H.F**	1.°	0	19 5 56,6024	0,000	51,54	12,850
			2.°	1 600	26 0,5534	0,000		
		F.H	1.°	0	19 35 3,8794	0,000	50,09	13,080
			2.°	1 600	55 7,8268	0,000		
		F.M	1.°	0	20 1 56,6918	0,000	48,85	13,480
			2.°	1 600	22 0,6916	0,000		
		M.F	1.°	0	20 30 57,9276	0,000	48,64	13,720
			2.°	1 600	52 1,8760	0,000		

ESTADO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a**.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Enero.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cifra (Greenwich.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	′	°
16	III	**H.P**	1.º	0	16 43 57,4520	0,000	51,21	13,280
			2.º	1 600	17 4 1,4342	0,000		
		P.H	1.º	0	17 12 57,3426	0,000	52,26	13,285
			2.º	1 600	33 1,3344	0,000		
		P.M	1.º	0	18 4 57,2492	0,000	48,22	13,585
			2.º	1 600	25 1,2052	0,000		
		M.P	1.º	0	18 32 57,6738	0,000	49,87	13,730
			2.º	1 600	53 1,6718	0,000		
17	IV	**H.P**	1.º	0	17 35 58,1368	0,000	51,08	13,815
			2.º	1 600	56 2,0786	0,000		
		P.H	1.º	0	18 6 58,5734	0,000	51,08	13,840
			2.º	1 600	27 2,5062	0,000		
		P.M	1.º	0	19 11 59,0838	0,000	50,38	13,990
			2.º	1 600	32 3,0996	0,000		
		M.P	1.º	0	19 42 58,5400	0,000	49,48	14,130
			2.º	1 600	20 3 2,4930	0,000		

ESTADO B_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Enero.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la línea cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	′	°
18	VI	**H.F**	1.º	0	17 3 58,4304	0,000	51,70	13,100
			2.º	1 600	24 2,4040	0,000		
		F.H	1.º	0	17 34 57,6960	0,000	50,61	13,450
			2.º	1 600	35 1,8720	0,000		
		F.M	1.º	0	18 42 10,0406	0,000	49,20	13,830
			2.º	1 600	19 2 14,9998	0,000		
		M.F	1.º	0	19 13 58,8150	0,000	48,64	13,870
			2.º	1 600	34 2,5146	0,000		
19	VII	**H.F**	1.º	0	17 0 58,4398	0,000	50,07	13,795
			2.º	1 600	30 2,3948	0,000		
		F.H	1.º	0	17 42 59,4634	0,000	50,93	13,990
			2.º	1 600	18 3 3,4160	0,000		
		F.M	1.º	0	19 54 58,7420	0,000	50,06	14,045
			2.º	1 600	20 25 2,7180	0,000		
		M.F	1.º	0	20 24 17,0194	0,000	47,7	14,680
			2.º	1 600	44 21,0060	0,000		

Los valores consignados en las diversas columnas de los anteriores estados se han calculado según á seguida se detalla.

b) PASOS DEL PÉNDULO POR LA VERTICAL

§ 14. Los pasos del péndulo por la vertical se observaron desde la pequeña mesa *a*, que sustentaba un anteojo arreglado de modo que, el hilo vertical de su retículo, coincidiese con la imagen del trazo cero del arco graduado, unido al trípode de sustentación de los péndulos oscilantes, con cuyo trazo coincidía en el estado de reposo el remate cónico de cada péndulo.

A la obtención de un instante de paso, concurren invariablemente en todo el trabajo cincuenta observaciones de pasos del péndulo por la vertical, según ésta se ha definido, haciendo señales cronográficas con el manipulador eléctrico, simultáneas á las coincidencias instantáneas de la imagen movible del remate cónico con el hilo del anteojo.

Estas señales quedaban impresas en la cinta del cronógrafo, mediante una de las plumas cronográficas, al mismo tiempo que la otra pluma señalaba los segundos del reloj eléctrico.

En cada una de las cuatro determinaciones, se observaron de este modo dos grupos de cincuenta alternados pasos, para valorar, entre los pasos de igual numeración en cada grupo, intervalos totales en que se verificaron 1 000 oscilaciones cabales en las 1.ª y 2.ª determinaciones; 2 000, en la 3.ª, y 1 600, en la 4.ª

§ 15. Los instantes de paso, consignados en la sexta columna de los *Estados* ***B***, resultan del promedio de los cincuenta tiempos relativos á los pasos observados en cada grupo, referidos al del primer paso del grupo, de donde se define el intervalo de tiempo en que se verificó el cabal número de oscilaciones de la quinta columna, según las determinaciones.

b') PARALAJE DE LAS PLUMAS CRONOGRÁFICAS

§ 16. La paralaje de las plumas se observó en todas las determinaciones á seguida de cada grupo de pasos, según se indica en los programas, consistiendo siempre en quince dobles señales hechas por medio de un manipulador especial, dispuesto para emitir la corriente de las pilas en un mismo instante físico sobre los electroimanes que accionaban la pluma que había marcado en la cinta cronográfica los segundos del reloj eléctrico, y la que estuvo en relación con el botón, por medio del cual, el observador transmitió los instantes precisos de sus observaciones.

§ 17. Los promedios de los quince valores de paralaje de cada operación, son los que se consignan en la séptima columna de los *Estados* **B**, y dan la medida de las diferencias de tiempo entre las indicaciones de ambas plumas para un mismo instante físico, siendo así propias para reducir los instantes de paso al tiempo cronográfico señalado con la pluma de segundos.

Es obvio suponer que aquí se admite la constancia relativa de las condiciones de rapidez de registro de las plumas en todo el tiempo de ambas operaciones consecutivas *b*) – *b'*), durante las cuales no se paró el movimiento del cronógrafo.

b'') AMPLITUD DE OSCILACIÓN

§ 18. En los momentos precisos, señalados en cada uno de los tres diferentes programas de *Duración*, se hicieron observaciones *b''*) de amplitudes de oscilación, leyendo, por medio del anteojo *a*, los lugares que, respecto del arco graduado, alcanzaba el remate cónico inferior del péndulo oscilante en sus desviaciones á uno y otro lado de la vertical, promediando, para obtener cada valor de la amplitud, las dos lecturas hechas de este modo sobre el arco graduado á uno y otro lado del cero. Hechas estas lecturas, por estima de la última subdivisión, en minutos de arco, resultan sus promedios en medios minutos.

§ 19. Para deducir los valores más plausibles de las amplitudes medias, correspondientes á los intervalos entre los instantes de paso de cada *modo* de suspensión, se han agrupado las observaciones originales en ocho *casos* de idéntica suspensión (**H** ó **M**), y en cada uno de ellos, mediante la aplicación del método de los mínimos cuadrados, se ha determinado la fórmula numérica que, para la totalidad de las observaciones del caso, representa la ley de decrecimiento de la amplitud de oscilación α_t en función del tiempo t, por la expresión general

$$\alpha_t = A - Bt + Ct^2 - Dt^3 + \ldots\ldots$$

limitada en el término del cuadrado para los casos de las suspensiones **H**, y en el del cubo, para los de las suspensiones **M**.

En esta fórmula, t, representa, en minutos, el tiempo relativo de los instantes en que se verificaron observaciones de amplitud, referidos como origen de cuenta al de la tercera observación de este género en las determinaciones 1.ª, 2.ª y 4.ª, y al de la cuarta observación en la determinación 3.ª

Los coeficientes A, B, C y D, se han determinado, hallando previamente los valores promedios de todas las amplitudes observadas en el *caso*, correspondientes á los mismos tiempos relativos del programa (quinta columna del siguiente *Cua-*

dro α), y con ellos formando las ecuaciones condicionales de los errores Δ para todos los promedios del caso. Concretándonos al primero de estos, las ecuaciones serán:

$$\begin{aligned}
\Delta_1 &= 62{,}50 - 1\,A - 10\,B - 100\,C \\
\Delta_2 &= 58{,}00 - 1\,A - 5\,B - 25\,C \\
\Delta_3 &= 53{,}62 - 1\,A \\
\Delta_4 &= 50{,}19 - 1\,A + 5\,B - 25\,C \\
\Delta_5 &= 47{,}50 - 1\,A + 10\,B - 100\,C,
\end{aligned}$$

de las cuales se deducen las ecuaciones finales, que hacen un mínimo la suma de los cuadrados de los errores, á saber:

$$\begin{aligned}
271{,}81 &= +\,5\,A \\
189{,}05 &= A + 250\,B \\
13704{,}75 &= 250\,A + 21{,}250\,C,
\end{aligned}$$

que dan á conocer las constantes

$$A = 53{,}7091 \qquad B = 0{,}7562 \qquad C = 0{,}01305,$$

y por tanto, la ley de decrecimiento de la amplitud

$$\alpha_1 = 53{,}7091 - 0{,}7562\,t + 0{,}01305\,t^2,$$

y por análogos procedimientos se determinan las restantes fórmulas numéricas que aparecen resumidas para los ocho casos distintos en el siguiente Cuadro α:

CUADRO *a*

FÓRMULAS NUMÉRICAS

QUE EXPRESAN LAS LEYES DEL DECRECIMIENTO DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN

CASOS	DETERMINACIONES	SUSPENSIONES	TIEMPOS DEL CÁLCULO	AMPLITUDES OBSERVADAS (Promedios.)	AMPLITUDES CALCULADAS POR LA FÓRMULA	DIFERENCIAS Obs.—Calc.	FÓRMULAS
			m				
1	1.ª	H	— 10	62,50	62,58	— 0,08	
			— 5	58,00	57,82	+ 0,28	
			0	53,60	53,70	— 0,08	$\alpha_t = 53,7091 - 0,7362.t + 0,01305.t^2.$
			+ 5	50,19	50,25	— 0,06	
			+ 10	47,50	47,45	+ 0,05	
2		M	— 10	72,75	72,71	+ 0,04	
			— 5	59,00	59,17	— 0,17	
			0	50,69	50,39	+ 0,30	$\alpha_t = 50,3934 - 1,5020.t + 0,03837.t^2 - 0,00046.t^3.$
			+ 5	43,31	43,53	— 0,22	
			+ 10	36,81	36,75	+ 0,06	
3	2.ª	H	— 10	67,44	67,27	+ 0,17	
			— 5	58,62	59,08	— 0,46	
			0	52,12	51,77	+ 0,35	$\alpha_t = 51,766 - 1,3762.t + 0,0174.t^2.$
			+ 5	45,31	45,32	— 0,01	
			+ 10	39,69	39,74	— 0,05	
4		M	— 10	86,37	86,32	+ 0,05	
			— 5	60,44	60,61	— 0,17	
			0	44,31	44,05	+ 0,26	$\alpha_t = 44,0537 - 2,6198.t + 0,11589.t^2 - 0,00448.t^3.$
			+ 5	33,12	33,29	— 0,17	
			+ 10	25,00	24,96	+ 0,04	
5	3.ª	H	— 15	84,95	84,77	+ 0,18	
			— 10	74,33	74,55	— 0,22	
			— 5	65,29	65,37	— 0,08	
			0	57,04	57,21	— 0,17	$\alpha_t = 57,2124 - 1,5276.t + 0,01063.t^2.$
			+ 5	50,58	50,09	+ 0,49	
			+ 10	43,87	44,00	— 0,13	
			+ 15	38,87	38,94	— 0,07	
6		M	— 15	109,83	109,68	+ 0,15	
			— 10	82,25	82,62	— 0,37	
			— 5	62,92	62,82	+ 0,10	
			0	49,08	48,70	+ 0,38	$\alpha_t = 48,6937 - 2,3659.t + 0,08138.t^2 - 0,00213.t^3.$
			+ 5	38,42	38,63	— 0,21	
			+ 10	30,92	31,05	+ 0,13	
			+ 15	24,42	24,33	+ 0,09	
7	4.ª	H	— 10	85,46	85,23	+ 0,23	
			— 5	68,71	68,97	— 0,26	
			0	55,08	55,37	— 0,29	$\alpha_t = 55,3720 - 2,4533.t + 0,0533.t^2.$
			+ 5	44,63	44,44	+ 0,19	
			+ 10	36,58	36,17	+ 0,41	
			+ 15	30,29	30,56	— 0,27	
8		M	— 10	123,12	122,87	+ 0,25	
			— 5	78,83	79,60	— 0,77	
			0	53,12	52,56	— 0,44	$\alpha_t = 52,5571 - 4,1193.t + 0,22477.t^2 - 0,00664.t^3.$
			+ 5	37,17	36,75	+ 0,42	
			+ 10	26,50	27,20	+ 0,30	
			+ 15	19,17	18,93	+ 0,14	

Se patentiza en el cuadro la idoneidad de las expresiones numéricas de las leyes de decrecimiento de amplitud, mediante las exiguas diferencias *(Obs.–Calc.)* que no traspasan los límites de la incertidumbre puramente accidental, anexa á este género de observaciones.

Pero estas fórmulas, aunque expresan de manera general para cada *caso* la ley de variación de la amplitud en función de los tiempos, no son aplicables para deducir los valores más plausibles de las amplitudes que en cada *modo*, corresponden á los intervalos de observación, porque en éstos, el movimiento oscilatorio se verificó entre diferentes límites de amplitud.

Para que estas fórmulas generales de los *casos* sean aplicables á los *modos* que constituyen el *caso*, precisa introducir en ellas una corrección de tiempo Δt, que se determina mediante la condición de que en cada *modo*, al valor medio de la forma

$$a_m = \frac{2\,[a] - (a_1 + a_n)}{2\,(n-1)} \qquad [2]$$

obtenido con la totalidad de las observaciones de amplitud en la serie, corresponda el mismo tiempo relativo que en el total *caso* corresponde al valor medio de la serie de amplitudes *Promedios (Cuadro α)*.

De esta suerte, y concretándonos en la explicación á los *modos* de la primera determinación, se sustituye para los cálculos, á las solas cinco observaciones de amplitud, una ley de decrecimiento de ésta que, para el tiempo relativo á la amplitud media de las cinco observadas en el *modo*, da idéntica amplitud que dicha amplitud media, hipótesis que permite deducir, como después veremos, una amplitud media calculada para todos los tiempos comprendidos entre los intervalos de *paso*, como más plausible que la que resulta de las cinco amplitudes observadas.

Para proceder en estos cálculos con la necesaria precisión se ha empezado por formar, con las fórmulas del *Cuadro α*, una tabla de amplitudes, de minuto en minuto, para todos los tiempos que comprenden los programas, la cual se inserta á continuación:

TABLA

DE

AMPLITUDES DE OSCILACIÓN,

SEGÚN LAS FÓRMULAS CALCULADAS

TIEMPOS DEL CÁLCULO	DETERMINACIONES							
	1.ª		2.ª		3.ª		4.ª	
	H	M	H	M	H	M	H	M
m	'	'	'	'	'	'	'	'
— 15	—	—	—	—	84,77	109,68	—	—
— 14	—	—	—	—	82,64	103,61	—	—
— 13	—	—	—	—	80,36	97,88	—	—
— 12	—	—	—	—	78,32	92,48	—	—
— 11	—	—	—	—	76,31	87,40	—	—
— 10	62,38	72,72	67,37	86,32	74,35	82,62	85,23	122,87
— 9	61,57	68,81	65,56	80,08	72,63	78,83	81,77	112,68
— 8	60,59	66,13	63,89	74,72	70,75	73,92	78,41	103,30
— 7	59,64	63,63	62,25	69,61	68,92	69,97	75,16	94,68
— 6	58,72	61,32	60,65	64,92	67,12	66,28	72,01	88,80
— 5	57,82	59,17	59,08	60,61	65,37	62,82	68,97	79,60
— 4	56,94	57,17	57,53	56,67	63,65	59,60	66,04	73,05
— 3	56,09	55,31	56,03	53,08	62,98	56,58	63,22	67,12
— 2	55,27	53,57	54,59	49,79	60,35	53,77	60,49	61,75
— 1	54,48	51,93	53,17	46,79	58,76	51,14	57,88	56,91
0	53,71	50,39	51,77	44,05	57,22	48,70	55,27	52,56
+ 1	52,97	48,93	50,41	41,53	55,79	46,41	52,97	48,66
+ 2	52,25	47,52	49,08	39,24	54,24	44,27	50,68	45,16
+ 3	51,56	46,16	47,78	37,12	52,81	42,27	48,49	42,04
+ 4	50,89	44,84	46,54	35,14	51,43	40,40	46,41	39,25
+ 5	50,25	43,53	45,32	33,29	50,09	38,63	44,44	36,75
+ 6	49,64	42,23	44,13	31,54	48,79	36,97	42,57	34,50
+ 7	49,05	40,91	42,93	29,86	47,53	35,39	40,81	32,46
+ 8	48,49	39,57	41,87	28,22	46,31	33,89	39,16	30,59
+ 9	47,96	38,19	40,79	26,60	45,13	32,44	37,61	28,85
+ 10	47,45	36,75	39,74	24,96	44,00	31,05	36,17	27,20
+ 11	—	—	—	—	42,90	29,68	34,83	25,60
+ 12	—	—	—	—	41,85	28,34	33,62	24,02
+ 13	—	—	—	—	40,84	27,01	32,49	22,40
+ 14	—	—	—	—	39,87	25,68	31,47	20,72
+ 15	—	—	—	—	38,94	24,33	30,38	18,93

Por medio de la cual y sencillas interpolaciones, es fácil calcular los tiempos relativos que corresponden á las amplitudes medias α_m generales de los *casos* y a_m particulares de los *modos*, y de las diferencias de estos tiempos, se coligen proporcionalmente los valores de Δt, según se resume en el siguiente *Cuadro:*

PRIMERA DETERMINACIÓN

GRAN APARATO — PÉNDULO PESADO

Suspensión H $a_m = 54{,}202$					Suspensión M $a_m = 51{,}820$				
Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias	Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias
		′	m	′			′	m	′
I	H.P	55,36	− 1,71	55,30	I	P.M	54,93	− 1,46	53,70
	P.H	50,50	+ 3,95	50,69		M.P	52,13	− 0,19	51,54
II	H.P	54,81	− 0,78	54,59	II	P.M	52,63	− 0,50	52,07
	P.H	52,44	+ 0,37	52,27		M.P	53,88	− 1,25	53,34
III	H.P	55,81	− 2,02	55,54	III	P.M	48,56	+ 1,19	47,66
	P.H	55,44	− 1,57	55,20		M.P	50,04	+ 0,57	50,29
IV	H.P	54,56	− 0,46	54,34	IV	P.M	51,75	+ 0,05	51,14
	P.H	54,50	− 0,39	54,29		M.P	50,50	+ 0,50	49,82

SEGUNDA DETERMINACIÓN

GRAN APARATO — PÉNDULO LIGERO

Suspensión H $a_m = 52{,}404$					Suspensión M $a_m = 48{,}389$				
Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias	Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias
		′	m	′			′	m	′
I	H.P	52,37	+ 0,02	52,11	I	P.M	49,06	− 0,02	47,21
	P.H	54,00	− 1,13	53,75		M.P	48,81	− 0,14	46,97
II	H.P	51,19	+ 0,88	50,95	II	P.M	48,06	+ 0,11	46,24
	P.H	51,69	+ 0,51	51,45		M.P	48,31	+ 0,03	46,46
III	H.P	52,50	− 0,07	52,24	III	P.M	47,56	+ 0,28	45,76
	P.H	52,94	− 0,38	52,68		M.P	47,56	+ 0,28	45,76
IV	H.P	52,62	− 0,15	52,35	IV	P.M	49,37	− 0,23	47,54
	P.H	52,94	+ 0,33	52,69		M.P	48,44	− 0,02	46,61

TERCERA DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO — PÉNDULO PESADO

Suspensión H $a_m = 58.837$					Suspensión M $a_m = 55.119$				
Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias	Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias
I	H.P	59,62	− 0,49	58,96	I	P.M	53,83	+ 0,46	51,42
	P.H	59,50	− 0,42	58,85		M.P	53,05	+ 0,68	50,83
II	H.P	58,62	+ 0,14	57,99	II	P.M	55,67	− 0,20	53,17
	P.H	60,00	− 0,73	59,33		M.P	54,60	+ 0,22	52,04
III	H.P	60,46	− 1,02	59,78	III	P.M	58,96	− 1,31	56,23
	P.H	59,47	− 0,37	58,78		M.P	55,63	− 0,85	53,30
IV	H.P	60,46	− 1,02	59,78	IV	P.M	57,00	− 0,66	54,43
	P.H	59,12	− 0,18	58,48		M.P	58,37	− 1,11	55,67
V	H.P	59,73	− 0,87	59,09	V	P.M	56,62	− 0,53	54,08
	P.H	60,54	− 1,07	59,86		M.P	58,02	− 1,19	56,27
VI	H.P	53,92	+ 3,27	53,28	VI	P.M	50,04	+ 1,03	47,61
	P.H	54,67	+ 2,75	54,06		M.P	48,42	+ 2,60	45,87

CUARTA DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO — PÉNDULO LIGERO

Suspensión H $a_m = 52,575$					Suspensión M $a_m = 53,353$				
Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias	Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias
I	H.P	52,30	+ 0,12	50,95	I	P.M	52,04	+ 0,26	47,93
	P.H	53,35	− 0,53	52,93		M.P	52,85	+ 0,18	48,72
II	H.P	52,95	− 0,16	52,54	II	P.M	50,60	+ 0,17	46,95
	P.H	52,40	+ 0,52	50,09		M.P	53,10	+ 0,06	48,64
III	H.P	52,60	− 0,01	52,22	III	P.M	52,55	+ 0,28	48,22
	P.H	53,70	− 0,48	52,26		M.P	54,50	− 0,26	49,87
IV	H.P	52,45	+ 0,05	51,08	IV	P.M	55,05	− 0,39	50,38
	P.H	52,45	+ 0,05	51,08		M.P	54,05	− 0,16	49,48
V	H.P	53,10	− 0,22	52,70	V	P.M	53,75	− 0,02	49,00
	P.H	51,95	+ 0,27	50,61		M.P	53,10	+ 0,06	48,64
VI	H.P	52,55	+ 0,10	50,97	VI	P.M	54,70	− 0,31	50,06
	P.H	52,50	+ 0,12	50,93		M.P	52,05	+ 0,31	47,75

Conocidos los valores de Δt, se obtienen los más plausibles de las amplitudes a_t, comprendidas en los intervalos de observación, mediante las fórmulas que resultan de sustituir en las del *Cuadro α*, $t+\Delta t$ en lugar de t, ó por sencillas interpolaciones en la tabla de amplitudes, admitiendo, como es obvio en los pequeños límites que aquí se consideran, que existe proporcionalidad entre las diferencias de amplitud y las de los tiempos correspondientes.

Hallados, por último, los valores de a_t, de minuto en minuto, para todos los tiempos relativos, comprendidos entre los instantes en que se mediaron las observaciones de paso, se han podido determinar, mediante la expresión

$$A_m = \frac{2\left[a_t\right] - \left({}^{a}t_1 + {}^{a}t_n\right)}{2\,(n-1)},$$

los valores A_m de las amplitudes medias correspondientes á dichos intervalos.

Para aplicar esta fórmula deberemos tener en cuenta que los tiempos relativos en que se mediaron observaciones de paso, fueron de $-8{,}2$ á $+8{,}5$ para las determinaciones 1.ª y 2.ª; de $-12{,}2$ á $+12{,}8$ y de $-7{,}2$ á $+12{,}2$ para las 3.ª y 4.ª respectivamente; esto no obstante, teniendo en cuenta facilidades de cálculo, se han adoptado para el de los valores de A_m, tiempos relativos comprendidos entre -8 y $+8$, -12 y $+13$, y -7 y $+13$, siendo de todo punto insignificantes las diferencias que en el definitivo valor de la amplitud reducida han de producir estos valores en sustitución de los más aproximados.

Calculados así los valores de A_m, se consignan aquí y también en la octava columna de los *Estados* ***B***.

§ 21. Como prueba de la bondad del método, que corrobora el haber aceptado para el cálculo de las amplitudes medias, como valores más plausibles, los que se derivan de las fórmulas numéricas del *Cuadro α*, indica la teoría, que, los decrementos diferenciales de amplitudes de igual magnitud en las recíprocas suspensiones de cada péndulo, deben hallarse, cumplidas todas las condiciones teóricas, en razón inversa de las distancias del centro de gravedad á los ejes de suspensión.

Calculando estos decrementos de amplitud, mediante las expresiones diferenciales deducidas de las fórmulas numéricas del *Cuadro α*, se consignan á continuación las relaciones entre los decrementos, para comparar sus promedios con los de las relaciones $\frac{h_M}{h_M}$, que se deducen de las distancias del centro de gravedad á los ejes de suspensión, cuyos valores se mencionan más adelante.

Comparando en el cuadro los valores de unas y otras relaciones, se advierte la concordancia que entre ellos existe, según se había previsto.

CUADRO 8.

DECREMENTO DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN

EN UN SEGUNDO DE TIEMPO

DETERMINACIONES	AMPLITUDES	DECREMENTOS		RELACIONES ENTRE LOS DECREMENTOS	PROMEDIOS	RELACIONES $\frac{h_M}{h_H}$
		Suspensión H	Suspensión M			
1.ª	60°	0,949	2,131	0,4453		
	55	799	1,776	4494	0,4395	0,4210
	50	615	487	4749		
2.ª	65	1,672	4,500	0,3728		
	60	572	57	3872		
	55	456	3,607	4036	0,4054	0,4725
	50	331	755	4218		
	45	103	2,708	4473		
3.ª	75	1,950	4,143	0,4704		
	70	841	3,820	4819		
	65	723	485	4950		
	60	601	146	5089	0,5088	0,5225
	55	467	2,860	5239		
	50	328	454	5371		
	45	151	112	5447		
4.ª	80	3,356	6,901	0,4865		
	75	194	419	4976		
	70	02	3,928	5098		
	65	2,840	475	5235		
	60	646	4,909	5390		
	55	437	378	5586	0,5483	0,5476
	50	207	3,833	5757		
	45	1,951	281	5946		
	40	655	2,759	6087		
	35	204	187	5927		

b''') TEMPERATURA Y PRESION ATMOSFÉRICAS

§ 22. La temperatura y presión atmosféricas fueron observadas estando el péndulo en movimiento, de análoga manera á lo hecho en la operación ***D)*** *Distancia*, leyendo la indicación de los mismos termómetros de mercurio suspendidos del aparato y las del barómetro instalado en el pilar del reloj eléctrico.

Los valores de temperatura, que figuran en los *Estados* ***B***, se deducen de las indicaciones obtenidas al principio y fin de la operación en ambos termómetros, corregidos de sus constantes.

Las presiones atmosféricas resultan asimismo del promedio de las dos lecturas barométricas, reducidas á la temperatura 0°, por la fórmula usual, sin corrección constante, según certificó el *Observatorio Astronómico* como resultado de comparaciones con su barómetro normal. Por no ser necesarios para ulteriores cálculos, se omiten estos valores en los *Estados* ***B***.

B) CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

§ 23. Esta operación que figura al principio y fin del *Programa* de una serie para cada una de las determinaciones efectuadas, ya con el aparato grande, ya con el pequeño, y que, aunque de carácter secundario por lo tocante á la precisión requerida, forma parte integrante de las operaciones que dan á conocer los *correlativos* elementos de cálculo, determinantes del péndulo matemático, se contrae exclusivamente al conocimiento de la situación del *Centro de gravedad* del péndulo, respecto de los filos de los cuchillos, mediante la determinación de las distancias entre dicho punto y los filos de cada cuchillo (h_M, h_N), expresadas en unidades métricas de las reglas de ambos aparatos. Consiste esencialmente en lo siguiente: manteniendo el péndulo en una de las posiciones de equilibrio inestable sobre el especial aparato, mediante el que se realiza la operación que nos ocupa, se lleva con cuidado sumo, y por intermedio del correspondiente tornillo, el tope movible hasta establecer su contacto con el filo del cuchillo inmediato á aquél, colocado en posición aproximadamente vertical; verifícanse las lecturas de los índices ó escalillas suplementarias, (1^{mm} dividido en diez partes) *central* y *del contacto*, reiterando enseguida la observación por entero, para cuyo fin, después de quitar el contacto establecido, se mueve longitudinalmente algún tanto la regla de este aparatito para tener nuevas lecturas con los índices al establecer de nuevo el contacto. El programa, por decirlo así, de esta operación, comprende la ejecución de cuanto queda indicado para cada una de las dos posiciones de equilibrio del péndulo, cuando la firma grabada

en la montura del cuchillo se halla en la parte superior ó inferior, en las colocaciones inversas necesarias para establecer el contacto con los cuchillos inmediatos á los discos macizo y hueco, respectivamente.

Las fórmulas empleadas para obtener los resultados inmediatos, transcritos á continuación, son:

$$\delta = \frac{d_H \; d_M}{2}$$

$$h_M = \frac{\lambda}{2} - \delta$$

$$h_H = \frac{\lambda}{2} + \delta,$$

en las cuales representan:

d_H y d_M..... las distancias entre los índices cuando se establecen los contactos con los cuchillos inmediatos á los discos hueco y macizo, respectivamente;

δ..... la que media entre los centros de gravedad y de figura del péndulo;

λ..... la distancia entre los filos de los cuchillos, y

h_H, h_M..... las que median, respectivamente, entre estos filos y el centro de gravedad del péndulo.

Se han tomado para λ, como valores suficientemente aproximados al objeto que se busca, los promedios generales de la distancia entre cuchillos en cada determinación, expresados en unidades métricas de la regla de cada aparato.

ESTADO C_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO. – Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **n.**

SERIES... I, II, III y IV

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de k.....$999^{mm},51$. *1895. Noviembre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{\delta}_M$	Cuchillo H $\bar{\delta}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{\delta}_M$	Cuchillo H $\bar{\delta}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
8	I	S.	203,59	296,16	703,34	18	III	S.	203,60	296,15	703,35
		I.	56	19	31			I.	57	18	32
		S.	60	15	35			S.	60	15	35
		I.	63	12	38			I.	61	14	36
12	II	S.	203,58	296,17	703,37	19	IV	S.	203,61	296,14	703,36
		I.	62	13	37			I.	62	13	37
		S.	61	14	36			S.	61	14	36
		I.	61	14	36			I.	63	12	38

ESTADO C_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

SERIES... I, II, III y IV

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de l..... 1000mm,17. *1895. Diciembre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
6	I	S.	205.45	294.63	705.53	10	III	S.	205.48	294.60	705.56
		I.	53	55	61			I.	52	56	60
		S.	48	60	56			S.	46	62	54
		I.	50	58	58			I.	50	58	58
9	II	S.	205.52	294.56	705.60	11	IV	S.	205.45	294.63	705.53
		I.	50	58	58			I.	50	58	58
		S.	48	60	56			S.	46	62	54
		I.	48	60	56			I.	50	58	58

ESTADO C_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. —Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

SERIES... I, II, III, IV, V y VI

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ..... $559^{mm},07$.

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA PIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA PIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
24	I	S.	90,27	189,06	369,80	28	IV	S.	90,37	189,16	369,90
		L.	43	10	96			L.	42	11	98
		S.	40	13	93			S.	32	22	85
		L.	39	14	92			L.	42	11	95
26	II	S.	90,33	189,20	369,86	30	V	S.	90,49	189,11	369,95
		L.	41	12	94			L.	45	8	98
		S.	39	14	92			S.	42	11	95
		L.	37	16	90			L.	43	10	96
27	III	S.	90,37	189,10	369,90	31	VI	S.	90,45	189,10	369,96
		L.	37	16	90			L.	40	13	93
		S.	36	17	89			S.	40	13	93
		L.	36	17	89			L.	40	13	93

ESTADO C_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **II.**

SERIES... I, II, III, IV, V y VI

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ..... $559^{mm},059$ *1896. Enero.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
14	I	S.	81,69	197,84	361,22	17	IV	S.	81,73	197,82	361,24
		I.	73	80	26			I.	73	80	26
		S.	71	82	24			S	71	82	24
		I.	74	79	27			I.	73	80	26
15	II	S.	81,70	197,83	361,23	18	V	S.	81,72	197,81	361,23
		I.	74	79	27			I.	75	78	28
		S.	67	86	20			S.	71	82	24
		I.	73	80	26			I.	75	78	28
16	III	S.	81,72	197,82	361,24	19	VI	S.	81,70	197,83	361,23
		I.	72	81	25			I.	73	80	26
		S.	72	81	25			S.	69	84	22
		I.	73	80	26			I.	75	78	28

CAPÍTULO III

OPERACIONES COMPLEMENTARIAS

§ 24. En el programa general, ya expuesto, de una Determinación absoluta del péndulo matemático, con los dos péndulos de inversión (pesado y ligero), figuran, además de las operaciones en series para obtener á las temperaturas de observación los *correlativos* elementos de cálculo ***A'***), ***B'***) y ***C'***), determinantes del valor buscado, las operaciones complementarias que en el mismo se consignan, y son; las referentes á: ***D***), las constantes termométricas; ***E***), el acortamiento de la regla por su propio peso; ***F***), la longitud absoluta de la regla, y ***G***), la marcha del reloj eléctrico; es decir, la valoración absoluta del tiempo cronográfico. Son éstas, operaciones especiales, que precisa hacer por separado, sin que puedan entenderse incluídas en las series, pues que se encaminan á valorar *constantes* peculiares á los medios y procedimientos, propias para *reducir* los resultados inmediatos de la observación, ó *relativos*, á valores absolutos, en las condiciones que supone la aplicación de las fórmulas fundamentales.

Admitida por nosotros, según ya se ha indicado, la invariabilidad de los resultados relativos á las operaciones de esta clase ***E***) y ***F***), practicadas por el Sr. Barraquer, hubimos de limitarnos tan sólo á la ejecución de las ***D***) y ***G***), debiendo entenderse, que, tanto unos como otros resultados, son comunes á los trabajos de ambos observadores, y con objeto de evitar ociosas repeticiones, figuran sólo en este capítulo.

D) CONSTANTES TERMOMÉTRICAS

§ 25. Para medir las temperaturas de observación, empleamos los termómetros números 9502 y 9514 del constructor Baudin, con división centesimal de dobles décimas de grado, espaciadas lo suficiente para poder estimar entre los trazos décimas partes de la menor subdivisión. Estos termómetros estuvieron colocados pendientes de finos torzales de seda, muy inmediatos á la parte superior é inferior de cada aparato de péndulo, para que pudieran acusar con fidelidad la temperatura ambiente, y por consecuencia, la propia del aparato, á cuyo efecto, según ya se ha dicho, había siempre interpuestas pantallas de bayeta entre aquél y el observador, para evitar falaces lecturas.

La operación actual, reducida á la *situación del punto cero*, en los dos termómetros, se efectuó antes y después del total de las operaciones en series, para lo cual, empleamos el conocido procedimiento de sumergirlos en posición vertical dentro de una vasija llena de hielo fundente, de modo que sólo quedaban descubiertas las pequeñas partes de tubo necesarias para divisar el extremo de la columna de mercurio. Asegurados de la fijeza de estos extremos, después de largo rato de permanencia de los termómetros en el hielo, se observaba su situación precisa con respecto á la escala, haciendo lecturas á conveniente distancia por medio del anteojo que sirvió para observar los pasos del péndulo por la vertical, y repitiendo estas lecturas de cuarto en cuarto de hora, hasta completar diez para cada termómetro en ambas operaciones. Del promedio de todas las observaciones, se deducen, en definitiva, los valores de las correcciones que aceptamos para el cálculo de las temperaturas en la estación de Valencia, que son los siguientes:

SITUACIÓN DEL PUNTO CERO EN LOS TERMÓMETROS

N.º 9502	N.º 9514
+ 0°,33	+ 0°,33

§ 26. Para las observaciones de la presión atmosférica, se empleó el barómetro de Tonnelot, núm. 266, que previamente estudiado por el Observatorio Astronómico de Madrid, resultó que no tenía corrección apreciable.

E) ACORTAMIENTO DE LA REGLA DEL GRAN APARATO

POR SU PROPIO PESO

§ 27. Según ya hemos citado y se desprende de las operaciones realizadas por el Sr. Barraquer, las constantes ε_0 y ε^0 del acortamiento de la regla del gran aparato, ó disminuciones en su longitud originadas por su propio peso, en las colocaciones *o* inferior y *o* superior, resultan:

$$\varepsilon_0 = 0{,}32^{\mu}$$

$$\varepsilon^0 = 0{,}87^{\mu}$$

F) LONGITUD ABSOLUTA DE LAS REGLAS

ECUACIONES DE LAS REGLAS

§ 28. *La Oficina Internacional de Pesas y Medidas, en Nota supletoria* relativa á las constantes de las reglas de los dos aparatos de péndulo, consigna los siguientes datos:

ECUACIÓN DE LA REGLA DEL GRAN APARATO DE PÉNDULO

(Longitud del intervalo entre los trazos **0** y **1**ª (10 000), á la temperatura de observación, t.)

$$R'_{(t)} = 0^{m},999\,875\,04\,(1 + 0{,}000\,018\,124\,t) + \sqrt{(0^{m},000\,000\,26)^2 + (0{,}000\,000\,021\,t)^2}$$

ECUACIÓN DE LA REGLA DEL PEQUEÑO APARATO DE PÉNDULO

(Longitud del intervalo entre los trazos 0 y 5 590, á las temperaturas de observación, t.)

$$R''_{(t)} = 0^{m},558\,961\,3\,(1 + 0{,}000\,018\,090\,t) + \sqrt{(0^{m},000\,000\,60)^2 + (0^{m},559 \times 0{,}000\,000\,039\,t)^2}.$$

MARCHA DEL RELOJ ELÉCTRICO

§ 29. El estado del péndulo sidéreo de Hipp, al que se refirieron durante todo el trabajo las observaciones de *Duración*, fué determinado directamente por la observación cotidiana de estrellas hasta el 2 de Diciembre, y después de esa fecha, por comparación con el péndulo sidéreo Dent.

Cada observación de *estado*, con el anteojo meridiano de Repsold, se ajustó al método del astrónomo del Observatorio de Cincinati, Ormond Stone, preconizado como el más ventajoso para trabajos de esta índole por el Ilustrísimo Sr. D. Miguel Merino, Director, á la sazón, del Observatorio astronómico de Madrid; método que en suma se reduce á observar los instantes de paso de dos estrellas, casi cenital una, y ecuatorial la otra, en determinada posición del anteojo de pasos, próximamente emplazado en el meridiano; y los de otras dos estrellas luego, en situaciones celestes análogas á las anteriores, en la posición inversa del eje de rotación sobre las muñoneras, teniendo cuidado de anotar las lecturas del nivel en cada una de ambas posiciones.

La acertada combinación de esos datos en la fórmula, permite eliminar en el cálculo del *estado* del reloj, la influencia de los errores de *colimación* y *azimut*, dependientes de la instalación del anteojo, ya que el de inclinación se corrige por las lecturas del nivel.

La continuada marcha del reloj eléctrico, ofrece siempre algunos inconvenientes, como son; la falta de uniformidad en la impulsión si ocurren cambios de resistencia en la pila motora, y la posibilidad, aunque muy rara, de que la muestra deje de marcar algún par de segundos por imperfección de los contactos. Tal ocurrió en la tarde de 22 de Noviembre, y hubo necesidad de desechar las observaciones en serie del día, por imposibilidad de valorar el tiempo cronográfico con que se había medido la duración.

Para evitar la repetición de este accidente, y tener siempre un reloj normal, testigo de la uniforme marcha del eléctrico, solicitamos y nos fué concedido, instalar el péndulo sidéreo con motor de pesas del constructor Dent, perteneciente al Instituto Geográfico, y en un todo análogo al magistral del mismo autor establecido en el Observatorio de Madrid. El 6 de Diciembre funcionaba ya este nuevo reloj, instalado, en la cara contigua del mismo pilar en que se hallaba montado el Hipp.

Á partir de la expresada fecha, el péndulo eléctrico sólo estaba en marcha el tiempo preciso que duraban las operaciones en serie del día, y para la valoración absoluta del tiempo cronográfico, se procedía por comparación con el Dent, del que cotidianamente se determinaba el *estado* por la observación de estrellas, según el citado método de Stone.

COMPARACIÓN DE LOS TIEMPOS NORMAL Y CRONOGRÁFICO

§ 30. Momentos antes y después de las operaciones en serie de cada día, se efectuaban comparaciones de tiempos, mediante el registro en la cinta del cronógrafo de los segundos de ambos relojes. Preparado al efecto el aparato

cronográfico, con las comunicaciones eléctricas á propósito, mediante los conmutadores, y puesta en movimiento la cinta, en la que automáticamente se marcaban los segundos del reloj eléctrico, se situaba el observador frente al péndulo sidéreo Dent, y siguiendo atento los cadenciosos movimientos de la aguja de la muestra y golpes del escape, hacía á voluntad con el *top* ó botón, sesenta señales consecutivas de segundo, las cuales, en la cinta, iban precedidas y seguidas por grupos de veinte señales automáticas adecuadas para medir la paralaje de las plumas.

RESULTADOS DE LA OPERACION TOTAL

§ 31. En el supuesto de la marcha uniforme de cada péndulo, limitada en el de Hipp, al intervalo entre las dos comparaciones al principio y fin de cada operación en serie, y en el de Dent al que existe entre dos determinaciones de su *estado* por observaciones astronómicas, se ha podido deducir el movimiento que en la unidad de tiempo corresponde al péndulo eléctrico, ó sea el coeficiente ρ para reducir el tiempo cronográfico á sidéreo, dato final, y objetivo de la operación.

En el siguiente cuadro se resumen los valores del coeficiente ρ, en cada uno de los días en que se hicieron operaciones en series, deducidos hasta el 2 de Enero por el conocimiento directo del movimiento del Hipp, y posteriormente á esa fecha, de las comparaciones con el Dent, según se ha explicado.

VALORES DEL COEFICIENTE ρ

PARA REDUCIR EL TIEMPO CRONOGRÁFICO Á SIDÉREO EN LOS DÍAS DE OBSERVACIÓN QUE SE EXPRESAN

FECHAS		COEFICIENTES PARA REDUCIR EL TIEMPO CRONOGRÁFICO Á SIDÉREO ρ	FECHAS		COEFICIENTES PARA REDUCIR EL TIEMPO CRONOGRÁFICO Á SIDÉREO ρ
1895 Noviembre	8	— 0,00003422	1895 Diciembre	18	— 0,00000284
—	9	+ 1206	—	20	— 577
—	12	— 321	—	21	+ 698
—	13	— 321	—	23	+ 270
—	14	— 653	—	24	+ 319
—	15	— 985	—	26	+ 794
—	16	— 809	—	27	— 292
—	17	— 809	—	28	— 43
—	18	— 809	—	30	+ 134
—	19	— 934	—	31	+ 127
—	23	— 1125	1896 Enero....	4	+ 310
—	25	— 3348	—	7	+ 259
—	26	— 3348	—	8	+ 1
—	27	— 3425	—	9	+ 214
—	28	+ 89	—	11	+ 500
—	29	+ 89	—	13	+ 149
Diciembre	2	+ 89	—	14	+ 117
—	6	+ 4530	—	14	+ 18
—	7	— 1568	—	15	— 1018
—	9	+ 1890	—	16	+ 225
—	10	— 474	—	17	+ 69
—	11	— 520	—	18	+ 503
—	16	— 64	—	19	+ 247
—	17	— 167			

CAPÍTULO IV

REDUCCIÓN DE LAS OBSERVACIONES

A') DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

§ 32. Los resultados inmediatos, insertos en los *Estados A* (párrafo 11), dan á conocer las distancias entre los cuchillos, en unidades métricas de las reglas, relativamente á las condiciones en que fueron observadas, según los programas. Deben estos resultados ser reducidos para su correlación con los restantes elementos determinantes de la longitud del péndulo matemático. Esta reducción en el presente caso, queda circunscrita á la debida al acortamiento de la regla del gran aparato por su propio peso, en sus dos recíprocas colocaciones verticales (operaciones complementarias, párrafo 27). Por esta causa, los valores de la distancia, leídos en la regla, resultan excesivos y debe aplicárseles la corrección sustractiva, igual al acortamiento, según la colocación de la regla, obteniéndose de este modo los valores de distancia como si la regla se hubiera leído, hallándose en posición horizontal. Claro es, que, á las distancias en el pequeño aparato no procede aplicarles corrección alguna por este concepto.

Ya se ha indicado, que los cuchillos se observaron siempre oscuros sobre fondo blanco, toda vez que no dispusimos de medios, para observarlos de otro modo, y que por otra parte, se ha demostrado la escasa influencia que, en la determinación del elemento *Distancia*, ejerce la distinta iluminación.

Los valores de λ, asi determinados en cada *modo*, se han agrupado por series, resumiéndolos en sus respectivos promedios y lo mismo se ha hecho con los de la temperatura, según se ve en los siguientes *Cuadros A'*:

CUADRO A'_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... n.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS (EN UNIDADES MÉTRICAS DE LA REGLA COLOCADA HORIZONTALMENTE.)	Temperaturas. $\bar{t}$	RESUMEN POR SERIES: Distancias. $\bar{\lambda}$	RESUMEN POR SERIES: Temperaturas. $\bar{t}$
		m	°	m	°
I	H.F	0.9995104	15,290		
	F.H	70	15,525	0,99951237	15,591
	F.M	130	15,680		
	M.F	131	15,880		
II	H.F	0,9995105	16,415		
	F.H	151	16,775	0,99951237	16,732
	F.M	131	16,865		
	M.F	116	16,875		
III	H.F	0,9995164	17,840		
	F.H	181	17,650	0,99951835	17,575
	F.M	180	17,515		
	M.F	209	17,295		
IV	H.F	0.9995151	17,245		
	F.H	149	17,515	0,99951348	17,496
	F.M	125	17,500		
	M.F	114	17,775		

CUADRO A'_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... 2.ª

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS (EN UNIDADES MÉTRICAS DE LA REGLA COLOCADA HORIZONTALMENTE)	Temperaturas. $\overline{t}$	RESUMEN POR SERIES: Distancias. $\overline{\lambda}$	RESUMEN POR SERIES: Temperaturas. $\overline{t}$
		m	°	m	°
I	H.P	1,0001647	12,625		
	P.H	32	12,585	1,00016370	12,056
	P.M	30	12,100		
	M.P	33	12,455		
II	H.P	1,0001684	12,383		
	P.H	69	12,005	1,00016810	12,069
	P.M	78	12,090		
	M.P	93	12,395		
III	H.P	1,0001660	13,350		
	P.H	12	13,500	1,00016685	13,436
	P.M	586	13,440		
	M.P	576	13,455		
IV	H.P	1,0001683	13,640		
	P.H	72	13,705	1,00016677	13,870
	P.M	85	14,085		
	M.P	51	14,450		

CUADRO A'_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... 2ª.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS (EN UNIDADES MÉTRICAS DE LA REGLA COLOCADA HORIZONTALMENTE)	Temperaturas. $\bar{t}$	RESUMEN POR SERIES: Distancias. $\bar{\lambda}$	RESUMEN POR SERIES: Temperaturas. $\bar{t}$
		m.	°	m.	°
I	H.P	0,5590705	15,190		
	P.H	706	15,770	0,55907057	15,685
	P.M	708	15,810		
	M.P	704	15,920		
II	H.P	0,5590705	16,070		
	P.H	707	16,830	0,55907050	16,761
	P.M	712	16,975		
	M.P	696	17,170		
III	H.P	0,5590714	16,450		
	P.H	678	16,785	0,55906920	16,761
	P.M	689	16,790		
	M.P	688	17,020		
IV	H.P	0,5590708	14,870		
	P.H	696	14,900	0,55907030	15,608
	P.M	707	16,060		
	M.P	701	16,600		
V	H.P	0,5590710	15,210		
	P.H	699	15,725	0,55907063	15,811
	P.M	709	15,865		
	M.P	707	16,445		
VI	H.P	0,5590704	14,300		
	P.H	713	15,680	0,55907128	15,336
	P.M	724	15,980		
	M.P	708	16,185		

CUADRO A'_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PENDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **B.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS (EN UNIDADES MÉTRICAS DE LA REGLA COLOCADA HORIZONTALMENTE)	Temperaturas. $\bar{t}$	RESUMEN POR SERIES: Distancias. $\bar{\lambda}$	RESUMEN POR SERIES: Temperaturas. $\bar{t}$
		m'	°	m'	°
I	H.F	0,5590567	11,393	0,55905837	11,994
	F.H	597	12,825		
	F.M	604	12,165		
	M.F	575	12,230		
II	H.F	0,5590567	12,850	0,55905863	13,278
	F.H	607	13,160		
	F.M	595	13,300		
	M.F	576	13,800		
III	H.F	0,5590566	13,145	0,55905770	13,525
	F.H	577	13,495		
	F.M	592	13,540		
	M.F	573	13,920		
IV	H.F	0,5590595	13,685	0,55905877	13,986
	F.H	588	13,940		
	F.M	581	13,975		
	M.F	587	14,345		
V	H.F	0,5590574	12,965	0,55905848	13,360
	F.H	583	13,385		
	F.M	594	13,730		
	M.F	588	13,960		
VI	H.F	0,5590563	13,675	0,55905677	14,132
	F.H	569	14,560		
	F.M	574	14,555		
	M.F	565	13,740		

§ 33. No habiendo observado los cuchillos claros sobre fondo oscuro, no cabe hacer resumen comparativo de ambas iluminaciones para apreciar la influencia que hubieran ejercido en nuestras distancias, pero sí se puede poner de relieve la influencia del cambio de suspensión en la invariabilidad de la distancia, como expresiva de los diferenciales efectos de deformación de los cuchillos y alargamiento de la varilla del péndulo, por su propio peso, en una y otra suspensión. Con tal objeto, se ha formado con los promedios generales de los valores de distancia (promedios de los *Cuadros A'*), respectivos á cada suspensión del péndulo el siguiente:

CUADRO *A'''*

RESUMEN COMPARATIVO

DE LOS RESULTADOS CORRESPONDIENTES EN AMBAS SUSPENSIONES

Determinaciones	Colocación de los cuchillos	Suspensión **H**		Suspensión **M**		Diferencias entre las (**H**—**M**)	
		Distancias.	Temperaturas.	Distancias.	Temperaturas.	Distancias.	Temperaturas.
1.ª	n	m' 0,99951369 ± 0,00000085	° 16,781	m' 0,99951420 ± 0,00000081	° 16,927	m' −0,00000051 ± 0,00000004	° −0,146
2.ª	n	1,00016574 ± 0,00000061	12,624	1,00016398 ± 0,00000104	13,591	+ 0,00000176 ± 0,00000043	−0,967
3.ª	n	0,55907037 ± 0,00000019	15,848	0,55907044 ± 0,00000019	16,406	− 0,00000007 ± 0,00000000	−0,558
4.ª	n	0,55905794 ± 0,00000028	13,190	0,55905837 ± 0,00000022	13,605	− 0,00000043 ± 0,00000006	−0,415

Las diferencias **H**—**M** de este cuadro, correspondientes á temperaturas entre sí muy poco discrepantes, indistintamente positivas y negativas, son muy pequeñas y en su mayor número inferiores á los errores que les asignan los de aquéllas; de suerte que, por motivo del cambio de suspensión, no llegan á apreciarse influencias constantes que superen á la incertidumbre de origen accidental.

Merece consignarse que, aun cuando en este resumen comparativo no se han tenido en cuenta las influencias de temperatura en la valoración de las longitudes, aquella influencia cabe suponerla nula ante la hipótesis, muy plausible, de que las temperaturas de la regla y del péndulo debieron considerarse iguales, y casi iguales sus ya muy pequeños coeficientes de dilatación, por hallarse construídas, regla y péndulo, de las mismas aleaciones; todo lo cual produce, para pequeñas diferencias de temperatura, muy pequeños incrementos en regla y péndulo, y más pequeña la diferencia de estos incrementos.

En virtud de lo expuesto, procede aceptar, en definitiva, para el cálculo del péndulo matemático, un valor único de distancia para cada determinación, promedio de todos los observados, y correspondiente este valor á la *temperatura normal* τ, la que á su vez es promedio de las temperaturas respectivas. Con arreglo á este criterio, se ha formado el siguiente

CUADRO A^{IV}

VALORES REDUCIDOS DE LAS «DISTANCIAS»

EN

UNIDADES MÉTRICAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES

DETERMINACIONES	APARATOS	PÉNDULOS	CUCHILLOS Y PLANO DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS λ_{τ}	TEMPERATURAS NORMALES τ
				m	°
1.ª	Grande.	Pesado.	De ágata.	0,99951394 ± 0,00000059	16,849
2.ª	Grande.	Ligero.	De ágata.	1,00016486 ± 0,00000060	13,107
3.ª	Pequeño.	Pesado.	De ágata.	0,35907040 ± 0,00000013	16,027
4.ª	Pequeño.	Ligero.	De ágata.	0,35905816 ± 0,00000018	13,397

En este cuadro, los errores del promedio se han obtenido mediante las fórmulas usuales, y es de advertir, que, la incertidumbre de la medición aparece mayor, como era de esperar, en los péndulos grandes que en los pequeños.

B') DURACION DE LA OSCILACION

§ 34. La reducción de estas observaciones consiste en la de los *Instantes de paso*, inmediatamente obtenidos en la cinta cronográfica, mediante oportunas correcciones, por los conceptos á que se refieren las demás operaciones parciales del *Programa* de la operación total en *serie*, que son los siguientes: paralaje de las plumas; amplitud de oscilación y temperatura del péndulo; á las cuales hay que añadir la corrección de tiempo debida á la marcha del reloj eléctrico. Así se deducen los *Instantes reducidos* para cada uno de los intervalos totales en las recíprocas suspensiones, que respectivamente determinan la du-

ración absoluta de un número cabal y conocido de oscilaciones de amplitud infinitamente pequeña, á la temperatura normal, y en el medio ambiente de la densidad observada, de donde es fácil colegir la *Duración*, correspondiente á una oscilación en las antedichas condiciones.

Partiendo, pues, de los resultados inmediatos, resumidos en los *Estados* ***B***, se forman los *Cuadros* ***B'***, que á continuación se insertan, en los que puede examinarse el cálculo de reducción, según se explica en los párrafos subsiguientes:

CUADRO B_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata

Colocación de los cuchillos.... **n.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	NODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) Á LA AMPLITUD INSTANTÁNEA PEQUEÑA C_a	Á LA TEMPERATURA NORMAL 16°,849 C_t	Á TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
I	H.F	0 0 0 16 46,2860	— 0,01627	+ 0,01387	— 0,03443	0 0 0 16 46,2492	1006,2492	1,0062492
	F.H	0 0 0 16 46,2604	— 0,01335	+ 0,01267	— 0,03443	0 0 0 16 46,2255	2255	2255
	F.M	0 0 0 16 46,2872	— 0,01534	+ 0,01032	— 0,03443	0 0 0 16 46,2477	2477	2477
	M.F	0 0 0 16 46,3316	— 0,01413	+ 0,00932	— 0,03443	0 0 0 16 46,3124	3124	3124
II	H.F	0 0 0 16 46,2560	— 0,01585	+ 0,00654	— 0,00323	0 0 0 16 46,2635	1006,2635	1,0062635
	F.H	0 0 0 16 46,2302	— 0,01451	+ 0,00554	— 0,00323	0 0 0 16 46,2280	2280	2280
	F.M	0 0 0 16 46,2658	— 0,01442	— 0,00083	— 0,00323	0 0 0 16 46,2473	2473	2473
	M.F	0 0 0 16 46,3586	— 0,01514	— 0,00096	— 0,00323	0 0 0 16 46,3393	3393	3393
III	H.F	0 0 0 16 46,2828	— 0,01641	— 0,00192	— 0,00814	0 0 0 16 46,2563	1006,2563	1,0062563
	F.H	0 0 0 16 46,2674	— 0,01621	— 0,00547	— 0,00814	0 0 0 16 46,2376	2376	2376
	F.M	0 0 0 16 46,3758	— 0,01009	— 0,00752	— 0,00814	0 0 0 16 46,3480	3480	3480
	M.F	0 0 0 16 46,3840	— 0,01346	— 0,00820	— 0,00814	0 0 0 16 46,3542	3542	3542
IV	H.F	0 0 0 16 46,2748	— 0,01571	— 0,00400	— 0,00939	0 0 0 16 46,2456	1006,2456	1,0062456
	F.H	0 0 0 16 46,2818	— 0,01568	— 0,00583	— 0,00939	0 0 0 16 46,2509	2509	2509
	F.M	0 0 0 16 46,3472	— 0,01391	— 0,00693	— 0,00939	0 0 0 16 46,3170	3170	3170
	M.F	0 0 0 16 46,3676	— 0,01320	— 0,00784	— 0,00939	0 0 0 16 46,3372	3372	3372

CUADRO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO. —Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Ca ocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) Á LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_a	Á LA TEMPERATURA NORMAL 13°,107 C_t	Á TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
I	H.P	0 0 0 16 46,4242	— 0,01445	+ 0,01276	+ 0,04559	0 0 0 16 46,4687	1006,4687	1,0064687
	P.H	0 0 0 16 46,3976	— 0,01537	+ 0,01144	+ 0,04559	0 0 0 16 46,4393	4393	4393
	P.M	0 0 0 16 46,4318	— 0,01186	+ 0,00839	+ 0,04559	0 0 0 16 46,4739	4739	4739
	M.P	0 0 0 16 46,4052	— 0,01374	+ 0,00739	+ 0,04559	0 0 0 16 46,4464	4464	4464
II	H.P	0 0 0 16 46,4226	— 0,01381	+ 0,01153	+ 0,01902	0 0 0 16 46,4393	1006,4393	1,0064393
	P.H	0 0 0 16 46,4022	— 0,01408	+ 0,01090	+ 0,01902	0 0 0 16 46,4180	4180	4180
	P.M	0 0 0 16 46,3566	— 0,01138	+ 0,00871	+ 0,01902	0 0 0 16 46,3779	3779	3779
	M.P	0 0 0 16 46,4070	— 0,01148	+ 0,00733	+ 0,01902	0 0 0 16 46,4219	4219	4219
III	H.P	0 0 0 16 46,4384	— 0,01452	— 0,00253	— 0,00477	0 0 0 16 46,4166	1006,4166	1,0064166
	P.H	0 0 0 16 46,3932	— 0,01476	— 0,00390	— 0,00477	0 0 0 16 46,3698	3698	3698
	P.M	0 0 0 16 46,4222	— 0,01114	— 0,00312	— 0,00477	0 0 0 16 46,4032	4032	4032
	M.P	0 0 0 16 46,4204	— 0,01114	— 0,00244	— 0,00477	0 0 0 16 46,4020	4020	4020
IV	H.P	0 0 0 16 46,4448	— 0,01458	— 0,00094	— 0,00523	0 0 0 16 46,4240	1006,4240	1,0064240
	P.H	0 0 0 16 46,4384	— 0,01421	— 0,00326	— 0,00523	0 0 0 16 46,4157	4157	4157
	P.M	0 0 0 16 46,4936	— 0,01202	— 0,01040	— 0,00523	0 0 0 16 46,4679	4679	4679
	M.P	0 0 0 16 46,4160	— 0,01256	— 0,01182	— 0,00523	0 0 0 16 46,3874	3874	3871

CUADRO B_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de agata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIE	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_α	A LA TEMPERATURA NORMAL 16°,027 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_z	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Horizontales.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 2000 OSCILACIONES Δ	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
I	H.P	0 0 0 25 4,9944	— 0,02774	+ 0,02535	— 0,00480	0 0 0 25 4,9872	1504,9872	0,7524936
	P.H	0 0 0 25 4,9778	— 0,02764	+ 0,02147	— 0,00480	0 0 0 25 4,9668	9668	4834
	P.M	0 0 0 25 4,9594	— 0,02111	+ 0,01592	— 0,00480	0 0 0 25 4,9417	9417	4708
	M.P	0 0 0 25 5,0788	— 0,02065	+ 0,00989	— 0,00480	0 0 0 25 5,0426	1505,0426	5213
II	H.P	0 0 0 25 4,9338	— 0,02684	+ 0,00887	+ 0,00092	0 0 0 25 4,9187	1504,9187	0,7524593
	P.H	0 0 0 25 4,9692	— 0,02810	+ 0,00391	+ 0,00092	0 0 0 25 4,9479	9479	4739
	P.M	0 0 0 25 5,0289	— 0,02237	+ 0,00289	+ 0,00092	0 0 0 25 5,0114	1505,0114	5057
	M.P	0 0 0 25 5,0138	— 0,02162	+ 0,00288	+ 0,00092	0 0 0 25 4,9980	1504,9980	4990
III	H.P	0 0 0 25 4,9680	— 0,02852	— 0,00195	— 0,00439	0 0 0 25 4,9331	1504,9331	0,7524665
	P.H	0 0 0 25 5,0098	— 0,02758	— 0,00834	— 0,00439	0 0 0 25 4,9695	9695	4847
	P.M	0 0 0 25 5,0270	— 0,02324	— 0,01331	— 0,00439	0 0 0 25 4,9841	9841	4920
	M.P	0 0 0 25 5,0926	— 0,02267	— 0,01413	— 0,00439	0 0 0 25 5,0514	1505,0514	5257
IV	H.P	0 0 0 25 4,9662	— 0,02852	— 0,01039	+ 0,00065	0 0 0 25 4,9279	1504,9279	0,7524639
	P.H	0 0 0 25 5,0028	— 0,02789	— 0,01175	+ 0,00065	0 0 0 25 4,9644	9644	4822
	P.M	0 0 0 25 5,0310	— 0,02365	— 0,01175	+ 0,00065	0 0 0 25 4,9962	9962	4981
	M.P	0 0 0 25 4,9742	— 0,02474	— 0,01290	+ 0,00065	0 0 0 25 4,9372	9372	4686

CUADRO B'_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_α	A LA TEMPERATURA NORMAL 16°,027 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_i	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 2000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
V	H.F	0 0 0 25 4,9720	— 0,00386	+ 0,00976	+ 0,00202	0 0 0 25 4,9559	1304,9559	0,7524779
	F.H	0 0 0 25 4,9698	— 0,02860	+ 0,00404	+ 0,00200	0 0 0 25 4,9473	9473	4736
	F.M	0 0 0 25 5,0359	— 0,02335	— 0,00161	+ 0,00202	0 0 0 25 5,0123	1305,0123	5061
	M.F	0 0 0 25 5,0834	— 0,02518	— 0,00596	+ 0,00200	0 0 0 25 5,0543	543	5971
VI	H.F	0 0 0 25 4,9400	— 0,02260	+ 0,00765	+ 0,00185	0 0 0 25 4,9269	1304,9269	0,7524634
	F.H	0 0 0 25 4,9610	— 0,02333	+ 0,00499	+ 0,00185	0 0 0 25 4,9451	9451	4795
	F.M	0 0 0 25 4,9242	— 0,01810	+ 0,00268	+ 0,00183	0 0 0 25 4,9106	9106	4553
	M.F	0 0 0 25 4,9682	— 0,01679	+ 0,00023	+ 0,00185	0 0 0 25 4,9835	9835	4917

CUADRO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de agata

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

Reducción

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico)	CORRECCIONES (Para reducir) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_a	A LA TEMPERATURA NORMAL 18°,397 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_z	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 100 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
I	H.F	0 0 0 20 3,9736	— 0,01656	+ 0,00214	— 0,00141	0 0 0 20 3,9578	1203,9578	0,7524736
	F.H	0 0 0 20 3,9664	— 0,01793	+ 0,00229	— 0,00141	0 0 0 20 3,9480	9480	4675
	F.M	0 0 0 20 3,9746	— 0,01467	+ 0,00339	+ 0,00002	0 0 0 20 3,9635	9635	4772
	M.F	0 0 0 20 4,0074	— 0,01485	+ 0,00133	+ 0,00002	0 0 0 20 3,9941	9941	4963
II	H.F	0 0 0 20 3,9510	— 0,01696	+ 0,00396	— 0,01226	0 0 0 20 3,9287	1203,9287	0,7524554
	F.H	0 0 0 20 3,9474	— 0,01603	+ 0,00411	— 0,01226	0 0 0 20 3,9232	9232	4520
	F.M	0 0 0 20 3,9998	— 0,01487	— 0,00090	— 0,01226	0 0 0 20 3,9718	9718	4824
	M.F	0 0 0 20 3,9484	— 0,01511	— 0,00352	— 0,01226	0 0 0 20 3,9173	9173	4484
III	H.F	0 0 0 20 3,9892	— 0,01675	+ 0,00236	+ 0,00271	0 0 0 20 3,9705	1203,9705	0,7524626
	F.H	0 0 0 20 3,9918	— 0,01744	+ 0,00122	+ 0,00271	0 0 0 20 3,9783	9783	4864
	F.M	0 0 0 20 3,9760	— 0,01485	— 0,00205	+ 0,00271	0 0 0 20 3,9618	9618	4761
	M.F	0 0 0 20 3,9980	— 0,01588	— 0,00406	+ 0,00271	0 0 0 20 3,9808	9808	4880
IV	H.F	0 0 0 20 3,9418	— 0,01666	— 0,00455	+ 0,00083	0 0 0 20 3,9214	1203,9214	0,7524509
	F.H	0 0 0 20 3,9388	— 0,01666	— 0,00482	+ 0,00083	0 0 0 20 3,9121	9121	4451
	F.M	0 0 0 20 4,0158	— 0,01611	— 0,00646	+ 0,00083	0 0 0 20 3,9940	9940	4962
	M.F	0 0 0 20 3,9530	— 0,01564	— 0,00798	+ 0,00083	0 0 0 20 3,9319	9302	4564

CUADRO B'_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspension de agata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	NOMBRE DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) Á LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_a	Á LA TEMPERATURA NORMAL 13°,397 C_t	Á TIEMPO NULO C_z	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN Y
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
V	H.P	0 0 0 20 3,9736	— 0,01707	+ 0,00323	+ 0,00606	0 0 0 20 3,9658	1203,9658	0,7524780
	P.H	0 0 0 20 3,9760	— 0,01635	— 0,00058	+ 0,00606	0 0 0 20 3,9651	9651	4782
	P.M	0 0 0 20 3,9562	— 0,01546	— 0,00472	+ 0,00606	0 0 0 20 3,9421	9421	4638
	M.P	0 0 0 20 3,9996	— 0,01511	— 0,00515	+ 0,00606	0 0 0 20 3,9854	9854	4909
VI	H.P	0 0 0 20 3,9330	— 0,01659	— 0,00433	— 0,00297	0 0 0 20 3,9311	1203,9311	0,7524369
	P.H	0 0 0 20 3,9326	— 0,01656	— 0,00646	— 0,00297	0 0 0 20 3,9066	9066	4416
	P.M	0 0 0 20 3,9760	— 0,01600	— 0,01359	— 0,00297	0 0 0 20 3,9434	9434	4646
	M.P	0 0 0 20 3,9866	— 0,01456	— 0,01397	— 0,00297	0 0 0 20 3,9551	9551	4719

§ 35. Corrección por la paralaje de las plumas. — Aplicando con su signo, la corrección de paralaje, consignada en los *Estados* **B**, se obtienen, en tiempo cronográfico, los instantes verdaderos de paso corregidos de paralaje, y restando en cada par de ellos, ya así corregidos, el valor del tiempo inicial, se obtienen los instantes relativos, en tiempo cronográfico, que constan en la tercera columna de los anteriores *Cuadros* **B'**, los cuales han de ser reducidos aún por los demás conceptos.

§ 36. Corrección por la amplitud de oscilación. — Representando por

T_α..... la duración de la oscilación de amplitud α; entendiéndose, como hasta aquí, que ésta se mide por la mitad del arco total de la oscilación, y

T..... la duración correspondiente á la amplitud infinitamente pequeña, se tiene para un péndulo cualquiera que oscilase en el vacio, la fórmula, muy aproximada para el caso actual en que las oscilaciones no llegaron á dos grados de amplitud

$$T = T_\alpha \left(1 - \frac{\operatorname{sen}^2 \alpha}{16}\right) = T_\alpha - C_\alpha ,$$

haciendo

$$C_\alpha = - \frac{\operatorname{sen}^2 \alpha}{16} T_\alpha ,$$

mediante la cual, y con los valores de las amplitudes medias α de los *Estados* **B**, se pueden calcular las correcciones C_α correspondientes, para obtener los valores de la duración T, de amplitud infinitamente pequeña.

Estos valores de la corrección C_α se obtienen con más rapidez por interpolación, usando las tablas de Lorenzoni y así se han obtenido los que se consignan en la cuarta columna de los *Estados* **B'**.

§ 37. Corrección por temperatura del péndulo. — Prescindiendo de las influencias que en el movimiento oscilatorio tiene la temperatura del medio ambiente, que, con arreglo á la teoría del péndulo de inversión deben quedar anuladas en el cálculo, precisa, sin embargo, hacer la corrección correspondiente á las variaciones que, en la *Duración*, produce la diversa longitud del péndulo, según la temperatura.

La fórmula adecuada para esta corrección, se deriva de la siguiente relación, bastante aproximada:

$$T_{(\tau)} = T_{(t)} - \frac{1}{2} \varphi' (t - \tau)\, T_{(t)} = T_{(t)} + C_{(t)}$$

haciendo

$$C_t = -\frac{1}{2}\varphi'(t-\tau)\,D,$$

en las cuales representan: φ', el coeficiente de dilatación de los péndulos; $(T_{(t)})$, el valor observado de la oscilación á la temperatura t; $(T_{(\tau)})$, el reducido á la temperatura normal, y D, la *Duración* del intervalo en que el péndulo á la temperatura t efectuó determinado número de oscilaciones.

Para aplicar la fórmula de la corrección C_t, hemos adoptado los siguientes valores:

$\varphi' = 0^{m},000018124$..... para el Grande aparato;
$\varphi' = 0^{m},000018090$..... para el Pequeño aparato,

que constan en los oportunos certificados de la Oficina Internacional de Breteuil, y además los siguientes:

$D_1 = 1006^{s},2$;
$D_2 = 1006\ ,4$;
$D_3 = 1504\ ,9$;
$D_4 = 1203\ ,9$.

Promedios generales de las *Duraciones* del intervalo total de oscilación en cada determinación.

Estos valores de C_t, así calculados, son los que constan en los *Estados* ***B'***.

§ 38. Corrección por marcha del reloj eléctrico.—Conocido el movimiento por segundo del reloj eléctrico y hallado el coeficiente ρ de reducción á tiempo sidéreo (página 144), es fácil deducir la corrección C_s, respectiva á los instantes de paso, en tiempo cronográfico, que como las anteriores, consta en los *Estados* ***B'***.

§ 39. La suma algebraica de las tres correcciones que acaban de señalarse, por amplitud de oscilación (C_a), temperatura del péndulo (C_t) y marcha del reloj eléctrico (C_s), cuya pequeñez ha consentido poder calcularlos por separado, producen los instantes relativos de paso *reducidos*, ó sea la duración del intervalo en que debió cumplirse cabal número de oscilaciones isócronas á la temperatura normal, y como consecuencia, la duración de una oscilación, dependiente aún, sin embargo, de las circunstancias peculiares del fenómeno, por motivo del balance del sostén, modo de suspensión y estado del medio ambiente.

Se ha omitido en este *Cuadro* el cálculo de la densidad del aire, cuya influencia puede considerarse nula para los efectos finales, según el método simétrico de observación, teniendo en cuenta la escasa variación de esta densidad, vistos los estrechos límites entre los cuales se mantuvieron, la temperatura y la presión atmosférica de las que aquélla depende.

§ 40. Quedan como causas de error, aparte de la influencia ya prevista del balance del sostén, en cada *Duración*, la ecuación personal en las observaciones instantáneas de pasos, la disposición del aparato cronográfico para registrarlas y la falta de uniformidad en la marcha de los relojes eléctrico y magistral, condiciones todas que se han supuesto cumplidas en cada intervalo de oscilación, de donde toma origen principalmente la incertidumbre de la *Duración* reducida, como elemento de cálculo del péndulo matemático correlativo á la *Distancia*.

Admitiendo, pues, dadas las condiciones en que las observaciones se efectuaron, que todas estas causas puedan computarse dentro de la categoría de las accidentales del error, será lícito deducir para cada suspensión, en cada determinación, un valor único de las duraciones, promedio de todas ellas, cual si éstas fueran cantidades constantes directamente observadas.

En tal hipótesis se ha formado el siguiente *Cuadro B'''*, en el que se observa que, el error probable, aun deducido en las condiciones no del todo exactas que se ha dicho, no llega á valer cinco unidades del sexto orden decimal:

CUADRO *B'''*

PRECISIÓN DE LOS VALORES REDUCIDOS DE LA «DURACIÓN»

Determinaciones	Procedencia de los cronógrafos	Suspensión H			Suspensión M		
		Duraciones (Promedios.)	Error medio de una observación.	Error probable del promedio.	Duraciones (Promedios.)	Error medio de una observación.	Error probable del promedio.
		s	s	s	s	s	s
1.ª	a	1,0082458	± 0,00001706	± 0,00000285	1,00632284	± 0,00004282	± 0,00000020
2.ª	b	1,00642392	2819	672	1,00642195	3733	890
3.ª	a	0,75247457	1024	199	0,75249678	2090	446
4.ª	b	0,75249398	1546	301	0,75247602	1558	303

C') CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

§ 41. El carácter secundario que, por la precisión requerida, tienen los elementos k_{II} y h_{II}, á causa de su influencia en las fórmulas finales, consienten atribuir por entero las diferencias entre las δ al error inevitable de observación, y

deducir, con el promedio de estos valores y los de λ, que se consignan en los *Estados* **C**, los valores reducidos de h_M y h_H, en unidades métricas de las reglas de cada aparato, á la temperatura normal, según se consigna en el siguiente:

CUADRO *C'*

VALORES REDUCIDOS DE LAS «SITUACIONES»

DETERMINACIONES	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS λ	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD al		
		CENTRO DE FIGURA δ	CUCHILLO M h_M	CUCHILLO H h_H
	mm	mm	mm	mm
1.ª	999,514	203,603	296,154	703,360
2.ª	1000,165	205,488	294,594	705,370
3.ª	559,070	90,389	189,146	369,924
4.ª	559,058	81,720	197,809	361,249

CAPÍTULO V

RESULTADOS GENERALES

§ 42. Las fórmulas fundamentales del método de observación que, conforme á la teoría matemática del péndulo de inversión, ligan entre sí los elementos de cálculo *reducidos*, hallados anteriormente, son las dos siguientes:

$$(1) \quad \begin{cases} T_H = \pi \sqrt{\frac{\lambda}{g}\left(1 + \frac{\tau}{h_H}\right)} \\ T_M = \pi \sqrt{\frac{\lambda}{g}\left(1 + \frac{\tau}{h_M}\right)} \end{cases}$$

en las cuales, representan:

T_H y T_M ..... las duraciones de la oscilación de amplitud infinitamente pequeña, en una y otra suspensión, ó sea, cuando el péndulo oscila suspendido del cuchillo inmediato al disco hueco *(H)*, y del inmediato al disco macizo *(M)*;

λ..... la distancia entre los filos de los cuchillos;

h_H, h_M ..... las que median, respectivamente, entre estos filos y el centro de gravedad del péndulo;

τ..... una cantidad muy pequeña, dependiente de la construcción del péndulo y de las acciones que modifican el libre movimiento oscilatorio en ambas suspensiones; esto es, de cuantas causas determinan real y efectivamente la no exacta reciprocidad de los ejes;

g..... la intensidad de la fuerza de gravedad en el vacío, y

π..... la relación de la circunferencia al diámetro;

L..... longitud del péndulo matemático de segundos en el vacío.

La longitud L del péndulo matemático que hace una oscilación cabal en la unidad de tiempo y en el vacío, tiene por expresión exacta según sabemos

$$(2) \qquad L = \frac{g}{\pi^2}.$$

Para calcular la longitud L, que en definitiva nos ha de servir para el conocimiento de g, incógnita final del problema que nos ocupa, valiéndonos de los elementos observados, empezaremos por determinar γ mediante la expresión aproximada

$$(3) \qquad \gamma = \frac{T_M - T_H}{\frac{1}{2}(T_M + T_H)} \cdot \frac{2h_H\, h_M}{h_H - h_M};$$

cuyo valor puede introducirse ya en la que resulta de la combinación de las (1) y (2), y es la siguiente:

$$(4) \qquad L = \frac{\lambda}{T^2_H}\left(1 + \frac{\gamma}{h_H}\right) = \frac{\lambda}{T^2_M}\left(1 + \frac{\gamma}{h_M}\right).$$

Representando ahora por l_H y l_M, respectivamente, las longitudes de los péndulos isócronos con el de inversión en las respectivas suspensiones H y M, cuyas *Duraciones* hemos representado antes por T_H y T_M, tendremos evidentemente

$$(4') \qquad L = \frac{l_H}{T^2_H} = \frac{l_M}{T^2_M}$$

que comparada con la (4), permite escribir:

$$(4'') \qquad l_H = \lambda\left(1 + \frac{\gamma}{h_H}\right); \; l_M = \lambda\left(1 + \frac{\gamma}{h_M}\right).$$

También puede calcularse el valor de L sin el previo conocimiento de γ mediante la

$$(5) \qquad L = \lambda\, \frac{h_H - h_M}{T^2_H\, h_H - T^2_M\, h_M} = \frac{\lambda}{T^2},$$

que se deduce de las anteriores, siendo en ésta

$$T^2 = \frac{T^2_H\, h_H - T^2_M\, h_M}{h_H - h_M}.$$

Para aplicar la fórmula (3) á la determinación de γ, sería necesario tener ya corregidos del balance del sostén los valores de T_n y T_m, mas como no lo están, resultará, calculando con la (3), un valor γ' muy poco discrepante del que buscamos y que aun introduciéndolo en los cálculos, en vez del verdadero, en nada puede desvirtuarse la idoneidad del procedimiento.

Con los valores, pues, de las *Duraciones* (*Cuadro* ***B'''***) y los de h_n y h_m (*Cuadro* ***C'***), valiéndonos de la expresión (3), hallamos los γ' que suponemos constante en cada *Determinación*, y con estas γ' y las λ del *Cuadro* ***A***^{IV}, empleando las fórmulas (4''), se deducen, por último, los valores de l_n y l_m. De este modo hemos formado el siguiente:

CUADRO ***R.***

FÓRMULAS (3) Y (4'').

DETERMINACIONES	COLOCACIÓN DE LOS CUCHILLOS	$T_m - T_n$	γ'	$l_n = \lambda\left(1 + \frac{\gamma'}{\lambda_n}\right)$	$l_m = \lambda\left(1 + \frac{\gamma'}{\lambda_m}\right)$
1.ª	n	s 0,00006706	s 0,00006818	m 0,99961083	m 0,99974405
2.ª	n	− 0,00000197	− 0,00000198	1,00118206	1,00015814
3.ª	n	+ 0,00000221	+ 0,00000285	0,35910493	0,35913783
4.ª	n	+ 0,00001204	0,00001399	0,35907981	0,35909770

Con los anteriores valores de l_n y l_m, suponiéndolos invariables dentro de cada *Determinación*, mediante las fórmulas (4'), y con las *Duraciones* correspondientes á cada modo de suspensión, calculamos, en definitiva, valores de L, para cada uno de dichos modos, que representan longitudes del péndulo matemático, que oscila en un segundo de tiempo sidéreo *(T. S)*, expresadas en unidades métricas de las reglas á las temperaturas normales, y prescindiendo del balance del sostén.

CUADRO *R'* [Fórmula (4')]

DETERMINACIONES	SERIES	LONGITUDES DEL PÉNDULO DE SEGUNDOS (*T*, *M*) CALCULADAS CON LAS DURACIONES EN LA			
		Suspensión **H**		Suspensión **M**	
		Modos.	$\frac{l_H}{T^2_H}$	Modos.	$\frac{l_M}{T^2_M}$
1.ª	I	**H**.P	m' 0,98793344	P.**M**	m' 0,98736796
GRAN APARATO		P.**H**	27994	**M**.P	24999
Péndulo pesado	II	**H**.P	20538	P.**M**	36873
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.		P.**H**	25542	**M**.P	18821
Colocación de los cuchillos... **a.**	III	**H**.P	21951	P.**M**	17124
		P.**H**	25620	**M**.P	25898
Temperatura normal... 16°,849.	IV	**H**.P	24050	P.**M**	23197
		P.**H**	25011	**M**.P	19233
2.ª	V	**H**.P	0,98734704	P.**M**	0,98733297
GRAN APARATO		P.**H**	40473	**M**.P	38692
Péndulo ligero	VI	**H**.P	40473	P.**M**	53116
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.		P.**H**	44652	**M**.P	43500
Colocación de los cuchillos... **a.**	VII	**H**.P	44930	P.**M**	47770
		P.**H**	54112	**M**.P	47405
Temperatura normal... 18°,107.	VIII	**H**.P	43475	P.**M**	34475
		P.**H**	45104	**M**.P	50250

CUADRO *R'* *(Conclusión.)* FÓRMULA (4')].

DETERMINACIONES	SERIES	LONGITUDES DEL PÉNDULO DE SEGUNDOS (7. 5) CALCULADAS CON LAS DURACIONES EN LA			
		SUSPENSIÓN **H**		SUSPENSIÓN **M**	
		Modos.	$\frac{l_n}{T^2_n}$	Modos.	$\frac{l_m}{T^2_m}$
3.ª	I	**H.P**	m' 0,98738766	**P.M**	m' 0,98750562
		P.H	47444	**M.P**	37397
PEQUEÑO APARATO	II	**H.P**	47769	**P.M**	42402
PÉNDULO PESADO		**P.H**	43937	**M.P**	43161
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.	III	**H.P**	45880	**P.M**	44997
		P.H	41104	**M.P**	36153
Colocación de los cuchillos... **n.**	IV	**H.P**	46562	**P.M**	43396
		P.H	41759	**M.P**	32140
TEMPERATURA NORMAL... 16°,027.	V	**H.P**	42887	**P.M**	41297
		P.H	44016	**M.P**	35785
	VI	**H.P**	46693	**P.M**	54630
		P.H	44305	**M.P**	45076
4.ª	VII	**H.P**	0,98739579	**P.M**	0,98741795
		P.H	42180	**M.P**	36782
PEQUEÑO APARATO	VIII	**H.P**	44358	**P.M**	40430
PÉNDULO LIGERO		**P.H**	45249	**M.P**	49354
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.	IX	**H.P**	37480	**P.M**	42083
		P.H	36221	**M.P**	38960
Colocación de los cuchillos... **n.**	X	**H.P**	45537	**P.M**	36808
		P.H	47059	**M.P**	47254
TEMPERATURA NORMAL... 18°,397.	XI	**H.P**	38268	**P.M**	43311
		P.H	38373	**M.P**	38200
	XII	**H.P**	43960	**P.M**	43209
		P.H	47978	**M.P**	43285

Suponiendo de igual peso los valores del cuadro anterior, cual si se tratara de observaciones directas é independientes y de la misma precisión, pueden combinarse, resumidos en sus promedios, todos los de idéntica suspensión ó caso, dentro de cada determinación, y en total los de éstas, con lo cual se resumen dichos valores, según aparece en el siguiente *Cuadro:*

LONGITUDES DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS (*T.S*)

Y EN EL VACÍO

(EN DIVISIONES MÉTRICAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES, Y PERMANENTES DEL BALANCE DEL SOLÉN).

CUADRO ***B''***

DETERMINACIONES	(Por la) SUSPENSIÓN **H** L'_H		(Por la) SUSPENSIÓN **M** L'_M		RESULTADOS TOTALES L'	
	μ'	μ'	μ'	μ'	μ'	μ'
1.ª	0,98724006 ±	0,00000560	0,98724004 ±	0,00000001	0,98724005 ±	0,00000039
2.ª	0,98743490	1319	0,98743491	1747	0,98743490	1094
3.ª	0,98743760	574	0,98743742	1370	0,98743751	841
4.ª	0,98742104	799	0,98742105	796	0,98742105	500

Podemos ahora justificar el haber introducido en los cálculos γ', en la hipótesis de su invariabilidad en cada *Determinación*, observando que los errores probables de L'_H y L'_M, guardan con los de las respectivas *Duraciones* T_H y T_M del *Cuadro* ***B'''***, muy aproximadamente la misma relación numérica que debe corresponderles por la expresión $\frac{2L}{T}$, señalada por los incrementos diferenciales $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ que se deducen de la fórmula (4), suponiendo á T como única variable. Resulta de ésto, que, á causa de las variaciones que pudo experimentar γ' de uno á otro intervalo de oscilación, no se ensanchan en lo apreciable, los límites de la incertidumbre, consiguiente en los valores de L', deducida de las que en sí llevan los de T, siendo, por tanto, lícita la hipótesis de la constancia de γ en cada *Determinación*.

§ 43. Para reducir á longitudes absolutas los valores de L', contenidos en el *Cuadro* ***B''***, que están expresados en unidades métricas de las reglas, es necesario multiplicarlos por los valores numéricos que expresan las longitudes de estas entre los trazos que las definen, que, según las fórmulas dadas por la Oficina Internacional de Breteuil (párrafo 28), resultan ser para las temperaturas τ (normales), las siguientes:

LONGITUDES ABSOLUTAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES

REGLA DEL GRAN APARATO.....	$\tau = 16^{\circ},849$	$R'_{(\tau)} = 1^{m},000\,180\,37 \pm 0^{m},000\,000\,44$
———	$\tau = 13,107$	$= 1,000\,112\,56 \pm 0,000\,000\,38$
REGLA DEL PEQUEÑO APARATO.	$\tau = 16^{\circ},027$	$R''_{(\tau)} = 0^{m},559\,123\,36 \pm 0^{m},000\,000\,80$
———	$\tau = 13,339$	$= 0,559\,096\,76 \pm 0,000\,000\,74$,

con las cuales se deducen las

LONGITUDES ABSOLUTAS DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T. S)*

Y EN EL VACÍO

(SIN CONCURSO DEL BALANCE DEL SORTÉN)

[FÓRMULA (4)]

1.ª DETERMINACIÓN.	L	$= 0^{m},98741812 \pm 0^{m},00001042$
2.ª ———		$= 0,98754605 \pm 0,00001069$
3.ª ———		$= 0,98765542 \pm 0,00000657$
4.ª ———		$= 0,98759197 \pm 0,00000567$

cuyos errores probables se han hallado por la fórmula

$$\Delta_L = \sqrt{\Delta^2_{L'} + \left(\frac{L'}{R}\right)^2 \left(\Delta^2_\lambda + \Delta^2_R\right)};$$

en la que son

Δ_L ..... error probable de L, incógnita;
$\Delta_{L'}$ ..... id. id. de L' (pág. 168, *Cuadro* ***R''***);
Δ_λ ..... id. id. de λ (pág. 151, *Cuadro* ***A***^{IV});
Δ_R ..... id. id. de R (pág. 169, valores de $R'_{(\tau)}$ y $R''_{(\tau)}$).

§ 44. Los anteriores valores de L, en las cuatro determinaciones, pueden obtenerse directamente sin el concurso de γ', mediante la fórmula (5), según se especifica en el siguiente *Cuadro* ***R'''*** que comprende, en primer lugar, las *Distancias* entre cuchillos (pág. 151, *Cuadro* ***A***^{IV}), expresadas ya en unidades métricas absolutas (pág. 169, valores de $R'_{(\tau)}$ y $R''_{(\tau)}$); siguen después los cua-

drados (T^2) de las *Duraciones* de la oscilación del péndulo matemático en el vacío, correlativas á estas longitudes λ [pág. 164 (9); pág. 161, *Cuadro* B''; pág. 162, *Cuadro* C'], y por último, los valores resultantes de L'.

CUADRO R''' [Fórmula (5)].

DETERMINACIONES.	λ	T^2	$L = \frac{\lambda}{T^2}$
	m	s	m
1.ª	0,99969422	1,02243951	0,98741814
2.ª	1,00027744	1,02289193	0,98754605
3.ª	0,55919377	0,56618300	0,98765552
4.ª	0,55925493	0,56618005	0,98759207

Comparando los resultados de este *Cuadro* con los obtenidos por el método anterior (pág. 169), se advierte, que los valores de L, correspondientes á las mismas determinaciones, sólo difieren entre sí en dos cienmillonésimas los primeros, y diez cienmillonésimas los terceros y cuartos, siendo iguales los segundos, lo cual patentiza la bondad de uno y otro método de cálculo.

§ 45. Quedan por eliminar los *efectos del balance del sostén*, para lo cual, toda vez que las diferencias δ, entre valores de L, correspondientes á distinto péndulo en el mismo aparato, son muy exiguos, cabe aplicar la siguiente fórmula:

$$L = \frac{1}{2}\left(L_p + L_v\right) + \frac{1}{2}\left(L_p - L_v\right)\frac{P + p}{P - p} \qquad [20]$$

en la cual representan:

L..... longitud absoluta del péndulo matemático de segundos (tiempo sidéreo) y en el vacío, ya corregida por el balance del sostén;

L_p, L_v..... longitudes análogas halladas anteriormente para los péndulos ligero y pesado de cada aparato sin corregir del balance del sostén, cuyos valores se resumen á continuación:

$L_v = 0^m,98741813$	Péndulo pesado.	Gran aparato.
$L_p = 0\ ,98754605$	Idem ligero.	
$P = 7^{kg},013$	Peso del id. pesado.	
$p = 3\ ,218$	Idem id. ligero.	
$L_v = 0^m,98765547$	Péndulo pesado.	Pequeño aparato.
$L_p = 0\ ,98759202$	Idem ligero.	
$P = 2^{kg},073$	Peso del id. pesado.	
$p = 1\ ,114$	Idem id. ligero.	

é introducidos en la fórmula, nos proporciona las siguientes

LONGITUDES ABSOLUTAS DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T.S)*

Y EN EL VACÍO

(ELIMINADO EL BALANCE DEL SOSTÉN)

DETERMINACIONES aparadas.	*L* (FÓRMULA 20).
	m m
1.ª Y 2.ª	0,98765451 ± 0,00002210
3.ª Y 4.ª	0,98751828 ± 0,00001444

cuyos errores probables se han calculado mediante la expresión

$$\Delta_L = \sqrt{\left(\frac{P}{P-p}\right)^2 \Delta^2 L_p + \left(\frac{p}{P-p}\right)^2 \Delta^2 L_P},$$

en la cual, siguiendo la forma adoptada de notación Δ_{L_p} y Δ_{L_P}, representan los correspondientes á los valores L_p y L_P, hallados con el péndulo ligero y con el pesado que, en cada aparato, se combinan para eliminar las influencias del balance del sostén.

§ 46. Multiplicando los últimos valores de L por el factor constante 1,00548332, que sirve para pasar á tiempo solar medio, se obtiene en definitiva, para la

LONGITUD ABSOLUTA DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T. M)*

Y EN EL VACÍO,

Por el GRAN APARATO....	0,993 070 14 ± 0,000 022 22
Por el PEQUEÑO APARATO.	0,992 933 16 ± 0,000 014 52.

CAPÍTULO VI

OBSERVACIONES Y CÁLCULOS DEL SEÑOR MIFSUT

Insertamos á continuación los estados correspondientes á estas observaciones en el mismo orden, y siguiendo idénticos procedimientos que en los capítulos anteriores se detallan para las observaciones y cálculos del Sr. Aparici.

VALORES LINEALES

EQUIVALENTES Á UNA VUELTA DE LOS TORNILLOS MICROMÉTRICOS,

EXPRESADOS EN SUBDIVISIONES MENORES DE LAS REGLAS

DETERMINACIONES	SERIES QUE SE RESUMEN EN EL PROMEDIO	MICROSCOPIOS	TRAZOS OBSERVADOS	VALORES DE LA VUELTA
1.ª	I, II.	Superior.	9999 á 10001	1,0039
		Inferior.	— 1 á + 1	305
	III, IV.	Superior.	+ 1 á — 1	308
		Inferior.	10001 á 9999	89
2.ª	I, II, III, IV.	Superior.	+ 1 á — 1	143
		Inferior.	10001 á 9999	44
3.ª	I, II, III, IV, V, VI.	Superior.	5589 á 5591	1
		Inferior.	— 1 á + 1	43
4.ª	I, II, III, IV, V, VI.	Superior.	+ 1 á — 1	0,9991
		Inferior.	5591 á 5589	1,0036

FÓRMULAS NUMÉRICAS CORRESPONDIENTES

PARA EL CÁLCULO DE λ

DETERMINACIONES	SERIES	VALORES DE λ
1.ª	I, II	$\lambda_1 = \overset{M'}{1} + \overset{M'}{0{,}00010039}\,(r_2 - c_2) + \overset{M'}{0{,}00010305}\,(c_1 - r_1)$
	III, IV	$\lambda_1 = \overset{M'}{1} + \overset{M'}{0{,}00010308}\ - + \overset{M'}{0{,}00010089}\ -$
2.ª	I á IV	$\lambda_2 = \overset{M'}{1} + \overset{M'}{0{,}00010143}\ - + \overset{M'}{0{,}00010044}\ -$
3.ª	I á VI	$\lambda_3 = \overset{M''}{1} + \overset{M''}{0{,}00010001}\ - + \overset{M''}{0{,}00010043}\ -$
4.ª	I á VI	$\lambda_4 = \overset{M''}{1} + \overset{M''}{0{,}00009991}\ - + \overset{M''}{0{,}00010030}\ -$

ESTADO A_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

SERIES... II, IV, V y VI

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Noviembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN é ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_1	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN é ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_1	TEMPERATURAS — t
				m	°					m	°
9	II	H. F... c.o	Inferior.	0,9995139	15,755	14	V	H. F... c.o	Superior.	0,9995135	18,120
		F. H... c.o		138	15,930			F. H... c.o		142	18,090
		F. M... c.o		147	16,010			F. M... c.o		156	18,370
		M. F... c.o		135	15,100			M. F... c.o		159	18,420
13	IV	H. F... c.o		0,9995156	17,360	15	VI	H. F... c.o		0,9995172	17,410
		F. H... c.o		157	17,520			F. H... c.o		154	17,690
		F. M... c.o		185	15,705			F. M... c.o		162	17,840
		M. F... c.o		166	15,935			M. F... c.o		165	17,885

ESTADO A_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata

Colocación de los cuchillos.... **a**

SERIES... I, II, III y IV

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Noviembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t
				m	°					m	°
23	I	**H**.F... *c.o*	Superior.	1,00016674	16,775	28	III	**H**.F.. *c.o*	Superior.	1,00016508	15,445
		F.**H**... *c.o*		367	16,915			F.**H**... *c.o*		462	15,500
		F.**M**... *c.o*		415	17,190			F.**M**... *c.o*		520	15,540
		M.F... *c.o*		344	17,080			**M**.F... *c.o*		615	15,615
26	II	**H**.F... *c.o*		1,00016328	14,855	29	IV	**H**.F... *c.o*		1,00016638	15,095
		F.**H**... *c.o*		317	15,040			F.**H**... *c.o*		679	15,335
		F.**M**... *c.o*		543	15,225			F.**M**... *c.o*		457	15,480
		M.F... *c.o*		462	15,260			**M**.F... *c.o*		502	16,630

ESTADO *A*,

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a**.

SERIES... I, II, III, IV, V y VI

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO ó	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO o	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t
				m'	°					m'	°
16	I	H. F... c.o	Inferior.	0,5590731	15,620	20	IV	H. F... c.o	Inferior.	0,5590722	13,305
		F. H... c.o		739	16,110			F. H... c.o		723	13,675
		F. M... c.o		733	16,300			F. M... c.o		734	13,845
		M. F... c.o		732	16,420			M. F... c.o		725	14,055
17	II	H. F... c.o		0,5590740	15,270	21	V	H. F... c.o		0,5590723	13,290
		F. H... c.o		740	14,825			F. H... c.o		715	13,880
		F. M... c.o		728	15,690			F. M... c.o		727	13,975
		M. F... c.o		740	15,385			M. F... c.o		715	14,275
18	III	H. F... c.o		0,5590723	13,765	23	VI	H. F... c.o		0,5590730	13,920
		F. H... c.o		714	14,270			F. H... c.o		738	13,350
		F. M... c.o		719	14,495			F. M... c.o		722	14,545
		M. F... c.o		715	14,760			M. F... c.o		738	14,040

ESTADO 4,

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **n.**

SERIES... I, II, III, IV, V y VI

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1807. Enero.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_1	TEMPERATURAS — t
				m	°
4	I	**H**.F...c.o	Superior.	0,5590615	14,870
		F.**H**...c.o		608	15,630
		F.**M**...c.o		623	15,775
		M.F...c.o		591	15,980
7	II	**H**.F...c.o		0,5590614	13,645
		F.**H**...c.o		587	13,900
		F.**M**...c.o		600	14,045
		M.F...c.o		583	14,095
8	III	**H**.F...c.o		0,5590617	13,770
		F.**H**...c.o		617	13,490
		F.**M**...c.o		610	14,590
		M.F...c.o		611	15,275

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_1	TEMPERATURAS — t
				m	°
9	IV	**H**.F...c.o	Superior.	0,5590606	13,850
		F.**H**...c.o		608	13,600
		F.**M**...c.o		614	13,805
		M.F...c.o		589	14,055
11	V	**H**.F...c.o		0,5590591	11,850
		F.**H**...c.o		583	12,440
		F.**M**...c.o		603	12,515
		M.F...c.o		580	12,545
13	VI	**H**.F...c.o		0,5590598	10,550
		F.**H**...c.o		605	11,145
		F.**M**...c.o		608	11,385
		M.F...c.o		593	11,875

ESTADO B_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE CABOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la escala cronográfica.)	PARALAJE DE LAS TIJERAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	°	°
9	I	H.F	1.º	0	12 8 59,4510	0,000	56,17	16,790
			2.º	1 000	05 45,3796	0,000		
		F.H	1.º	0	13 7 57,6032	0,000	56,38	16,005
			2.º	1.000	14 43,8476	0,000		
		F.M	1.º	0	13 31 59,4336	0,000	57,75	16,003
			2.º	1 000	14 8 45,3676	0,000		
		M.F	1.º	0	14 30 59,2056	0,000	50,97	16,120
			2.º	1 000	47 45,5470	0,000		
13	II	H.F	1.º	0	12 8 1,0128	0,000	55,56	17,590
			2.º	1 000	14 47,2576	0,000		
		F.H	1.º	0	12 55 1,8498	— 0,018	55,88	17,545
			2.º	1 000	13 11 48,1094	— 0,016		
		F.M	1.º	0	14 50 2,1630	— 0,016	52,38	15,800
			2.º	1 000	13 6 43,5104	0,000		
		M.F	1.º	0	13 59 0,0512	0,000	54,60	15,925
			2.º	1 000	45 46,4238	0,000		

ESTADO B_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos,... 21

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	s	°
14	III	**H.P**	1.°	0	14 2 0,3356	0,000	36,43	18,190
			2.°	1 000	14 46,6080	0,000		
		P.H	1.°	0	14 58 53,7708	0,000	36,69	18,295
			2.°	1 000	15 14 50,0700	0,000		
		P.M	1.°	0	15 38 3,9248	0,000	32,38	18,373
			2.°	1 000	54 49,6020	— 0,010		
		M.P	1.°	0	16 10 0,4572	— 0,008	30,13	18,395
			2.°	1 000	36 46,8368	— 0,007		
15	IV	**H.P**	1.°	0	12 13 1,0638	0,000	36,88	17,501
			2.°	1 000	29 47,3054	0,000		
		P.H	1.°	0	13 11 0,4806	0,000	36,75	18,050
			2.°	1 000	16 46,7638	0,000		
		P.M	1.°	0	13 47 59,0186	0,000	32,75	17,810
			2.°	1 000	14 4 45,5748	0,000		
		M.P	1.°	0	14 20 59,8954	0,000	34,47	17,945
			2.°	1 000	37 46,2740	0,000		

ESTADO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PENDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... B.

DURACION DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1805. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cifra sexagesimal.)	PARALAJE DE LAS FLUXES	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	′	°
23	I	H.F	1.°	0	13 13 0,4784	0,000	53,95	16,845
			2.°	1 000	29 46,9610	0,000		
		F.H	1.°	0	13 53 59,8366	0,000	53,42	16,995
			2.°	1 000	14 10 46,3280	0,000		
		F.M	1.°	0	14 41 59,3754	0,000	48,26	17,130
			2.°	1 000	58 45,8684	0,000		
		M.F	1.°	0	15 25 0,1260	0,000	49,50	17,285
			2.°	1 000	42 46,5976	0,000		
26	II	H.F	1.°	0	13 19 0,6041	— 0,030	53,42	14,875
			2.°	1 000	35 47,0886	— 0,018		
		F.H	1.°	0	13 59 1,1380	— 0,036	54,04	15,000
			2.°	1 000	14 14 47,5812	— 0,022		
		F.M	1.°	0	14 42 0,2424	— 0,021	47,90	15,210
			2.°	1 000	58 46,7050	— 0,035		
		M.F	1.°	0	15 24 58,6868	— 0,026	48,48	15,290
			2.°	1 000	41 45,1386	— 0,031		

ESTADO *B*₂

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	s	°
28	III	H.F	1.º	0	13 39 59,6644	0,000	53,54	15,405
			2.º	1 000	56 46,1338	0,000		
		F.H	1.º	0	14 26 54,4132	0,000	53,00	15,460
			2.º	1 000	43 40,9004	0,000		
		F.M	1.º	0	15 8 59,5000	0,000	47,84	15,520
			2.º	1 000	25 46,0644	0,000		
		M.F	1.º	0	15 50 0,6370	0,000	50,13	15,595
			2.º	1 000	16 6 47,1096	0,000		
29	IV	H.F	1.º	0	13 16 0,1262	0,000	53,54	15,155
			2.º	1 000	32 46,6032	0,000		
		F.H	1.º	0	14 3 0,9090	0,000	54,36	15,990
			2.º	1 000	21 47,3572	0,000		
		F.M	1.º	0	15 16 59,6950	0,000	48,12	15,480
			2.º	1 000	33 46,0800	0,000		
		M.F	1.º	0	15 55 59,3012	0,000	49,89	15,595
			2.º	1 000	16 12 45,7912	0,000		

ESTADO B_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PENDULO PESADO. —Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos,... **B.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	s	°
16	I	**H.P**	1.º	0	15 47 57,0882	0,000	60,61	15,750
			2.º	2 000	16 13 0,0750	0,000		
		P.H	1.º	0	16 44 56,1002	0,000	60,61	15,940
			2.º	2 000	16 48 1,0548	0,000		
		P.M	1.º	0	17 33 58,5447	0,000	53,88	16,460
			2.º	2 000	17 59 3,5398	0,000		
		M.P	1.º	0	18 18 1,1628	0,000	53,13	16,345
			2.º	2 000	43 6,1520	0,000		
17	II	**H.P**	1.º	0	15 14 58,1110	0,000	58,86	15,105
			2.º	2 000	50 3,0746	0,000		
		P.H	1.º	0	14 47 58,9054	0,000	58,11	14,945
			2.º	2 000	15 13 3,8764	0,000		
		P.M	1.º	0	17 12 58,8766	0,000	54,07	15,410
			2.º	2 000	38 3,8508	0,000		
		M.P	1.º	0	16 34 57,7774	0,000	54,36	15,465
			2.º	2 000	17 0 0,7414	0,000		

ESTADO B_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... n.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cifra cronométrica)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	°	°
18	III	**H.F**	1.º	0	15 2 59.7757	0,000	54,70	13,935
			2.º	2 000	28 4,7276	0,000		
		F.H	1.º	0	15 38 2,9538	0,000	54,79	14,135
			2.º	2 000	16 3 7,2290	0,000		
		F.M	1.º	0	16 38 1,7922	0,000	50,60	14,410
			2.º	2 000	17 3 6,7560	0,000		
		M.F	1.º	0	17 56 2,1806	0,000	50,00	14,580
			2.º	2 000	18 01 7,1496	+ 0,040		
20	IV	**H.F**	1.º	0	14 53 58,9260	+ 0,040	50,96	13,515
			2.º	2 000	15 19 3,8578	+ 0,040		
		F.H	1.º	0	15 28 2,9494	+ 0,040	53,59	13,735
			2.º	2 000	53 7,8894	+ 0,040		
		F.M	1.º	0	16 24 2,3400	+ 0,040	43,25	14,035
			2.º	2 000	49 7,0944	+ 0,040		
		M.F	1.º	0	16 58 1,9060	+ 0,040	53,80	14,155
			2.º	2 000	17 23 6,8566	+ 0,040		

ESTADO B_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... B.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1895. Diciembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la línea cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	°	°
21	V	H.P	1.º	0	14 30 2,6672	+ 0,040	54,51	13,725
			2.º	2 000	15 15 7,5904	+ 0,040		
		P.H	1.º	0	15 25 2,9724	+ 0,040	53,06	13,475
			2.º	2 000	50 7,8958	+ 0,040		
		P.M	1.º	0	16 17 1,8466	+ 0,040	59,10	14,035
			2.º	2 000	42 6,8336	+ 0,040		
		M.P	1.º	0	16 51 1,4938	+ 0,040	53,29	14,135
			2.º	2 000	17 16 6,4156	+ 0,040		
23	VI	H.P	1.º	0	14 46 3,3432	+ 0,020	56,39	13,440
			2.º	2 000	15 11 8,2836	+ 0,020		
		P.H	1.º	0	15 21 2,7198	+ 0,020	57,16	13,615
			2.º	2 000	46 7,6546	+ 0,020		
		P.M	1.º	0	15 56 1,0660	+ 0,020	52,23	13,810
			2.º	2 000	16 21 6,0660	+ 0,020		
		M.P	1.º	0	16 30 1,8046	+ 0,020	56,61	14,020
			2.º	2 000	55 6,7968	+ 0,020		

ESTADO B_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACION

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Enero.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta estenográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	′	°
4	I	**H.P**	1.º	0	16 18 1,2050	+ 0,020	53,26	15,105
			2.º	1 600	38 5,1602	+ 0,020		
		P.H	1.º	0	16 48 1,4618	+ 0,020	48,37	15,445
			2.º	1 600	17 3 5,4224	+ 0,020		
		P.M	1.º	0	17 43 1,3098	+ 0,020	49,30	15,785
			2.º	1 600	18 7 5,2656	+ 0,020		
		M.P	1.º	0	18 13 1,2008	+ 0,020	53,38	15,900
			2.º	1 600	33 5,9042	+ 0,020		
7	II	**H.P**	1.º	0	16 4 3,2120	+ 0,005	52,00	13,665
			2.º	1 600	24 7,1882	+ 0,005		
		P.H	1.º	0	16 35 1,6122	+ 0,005	51,57	13,753
			2.º	1 600	58 5,5406	+ 0,005		
		P.M	1.º	0	17 31 2,6636	+ 0,005	48,09	14,035
			2.º	1 600	51 6,7258	+ 0,005		
		M.P	1.º	0	18 0 2,4372	+ 0,005	50,73	14,095
			2.º	1 600	20 6,3986	+ 0,005		

ESTADO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Enero.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (Hora civil de Greenwich)	PARALAJE DE LAS FUERZAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	′	°
8	III	H.F	1.°	0	16 14 4,0786	0,000	37,30	21,900
			2.°	1 600	34 8,0088	0,000		
		F.H	1.°	0	16 44 1,4810	0,000	32,42	14,275
			2.°	1 600	17 4 5,2508	0,000		
		F.M	1.°	0	17 35 1,4030	0,000	49,60	14,625
			2.°	1 600	55 5,3874	0,000		
		M.F	1.°	0	18 5 0,6668	0,000	48,69	14,835
			2.°	1 600	23 4,6594	0,000		
9	IV	H.F	1.°	0	16 11 0,9596	0,000	51,00	13,275
			2.°	1 600	31 4,9184	0,000		
		F.H	1.°	0	16 41 4,3622	0,000	53,43	11,875
			2.°	1 600	17 1 8,1990	0,000		
		F.M	1.°	0	17 30 1,5557	0,000	48,63	11,845
			2.°	1 600	50 5,5534	0,000		
		M.F	1.°	0	18 0 2,0096	0,000	51,23	11,915
			2.°	1 600	20 5,9802	0,000		

ESTADO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1896. Enero.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la línea cronométrica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS
					h m s	s	°	°
11	V	H.P	1.°	0	16 11 3,7738	0,000	31,89	16,760
			2.°	1 600	31 7,1888	0,000		
		P.H	1.°	0	16 40 4,3916	0,000	52,46	19,970
			2.°	1 600	17 0 8,2024	0,000		
		P.M	1.°	0	17 29 3,1838	0,000	47,84	11,555
			2.°	1 600	49 7,1888	0,000		
		M.P	1.°	0	17 57 3,3000	0,000	49,66	11,759
			2.°	1 600	18 17 7,2404	0,000		
13	VI	H.P	1.°	0	16 49 5,0454	— 0,020	52,37	12,875
			2.°	1 600	17 9 8,9814	— 0,020		
		P.H	1.°	0	17 18 4,6286	— 0,020	50,88	12,495
			2.°	1 600	38 8,5610	— 0,020		
		P.M	1.°	0	17 46 2,8176	— 0,020	48,73	12,380
			2.°	1 600	18 6 6,7998	— 0,020		
		M.P	1.°	0	18 15 4,6024	— 0,020	50,63	12,600
			2.°	1 600	35 8,5882	— 0,020		

CUADRO a.

FÓRMULAS NUMERICAS

QUE EXPRESAN LAS LEYES DEL DECRECIMIENTO DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN

CARDS	DETERMINACIONES	SUSPENSIONES	TIEMPOS DEL CÁLCULO	AMPLITUDES OBSERVADAS (Promedios.)	AMPLITUDES CALCULADAS POR LA FORMULA	DIFERENCIAS Obs.—Calc.	FÓRMULAS
			m	′	′	′	
1	1.ª	H	— 10	64,69	64,73	— 0,04	
			— 5	60,25	60,34	— 0,09	
			0	56,75	56,22	+ 0,53	$\alpha_t = 56,239 - 0,7976.t + 0,005371.t^2.$
			+ 5	51,75	52,36	+ 0,61	
			+ 10	49,00	48,78	+ 0,22	
2		M	— 10	73,00	72,98	+ 0,02	
			— 5	61,44	61,51	— 0,07	
			0	51,69	51,60	+ 0,09	$\alpha_t = 51,595 - 1,802.t + 0,038857.t^2 - 0,000525.t^3.$
			+ 5	43,56	43,62	— 0,06	
			+ 10	38,00	37,99	+ 0,01	
3	2.ª	H	— 10	69,06	68,82	+ 0,24	
			— 5	60,25	60,56	— 0,31	
			0	52,81	53,25	— 0,44	$\alpha_t = 53,2549 - 1,368.t + 0,0191.t^2.$
			+ 5	47,81	46,90	+ 0,91	
			+ 10	41,13	41,50	— 0,37	
4		M	— 10	87,56	87,44	+ 0,12	
			— 5	62,31	62,74	— 0,43	
			0	47,00	46,35	+ 0,65	$\alpha_t = 46,3554 - 2,6313.t + 0,11037.t^2 - 0,00374.t^3.$
			+ 5	35,06	35,49	— 0,43	
			+ 10	27,44	27,34	+ 0,10	
5	3.ª	H	— 15	82,17	81,98	— 0,19	
			— 10	71,54	72,88	— 0,34	
			— 5	62,87	62,92	— 0,05	
			0	55,17	55,07	+ 0,10	$\alpha_t = 55,074 - 1,456.t + 0,02248.t^2.$
			+ 5	48,66	48,35	+ 0,31	
			+ 10	42,58	42,76	— 0,18	
			+ 15	38,25	38,29	— 0,04	
6		M	— 15	107,63	107,39	+ 0,24	
			— 10	81,04	81,55	— 0,51	
			— 5	62,42	62,42	+ 0,00	
			0	49,00	48,55	+ 0,45	$\alpha_t = 48,550 - 2,3516.t + 0,07848.t^2 - 0,00184.t^3.$
			+ 5	38,83	38,62	+ 0,21	
			+ 10	30,58	31,24	— 0,66	
			+ 15	25,29	25,03	+ 0,26	
7	4.ª	H	— 10	86,12	85,55	+ 0,57	
			— 5	68,50	69,37	— 0,87	
			0	55,67	55,89	— 0,22	$\alpha_t = 55,8948 - 2,424.t + 0,05410.t^2.$
			+ 5	45,37	45,15	— 0,24	
			+ 10	37,69	37,07	+ 0,85	
			+ 15	31,17	31,73	— 0,56	
8		M	— 10	126,75	126,45	+ 0,30	
			— 5	79,50	80,41	— 0,91	
			0	53,67	53,04	+ 0,63	$\alpha_t = 53,0405 - 4,0363.t + 0,2446.t^2 - 0,008589.t^3.$
			+ 5	38,46	37,90	+ 0,56	
			+ 10	27,67	28,55	— 0,88	
			+ 15	18,83	18,54	+ 0,29	

TABLA

DE

AMPLITUDES DE OSCILACIÓN,

SEGÚN LAS FÓRMULAS CALCULADAS

TIEMPOS DEL CÁLCULO	DETERMINACIONES							
	1.ª		2.ª		3.ª		4.ª	
	H	M	H	M	H	M	H	M
m	′	′	′	′	′	′	′	′
— 15	—	—	—	—	81,68	107,39	—	—
— 14	—	—	—	—	79,87	102,63	—	—
— 13	—	—	—	—	77,20	96,17	—	—
— 12	—	—	—	—	75,79	91,02	—	—
— 11	—	—	—	—	73,81	86,14	—	—
— 10	64,73	72,98	68,82	87,44	72,88	81,55	85,55	126,45
— 9	63,83	70,58	67,10	82,70	70,00	77,83	88,10	115,44
— 8	62,94	68,23	65,40	76,38	68,16	73,17	78,75	105,38
— 7	62,06	65,93	63,75	71,46	66,37	69,35	75,52	96,23
— 6	61,20	63,69	62,14	66,92	64,62	65,76	72,39	87,92
— 5	60,34	61,52	60,56	62,74	62,92	62,40	69,37	80,41
— 4	59,49	59,39	59,02	58,88	61,26	59,25	66,46	73,05
— 3	58,65	57,34	57,52	55,34	59,64	56,30	64,65	67,58
— 2	57,84	55,35	56,06	52,09	58,08	53,54	60,96	62,16
— 1	57,02	53,44	54,64	49,10	56,55	50,96	58,57	57,33
— 0	56,22	51,60	53,25	46,35	55,07	48,53	55,89	53,04
+ 1	55,43	49,83	51,92	43,83	53,64	46,29	53,52	49,24
+ 2	54,65	48,15	50,66	41,50	52,25	44,18	51,26	45,88
+ 3	53,87	46,55	49,32	39,35	50,91	42,21	49,11	42,90
+ 4	53,11	45,04	48,10	37,36	49,61	40,36	47,07	39,86
+ 5	52,36	43,56	46,90	35,49	48,35	38,62	45,13	37,90
+ 6	51,63	42,30	45,75	33,73	47,14	36,99	43,30	35,77
+ 7	50,90	41,06	44,63	32,06	45,98	35,44	41,58	33,83
+ 8	50,18	39,93	43,55	30,45	44,86	33,98	39,97	32,00
+ 9	49,48	38,91	42,51	28,89	43,79	32,58	38,47	30,26
+ 10	48,78	37,99	41,50	27,34	42,76	31,24	37,07	28,55
+ 11	—	—	—	—	41,77	29,95	35,79	26,80
+ 12	—	—	—	—	40,83	28,69	34,61	24,98
+ 13	—	—	—	—	39,94	27,46	33,34	23,03
+ 14	—	—	—	—	39,09	26,24	32,38	20,90
+ 15	—	—	—	—	38,29	25,03	31,73	18,54

PRIMERA DETERMINACIÓN

GRAN APARATO — PÉNDULO PESADO

Suspensión H $a_m = 56{,}399$					Suspensión M $a_m = 53{,}047$				
SERIES	INTERVALOS DE OSCILACIÓN EN LOS MODOS	a_m	Δ_t	AMPLITUDES MEDIAS	SERIES	INTERVALOS DE OSCILACIÓN EN LOS MODOS	a_m	Δ_t	AMPLITUDES MEDIAS
I	H.P	56,25	+ 0,19	56,47	I	P.M	53,38	− 0,18	52,75
	P.H	56,44	− 0,05	56,38		M.P	51,50	+ 0,84	50,97
II	H.P	55,62	+ 0,98	55,56	II	P.M	53,19	− 0,08	52,58
	P.H	55,94	+ 0,58	55,88		M.P	54,69	− 0,87	54,00
III	H.P	56,50	− 0,13	56,43	III	P.M	53,19	− 0,08	52,58
	P.H	56,75	− 0,44	56,69		M.P	50,63	+ 1,33	50,13
IV	H.P	56,94	− 0,68	56,88	IV	P.M	53,38	− 0,18	52,75
	P.H	56,81	− 0,31	56,75		M.P	55,19	− 1,13	54,47

SEGUNDA DETERMINACIÓN

GRAN APARATO — PÉNDULO LIGERO

Suspensión H $a_m = 53{,}991$					Suspensión M $a_m = 50{,}467$				
SERIES	INTERVALOS DE OSCILACIÓN EN LOS MODOS	a_m	Δ_t	AMPLITUDES MEDIAS	SERIES	INTERVALOS DE OSCILACIÓN EN LOS MODOS	a_m	Δ_t	AMPLITUDES MEDIAS
I	H.P	54,25	− 0,186	53,93	I	P.M	49,94	+ 0,17	48,26
	P.H	53,75	+ 0,173	53,42		M.P	51,95	− 0,26	49,50
II	H.P	53,75	+ 0,017	53,47	II	P.M	49,56	+ 0,30	47,99
	P.H	54,37	− 0,077	54,04		M.P	50,19	+ 0,09	48,48
III	H.P	53,87	+ 0,009	53,54	III	P.M	49,50	+ 0,32	47,84
	P.H	53,37	+ 0,045	53,06		M.P	51,87	− 0,47	50,13
IV	H.P	53,87	+ 0,009	53,54	IV	P.M	49,81	+ 0,22	48,12
	P.H	54,69	− 0,050	54,36		M.P	51,62	− 0,39	49,89

TERCERA DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO — PÉNDULO PESADO

Suspensión H $a_m = 56{,}834$					Suspensión M $a_m = 54{,}721$				
Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias	Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias
I	H.P	61'58	− 3m,01	60'61	I	P.M	56'33	− 0m,38	53'88
	P.H	61,38	− 3,01	60,61		M.P	55,34	− 0,30	55,13
II	H.P	59,67	− 1,83	58,86	II	P.M	56,54	− 0,65	54,07
	P.H	58,87	− 1,32	58,21		M.P	56,87	− 0,76	54,36
III	H.P	55,33	+ 1,01	54,70	III	P.M	52,96	+ 0,65	50,69
	P.H	55,42	+ 0,95	54,79		M.P	52,96	+ 0,65	50,69
IV	H.P	54,67	+ 3,62	50,96	IV	P.M	45,92	+ 3,60	43,25
	P.H	54,71	+ 1,79	53,59		M.P	56,25	− 0,55	53,80
V	H.P	55,12	+ 1,15	54,51	V	P.M	54,46	+ 0,09	52,10
	P.H	55,67	+ 2,16	53,06		M.P	55,71	− 0,36	53,29
VI	H.P	57,08	− 0,16	56,39	VI	P.M	54,62	+ 0,04	52,23
	P.H	57,87	− 0,68	57,16		M.P	59,32	− 1,60	56,61

CUARTA DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO — PÉNDULO LIGERO

Suspensión H $a_m = 53{,}221$					Suspensión M $a_m = 54{,}418$				
Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias	Series	Intervalos de oscilación en los modos	a_m	Δ_t	Amplitudes medias
	H.P	54'70	− 0m,65	53'26	I	P.M	53'90	+ 0m,12	49'30
	P.H	49,75	+ 1,52	48,57		M.P	59,00	− 1,02	53,38
II	H.P	53,35	− 0,06	52,00	II	P.M	52,50	+ 0,46	48,09
	P.H	52,99	+ 0,24	51,57		M.P	55,60	− 0,28	50,72
III	H.P	53,90	− 0,30	52,50	III	P.M	54,35	+ 0,02	49,66
	P.H	53,80	− 0,25	52,42		M.P	53,15	+ 0,29	48,69
IV	H.P	52,30	+ 0,41	51,00	IV	P.M	53,10	+ 0,31	48,63
	P.H	54,90	− 0,71	53,43		M.P	56,10	− 0,39	51,73
V	H.P	53,25	− 0,02	51,89	V	P.M	52,25	+ 0,53	47,84
	P.H	53,85	− 0,27	52,46		M.P	54,35	+ 0,02	49,66
VI	H.P	53,75	− 0,23	52,37	VI	P.M	53,20	+ 0,28	48,73
	P.H	52,20	+ 0,47	50,88		M.P	55,30	− 0,25	50,63

CUADRO α'.

DECREMENTO DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN

EN UN SEGUNDO DE TIEMPO

DETERMINACIONES	AMPLITUDES	DECREMENTOS		RELACIONES ENTRE LOS DECREMENTOS	PROMEDIOS	RELACIONES $\frac{h_M}{h_H}$
		Suspensión H	Suspensión M			
1.ª	60′	0″,858	2″,106	0″,4074		
	55	782	1,938	4035	0,4130	0,4210
	50	704	644	4082		
2.ª	65	1,633	4,533	0,3602		
	60	543	3,085	3872		
	55	410	455	4081	0,4054	0,4175
	50	272	0,955	4304		
	45	111	519	4410		
3.ª	75	1,978	4,053	0,4880		
	70	861	3,741	4975		
	65	736	422	5073		
	60	601	206	4994	0,5121	0,5126
	55	454	2,764	5060		
	50	290	498	5313		
	45	101	093	5355		
4.ª	80	3,331	7,085	0,4701		
	75	165	6,591	4802		
	70	2,988	025	4959		
	65	770	5,435	5097		
	60	601	4,858	5354	0,5462	0,5479
	55	383	245	5614		
	50	144	3,661	5856		
	45	1,874	049	6146		
	40	559	2,502	6182		
	35	139	1,961	5910		

ESTADO C_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

SERIES... I, II, III y IV

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de k..... 999mm,514. *1895. Noviembre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\overline{\delta}$	Cuchillo M $\overline{\delta}_M$	Cuchillo H $\overline{\delta}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\overline{\delta}$	Cuchillo M $\overline{\delta}_M$	Cuchillo H $\overline{\delta}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
9	I	S.	203,65	296,10	703,40	14	III	S.	203,65	296,12	703,38
		L.	62	13	37			L.	63	12	38
		S.	61	14	36			S.	63	12	38
		L.	62	13	37			L.	62	13	37
13	II	S.	203,58	296,17	703,35	15	IV	S.	203,59	296,16	703,34
		L.	59	16	34			L.	61	14	36
		S.	60	15	35			S.	60	15	35
		L.	63	12	38			L.	63	12	38

ESTADO C_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

SERIES... I, II, III y IV

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ..... $1000^{mm},164$. *1 895. Noviembre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
23	I	S.	205,48	294,60	705,56	28	III	S.	205,52	294,56	705,60
		I.	46	62	54			I.	54	58	62
		S.	51	57	59			S.	53	55	61
		I.	46	62	54			I.	53	55	61
26	II	S.	205,46	294,60	705,56	29	IV	S.	205,55	294,55	705,61
		I.	43	65	48			I.	53	55	61
		S.	50	58	58			S.	53	55	61
		I.	46	60	54			I.	52	56	60

ESTADO C_8

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

SERIES... I, II, III, IV, V y VI

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ..... 559mm,072. *1895. Diciembre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\overline{\delta}$	Cuchillo M $\overline{h_M}$	Cuchillo H $\overline{h_H}$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\overline{\delta}$	Cuchillo M $\overline{h_M}$	Cuchillo H $\overline{h_H}$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
16	I	S.	90,44	189,09	369,97	20	IV	S.	90,30	189,23	369,82
		I.	32	22	84			I.	30	23	83
		S.	33	20	86			S.	30	23	83
		I.	32	21	85			I.	30	23	83
17	II	S.	90,31	189,22	369,84	21	V	S.	90,34	189,19	369,87
		I.	32	21	85			I.	27	26	80
		S.	36	17	89			S.	32	21	85
		I.	31	22	84			I.	29	24	82
18	III	S.	90,32	189,21	369,85	23	VI	S.	90,35	189,18	369,88
		I.	32	21	85			I.	32	21	85
		S.	32	21	85			S.	34	19	87
		I.	32	21	85			I.	30	23	83

ESTADO C_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **R.**

SERIES... I, II, III, IV, V y VI

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ..... 559mm,059 *1896. Enero.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
4	I	S.	81,67	197,86	361,20	9	IV	S.	81,64	197,89	361,17
		I.	62	91	15			I.	64	89	17
		S.	61	92	14			S.	63	90	16
		I.	64	89	17			I.	72	81	25
7	II	S.	81,63	197,90	361,16	11	V	S.	81,65	197,88	361,15
		I.	60	93	13			I.	61	92	14
		S.	60	93	13			S.	61	92	14
		I.	65	88	18			I.	65	88	18
8	III	S.	81,65	197,88	361,18	15	VI	S.	81,60	197,93	361,13
		I.	66	87	19			I.	60	91	15
		S.	65	88	18			S.	61	90	14
		I.	69	84	22			I.	67	86	20

CUADRO A'_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... a.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS (EN UNIDADES MÉTRICAS DE LA REGLA COLOCADA HORIZONTALMENTE)	Temperaturas. $\bar{t}$	RESUMEN POR SERIES: Distancias $\bar{\lambda}$	RESUMEN POR SERIES: Temperaturas. $\bar{t}$
		m'	°	m'	°
I	H.F	0,9995156	15,715		
	F.H	35	15,930	0,99951418	15,689
	F.M	44	16,010		
	M.F	32	15,100		
II	H.F	0,9995153	17,360		
	F.H	34	17,590	0,99951580	16,630
	F.M	82	17,705		
	M.F	65	17,935		
III	H.F	0,9995126	18,190		
	F.H	33	18,290	0,99951390	18,300
	F.M	47	18,370		
	M.F	30	18,400		
IV	H.F	0,9995163	17,410		
	F.H	45	17,690	0,99951532	17,706
	F.M	53	17,840		
	M.F	54	17,885		

CUADRO A'_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **n.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS (EN UNIDADES MÉTRICAS DE LA REGLA COLOCADA HORIZONTALMENTE)	Temperaturas. $\bar{t}$	RESUMEN POR SERIES: Distancias. $\bar{\lambda}$	RESUMEN POR SERIES: Temperaturas. $\bar{t}$
		m	°	m	°
I	H.P	1,00016587	16,775		
	P.H	280	16,915	1,00016363	17,040
	P.M	328	17,190		
	M.P	257	17,280		
II	H.P	1,00016241	14,855		
	P.H	230	15,040	1,00016335	15,100
	P.M	456	15,225		
	M.P	375	15,280		
III	H.P	1,00016401	15,445		
	P.H	375	15,500	1,00016442	15,525
	P.M	442	15,540		
	M.P	508	15,615		
IV	H.P	1,00016551	15,095		
	P.H	592	15,335	1,00016482	15,635
	P.M	370	15,480		
	M.P	415	16,630		

CUADRO A'_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS (EN UNIDADES MÉTRICAS DE LA REGLA COLOCADA HORIZONTALMENTE)	Temperaturas. $\bar{t}$	RESUMEN POR SERIES: Distancias. $\bar{\lambda}$	RESUMEN POR SERIES: Temperaturas. $\bar{t}$
		m'	°	m'	°
I	H.P	0,5590732	15,650		
	P.H	30	16,110		
	P.M	33	16,300	0,55907315	16,118
	M.P	32	16,410		
II	H.P	0,5590740	15,270		
	P.H	40	14,895		
	P.M	38	15,690	0,55907379	15,792
	M.P	40	15,385		
III	H.P	0,5590723	13,765		
	P.H	14	14,270		
	P.M	19	14,495	0,55907178	14,323
	M.P	15	14,760		
IV	H.P	0,5590722	13,275		
	P.H	13	13,675		
	P.M	34	13,845	0,55907235	13,790
	M.P	05	14,055		
V	H.P	0,5590725	13,220		
	P.H	13	13,880		
	P.M	27	13,975	0,55907205	13,837
	M.P	15	14,375		
VI	H.P	0,5590750	13,920		
	P.H	38	13,350		
	P.M	00	14,545	0,55907320	13,964
	M.P	38	14,040		

CUADRO *A'*,

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS (EN UNIDADES MÉTRICAS DE LA REGLA COLOCADA HORIZONTALMENTE)	Temperaturas. $\overline{t}$	RESUMEN POR SERIES: Distancias. $\overline{\lambda}$	RESUMEN POR SERIES: Temperaturas. $\overline{t}$
		m	°	m	°
I	H.P	0,5590615	14,870		
	P.H	608	15,630	0,5590602	15,564
	P.M	603	15,775		
	M.P	591	15,980		
II	H.P	0,5590624	12,645		
	P.H	587	13,900	0,5590585	13,921
	P.M	600	14,045		
	M.P	585	14,095		
III	H.P	0,5590617	13,770		
	P.H	617	13,490	0,5590618	14,256
	P.M	610	14,590		
	M.P	611	15,175		
IV	H.P	0,5590606	13,270		
	P.H	608	13,660	0,5590602	13,688
	P.M	614	13,805		
	M.P	589	14,055		
V	H.P	0,5590591	11,850		
	P.H	583	12,440	0,5590593	12,337
	P.M	607	12,515		
	M.P	580	12,545		
VI	H.P	0,5590598	10,550		
	P.H	605	11,145	0,5590615	11,239
	P.M	608	11,385		
	M.P	595	11,875		

CUADRO *A''*

RESUMEN COMPARATIVO

DE LOS RESULTADOS CORRESPONDIENTES EN AMBAS SUSPENSIONES

Determinaciones	Colocación de los cuchillos	Suspensión H		Suspensión M		Diferencias entre las (H—M)	
		Distancias.	Temperaturas.	Distancias.	Temperaturas.	Distancias.	Temperaturas.
1.ª	2a	m' 0,99951431 ± m' 0,00000031	° 17,254	m' 0,99951531 ± m' 0,00000035	° 16,908	m' −0,00000100 ± m' 0,00000004	° +0,346
2.ª	2a	1,00016410 ± 0,00000036	15,820	1,00016396 ± 0,00000020	16,030	+0,00000014 ± 0,00000016	−0,410
3.ª	2a	m'' 0,55907267 ± m'' 0,00000060	14,870	m'' 0,55907273 ± m'' 0,00000016	14,815	m'' −0,00000006 ± m'' 0,00000044	−0,345
4.ª	2a	0,55906041 ± 0,00000053	13,182	0,55906011 ± 0,00000025	13,820	+0,00000030 ± 0,00000002	−0,638

CUADRO *A'''*

VALORES REDUCIDOS DE LAS «DISTANCIAS»

EN

UNIDADES METRICAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES

Determinaciones	Aparatos	Péndulos	Cuchillos y plano de suspensión	Distancia entre los cuchillos λ_2	Temperaturas normales τ
1.ª	Grande.	Pesado.	De ágata.	m' 0,99951481 ± m' 0,00000023	° 17,081
2.ª	Grande.	Ligero.	De ágata.	1,00016405 ± 0,00000021	15,825
3.ª	Pequeño.	Pesado.	De ágata.	m'' 0,55907270 ± m'' 0,00000031	14,542
4.ª	Pequeño.	Ligero.	De ágata.	0,55906026 ± 0,00000017	13,501

CUADRO B'_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... 21.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_α	A LA TEMPERATURA NORMAL 17°,081 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 2000 OSCILACIONES Σ	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
I	H.P	0 0 0 16 46,2286	— 0,01668	+ 0,00965	+ 0,01014	0 0 0 16 46,2267	1006,2267	1,0062267
	P.H	0 0 0 16 46,2446	— 0,01692	+ 0,00981	+ 0,01014	0 0 0 16 46,2496	2496	2496
	P.M	0 0 0 16 46,3340	— 0,01480	+ 0,00965	+ 0,01014	0 0 0 16 46,3410	3410	3410
	M.P	0 0 0 16 46,3416	— 0,01378	+ 0,01388	+ 0,01014	0 0 0 16 46,3578	3578	3578
II	H.P	0 0 0 16 46,2608	— 0,01642	— 0,00281	— 0,00323	0 0 0 16 46,2403	1006,2403	1,0062403
	P.H	0 0 0 16 46,2596	— 0,01663	— 0,00423	— 0,00323	0 0 0 16 46,2355	2355	2355
	P.M	0 0 0 16 46,3494	— 0,01480	+ 0,01168	— 0,00323	0 0 0 16 46,3431	3431	3431
	M.P	0 0 0 16 46,3726	— 0,01351	+ 0,01054	— 0,00323	0 0 0 16 46,3644	3644	3644
III	H.P	0 0 0 16 46,2294	— 0,01695	— 0,01011	— 0,00657	0 0 0 16 46,2388	1006,2388	1,0062388
	P.H	0 0 0 16 46,2990	— 0,01710	— 0,01107	— 0,00657	0 0 0 16 46,2645	2645	2645
	P.M	0 0 0 16 46,3872	— 0,01471	— 0,01180	— 0,00657	0 0 0 16 46,3541	3541	3541
	M.P	0 0 0 16 46,3786	— 0,01337	— 0,01198	— 0,00657	0 0 0 16 46,3467	3467	3467
IV	H.P	0 0 0 16 46,2416	— 0,01722	— 0,00387	— 0,00989	0 0 0 16 46,2106	1006,2106	1,0062106
	P.H	0 0 0 16 46,2832	— 0,01714	— 0,00884	— 0,00989	0 0 0 16 46,2473	2473	2473
	P.M	0 0 0 16 46,3562	— 0,01480	— 0,00665	— 0,00989	0 0 0 16 46,3249	3249	3249
	M.P	0 0 0 16 46,3786	— 0,01378	— 0,00788	— 0,00989	0 0 0 16 46,3249	3249	3249

CUADRO B'_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico)	CORRECCIONES (Para reducir.) λ LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_a	λ LA TEMPERATURA NORMAL 15°,825 C_t	λ TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1 000 OSCILACIONES τ	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
I	H.F	0 0 0 16 46,4896	— 0,01547	— 0,00929	— 0,01132	0 0 0 16 46,4465	1006,4465	1,0064465
	F.H	0 0 0 16 46,4974	— 0,01518	— 0,01065	— 0,01132	0 0 0 16 46,4542	4542	4542
	F.M	0 0 0 16 46,4930	— 0,01539	— 0,01188	— 0,01132	0 0 0 16 46,4574	4574	4574
	M.F	0 0 0 16 46,4706	— 0,01304	— 0,01319	— 0,01132	0 0 0 16 46,4329	4329	4329
II	H.F	0 0 0 16 46,4804	— 0,01518	+ 0,00865	— 0,03370	0 0 0 16 46,4402	1006,4402	1,0064402
	F.H	0 0 0 16 46,4292	— 0,01553	+ 0,00733	— 0,03370	0 0 0 16 46,3873	3873	3873
	F.M	0 0 0 16 46,4766	— 0,01221	+ 0,00560	— 0,03370	0 0 0 16 46,4363	4363	4363
	M.F	0 0 0 16 46,4568	— 0,01250	+ 0,00487	— 0,03370	0 0 0 16 46,4155	4155	4155
III	H.F	0 0 0 16 46,4694	— 0,01525	+ 0,00382	+ 0,00090	0 0 0 16 46,4589	1006,4589	1,0064589
	F.H	0 0 0 16 46,4872	— 0,01498	+ 0,00332	+ 0,00090	0 0 0 16 46,4764	4764	4764
	F.M	0 0 0 16 46,5442	— 0,01018	+ 0,00178	+ 0,00090	0 0 0 16 46,5357	5357	5357
	M.F	0 0 0 16 46,4726	— 0,01337	+ 0,00209	+ 0,00090	0 0 0 16 46,4622	4622	4622
IV	H.F	0 0 0 16 46,4790	— 0,01525	+ 0,00610	+ 0,00090	0 0 0 16 46,4707	1006,4707	1,0064707
	F.H	0 0 0 16 46,4482	— 0,01572	+ 0,00487	+ 0,00090	0 0 0 16 46,4382	4382	4382
	F.M	0 0 0 16 46,4546	— 0,01232	+ 0,00314	+ 0,00090	0 0 0 16 46,4463	4463	4463
	M.F	0 0 0 16 46,4900	— 0,01324	+ 0,00209	+ 0,00090	0 0 0 16 46,4797	4797	4797

CUADRO B_1

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PENDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PARO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_0	A LA TEMPERATURA NORMAL 14°.842 C_1	A TIEMPO SIDÉREO C_2	INSTANTES RELATIVOS DE PARO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 2000 OSCILACIONES Σ	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
I	H.F	0 0 0 25 4.0868	— 0.02032	— 0.01644	— 0.00096	0 0 0 25 4.9401	1504.9401	0.7524700
	F.H	0 0 0 25 4.9546	— 0.01932	— 0.01903	— 0.00096	0 0 0 25 4.9053	9053	4526
	F.M	0 0 0 25 4.9956	— 0.02317	— 0.02011	— 0.00096	0 0 0 25 4.9454	9454	4727
	M.F	0 0 0 25 4.9892	— 0.02253	— 0.02454	— 0.00096	0 0 0 25 4.9412	9412	4706
II	H.F	0 0 0 25 4.9630	— 0.02765	— 0.00766	— 0.00251	0 0 0 25 4.9258	1504.9258	0.7524629
	F.H	0 0 0 25 4.9212	— 0.02695	— 0.00548	— 0.00251	0 0 0 25 4.9363	9363	4681
	F.M	0 0 0 25 4.9242	— 0.02334	— 0.01181	— 0.00251	0 0 0 25 4.9335	9335	4667
	M.F	0 0 0 25 4.9640	— 0.02359	— 0.01256	— 0.00251	0 0 0 25 4.9253	9253	4626
III	H.F	0 0 0 25 4.9524	— 0.02588	+ 0.00826	— 0.00427	0 0 0 25 4.9325	1504.9325	0.7524662
	F.H	0 0 0 25 4.9752	— 0.02396	+ 0.00554	— 0.00427	0 0 0 25 4.9525	9525	4762
	F.M	0 0 0 25 4.9638	— 0.02051	+ 0.00180	— 0.00427	0 0 0 25 4.9408	9408	4704
	M.F	0 0 0 25 4.9690	— 0.02051	— 0.00052	— 0.00427	0 0 0 25 4.9437	9437	4718
IV	H.F	0 0 0 25 4.9118	— 0.02073	+ 0.01398	— 0.00868	0 0 0 25 4.8964	1504.8964	0.7524482
	F.H	0 0 0 25 4.9400	— 0.02090	+ 0.01098	— 0.00868	0 0 0 25 4.9194	9194	4597
	F.M	0 0 0 25 4.9342	— 0.01493	+ 0.00690	— 0.00868	0 0 0 25 4.9375	9375	4687
	M.F	0 0 0 25 4.9504	— 0.02310	+ 0.00523	— 0.00868	0 0 0 25 4.9239	9239	4619

CUADRO B'_2

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	NOMBRE DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_a	A LA TEMPERATURA NORMAL 14°.642 C_t	A LA TIRALPO NÚMERO C_z	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
V	H.P	0 0 0 25 4,9232	— 0,00372	+ 0,01112	+ 0,01050	0 0 0 25 4,9211	1504,0111	0,7524605
	P.H	0 0 0 25 4,9234	— 0,00247	+ 0,01452	+ 0,01050	0 0 0 25 4,9259	9059	4629
	P.M	0 0 0 25 4,9870	— 0,02167	+ 0,00418	+ 0,01050	0 0 0 25 4,9800	9800	4900
	M.P	0 0 0 25 4,9918	— 0,00267	+ 0,00534	+ 0,01050	0 0 0 25 4,9852	9852	4926
VI	H.P	0 0 0 25 4,9464	— 0,00578	+ 0,01500	— 0,00406	0 0 0 25 4,9260	1504,9260	0,7524630
	P.H	0 0 0 25 4,9348	— 0,00608	+ 0,01262	— 0,00406	0 0 0 25 4,9173	9173	4586
	P.M	0 0 0 25 5,0009	— 0,02178	+ 0,00996	— 0,00406	0 0 0 25 4,9841	9841	4920
	M.P	0 0 0 25 4,9922	— 0,00558	+ 0,00710	— 0,00406	0 0 0 25 4,9697	9697	4848

CUADRO B_4

4.ª DETERMINACIÓN — PEQUEÑO APARATO

PENDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... n.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCIDA

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_2	A LA TEMPERATURA NORMAL 13°,501 C_T	A TIEMPO SIDÉREO C_3	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 4.000 OSCILACIONES T^{*}	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
I	H.P	0 0 0 20 3,9359	— 0,01811	— 0,01747	+ 0,00373	0 0 0 20 3,9331	1003,9353	0,7524521
	P.H	0 0 0 20 3,9600	— 0,02307	— 0,01127	+ 0,00373	0 0 0 20 3,9881	9281	4551
	P.M	0 0 0 20 3,9538	— 0,02552	— 0,00487	+ 0,00373	0 0 0 20 3,9171	9171	4481
	M.P	0 0 0 20 4,0934	— 0,01820	— 0,00612	+ 0,00373	0 0 0 20 3,9608	9608	4769
II	H.P	0 0 0 20 3,9772	— 0,01727	— 0,00179	+ 0,00312	0 0 0 20 3,9613	1003,9613	0,7524758
	P.H	0 0 0 20 3,9504	— 0,01698	— 0,00253	+ 0,00312	0 0 0 20 3,9142	9142	4464
	P.M	0 0 0 20 4,0022	— 0,01477	— 0,00380	+ 0,00312	0 0 0 20 4,0447	4,0447	5959
	M.P	0 0 0 20 3,9614	— 0,01844	— 0,00571	+ 0,00312	0 0 0 20 3,9424	3,9424	4640
III	H.P	0 0 0 20 3,9282	— 0,01760	+ 0,01851	+ 0,00001	0 0 0 20 3,9291	1003,9291	0,7524532
	P.H	0 0 0 20 3,9688	— 0,01735	— 0,00843	+ 0,00001	0 0 0 20 3,9408	9408	4642
	P.M	0 0 0 20 3,9544	— 0,01555	— 0,01224	+ 0,00001	0 0 0 20 3,9544	9544	4713
	M.P	0 0 0 20 3,9906	— 0,01514	— 0,01453	+ 0,00001	0 0 0 20 3,9609	9609	4768
IV	H.P	0 0 0 20 3,9588	— 0,01861	+ 0,00246	— 0,00258	0 0 0 20 3,9421	1003,9421	0,7524653
	P.H	0 0 0 20 3,9368	— 0,01803	+ 0,01771	— 0,00258	0 0 0 20 3,9337	9337	4586
	P.M	0 0 0 20 3,9982	— 0,01510	+ 0,01803	— 0,00258	0 0 0 20 3,9985	9985	4991
	M.P	0 0 0 20 3,9506	— 0,01669	+ 0,01727	— 0,00258	0 0 0 20 3,9486	9486	4679

CUADRO B'_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... ib.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	NODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_α	A LA TEMPERATURA NORMAL 13°,501 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN z
		h m s	s	s	s	h m s	s	s
V	H.F	0 0 0 20 3,9150	— 0,01719	+ 0,02985	— 0,00604	0 0 0 20 3,9216	1205,9210	0,7324510
	F.H	0 0 0 20 3,9308	— 0,01758	+ 0,02756	— 0,00604	0 0 0 20 3,9347	747	4590
	F.M	0 0 0 20 4,0050	— 0,01462	+ 0,02119	— 0,00604	0 0 0 20 4,0055	4,0055	5034
	M.F	0 0 0 20 3,9404	— 0,01575	+ 0,01907	— 0,00604	0 0 0 20 3,9377	3,9377	4611
VI	H.F	0 0 0 20 3,9360	— 0,01752	+ 0,01771	— 0,00179	0 0 0 20 3,9344	1205,9344	0,7524584
	F.H	0 0 0 20 3,9324	— 0,01653	+ 0,01095	— 0,00179	0 0 0 20 3,9250	250	4551
	F.M	0 0 0 20 3,9822	— 0,01517	+ 0,01003	— 0,00179	0 0 0 20 3,9753	755	4846
	M.F	0 0 0 20 3,9858	— 0,01637	+ 0,00981	— 0,00179	0 0 0 20 3,9774	774	4859

Para aplicar en los últimos cuadros la fórmula de la corrección C_1, se ha hecho uso de los valores de φ' consignados en la pág. 160, y además de los siguientes, que resultan iguales á los allí consignados:

$$D_1 = 1006^{s},2;$$
$$D_2 = 1006\ ,4;$$
$$D_3 = 1504\ ,9;$$
$$D_4 = 1203\ ,9.$$

CUADRO B''

PRECISIÓN DE LOS VALORES REDUCIDOS DE LA «DURACIÓN»

Determinaciones	Colocación de los cuchillos	Suspensión H			Suspensión M		
		Duraciones (Promedios.)	Error medio de una observación.	Error probable del promedio.	Duraciones (Promedios.)	Error medio de una observación.	Error probable del promedio.
		s	s	s	s	s	s
1.ª	n	1,00623516	± 0,00001501	± 0,00000358	1,00634461	± 0,00001347	± 0,00000301
2.ª	n	1,00644655	2753	656	1,00643825	3698	882
3.ª	n	0,75246041	718	140	0,75247540	1083	211
4.ª	n	0,75245757	778	151	0,75248058	2159	420

CUADRO C'

VALORES REDUCIDOS DE LAS «SITUACIONES»

Determinaciones	Distancias entre los cuchillos λ	Distancias del centro de gravedad al centro de figura z	Distancias del centro de gravedad al cuchillo M λ_M	Distancias del centro de gravedad al cuchillo H λ_H
	mm	mm	mm	mm
1.ª	9999,575	203,615	296,142	703,372
2.ª	1000,164	205,501	294,581	705,583
3.ª	559,073	90,322	189,215	369,857
4.ª	559,060	91,658	197,892	361,168

CUADRO *R*. [Fórmulas (3) y (4).]

DETERMINACIONES	COLOCACIÓN DE LOS CUCHILLOS	$T_n - T_n$	τ'	$l_n = \lambda\left(1 + \frac{\tau'}{\lambda_n}\right)^n$	$l_n = \lambda\left(1 + \frac{\tau'}{\lambda_n}\right)$
1.ª	21	0,00010545	0,00010720	0,99966714	0,99987662
2.ª	21	0,00001130	0,00001176	1,00018030	1,00020403
3.ª	21	0,00001099	0,00001338	0,55909392	0,55911003
4.ª	21	0,00001300	0,00000677	0,55910170	0,55915589

CUADRO *R'* [Fórmula (4)]

DETERMINACIONES	SERIES	LONGITUDES DEL PÉNDULO DE SEGUNDOS (*T*, *S*) CALCULADAS CON LAS DURACIONES DE LA			
		Suspensión **H**		Suspensión **M**	
		Modos	$\frac{l_n}{T^2_n}$	Modos	$\frac{l_n}{T^2_n}$
1.ª	I	**H**.P	0,98732321	P.**M**	0,98731578
GRAN APARATO		P.**H**	98836	**M**.P	98882
Péndulo pesado	II	**H**.P	30651	P.**M**	31167
Cuchillos y plano de suspensión de agata.		P.**H**	31594	**M**.P	26686
Colocación de los cuchillos... 21.	III	**H**.P	30946	P.**M**	29008
		P.**H**	25903	**M**.P	30459
Temperatura normal... 17°,081.	IV	**H**.P	36480	P.**M**	34738
		P.**H**	34777	**M**.P	34737
2.ª	I	**H**.P	0,98740900	P.**M**	0,98741064
GRAN APARATO		P.**H**	39380	**M**.P	45872
Péndulo ligero	II	**H**.P	42136	P.**M**	45904
Cuchillos y plano de suspensión de agata.		P.**H**	37517	**M**.P	49086
Colocación de los cuchillos... 21.	III	**H**.P	38467	P.**M**	25700
		P.**H**	35034	**M**.P	40123
Temperatura normal... 15°,826.	IV	**H**.P	38150	P.**M**	43543
		P.**H**	40520	**M**.P	36680

CUADRO R' (*Conclusión.*) [FÓRMULA (4)].

DETERMINACIONES	SERIES	LONGITUDES DEL PÉNDULO DE SEGUNDOS (T. S.) CALCULADAS CON LAS DURACIONES DE LA SUSPENSIÓN H		SUSPENSIÓN M	
		Modos	$\frac{l_H}{T^2_H}$	Modos	$\frac{l_M}{T^2_M}$
3.ª	I	H.P	m.m 0.98742840	P.M	m.m 0.98745542
		P.H	47406	M.P	46093
PEQUEÑO APARATO	II	H.P	44709	P.M	47147
Péndulo pesado		P.H	43330	M.P	48495
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.	III	H.P	43837	P.M	46146
		P.H	41213	M.P	45776
Colocación de los cuchillos... n.	IV	H.P	48564	P.M	46592
		P.H	45543	M.P	48376
Temperatura normal... 14°,542.	V	H.P	45234	P.M	41001
		P.H	44702	M.P	40308
	VI	H.P	44678	P.M	40476
		P.H	45832	M.P	42367
4.ª	I	H.P	0.98749089	P.M	0.98758178
		P.H	48301	M.P	48671
PEQUEÑO APARATO	II	H.P	42868	P.M	35934
Péndulo ligero		P.H	50585	M.P	50004
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.	III	H.P	48709	P.M	50635
		P.H	45914	M.P	48645
Colocación de los cuchillos... n.	IV	H.P	46018	P.M	42791
		P.H	47387	M.P	50980
Temperatura normal... 18°,501.	V	H.P	45377	P.M	41662
		P.H	47295	M.P	50764
	VI	H.P	47439	P.M	46937
		P.H	48826	M.P	46256

LONGITUDES DEL PÉNDULO MATEMATICO DE SEGUNDOS *(T.S)*

Y EN EL VACIO

(EN UNIDADES MÉTRICAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES, Y PRESCINDIENDO DEL BALANCE DEL RODÉS).

CUADRO *R''*

DETERMINACIONES	(Por la) SUSPENSIÓN **H** L'_H	(Por la) SUSPENSIÓN **M** L'_M	RESULTADOS TOTALES L'
1.ª	0,98730876 ± 0,00000751	0,98730869 ± 0,00000674	0,98730872 ± 0,00000504
2.ª	0,98740891 1288	0,98740898 1798	0,98740894 2077
3.ª	0,98744832 ± 0,00000383	0,98744832 ± 0,00000579	0,98744832 ± 0,00000347
4.ª	0,98747652 398	0,98747651 1103	0,98747652 339

LONGITUDES ABSOLUTAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES

REGLA DEL GRAN APARATO..... $\tau = 17^{\circ},081$ $\quad R'_{(\tau)} = 1^{m},000\,184\,58 \pm 0^{m},000\,000\,44$

——— $\tau = 15,825$ $\quad = 1,000\,161\,82 \pm 0,000\,000\,42$

REGLA DEL PEQUEÑO APARATO. $\tau = 14^{\circ},542$ $\quad R''_{(\tau)} = 0^{m},559\,108\,34 \pm 0^{m},000\,000\,77$

——— $\tau = 13,501$ $\quad = 0,559\,097\,82 \pm 0,000\,000\,75$.

LONGITUDES ABSOLUTAS DEL PÉNDULO MATEMATICO DE SEGUNDOS *(T. S)*

Y EN EL VACIO

(SIN CORREGIR DEL BALANCE DEL RODÉS)

[FÓRMULA (4)]

1.ª DETERMINACIÓN. $L = 0^{m},98749096 \pm 0^{m},00000505$
2.ª ——— $= 0,98756872 \pm 0,00001078$
3.ª ——— $= 0,98770807 \pm 0,00000376$
4.ª ——— $= 0,98771760 \pm 0,00000556$

CUADRO R''' [Fórmula (5)].

DETERMINACIONES	λ	T^2	$L = \frac{\lambda}{T^2}$
	m	s	m
1.ª	0,99969930	1,01236292	0,98749102
2.ª	1,00032588	1,01291776	0,98756868
3.ª	0,55921976	0,56617990	0,98770806
4.ª	0,55919680	0,56615043	0,98771769

LONGITUDES ABSOLUTAS DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T.S)*

Y EN EL VACÍO

(ELIMINADO EL BALANCE DEL SOSTÉN)

DETERMINACIONES aprovechadas.	L (Fórmula 20).
	m m
1.ª y 2.ª	0,98763453 ± 0,00002037
3.ª y 4.ª	0,98772885 ± 0,00001279.

LONGITUDES ABSOLUTAS DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T.M)*

Y EN EL VACÍO

	m m
Por el Gran aparato....	0,993 050 05 ± 0,000 020 48
Por el Pequeño aparato.	0,993 144 88 ± 0,000 012 86.

CAPÍTULO VII

RESULTADO FINAL

§ 47. Para obtener, en definitiva, un valor de la longitud absoluta del péndulo matemático de segundos, que resuma todas las observaciones hechas en la Estación de Valencia por ambos observadores, deben combinarse ahora los cuatro valores de L obtenidos, según se ha explicado en los Capítulos anteriores, por modo conveniente, para que de su conjunto resulte el que como más plausible procede aceptar.

Estos valores, escritos por orden de mayor á menor, son los siguientes (páginas 171 y 213):

$$L = \overset{m}{0{,}99293316} \pm \overset{m}{0{,}00001452}$$
$$L = 0{,}99305005 \pm 0{,}00002048$$
$$L = 0{,}99307014 \pm 0{,}00002222$$
$$L = 0{,}99314488 \pm 0{,}00001286;$$

los cuales, con arreglo á la pauta trazada por el Sr. Barraquer en su obra magistral, tantas veces citada, han de combinarse con arreglo á sus pesos respectivos, ó sea en razón inversa de los cuadrados de sus errores probables. Para ello, tomando el peso de la 3.ª observación como unidad, por ser la que acusa menor precisión, se obtienen fácilmente los factores necesarios para esta operación, de la cual resulta, en definitiva, la

LONGITUD ABSOLUTA DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T.M.)*

OSCILANDO EN EL VACÍO

(En el Colegio de San José (Valencia). — Latitud 39° 28' 30'',73. Altitud 6m,293.)

$$L = 0^{m},9930540 \pm 0^{m},0000073,$$

cuyo error probable está calculado por la fórmula:

$$E_2 = \sqrt{\frac{[p\varepsilon^2]}{n\,[p]}},$$

en la que designan:

E_2..... el error probable del resultado;
ε..... ídem id. de los valores de L que se combinan;
p..... el peso que á cada uno de éstos se asigna, y
n..... el número de *Determinaciones*.

Del anterior valor de L, y mediante la fórmula $g = \pi^2 L$, se obtiene fácilmente la

INTENSIDAD DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD

$$g = 9^{m},801050 \pm 0^{m},000072.$$

§ 48. El valor obtenido para L se refiere al punto de Estación, y para reducirlo al *nivel del mar* procede emplear la fórmula siguiente (Regla de Young):

$$L_0 = L + \frac{2h}{R} L - \frac{3}{2} \cdot \frac{h}{R} \cdot \frac{\delta}{D} \cdot L,$$

en la que representan:

L, L_0 ..... las longitudes del péndulo matemático de segundos en el lugar de la Estación (valor de L, pág. 216) y al nivel del mar (en la vertical);

$h = 6^m,293$..... la altitud del centro de figura del péndulo de inversión en el lugar de las observaciones;

$R = 6370300^m$ .... el valor medio del radio terrestre (Bessel);

$\delta = 2,6$..... la densidad media aproximada del terreno (local), y

$D = 5,7$..... la densidad media de la tierra.

Introduciendo estos valores en la expresión anterior, dan para las correcciones de L:

PRIMER TÉRMINO.....	+ 0,000 002 0
SEGUNDO TÉRMINO.....	− 0,000 000 7

y, por consiguiente, el valor reducido al nivel del mar, será:

$$L_0 = 0^m,9930553.$$

Y si la corrección se contrae á la del primer término por la incertidumbre de los datos δ y D, y por tanto, sólo á la variación que á la longitud del péndulo corresponde por la de altitud h en la atmósfera libre, resultará:

$$L_0 = 0^m,9930560.$$

§ 49. Con objeto de formar juicio sobre el acuerdo de los valores obtenidos, procede cotejarlos con las fórmulas numéricas más dignas de crédito, como expresiones de la ley de variación de L_0 en la superficie del Globo, según la latitud del lugar.

Estas fórmulas, debidas á Listing y Helmert, son, respectivamente:

$$L_0 = 0^m,9935721 - 0^m,00257735 \cos 2\varphi,$$
$$L_0 = 0^m,990918 + 0^m,005262 \operatorname{sen}^2 \varphi,$$

con las cuales se obtienen los valores siguientes:

$L_0 = 0^m,993078$ por la fórmula de Listing y
$L_0 = 0^m,993045$ por la fórmula de Helmert,

valores que, comparados con el de L_0, obtenido por nuestros experimentos, ofrecen las siguientes diferencias:

FÓRMULA DE LISTING.		FÓRMULA DE HELMERT.	
SEGÚN LA FÓRMULA...	$L_0 = 0^m,993078$	SEGÚN LA FÓRMULA...	$L_0 = 0^m,993045$
SEGÚN LA OBSERVACIÓN.	$L_0 = 0^m,993056$	SEGÚN LA OBSERVACIÓN.	$L_0 = 0^m,993056$
Diferencia. Observación. — Cálculo...	$= -$ **0,000022**	Diferencia. Observación. — Cálculo...	$= +$ **0,000011**

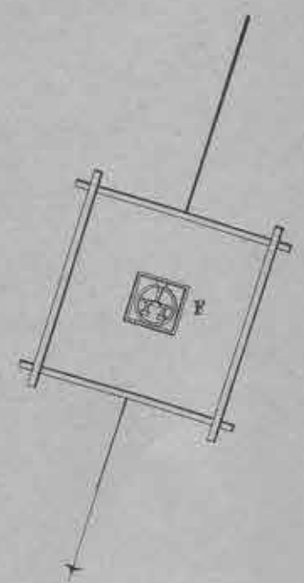
El satisfactorio acuerdo que ofrece el valor deducido de nuestras observaciones en la anterior comparación, con los que proceden de las fórmulas teóricas citadas, toda vez que se halla comprendido entre ellos con diferencias de 22 y 11 μ, respectivamente, inferiores ambas á los 34 μ que Helmert señala como error probable de su fórmula, demuestra que en la Estación de Valencia no existe causa alguna de anomalía local que haya podido influir modificando su valor teórico.

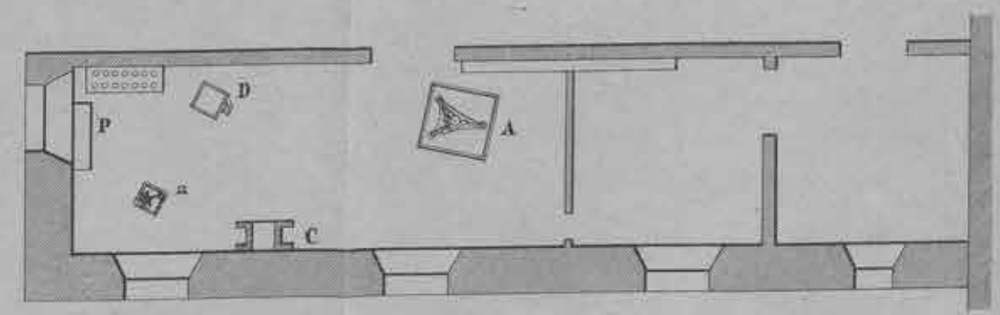
ARTURO MIESUT. RAFAEL APARICI.

VALENCIA.

Colegio de San José.

A ..... *Aparato de péndulo de inversión*
D ..... *Péndulo sidereo diétrico*
C ..... *Cronógrafo*
a ..... *Anteojo para observar los pasos del péndulo por la vertical*
P ..... *Pilas*
F ..... *Anteojo portatil de pasos*





Escala de 1:100.

Lit. del Instituto Geográfico y Estadístico.

A. Yagüe y A. Octavio de Toledo grabaron.

III

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL

DE LA

INTENSIDAD DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD

EN BARCELONA

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

TOMO XII

III

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL
DE LA
INTENSIDAD DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD EN BARCELONA,

POR

D. PRÍAMO CEBRIÁN,
Comandante de Artillería,
Geodesta.

D. ANTONIO LOS ARCOS,
Comandante de Ingenieros,
Geodesta.

MADRID
IMPRENTA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

1902

INTRODUCCIÓN

La segunda determinación experimental absoluta de la intensidad de la fuerza de la gravedad realizada en el año de 1893, de tan plausible actividad científica por parte del Instituto Geográfico y Estadístico, fué la de Barcelona.

Terminada que fué la estación de La Coruña pasó á Barcelona á ejecutar análogo trabajo la 1.ª brigada geodésica de primer orden, formada por el que suscribe, el Comandante de Ingenieros D. Antonio Los Arcos, los Auxiliares de Geodesia D. Miguel Martínez y D. José Iglesias y el Portamira D. Ramón Dolcet.

Publicados ya los trabajos de observación y de cálculo de la estación de La Coruña, que con la de Barcelona, objeto de esta Memoria, constituyeron el fin de aquella campaña de 1893, al hacer el relato de esta última estación, habré de limitarme á apuntar someramente la indicación del lugar en que se practicaron las observaciones, los instrumentos que se emplearon, programas seguidos y resultados obtenidos, y todo ello con la posible sobriedad para no hacer enojosa la lectura de esta Memoria, á la que sirve de patrón la referente á las observaciones de Pamplona, en la cual se consigna el valor y significación de las fórmulas y elementos que sirven de base á la deducción de los resultados inmediatos de las operaciones en series, primeros valores que se estampan en la presente Memoria.

Inútil es hacer constar nuevamente que la observación se limitó á las operaciones precisas para la determinación de la longitud del péndulo

matemático de segundos y del valor de g, aceleración debida á la fuerza de la gravedad, prescindiendo de todas las complementarias, ya determinadas anteriormente, y cuyo valor pudiera utilizarse desde luego; así como también bueno es hacer constar, aunque sea á título de repetición, que sólo figuran en este trabajo los valores numéricos á partir de los resultados inmediatos de las operaciones en series.

CAPÍTULO PRIMERO

LIGERA IDEA DEL LOCAL EN QUE SE REALIZARON LAS OBSERVACIONES

§ 1. Si grandes facilidades habíamos encontrado en las poblaciones en que anteriormente se realizaran nuestras determinaciones de la intensidad de la fuerza de la gravedad, la culta ciudad de Barcelona, por conducto de su Ayuntamiento, fielmente secundado por su Arquitecto municipal, nos brindó con local, recursos y hasta alojamiento para hacernos más llano y expedito el desempeño de la comisión que á la ciudad condal nos llevara. Aceptando nosotros con gusto y gratitud el ofrecimiento que se nos hizo, resolvimos realizar nuestros trabajos en la planta baja del Palacio Real situado en el Parque de la ciudad, y al efecto utilizamos parte de los locales que ocupan la fachada Noroeste del citado edificio, según se indica en la figura adjunta; más otras dependencias que no se designan, tales como aquellas en que se instalaron nuestros Auxiliares para hacer los cálculos que se ejecutaban al par de las observaciones; las en que se depositó el material de la brigada y las viviendas en que se alojó parte del personal de la misma.

§ 2. En esta estación, á tenor de lo que se hizo en La Coruña, se construyeron desde luego dos pilares, uno para el péndulo grande y otro para el pequeño, á fin de que cada observador hiciera sus observaciones con un solo aparato, con el objeto, entonces ya realizado, de ganar tiempo por modo notable en los cálculos, sin que por ello en lo más mínimo se afectase la precisión de las determinaciones.

El plano adjunto da idea exacta de la disposición de los aparatos del péndulo de inversión de Repsold, del péndulo sidéreo de Hipp, del cronógrafo,

del anteojo de Richter, de la situación de los barómetros, termómetros, pilas y del anteojo de pasos; y basta la inspección de la figura para hacer innecesaria toda explicación.

§ 3. Las dos habitaciones contiguas en que se hicieron las determinaciones se hallaban en comunicación directa entre sí por haberse suprimido la puerta que las separaba, y haberse colocado en su hueco el cronógrafo y cuadrante simpático, visible desde los dos salones para los observadores colocados tras los pilares *a* y *a'*.

De las cuatro puertas que dan acceso á estos dos compartimientos se incomunicaron en absoluto tres de ellas, dejando sólo en disposición de utilizarse la H, estando, por supuesto, todas ellas defendidas por mamparas y burletes para evitar las corrientes de aire á fin de sustraer los péndulos en marcha á la acción de estas corrientes y á los cambios de temperatura que pudieran producirse como consecuencia de ella. Adoptada igual precaución en las elevadas ventanas que facilitaban abundante y muy uniforme luz, y merced al espesor de muros y elevación de techos, resultó la temperatura de una constancia grande, como se deduce de los estados que más adelante se insertan.

Si á las condiciones antes señaladas se agrega el aislamiento del edificio, sumamente sólido, de toda vía de movimiento de carruajes, se deducirá, de acuerdo con la realidad de los hechos, que el local de la observación reunia cualidades muy recomendables para tal género de trabajos, á las que había que agregar la holgura y comodidad para el establecimiento de la barraca en que se colocó el anteojo de pasos de Repsold, destinado á determinar el estado y movimiento del péndulo sidéreo de que nos valimos para la determinación de los pasos del péndulo por la vertical.

Ocioso es decir que en la construcción de los pilares de observación y en la instalación de los aparatos no se omitió precaución alguna ni se perdonó medio que sirvieran para asegurar la precisión de los resultados apetecidos.

Las coordenadas geográficas, cuyo valor es necesario para el cálculo de la intensidad de la fuerza de la gravedad, son en los pilares de observación, sólidamente cimentados en el firme del terreno:

Latitud.....	41° 21′ 48″
Altitud determinada directamente para el objeto.	$4^{m},641$

§ 4.

PROGRAMA GENERAL

DE CADA UNA DE LAS

DETERMINACIONES ABSOLUTAS DEL PÉNDULO MATEMÁTICO

(CON LOS DOS PÉNDULOS DE INVERSIÓN DE CADA APARATO).

OPERACIONES EN SERIES

(PARA OBTENER Á LAS TEMPERATURAS DE OBSERVACIÓN)

A) La *Distancia* entre los filos de los cuchillos, en partes de la longitud de la regla colocada verticalmente en el aparato;

B) La *Duración* de la oscilación isócrona, en las suspensiones recíprocas, contada en tiempo cronográfico y haciendo abstracción del balance del sostén; y

C) La situación del *Centro de gravedad* del péndulo respecto de los filos de los cuchillos.

OPERACIONES COMPLEMENTARIAS

(REFERENTES Á)

D) Las constantes termométricas; y

G) La marcha del reloj eléctrico ó sea la valoración absoluta del tiempo cronográfico.

§ 5. Como quiera que en esta operación no hay con la anterior, hecha en La Coruña, y publicada en el Tomo XI de las *Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico*, otra diferencia que la de haber cambiado de aparato los dos observadores, habiendo empleado el pequeño el Sr. Los Arcos y observado con el grande el que suscribe; de igual modo que en aquella determinación y por los fundamentos expuestos entonces y ya indicados en la Memoria de la estación de Pamplona se suprimieron del programa del Sr. Barraquer las operaciones complementarias siguientes:

E) El acortamiento de la regla por su propio peso.

F) La longitud absoluta de la regla.

H) El movimiento oscilatorio del sostén sincrónico con el del péndulo, y

I) La deformación de los filos de los cuchillos por el peso del péndulo.

De estos valores se tomaron, cuando fueron precisos para los cálculos que siguen, los mismos que empleó el Sr. Barraquer en su estación definitiva del Real Observatorio de Madrid.

§ 6. Como quiera que el resultado de nuestras observaciones en las estaciones de Pamplona y La Coruña no acusaba diferencia en la determinación de las *Distancias* entre los filos de los cuchillos por la manera de iluminar éstos, y teniendo en cuenta que aunque el local reunía buenas condiciones de luz, la época del año en que los trabajos se realizaban, hacían racionalmente temer que en algunos días la iluminación fuera deficiente, resolvimos observar siempre con los cuchillos oscuros, que tampoco cambiamos de posición, considerándolos como fijos en sus monturas, para conservar en cuanto fuera posible, y con preferencia á las demás circunstancias la de la invariabilidad de la forma del péndulo.

Es de advertir también que por la misma razón ya consignada en las Memorias de las estaciones anteriores, ó sea por hallarse algo deformados los cuchillos de acero, sólo se emplearon en el péndulo los de ágata, que por otra parte parecen menos alterables que los primeros.

§ 7. En resúmen: cada uno de los observadores, con independencia del otro, valiéndose de distintos aparatos, mediante el empleo de los dos péndulos de la misma longitud y peso bastante diferente, para eliminar por su combinación la influencia del movimiento del balance del sostén y sobre pilares diversos, aunque muy próximos, hizo una determinación absoluta completa de la intensidad de la fuerza de la gravedad; y del conjunto de las dos independientes, y en consideración á su peso se ha deducido el valor de la longitud del péndulo matemático de segundos en el vacío y en tiempo medio, y el valor de g en el Palacio Real del Parque de Barcelona, fin y objeto del presente trabajo.

§ 8. He aquí los programas á que se ajustaron las observaciones con cada uno de los dos aparatos.

PROGRAMA

DE

UNA DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

C) *Centro de gravedad* del péndulo.
D) *Equivalencias lineales* de las vueltas de los tornillos micrométricos.

MODOS DE SUSPENSION.... **H.** ☞ al O. { *A*) *Distancia* entre los cuchillos. *B*) *Duración* de la oscilación.

H. ☞ al E. { *A*) *B*)

M. ☞ al E. { *A*) *B*)

M. ☞ al O. { *A*) *B*)

C)

PROGRAMA

DE

UNA DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

C) *Centro de gravedad* del péndulo.
D) *Equivalencias lineales* de las vueltas de los tornillos micrométricos.

MODOS DE SUSPENSION.... **H.** ☞ al N. { *A*) *Distancia* entre los cuchillos. *B*) *Duración* de la oscilación. *A*) *Distancia* entre los cuchillos.

H. ☞ al S. { *A*) *B*) *A*)

M. ☞ al N. { *A*) *B*) *A*)

M. ☞ al S. { *A*) *B*) *A*)

C)

§ 9. PROGRAMA DE UNA OPERACIÓN

DE

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

TEMPERATURA		Indicaciones de los termómetros de mercurio de Baudin.	
LECTURAS MICROMÉTRICAS.	Péndulo...	4 observaciones	sobre cada cuchillo (oscuros).
	Regla.....	4 —	sobre cada uno de los trazos terminales.
	Péndulo...	4 —	sobre cada cuchillo oscuro.
TEMPERATURA		Indicaciones de los termómetros de mercurio.	

§ 10. La operación de determinar la duración de las oscilaciones del péndulo se ajustó á los siguientes programas:

PROGRAMAS DE UNA OPERACIÓN

DE

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

Para las 1.ª y 2.ª determinaciones (gran aparato).

(INTERVALOS DE 1 000 OSCILACIONES).

TIEMPOS RELATIVOS	OBSERVACIONES
	b''') Temperatura y presión atmosféricas.
0^m.....	b'') Amplitud de oscilación.
1^m.....	b) Pasos del péndulo.
	b') Paralaje de las plumas cronográficas.
5^m.....	
10^m.....	b'')
15^m.....	
$17^m,40^s$.....	b)
	b')
20^m.....	b'')
	b''')

Para el pequeño aparato (péndulo pesado).

(INTERVALOS DE 2 000 OSCILACIONES).

TIEMPOS RELATIVOS	OBSERVACIONES
	b''') Temperatura y presión atmosféricas.
0^m.....	b'') Amplitudes de oscilación.
2^m.....	b) Pasos del péndulo.
	b') Paralaje de las plumas cronográficas.
5^m.....	
10^m.....	
15^m.....	b'')
20^m.....	
25^m.....	
27^m.....	b)
	b')
30^m.....	b'')
	b''')

Para el pequeño aparato (péndulo ligero).

(INTERVALOS DE 1 600 OSCILACIONES).

TIEMPOS RELATIVOS	OBSERVACIONES
	b''') Temperatura y presión atmosféricas.
0^m	b'') Amplitud de oscilación.
2^m	b) Pasos del péndulo.
	b') Paralaje de las plumas cronográficas.
5^m	
10^m	b'')
15^m	
20^m	
22^m	b)
	b')
25^m	b'')
	b''')

Con arreglo á estos programas cada uno de los observadores, con independencia del otro, practicó sus dos determinaciones aisladas para obtener un valor de la longitud absoluta del péndulo matemático de segundos (T. M.) y en el vacío, de cuya combinación se dedujo el correspondiente á la estación y el consiguiente valor de g que figuran al final de esta Memoria, en la que como en la de La Coruña sólo se consignan los resultados inmediatos de las distintas operaciones en series, refiriéndome en lo relativo á métodos de observación y fórmulas empleadas á cuanto sobre el particular dije en la de Pamplona.

Como en el presente trabajo el Sr. Los Arcos se valió del pequeño aparato para realizar sus observaciones, siguiendo la costumbre de comenzar la publicación por los resultados obtenidos con el grande, consigno á continuación los valores correspondientes á éste, dejando para el fin las observaciones y cálculos relativos al pequeño.

CAPÍTULO II

RESULTADOS INMEDIATOS DE LAS OPERACIONES EN SERIES

EQUIVALENCIAS LINEALES DE UNA VUELTA DE LOS TORNILLOS MICROMÉTRICOS

§ 11. Por los métodos de observación y de cálculo señalados en el párrafo 12, página 243 del tomo X (estación de Pamplona) se dedujeron los valores que aparecen en el *Estado* siguiente:

VALORES LINEALES

EQUIVALENTES A UNA VUELTA DE LOS TORNILLOS MICROMÉTRICOS,

EXPRESADOS EN SUBDIVISIONES MENORES DE LAS REGLAS.

DETERMINACIONES	MICROSCOPIO SUPERIOR — TRAZOS		MICROSCOPIO INFERIOR — TRAZOS	
	De + 1 á — 1.	De 10001 á 9999.	De + 1 á — 1.	De 10001 á 9999.
	D	D	D	D
1.ª	1,9330	1,9906	1,9298	1,9916
2.ª	1,9461	2,0057	1,9298	2,0176

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

§ 12. Para obtener los valores correspondientes á este elemento, nos hemos valido de la fórmula:

$$\lambda_{(t)} = R_{(t)} + (r_s - c_s)v_s + (c_i - r_i)v_i,$$

en la que son:

$\lambda_{(t)}$..... la distancia que media entre los filos de los cuchillos á la temperatura t, promedio de las observadas, corregidas de sus constantes;

$R_{(t)}$..... la que á la misma temperatura existe entre los trazos terminales de la regla;

$c_s c_i$..... los promedios para cada cuchillo de las ocho lecturas micrométricas correspondientes;

$r_s r_i$..... los promedios análogos de las cuatro lecturas hechas sobre la regla, y

$v_s v_i$..... los valores lineales en divisiones de la regla de las vueltas de los tornillos micrométricos.

Para cada determinación se ha adoptado como valor común á los dos microscopios el promedio de ambos, con lo cual la fórmula anterior para las distancias, á las temperaturas de observación y en unidades métricas de la regla m', se ha convertido en las siguientes:

Para la 1.ª DETERMINACIÓN. $\lambda_1 = 1^{m'} + 0^{m'},00010160\ ((r_s - c_s) + (c_i - r_i))$

— 2.ª — $\lambda_2 = 1^{m'} + 0^{m'},00010144$ ———

Con éstas se han deducido los valores que se consignan en los siguientes *Estados:*

ESTADO A_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

SERIES... I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ELEMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ELEMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ	TEMPERATURAS — t
				m'	°					m'	°
10	I	**H.** P al O.	Superior.	0,99951973	15,60	21	V	**H.** P al O.	Superior.	0,99951396	12,69
		E.		51625	14,47			E.		51632	12,78
11		**M.** P al E.		51966	14,67			**M.** P al E.		51808	12,06
		O.		51688	14,67			O.		51485	12,99
17	II	**H.** P al O.		0,99951969	15,27	22	VI	**H.** P al O.	Inferior.	0,99951692	12,44
		E.		51815	15,27			E.		51642	12,47
		M. P al E.		52017	15,47			**M.** P al E.		51584	12,67
		O.		51414	15,49			O.		51050	12,69
18	III	**H.** P al O.		0,99951081	15,16	23	VII	**H.** P al O.		0,99950810	11,99
		E.		51812	15,07			E.		52173	12,07
		M. P al E.		51594	15,07			**M.** P al E.		51439	12,02
		O.		51432	15,04			O.		51200	12,04
20	IV	**H.** P al O.		0,99951661	12,60	24	VIII	**H.** P al O.		0,99951168	11,73
		E.		51435	12,28			E.		51212	11,87
		M. P al E.		51514	12,32			**M.** P al E.		51017	11,84
		O.		51979	12,68			O.		51354	11,87

ESTADO A_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **a.**

SERIES... I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre y Diciembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ	TEMPERATURAS — t
				m'	°					m'	°
27	I	**H.** P al O.	Inferior.	1,00017010	11,37	1	V	**H.** P al O.	Superior	1,00016867	11,42
		E.		7097	11,47			E.		7060	11,47
		M. P al E.		7259	11,47			**M.** P al E.		6848	11,48
		O.		7334	10,99			O.		6892	11,49
28	II	**H.** P al O.		1,00017236	10,99	2	VI	**H.** P al O.		1,00017575	11,64
		E.		7354	11,12			E.		7307	11,67
		M. P al E.		7433	11,08			**M.** P al E.		7074	11,42
		O.		7497	11,12			O.		7047	11,43
29	III	**H.** P al O.		1,00017410	11,14	3	VII	**H.** P al O.		1,00017170	11,52
		E.		7315	11,27			E.		7172	11,56
		M. P al E.		7413	11,31	5		**M.** P al E.		7122	11,69
		O.		7397	11,32			O.		7128	11,67
30	IV	**H.** P al O.		1,00017202	11,48	6	VIII	**H.** P al O.		1,00017100	11,54
		E.		7209	11,51			E.		7249	11,56
		M. P al E.		7000	11,49			**M.** P al E.		7344	11,63
		O.		6868	11,32			O.		6839	11,64

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

§ 13. En la determinación de este elemento *B)* figuran como observaciones parciales las de las temperaturas de los péndulos durante los intervalos de oscilación y la presión atmosférica en este mismo intervalo, la de los pasos del péndulo por la vertical, las amplitudes de oscilación de éste y la paralaje de las plumas cronográficas.

En cuanto al procedimiento de cálculo seguido para deducir de las observaciones originales los valores que aparecen en los siguientes *Estados* ***B***, es el mismo que se consigna en los párrafos del 15 al 20, ambos inclusive, páginas 252 á 262 de la Memoria de la estación de Pamplona, tomo X de las Memorias del Instituto, en los cuales se hace constar también el modo y forma de obtener los números que aparecen en los cuadros siguientes, indispensables para llegar á los *Estados* ***B***, resultados inmediatos de la *Duración de la oscilación.*

Pero, aun cuando sin entrar en detalles, transcribo las fórmulas de que nos hemos valido para alcanzar los números que aparecen en estos estados.

§ 14. La temperatura del péndulo se ha deducido de las indicaciones (ya corregidas de sus constantes) de los dos termómetros, al principio y al fin de la determinación de la Duración. Para obtener la *presión atmosférica* hemos tomado el promedio de las dos lecturas hechas en el barómetro, una al comienzo y la otra al terminar la operación de Duración, después de reducirlas á la temperatura de 0° mediante la fórmula:

$$h = \frac{H\,(1 + kt)}{1 + Dt};$$

en la que las letras representan:

h..... la altura barométrica á 0°;
H..... la lectura promedio de las dos observadas;
k..... el coeficiente de dilatación de la escala del barómetro;
D..... el id. id. absoluta del mercurio, y
t..... el promedio de las temperaturas.

Á este valor de h hay que aplicarle algebraicamente la corrección constante del barómetro observado.

§ 15. *Amplitud de oscilación.* — La amplitud media en cada uno de los modos de suspensión (Suspensión **H** ó **M**) de las series que constituyen una determinación, exige conocer de antemano la fórmula numérica correspondiente que expresa la ley del decrecimiento de la amplitud de oscilación, para lo cual hemos empleado la expresión general:

$$a_t = A - Bt + Ct^2 - Dt^3 + \ldots\ldots;$$

limitándola en el término en t^2 para las suspensiones **H**, y tomando el t^3 en las **M**, teniendo en cuenta que t representa en minutos de tiempo el que separa cada una de estas observaciones del instante medio del total de ellas comprendidas en el programa.

Los valores indeterminados de los coeficientes A, B, C y D para la fórmula anterior se deducen hallando en el total de las suspensiones **H** ó **M** respectivamente de cada *determinación* los promedios generales de las varias amplitudes a_1, a_2, a_3, a_4, . . . correspondientes á las observaciones de amplitud 1.ª, 2.ª, 3.ª, 4.ª, etc., del programa, y formando con ellas las ecuaciones de errores *ó ecuaciones de condición:*

$$\Delta_1 = a_1 - a_{t_1} = a_1 - A + Bt_1 - Ct_1^2 + Dt_1^3$$
$$\Delta_2 = a_2 - a_{t_2} = a_2 - A + Bt_2 - Ct_2^2 + Dt_2^3,$$

y resolviendo estas ecuaciones por la teoría de los mínimos cuadrados, para que los valores de Δ sean un mínimo, se llega mediante las correspondientes ecuaciones finales á la expresión numérica de aquellos coeficientes, y con ellos á la ley de la variación de la amplitud de oscilación en los dos *casos* de cada determinación, que son las que aparecen en el siguiente

CUADRO *a*.

FÓRMULAS NUMÉRICAS

QUE EXPRESAN LAS LEYES DEL DECRECIMIENTO DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULOS	SUSPENSIONES	TIEMPOS DEL CÁLCULO	AMPLITUDES OBSERVADAS (Primeros)	AMPLITUDES CALCULADAS POR LA FÓRMULA	DIFERENCIAS Obs.—Calc.	FÓRMULAS
Pesado....	H	m — 10	63′,09	63′,12	— 0′,03	
		5	59,19	59,09	+ 0,10	
		0	55,28	55,37	— 0,09	$\alpha_t = 55',376 - 0',7126.t + 0',006199.t^2.$
		+ 5	52,00	51,97	+ 0,03	
		+ 10	48,87	48,87	0,00	
Pesado....	M	— 10	70,34	70,34	0,00	
		5	60,92	60,91	+ 0,01	
		0	51,66	51,68	— 0,02	$\alpha_t = 51',6814 - 1',5518.t + 0',02977.t^2 - 0',00016.t^3.$
		+ 5	44,66	44,65	+ 0,01	
		+ 10	38,97	38,98	— 0,01	
Ligero....	H	— 10	66,19	66,19	0,00	
		5	58,96	58,96	0,00	
		0	52,50	52,51	— 0,01	$\alpha_t = 52',5137 - 1',2106.t + 0',01568.t^2.$
		+ 5	46,87	46,85	+ 0,02	
		+ 10	41,97	41,98	— 0,01	
Ligero....	M	— 10	87,03	87,02	+ 0,01	
		5	64,34	64,39	— 0,05	
		0	48,53	48,46	+ 0,08	$\alpha_t = 48',436 - 2',639.t + 0',0373.t^2 - 0',00244.t^3.$
		+ 5	37,34	37,39	— 0,05	
		+ 10	29,37	29,35	+ 0,02	

§ 16. Las fórmulas anteriores, si bien expresan de un modo general en cada *caso* ó *modo de suspensión*, dentro de la *determinación* á que corresponden, la ley de variación de la amplitud en función de los tiempos relativos, no son aplicables uno á uno á cada uno de los *modos* de suspensión del *caso*, porque los límites de la amplitud observada en cada uno de ellos no son los mismos que han servido para deducir la fórmula general, que por consecuencia necesita modificarse para cada *modo*, aplicando á t una corrección Δt distinta para cada uno, y cuya determinación se alcanza del modo siguiente.

Empleando las fórmulas numéricas que expresan las leyes del decrecimiento de la amplitud de oscilación, se ha formado la adjunta *tabla de amplitudes* de oscilación, en las que se hallan comprendidas todas las de los diversos programas.

TABLA

DE

AMPLITUDES DE OSCILACION

SEGÚN LAS FÓRMULAS CALCULADAS

GRAN APARATO

TIEMPOS DEL CÁLCULO	PÉNDULO PESADO.		PÉNDULO LIGERO.	
	H	M	H	M
m	°	°	°	°
— 15	—	—	—	—
— 14	—	—	—	—
— 13	—	—	—	—
— 12	—	—	—	—
— 11	—	—	—	—
— 10	63,12	70,34	66,19	87,02
— 9	62,29	68,18	64,68	81,87
— 8	61,47	66,09	63,20	77,04
— 7	60,67	64,06	61,76	72,53
— 6	59,87	62,10	60,34	68,32
— 5	59,19	60,21	58,96	64,39
— 4	58,32	58,38	57,61	60,72
— 3	57,57	56,61	56,29	57,31
— 2	56,83	54,91	55,00	54,14
— 1	56,09	53,26	53,74	51,19
0	55,37	51,68	52,51	48,46
+ 1	54,67	50,16	51,32	45,91
+ 2	53,98	48,70	50,16	43,55
+ 3	53,29	47,29	49,02	41,35
+ 4	52,62	45,94	47,92	39,30
+ 5	51,97	44,65	46,85	37,39
+ 6	51,32	43,41	45,81	35,60
+ 7	50,69	42,22	44,81	33,92
+ 8	50,07	41,09	43,83	32,32
+ 9	49,46	40,01	42,89	30,81
+ 10	48,87	38,98	41,98	29,35
+ 11	—	—	—	—
+ 12	—	—	—	—
+ 13	—	—	—	—
+ 14	—	—	—	—
+ 15	—	—	—	—

§ 17. Por medio de la fórmula

$$\alpha = \frac{2\left[\alpha_t\right] - \left(\alpha_{t_i} - \alpha_{t_n}\right)}{2(n-1)},$$

en donde α representa los promedios de las amplitudes observadas que figuran en el cuadro α, se ha deducido α_m, valor medio de éstas en cada uno de los *casos*. La diferencia entre α_m, valor general para todo el *caso*, y a_m correspondiente á cada *modo*, es función, según las fórmulas de la ley del decrecimiento, de la corrección Δt, que se trata de deducir, y que se obtiene con bastante aproximación por la tabla de amplitudes admitiendo la hipótesis de la proporcionalidad entre las diferencias de las amplitudes y las de los tiempos, pues por interpolación puede obtenerse para la diferencia $(\alpha_m - a_m)$ la correspondiente en tiempo Δt.

Determinados los valores de Δt, correspondientes á cada *modo de suspensión*, por el procedimiento apuntado, valiéndose de la *tabla de amplitudes*, por interpolación, se han deducido los valores más probables de éstas para los tiempos comprendidos, según las determinaciones, entre la primera y última observación de amplitud, y luego con estos valores se ha llegado á las amplitudes medias, que aparecen más adelante en los *Estados* **B**, valiéndonos de la expresión

$$A_m = \frac{2\left[a_t\right] - \left(a_{t_i} - a_{t_n}\right)}{2(n-1)}.$$

Con el fin de deducir si las condiciones en que se hicieron las observaciones en los distintos casos responden á las que señala la teoría, y fundándose en que, según ésta, los decrementos diferenciales de la amplitud de igual magnitud para el mismo péndulo, al oscilar en una y otra suspensión y en condiciones semejantes del medio ambiente, deben resultar aproximadamente en relación inversa de las distancias h_n y h_m del centro de gravedad á los de suspensión, se ha formado el siguiente cuadro α', en que, como se ve, figuran los decrementos de amplitud en un segundo de tiempo para los valores de 5′ en 5′ de arco comprendido entre los límites de las observadas.

CUADRO a'

DECREMENTO DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN

EN UN SEGUNDO DE TIEMPO

DETERMINACIONES	AMPLITUDES	TIEMPOS		DECREMENTOS		RELACIONES ENTRE LOS DECREMENTOS	PROMEDIOS	RELACIONES $\frac{\delta_M}{\delta_H}$
		Suspensión H	Suspensión M	Suspensión H	Suspensión M			
1.ª	60′	− 6,162	− 4,885	0,7903	1,8541	0,4273		
	55	+ 0,529	− 2,053	0,7058	1,6760	4211	0,4191	0,4210
	50	+ 8,115	+ 1,110	0,6077	1,4863	4089		
2.ª	65	− 9,112	− 5,755	1,4905	3,4477	0,4349		
	60	− 3,754	− 2,789	1,3910	3,2712	4252		
	55	− 2,000	− 2,272	1,2733	3,0432	4184	0,4156	0,4175
	50	+ 2,140	− 0,564	1,1435	2,7465	4163		
	45	+ 6,810	+ 1,386	0,9971	2,3554	4233		

§ 18. *Cálculo de los instantes de paso.* — Los *instantes de paso* (en la cinta cronográfica), que constituyen parte del programa de la *Duración de la oscilación* se deducen de la observación en la cinta de la siguiente manera. Después de traducida ésta en las marcas relativas á los pasos del péndulo por la vertical señaladas por el top, en los dos grupos de cincuenta hechos al principio y al fin, se halla el promedio de los cincuenta primeros para deducir el instante en que se verifica el primer paso del grupo, y la propia operación se practica para determinar el momento relativo del segundo grupo en que se completa un número exacto y conocido de oscilaciones á partir del primer paso del primer grupo.

§ 19. *Paralaje de las plumas.* — Este valor se deduce tomando el promedio de los obtenidos traduciendo las indicaciones de la cinta cronográfica al señalar los mismos momentos físicos, con la pluma del péndulo sidéreo y la de señales á voluntad, que aun cuando corresponden á los mismos instantes, aparecen ser de tiempos diferentes por la distinta rapidez del registro de las dos plumas. Á cada grupo de pasos se le asigna el valor de la paralaje correspondiente y no uno común á ambos grupos, porque pudieran variar del uno al otro las circunstancias que influyen en aquélla.

Consignada la manera de obtener los valores indicados, á continuación se transcriben los siguientes *Estados* ***B***.

ESTADO B_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **B.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la clista cronográfica).	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES INICIALES	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
10	I	**H.** P al O.	1.º	0	18 3 9,204	+ 0,042		14,27	755,98
			2.º	1 000	18 19 55,312	+ 0,030	35,27		
		H. P al E.	1.º	0	19 9 1,948	+ 0,015		14,64	756,50
			2.º	1 000	19 25 48,083	+ 0,025	55,04		
11		**M.** P al E.	1.º	0	18 50 1,094	+ 0,007		14,67	762,81
			2.º	1 000	19 6 47,252	— 0,008	51,34		
		M. P al O.	1.º	0	19 47 2,626	+ 0,004		14,67	762,91
			2.º	1 000	20 3 48,783	+ 0,002	51,62		
17	II	**H.** P al O.	1.º	0	12 51 4,509	+ 0,006		15,27	758,70
			2.º	1 000	13 7 50,661	+ 0,022	55,27		
		H. P al E.	1.º	0	13 52 0,388	+ 0,008		15,27	758,55
			2.º	1 000	14 8 46,557	+ 0,028	54,63		
		M. P al E.	1.º	0	14 50 3,674	+ 0,005		15,27	758,35
			2.º	1 000	15 6 49,888	+ 0,026	51,40		
		M. P al O.	1.º	0	15 46 4,696	— 0,026		15,44	757,65
			2.º	1 000	16 2 50,921	— 0,001	51,57		

ESTADO B_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **B.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
28	III	**H.** P al O.	1.º	0	12 30 34,229	+ 0,017		15,17	749,88
			2.º	1 000	12 47 20,358	+ 0,013	55,39		
		H. P al E.	1.º	0	13 23 1,401	— 0,001		15,07	749,74
			2.º	1 000	13 39 47,542	+ 0,007	54,69		
		M. P al E.	1.º	0	14 16 0,566	+ 0,004		15,12	749,36
			2.º	1 000	14 32 46,747	+ 0,011	51,50		
		M. P al O.	1.º	0	15 7 3,650	+ 0,014		15,07	748,85
			2.º	1 000	15 23 49,827	+ 0,013	51,93		
20	IV	**H.** P al O.	1.º	0	13 8 2,338	+ 0,022		12,36	754,06
			2.º	1 000	13 24 48,460	+ 0,013	55,39		
		H. P al E.	1.º	0	14 8 3,188	+ 0,009		12,27	754,09
			2.º	1 000	14 24 49,794	+ 0,009	55,04		
		M. P al E.	1.º	0	15 1 2,472	+ 0,029		12,17	753,95
			2.º	1 000	15 17 48,679	+ 0,010	52,48		
		M. P al O.	1.º	0	15 58 3,418	+ 0,008		12,52	753,76
			2.º	1 000	16 11 51,589	+ 0,007	51,11		

ESTADO B_1

1.ª DETERMINACIÓN — GRAN APARATO

PENDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... II.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DIAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NUMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	TARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
21	V	H. P al O.	1.°	0	13 29 2,168	+ 0,008		22,05	762,28
			2.°	1 000	13 45 48,302	+ 0,005	55,27		
		H. P al E.	1.°	0	14 22 3,698	+ 0,008		22,69	762,67
			2.°	1 000	14 38 40,810	— 0,015	55,70		
		M. P al E.	1.°	0	15 10 2,886	— 0,009		22,94	762,79
			2.°	1 000	15 26 49,066	— 0,007	51,57		
		M. P al O.	1.°	0	15 29 4,461	— 0,013		23,02	762,78
			2.°	1 000	16 15 50,655	+ 0,004	51,46		
22	VI	H. P al O.	1.°	0	13 53 2,831	+ 0,021		22,49	767,49
			2.°	1 000	14 9 48,356	+ 0,010	55,16		
		H. P al E.	1.°	0	14 46 5,859	+ 0,024		22,47	767,14
			2.°	1 000	15 4 51,986	+ 0,018	55,16		
		M. P al E.	1.°	0	15 42 0,031	+ 0,004		22,54	766,33
			2.°	1 000	15 58 46,209	+ 0,007	51,40		
		M. P al O.	1.°	0	16 38 2,962	+ 0,011		22,68	765,82
			2.°	1 000	16 54 49,143	+ 0,015	52,37		

ESTADO B_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.) h m s	PARALAJE DE LAS PLUMAS ″	AMPLITUDES DE SERIES ′	TEMPERATURAS °	PRESIONES mm
23	VII	H.P al O.	1.º	0	13 8 3,412	+ 0,006		11,99	757,77
			2.º	1 000	13 24 49,359	+ 0,018	36,16		
		H.P al E.	1.º	0	14 3 3,668	+ 0,018		12,01	756,97
			2.º	1 000	14 19 49,792	+ 0,009	36,27		
		M.P al E.	1.º	0	15 1 4,194	— 0,001		12,09	756,06
			2.º	1 000	15 17 50,472	+ 0,000	51,80		
		M.P al O.	1.º	0	15 50 3,908	+ 0,013		12,04	755,37
			2.º	1 000	16 6 50,069	+ 0,004	51,50		
24	VIII	H.P al O.	1.º	0	16 32 2,073	+ 0,004		11,57	758,12
			2.º	1 000	16 48 47,241	+ 0,028	55,27		
		H.P al E.	1.º	0	15 38 4,101	+ 0,012		11,88	758,63
			2.º	1 000	15 54 49,203	+ 0,018	55,27		
		M.P al E.	1.º	0	13 26 55,427	+ 0,000		11,86	758,78
			2.º	1 000	13 43 42,596	+ 0,000	52,01		
		M.P al O.	1.º	0	14 31 59,266	+ 0,040		11,86	758,59
			2.º	1 000	14 48 46,398	+ 0,004	51,83		

ESTADO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	°	°	mm
27	I	H.P al O.	1.º	0	14 49 5,012	+ 0,002		11,38	764,61
			2.º	1 000	15 5 51,382	— 0,001	52,27		
		H.P al E.	1.º	0	15 36 3,653	+ 0,013		11,42	764,61
			2.º	1 000	15 52 50,001	— 0,010	52,33		
		M.P al E.	1.º	0	16 09 3,838	— 0,003		11,48	764,52
			2.º	1 000	16 45 50,235	— 0,004	49,73		
		M.P al O.	1.º	0	13 35 2,998	+ 0,005		10,84	772,85
			2.º	1 000	13 51 49,391	— 0,002	49,73		
28	II	H.P al O.	1.º	0	14 24 4,696	+ 0,002		10,97	772,45
			2.º	1 000	14 40 51,080	+ 0,010	51,82		
		H.P al E.	1.º	0	15 11 3,982	— 0,005		11,06	772,71
			2.º	1 000	15 27 50,364	+ 0,004	51,98		
		M.P al E.	1.º	0	15 58 6,132	+ 0,011		11,09	772,53
			2.º	1 000	16 14 52,544	+ 0,012	49,73		
		M.P al O.	1.º	0	16 38 2,327	+ 0,001		11,07	772,31
			2.º	1 000	16 54 48,961	+ 0,020	49,35		

ESTADO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos..... **a.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	°	°	mm
29	III	H. P al O.	1.º	0	13 41 4,306	— 0,015		11,10	772,80
			2.º	1 000	13 57 50,708	+ 0,007	52,16		
		H. P al E.	1.º	0	14 30 3,259	— 0,012		11,22	771,77
			2.º	1 000	14 46 49,626	— 0,016	52,16		
		M. P al E.	1.º	0	15 14 2,734	— 0,005		11,27	771,53
			2.º	1 000	15 30 49,141	— 0,008	49,10		
		M. P al O.	1.º	0	16 3 5,097	— 0,001		11,29	771,06
			2.º	1 000	16 19 51,487	— 0,012	49,53		
30	IV	H. P al O.	1.º	0	13 32 4,202	+ 0,002		11,44	759,21
			2.º	1 000	13 48 50,589	+ 0,010	52,38		
		H. P al E.	1.º	0	14 03 3,251	— 0,001		11,54	759,20
			2.º	1 000	14 39 49,513	+ 0,005	52,27		
		M. P al E.	1.º	0	15 7 2,852	— 0,001		11,49	759,08
			2.º	1 000	15 25 49,207	— 0,006	49,10		
		M. P al O.	1.º	0	15 51 3,148	+ 0,004		11,57	758,67
			2.º	1 000	16 7 49,546	— 0,001	49,73		

ESTADO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Diciembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
1	V	H. P al O.	1.º	0	13 40 3,973	— 0,001		11,43	758,82
			2.º	1 000	13 56 50,351	— 0,003	52,38		
		H. P al E.	1.º	0	15 16 3,636	+ 0,014		11,46	759,01
			2.º	1 000	15 32 49,984	— 0,008	52,66		
		M. P al E.	1.º	0	15 58 3,747	+ 0,017		11,46	758,78
			2.º	1 000	16 14 50,103	— 0,022	49,75		
		M. P al O.	1.º	0	16 39 2,924	— 0,006		11,48	758,66
			2.º	1 000	16 55 49,407	+ 0,012	49,43		
2	VI	H. P al O.	1.º	0	14 27 4,294	+ 0,004		11,63	759,49
			2.º	1 000	14 43 50,682	+ 0,010	52,38		
		H. P al E.	1.º	0	15 8 2,808	+ 0,034		11,67	759,63
			2.º	1 000	15 24 49,144	+ 0,000	52,38		
		M. P al E.	1.º	0	15 29 2,769	+ 0,002		11,37	763,06
			2.º	1 000	15 45 49,800	+ 0,018	50,07		
		M. P al O.	1.º	0	16 12 3,415	— 0,009		11,42	762,78
			2.º	1 000	16 28 49,852	+ 0,017	48,02		

ESTADO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **II.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1803. Diciembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	°	°	mm
2	VII	H.P al O.	1.º	0	18 39 2,929	+ 0,016		11,47	762,40
			2.º	1 000	17 15 49,284	— 0,006	52,27		
		H.P al E.	1.º	0	14 37 3,728	+ 0,012		11,49	762,30
			2.º	1 000	14 53 50,685	+ 0,021	52,38		
3		M.P al E.	1.º	0	15 31 3,862	— 0,003		11,60	762,14
			2.º	1 000	15 47 50,301	+ 0,020	49,35		
		M.P al O.	1.º	0	16 41 3,823	+ 0,015		11,67	759,78
			2.º	1 000	16 55 50,212	+ 0,001	49,15		
5	VIII	H.P al O.	1.º	0	14 17 4,310	— 0,001		11,54	761,00
			2.º	1 000	14 33 50,921	+ 0,009	52,38		
		H.P al E.	1.º	0	15 4 4,138	+ 0,001		11,59	761,14
			2.º	1 000	15 20 50,534	+ 0,027	52,38		
		M.P al E.	1.º	0	15 50 3,099	— 0,002		11,63	760,81
			2.º	1 000	16 6 49,528	+ 0,005	49,25		
		M.P al O.	1.º	0	16 44 3,981	+ 0,004		11,62	760,51
			2.º	1 000	17 0 49,377	— 0,002	49,58		

§ 20. Para deducir los resultados inmediatos de las observaciones de situación del centro de gravedad del péndulo respecto á los filos de los cuchillos, nos hemos valido de las fórmulas:

$$\delta = \frac{d_n - d_m}{2},$$

$$h_m = \frac{\lambda}{2} - \delta, \text{ y}$$

$$h_n = \frac{\lambda}{2} + \delta;$$

siendo:

d_n y d_m ..... las distancias entre los dos índices del aparato de centro de gravedad, cuando el contacto con los filos de los cuchillos se ha verificado respectivamente con el inmediato al disco hueco ó macizo;

δ ..... la que mediaba entre los centros de gravedad y de figura del péndulo;

λ ..... la que existe entre los filos de los cuchillos, y

h_n y h_m ..... la que media respectivamente de cada uno de estos filos al centro de gravedad del péndulo.

Para λ se han tomado como valores sobradamente aproximados los promedios generales de las *Distancias* entre los cuchillos en cada determinación, expresados en unidades métricas de las reglas de cada aparato.

ESTADO c_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos..... **a.**
SERIES I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ.... 990mm,51. *1893. Noviembre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\overline{\delta}$	Cuchillo M $\overline{\delta}_M$	Cuchillo H $\overline{\delta}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\overline{\delta}$	Cuchillo M $\overline{\delta}_M$	Cuchillo H $\overline{\delta}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
10	I	S	203,60	296,16	703,38	21	V	S	203,59	296,17	703,35
		I	66	10	42			I	65	11	41
11		S	74	02	30			S	59	17	35
		I	77	5,99	33			I	65	11	41
17	II	S	203,64	296,12	703,40	22	VI	S	203,63	296,13	703,39
		I	64	12	40			I	60	16	36
		S	62	14	38			S	66	10	42
		I	65	11	41			I	60	14	38
18	III	S	203,63	296,13	703,39	23	VII	S	203,60	296,16	703,36
		I	68	08	44			I	68	08	44
		S	62	14	38			S	64	12	40
		I	65	11	41			I	61	15	37
20	IV	S	203,63	296,13	703,39	24	VIII	S	203,62	296,14	703,38
		I	61	15	37			I	57	19	33
		S	62	14	38			S	60	14	38
		I	66	10	42			I	62	14	38

ESTADO C_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos..... **II.**
SERIES I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ ..... $1\,000^{mm},17$. *1893. Noviembre y Diciembre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
27	I	S	205,51	294,58	705,60	1	V	S	205,50	294,59	705,59
		I	50	59	59			I	51	58	60
28		S	50	59	59			S	48	61	57
		I	51	58	60			I	51	58	60
28	II	S	205,47	294,61	705,56	2	VI	S	205,50	294,59	705,59
		I	50	59	59			I	51	58	60
		S	49	60	58			S	50	59	59
		I	51	58	60			I	50	59	59
29	III	S	205,50	294,59	705,59	2	VII	S	205,50	294,59	705,59
		I	51	58	60			I	48	61	57
		S	50	59	59	3		S	47	62	56
		I	50	59	59			I	51	58	60
30	IV	S	205,50	294,59	705,59	5	VIII	S	205,49	294,60	705,58
		I	51	58	60			I	50	59	59
		S	50	59	59			S	49	60	58
		I	51	58	60			I	51	58	60

CAPÍTULO III

OPERACIONES COMPLEMENTARIAS

§ 21. De las operaciones complementarias que constituyen el programa general de una Determinación dije que nos habíamos limitado solamente á determinar las constantes termométricas y el estado y movimientos del reloj eléctrico con el que estaba ligado el cronógrafo, y aun cuando con estos datos sería suficiente para poder seguir la marcha de los estados que más adelante se estampan, creo no huelga repetir los valores de los datos tomados de la obra del Sr. Barraquer ó de la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, á fin de tener completos todos los elementos de cálculo necesarios para pasar de los *Resultados inmediatos á los valores reducidos*.

Claro es que en esta parte hay valores que son comunes á las determinaciones independientes hechas por el Sr. Los Arcos y por el que suscribe, y que por tanto deben suponerse como estampados en la segunda parte de esta Memoria, aun cuando de hecho, y para evitar inútiles repeticiones, sólo se consignen en la primera.

CONSTANTES TERMOMÉTRICAS

SITUACIÓN DEL PUNTO CERO

§ 22. Las excelentes condiciones de los termómetros de Baudin y la perfección de su calibre y escala hizo innecesaria la comparación de ellos con otro termómetro tipo, limitándonos á la determinación del punto cero, que se ejecutó sumergiendo por buen espacio de tiempo los termómetros en hielo fundente y

leyendo repetidas veces la indicación de su columna, para deducir en cada termómetro el promedio de estas lecturas hechas al empezar y terminar las operaciones todas de la estación. En su consecuencia, se aceptaron como valores de las correcciones los siguientes:

SITUACIONES DEL PUNTO CERO EN LOS TERMÓMETROS

N.º 9 602	N.º 9 611	N.º 9 614
$+ 0{,}34^{\circ}$	$+ 0{,}32^{\circ}$	$+ 0{,}38^{\circ}$

§ 23. Los barómetros de Tonnelot, empleados en las observaciones, se estudiaron por el Observatorio Astronómico de Madrid, que facilitó sus correspondientes correcciones; pero eran de tan escasa monta, algunas centésimas de milímetro, que no se tomaron en cuenta, aceptando como verdaderas las lecturas hechas en ellos.

ACORTAMIENTO DE LA REGLA DEL GRAN APARATO POR SU PROPIO PESO

§ 24. Las constantes ε_0 y ε^0 del acortamiento de la regla del gran aparato ó disminuciones en su longitud producidas por su peso en las situaciones *o* inferior y *o* superior, son, según las observaciones directas practicadas por el Señor Barraquer:

$$\varepsilon_0 = 0{,}32^{\mu}$$

$$\varepsilon^0 = 0{,}87^{\mu}.$$

En el pequeño aparato no se toman en consideración análogas correcciones porque carecen de importancia, por su magnitud.

LONGITUD ABSOLUTA DE LAS REGLAS

ECUACIONES DE LAS REGLAS

§ 25. Los valores suministrados por la *Oficina Internacional de Pesas y Medidas* referentes á las constantes de las reglas de los dos aparatos de

Péndulo que posee el INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO, son los que figuran en las siguientes dos ecuaciones:

ECUACIÓN DE LA REGLA DEL GRAN APARATO DE PÉNDULO

(Longitud del intervalo entre los trazos **0** y **1**^{M} (10 000), á la temperatura de observación, t.)

$$R'_{(t)} = 0^{m},999\,875\,04\,(1 + 0,000\,018\,124\,t) + \sqrt{(0^{m},000\,000\,26)^2 + (0,000\,000\,021\,t)^2}$$

ECUACIÓN DE LA REGLA DEL PEQUEÑO APARATO DE PÉNDULO

(Longitud del intervalo entre los trazos 0 y 5 570, á las temperaturas de observación, t.)

$$R''_{(t)} = 0^{m},558\,961\,3\,(1 + 0,000\,018\,070\,t) + \sqrt{(0^{m},000\,000\,60)^2 + (0^{m},557 \times 0,000\,000\,059t)^2}$$

MARCHA DEL RELOJ ELÉCTRICO

DETERMINACIÓN DE LA HORA

§ 26. La determinación del estado y movimiento del reloj eléctrico la realizamos, como en las estaciones de Pamplona y La Coruña, por el método del Astrónomo del Observatorio de Cincinati, Sr. Stone.

Sobre un sólido pilar de mampostería y sillar se situó el anteojo portátil de pasos de Repsold, perfectamente nivelado, bien orientado en azimut y corregido de colimación, á fin de que los tres inevitables errores de instalación *inclinación*, *azimut* y *colimación*, se redujeran en su valor á un mínimum, condición indispensable para que pueda aplicarse con precisión y confianza el citado método de Stone, que supone circunstancias especiales de instalación del aparato y de situación de las estrellas que hayan de observarse, á fin de que por la concurrencia de unas y otras se eliminen por el procedimiento los errores de azimut y colimación, y sólo deba tomarse en cuenta el de inclinación, que ha de tratarse de que sea reducido. Á todas estas condiciones procuramos responder esmerándonos en el cuidado de la instalación y observaciones, que se hacían registrando en la cinta cronográfica, valiéndonos de un top de señales á voluntad, el paso de las estrellas del programa por los hilos del retículo del anteojo.

§ 27. El cálculo del *estado* del reloj eléctrico que nos servía para la observación de las estrellas, y era el mismo de las observaciones de *Duración*, se

hacía por la fórmula siguiente, que derivada de las de Bessel ó Mayer, aplica Stone al mencionado fin, cuando se cumplen las circunstancias y requisitos de que se ha hecho mención:

$$\Delta T = \frac{1}{2}(\delta_1 T + \delta T) - b \sec \varphi,$$

en las que son:

ΔT..... el estado de adelanto ó atraso del reloj;

$\delta_1 T$ y δT..... dos valores aproximados de la incógnita anterior, obtenidos como después se indica;

b..... la inclinación, en segundos de tiempo, con respecto al horizonte, del eje de rotación del anteojo, considerada como *positiva* cuando el muñón occidental se halla más alto, y como *negativa* en el caso contrario, y

φ..... la latitud geográfica del punto de estación.

En esta expresión figuran las dos cantidades $\delta_1 T$ y δT, cuyos valores se deducen de la fórmula:

$$\delta T = (\alpha_2 - T_2) + \left\{(\alpha_2 - T_2) - (\alpha_1 - T_1)\right\} \frac{\operatorname{sen}(\varphi - \delta_2)\cos\delta_1}{\cos\varphi \operatorname{sen}(\delta_2 - \delta_1)}$$

ó designando por N este último factor fraccionario:

$$\delta T = (\alpha_2 - T_2) + \left\{(\alpha_2 - T_2) - (\alpha_1 - T_1)\right\} N;$$

en la cual son:

α_1 y α_2..... las ascensiones rectas de dos estrellas *primera* y *segunda* por el orden en que se verifican sus culminaciones, *casi cenital* una y *casi ecuatorial* la otra, y cuyos pasos se observan con el anteojo meridiano en su posición de ocular al Este;

δ_1 y δ_2..... las declinaciones de estas estrellas, y

T_1 y T_2..... el tiempo marcado en horas, minutos, segundos y fracción de éstos.

El valor de δ_1 T se obtiene por análoga fórmula correspondiente á otras dos estrellas, *tercera* y *cuarta* de posición semejante á las dos primeras y observadas en la situación del anteojo: ocular al Oeste.

Además de las condiciones antes señaladas, si la fórmula del *estado* del reloj deducida por Stone ha de ser aplicable en regulares condiciones, es necesario que cada par de estrellas ó grupo primero y segundo difieran muy poco en tiempo ó ascensión recta, y que las de uno y otro grupo tengan situación muy semejante ó que por lo menos una de cada uno de ellos culmine muy cerca del cenit.

Claro es que subordinado el problema de la determinación de hora al esencial de las observaciones con el péndulo, no siempre se ha podido responder con absoluta escrupulosidad á todas estas condiciones; pero en cuanto ha sido posible, y sin omitir esmero ni cuidado alguno, se ha procurado llenarlas.

§ 28. Calculados de este modo los valores del *estado* del reloj, que se observaba siempre que el estado de la atmósfera lo permitía, y que corresponden á los tiempos medios de cada una de las observaciones de hora, se deducía el *movimiento* correspondiente al intervalo que las separaba, y con este movimiento se calculaba el que sería en veinticuatro horas, y finalmente el que corresponde á un segundo. Todo como puede verse en el siguiente *Estado:*

CUADRO *G*

ESTADOS Y MOVIMIENTOS

DEL PÉNDULO SIDÉREO DE HIPP, NÚM. 3.

FECHAS	HORA SIDÉREA MEDIA DE LA OBSERVACIÓN	ESTADO CORRESPONDIENTE	MOVIMIENTO DEDUCIDO EN 24 HORAS	MOVIMIENTOS ABSOLUTOS EN LA UNIDAD DE TIEMPO (UN SEGUNDO)	INTERVALOS DE TIEMPO Á QUE LOS MOVIMIENTOS SE REFIEREN
	h	s	s	s	
Noviembre 7....	24,7	— 5,636	— 0,704	— 0,00000814	Día 10.
— 10....	20,7	— 8,218	+ 1,160	+ 0,00001341	— 11.
— 11....	4,9	— 6,664	+ 0,400	+ 0,00000462	— 12.
— 12....	22,5	— 5,972	— 0,244	— 0,00000282	— 13.
— 14....	22,5	— 6,216	— 0,647	— 0,00000748	Días 14, 15 y 16.
— 16....	5,4	— 7,050	— 0,870	— 0,00001006	Día 17.
— 17....	20,6	— 8,468	— 1,529	— 0,00001768	— 18.
— 18....	21,1	— 9,997	— 1,238	— 0,00001431	— 19.
— 19....	21,8	— 11,235	— 2,096	— 0,00002425	— 20.
— 20....	2,7	— 13,330	— 1,931	— 0,00002232	— 21.
— 21....	21,3	— 15,237	— 1,559	— 0,00001802	— 22.
— 22....	22,2	— 16,858	— 1,741	— 0,00002013	Días 23 y 24.
— 24....	22,1	— 20,341	— 2,207	— 0,00002551	Día 25.
— 25....	22,4	— 22,548	— 2,348	— 0,00002660	— 26.
— 26....	22,0	— 24,897	— 1,658	— 0,00001917	— 27.
— 27....	22,0	— 26,485	— 0,059	— 0,00000068	Días 28, 29, 30 y 1.º dic.
Diciembre 1....	21,8	— 27,413			
— 2....	23,0	+ 0,010	— 2,024	— 0,00002340	Día 2.
— 3....	23,5	— 1,854	— 1,798	— 0,00002075	— 3.
— 4....	23,7	— 3,444	— 1,673	— 0,00001934	— 5.
— 5....	1,5	— 5,247			

CAPÍTULO IV

REDUCCIÓN DE LAS OBSERVACIONES

A') DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

§ 29. Aun cuando en los anteriores *Estados* figuran todos los Resultados inmediatos de las distintas operaciones en series necesarias para una *determinación completa*, no se hallan todavía estos Resultados en condiciones de combinarlos entre sí para deducir la longitud del péndulo matemático de segundos, por medio de las fórmulas fundamentales de esta teoría, porque estas fórmulas suponen una *correlación* que aún no existe entre los elementos Distancias, Situación del centro de gravedad y Duración de la oscilación, que son los que constituyen el programa de la *determinación*.

Las condiciones que teóricamente deben satisfacer los elementos que integran el progama de una determinación experimental de la intensidad de la fuerza de la gravedad son: la invariabilidad de la forma y dimensiones del péndulo y de su momento de inercia y la igualdad en cada una de las dos distintas suspensiones del péndulo de todas las circunstancias que pueden tener influencia en la duración de la oscilación, y como quiera que los valores deducidos de la observación (Resultados inmediatos) no cumplen tales condiciones, hay que modificarlos ó *reducirlos* de modo que las llenen ó resulten *correlativos* entre sí.

De dos maneras podría llegarse á esta *correlación*: bien considerando cada *serie* como una determinación ó bien haciendo correlativos dentro de ésta todos los elementos entre sí: primero los de la misma especie y después unos con otros los de distinta naturaleza. Este último ha sido el procedimiento seguido, pues el cálculo de cada serie resultaría casi tan penoso como el de toda la deter-

minación, y tendría que repetirse tantas veces como series constituyen ésta.

§ 30. Los valores de las *Distancias*, que figuran en los Resultados inmediatos que anteceden *(Estados A)*, indican los que les correspondían en unidades métricas de la regla colocada verticalmente y según la situación de ésta, y además dependían de las distintas temperaturas á que se determinaron y del modo de suspensión del péndulo. Para hacer, pues, *correlativos* estos valores dentro de cada determinación, es necesario corregir los hallados por estos distintos conceptos, ó por lo menos estudiar si tienen influencia ó no estas correcciones para aplicarlas ó prescindir de ellas, según la cuantía de su influencia.

Para reducir las distancias á unidades métricas de las reglas en posición horizontal, que es aquella para las que se determinaron en Breteuil sus respectivas ecuaciones, se aplicaron á los valores que figuran en los *Estados A)* las correcciones encontradas por el Sr. Barraquer por el acortamiento de la regla del gran aparato debido á su peso, y en las dos colocaciones respectivas:

Para **O** inferior..... $\varepsilon_{\prime} = 0{,}32^{\mu}$ y

Para **O** superior..... $\varepsilon'' = 0{,}87$.

Esta corrección, dependiente de la situación vertical de la regla y de su colocación, se aplicó sólo al gran aparato, pues que la correspondiente al pequeño, en consideración á su reducido peso, resulta inapreciable.

En atención á que la iluminación de los cuchillos ofrecía no pequeñas dificultades en el local de la estación, por la época en que se realizaron, y á la escasa influencia que en anteriores estaciones habíamos podido notar por la distinta iluminación de los cuchillos en los valores de las *Distancias*, observamos siempre éstos oscuros.

§ 31. Corregidas las *Distancias* del acortamiento de las reglas por su peso y en sus distintas colocaciones, como más arriba se indica, queda que apreciar la influencia que en aquellos elementos hayan podido ejercer los dos modos de suspensión del péndulo, por la distinta extensión de su varilla en una y otra manera de suspensión y por la diferente deformación que consecuentemente han de experimentar los cuchillos y plano de apoyo. Á fin de poder comparar entre sí unos y otros valores se dedujeron los promedios de los *Estados A)* en cada determinación para las dos suspensiones **H** y **M** y sus diferencias respectivas, que son las del siguiente cuadro:

CUADRO A'''

RESUMEN COMPARATIVO

DE LOS RESULTADOS CORRESPONDIENTES EN AMBAS SUSPENSIONES

DETERMINACIONES	COLOCACIÓN DE LOS PÉNDULOS	SUSPENSIÓN H		SUSPENSIÓN M		DIFERENCIAS ENTRE LAS (H — M)	
		Distancias.	Temperaturas.	Distancias.	Temperaturas.	Distancias.	Temperaturas.
1.ª	a	m 0,99951455 ± 0,00000037	° 13,365	m 0,99951493 ± 0,00000048	° 13,362	m −0,00000038 ± 0,00000074	° +0,003
2.ª	a	1,00017149 29	11,421	1,00017085 39	11,422	+0,00000064 49	−0,001

Como en él se ve, las diferencias entre unas y otras *Distancias* son de escasa monta y de variable signo, de modo que puede admitirse que la manera de suspensión no tiene influencia sensible en la magnitud de las *Distancias*, por lo cual se acepta para éstas en cada determinación un valor único, promedio del de las distintas suspensiones, reducidas á la misma temperatura, promedio de las casi idénticas que en ellas se han observado, toda vez que sus diferencias son sólo de pocas centésimas de grado, y como quiera que las reglas y péndulos del aparato están formados de la misma materia, sometida á las mismas operaciones mecánicas, y por tanto puede admitirse que poseen el mismo coeficiente de dilatación, se ha adoptado para cada determinación un valor único de las *Distancias* correspondiente á la *temperatura normal*, promedio de las respectivas temperaturas.

CUADRO A^{IV}

VALORES REDUCIDOS DE LAS «DISTANCIAS»

DE

UNIDADES MÉTRICAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES

DETERMINACIONES	APARATOS	PÉNDULOS	CUCHILLOS Y PLANO DE SUSPENSIÓN	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS $\lambda_{\mp}$	TEMPERATURAS NORMALES $\mp$
1.ª	Grande.	Pesado.	De ágata.	m 0,99951459 ± 0,00000037	° 13,363
2.ª	Grande.	Ligero.	De ágata.	1,00017117 27	11,421

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

§ 32. Para poder combinar con los anteriores valores, ya reducidos, de las *Distancias*, ó sea para hacerlos *correlativos* con ellas los valores *B)* de las *Duraciones*, es preciso reducir éstas á instantes relativos en tiempo sidéreo, al supuesto de ser la amplitud de oscilación infinitamente pequeña y á la *temperatura normal* á que corresponde el valor de su respectiva *Distancia*, y de aquí las siguientes correcciones á que hay que someterlas por separado.

Corrección por la paralaje de las plumas.—Los instantes de paso en tiempo cronográfico que figuran en los antes citados *Estados* ***B)*** van afectos del adelanto ó atraso que con respecto al movimiento del reloj eléctrico tengan las señales hechas por el manipulador, y consideradas como negativas las paralajes en el caso de atraso de las señales manuales, hay que aplicarlas como correcciones positivas para deducir sus valores en tiempo cronográfico, y restando después el momento del primer paso, se obtienen ya los instantes relativos de paso en el tiempo cronográfico que marcaba el péndulo eléctrico.

Corrección por la amplitud de oscilación.—Después de la anterior corrección quedan las duraciones cual corresponden al valor de la amplitud media de cada una de las respectivas suspensiones de la serie; mas como quiera que en la determinación absoluta de la intensidad de la fuerza de la gravedad el valor de la *Duración* ha de ser el correspondiente á la amplitud infinitamente pequeña, hay que verificar en aquellos valores la consiguiente reducción, valiéndose de la siguiente fórmula, que hemos aplicado por ser siempre las amplitudes observadas inferiores á 2°:

$$T = T_a \left(1 - \frac{\operatorname{sen}^2 a}{16}\right) = T_a - C_a,$$

siendo

$$C_a = -\frac{\operatorname{sen}^2 a}{16} T_a,$$

en la que

T..... es la duración correspondiente á la amplitud infinitamente pequeña;

T_a ..... la correspondiente á la amplitud media, deducida de la observación a, y

C_a ..... la corrección antes indicada, y que no se calculó directamente sino por interpolación, valiéndose de la tabla empleada por Lorenzoni.

Corrección por la temperatura del péndulo. — Además de la anterior corrección hay que aplicar á los instantes relativos de paso, la necesaria para que aquellos se refieran, no á las temperaturas en que se verificaron las observaciones, distintas unas de otras y diferentes de las de las *Distancias* ya reducidas á las *normales* de cada determinación, sino á estas últimas, con lo cual resultarán *correlativos* ya los dos elementos *Duración* y *Distancia*.

La fórmula que hemos empleado al efecto es la siguiente:

$$C_t = -\frac{1}{2}\varphi'(t-r)D,$$

deducida de la

$$T_{(r)} = T_{(t)} - \frac{1}{2}\varphi'(t-r)T_{(t)},$$

en la que son:

$T_{(r)}$ ..... duración correspondiente á la temperatura *normal* de las *Distancias*;

$T_{(t)}$ ..... idem correspondiente á la temperatura (t);

(t) ..... temperatura de la Duración:

φ' ..... coeficientes de dilatación de las reglas del grande y pequeño aparato, y

D ..... promedio de las Duraciones en cada determinación.

Los valores de φ', dados por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de Breteuil, son:

$\varphi' = 0^m,000018124$ para el gran aparato y

$\varphi' = 0^m,000018090$ para el pequeño id.

Es de advertir que la presente corrección ó de temperatura se refiere sólo á

la influencia que ésta ejerce en la longitud del péndulo y por ende en la Duración, y no en modo alguno por cuando puede afectar al medio ambiente en que aquél oscila, toda vez que, siendo de inversión el aparato, por el sistema de observaciones se elimina esta causa de alteración en aquel valor.

Corrección por la marcha del reloj eléctrico.—Como en el *cuadro G)* se halla consignado el movimiento absoluto, por segundo, del péndulo sidéreo de Hipp, empleado en el registro cronográfico, de él se deduce la corrección para reducir á tiempo sidéreo los instantes relativos de paso, corrección que varía naturalmente con el *movimiento del reloj* en el día de la observación.

Con estas tres correcciones: para reducir á la amplitud infinitamente pequeña, para convertir á la temperatura normal y para pasar á tiempo sidéreo, se deduce, por suma algebraica, la total con la que se obtienen los instantes relativos de paso (reducidos) ó *Duración* absoluta, en tiempo sidéreo, de un número exacto y conocido de oscilaciones isócronas del péndulo, con amplitud infinitamente pequeña y á la temperatura normal á la que corresponde el *correlativo* valor de sus *Distancias*.

El valor de la dúración de una oscilación que del anterior se desprende queda únicamente afecto ya de la influencia producida por el movimiento del plano de suspensión, el modo de ésta y la densidad del medio ambiente al determinarse la duración. Esta densidad del aire se deduce para cada uno de esos modos de suspensión por la expresión:

$$d = \frac{p}{(1 + t \times 0{,}00367)\,760},$$

siendo:

d..... densidad del aire:

p..... presión atmosférica reducida á cero;

t..... promedio de las temperaturas corregidas por la situación del cero de la escala, y

0,00367..... coeficiente de dilatación del aire.

He aquí á continuación, con los antes indicados datos, los siguientes *Estados B')*:

CUADRO B'_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **n.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	NODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD (sólo extremadamente pequeña) C_α	A LA TEMPERATURA NORMAL 13°,363 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1 000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T	DENSIDAD DEL AIRE
I	H. P al O.	h m s 0 0 0 16 46,120	s —0,01695	s —0,00825	s —0,00819	h m s 0 0 0 16 46,08731	s 1006,08731	s 1,00608731	0,945
	E.	0 0 0 16 46,135	—0,01651	—0,01160	—0,00819	0 0 0 16 46,09908	9908	9908	0,945
	M. P al E.	0 0 0 16 46,173	—0,01402	—0,01189	+0,01349	0 0 0 16 46,16058	1006,16058	1,00616058	0,952
	O.	0 0 0 16 46,169	—0,01418	—0,01189	+0,01349	0 0 0 16 46,15642	15642	15642	0,952
II	H. P al O.	0 0 0 16 46,136	—0,01625	—0,01735	—0,01012	0 0 0 16 46,09228	1006,09228	1,00609228	0,945
	E.	0 0 0 16 46,249	—0,01588	—0,01735	—0,01012	0 0 0 16 46,11565	11565	11565	0,945
	M. P al E.	0 0 0 16 46,193	—0,01406	—0,01735	—0,01012	0 0 0 16 46,15147	1006,15147	1,00615147	0,945
	O.	0 0 0 16 46,210	—0,01415	—0,01890	—0,01012	0 0 0 16 46,16683	16683	16683	0,943
III	H. P al O.	0 0 0 16 46,133	—0,01632	—0,01644	—0,01779	0 0 0 16 46,08245	1006,08245	1,00608245	0,935
	E.	0 0 0 16 46,133	—0,01591	—0,01553	—0,01779	0 0 0 16 46,08377	8377	8377	0,935
	M. P al E.	0 0 0 16 46,174	—0,01421	—0,01599	—0,01779	0 0 0 16 46,12611	1006,12611	1,00612611	0,934
	O.	0 0 0 16 46,178	—0,01396	—0,01553	—0,01779	0 0 0 16 46,13072	13072	13072	0,934
IV	H. P al O.	0 0 0 16 46,131	—0,01632	+0,00913	—0,02438	0 0 0 16 46,09943	1006,09943	1,00609943	0,949
	E.	0 0 0 16 46,126	—0,01651	+0,00995	—0,02438	0 0 0 16 46,09546	9546	9546	0,949
	M. P al E.	0 0 0 16 46,166	—0,01465	+0,01086	—0,02438	0 0 0 16 46,13783	1006,13783	1,00613783	0,950
	O.	0 0 0 16 46,172	—0,01390	+0,00767	—0,02438	0 0 0 16 46,14239	14239	14239	0,948

CUADRO B'_1

1.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... a.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD infinitamente pequeña C_a	A LA TEMPERATURA NORMAL 13°,868 C_t	A TIEMPO CERO C_z	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1 000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T	DENSIDAD DEL AIRE
		h m s	s	s	s	h m s	s	s	
V	H. P al O.	0 0 0 16 46,137				0 0 0 16 46,10496	1006,10496	1,00610496	0,959
	E.	0 0 0 16 46,137	−0,01650	+0,00667	−0,02246	0 0 0 16 46,10416	10416	10416	0,959
	M. P al E.	0 0 0 16 46,178	−0,01413	+0,00383	−0,02246	0 0 0 16 46,14524	1006,14524	1,00614524	0,958
	O.	0 0 0 16 46,177	−0,01409	+0,00312	−0,02246	0 0 0 16 46,14357	14357	14357	0,958
VI	H. P al O.	0 0 0 16 46,134	−0,01619	+0,00794	−0,01813	0 0 0 16 46,10562	1006,10562	1,00610562	0,966
	E.	0 0 0 16 46,133	−0,01619	+0,00813	−0,01813	0 0 0 16 46,10681	10681	10681	0,965
	M. P al E.	0 0 0 16 46,175	−0,01406	+0,00740	−0,01813	0 0 0 16 46,15030	1006,15030	1,00615030	0,964
	O.	0 0 0 16 46,177	−0,01459	+0,00621	−0,01813	0 0 0 16 46,15050	15050	15050	0,963
VII	H. P al O.	0 0 0 16 46,137	−0,01678	+0,01249	−0,02025	0 0 0 16 46,11246	1006,11246	1,00611246	0,954
	E.	0 0 0 16 46,133	−0,01684	+0,01231	−0,02025	0 0 0 16 46,10822	10822	10822	0,954
	M. P al E.	0 0 0 16 46,177	−0,01427	+0,01138	−0,02025	0 0 0 16 46,15406	1006,15406	1,00615406	0,957
	O.	0 0 0 16 46,170	−0,01411	+0,01204	−0,02025	0 0 0 16 46,14768	14768	14768	0,952
VIII	H. P al O.	0 0 0 16 46,144	−0,01625	+0,01602	−0,02025	0 0 0 16 46,12382	1006,12382	1,00612382	0,957
	E.	0 0 0 16 46,136	−0,01609	+0,01349	−0,02025	0 0 0 16 46,11315	11315	11315	0,956
	M. P al E.	0 0 0 16 46,173	−0,01440	+0,01368	−0,02025	0 0 0 16 46,15203	1006,15203	1,00615203	0,957
	O.	0 0 0 16 46,168	−0,01430	+0,01368	−0,02025	0 0 0 16 46,14713	14713	14713	0,957

CUADRO B'_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **n.**

DURACIÓN DE LA OSCILACION

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronométrico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_Q	A LA TEMPERATURA NORMAL 11°,421 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Redondeados.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T	DENSIDAD DEL AIRE
I	H. F al O.	16 46,372	−0,01453	+0,00037	−0,01929	16 46,33955	1006,33955	1,00633955	0,966
	E.	16 46,371	−0,01457	+0,00000	−0,01929	16 46,33715	33715	33715	0,966
	M. F al E.	16 46,398	−0,01316	−0,00054	−0,01929	16 46,36501	1006,36501	1,00636501	0,965
	O.	16 46,400	−0,01316	+0,00579	−0,01929	16 46,37083	37083	37083	0,977
II	H. F al O.	16 46,376	−0,01429	+0,00410	−0,00270	16 46,36111	1006,36111	1,00636111	0,977
	E.	16 46,372	−0,01437	+0,00528	−0,00270	16 46,35921	35921	35921	0,981
	M. F al E.	16 46,411	−0,01316	+0,00301	−0,00270	16 46,39815	1006,39815	1,00639815	0,980
	O.	16 46,415	−0,01296	+0,00319	−0,00270	16 46,40253	40253	40253	0,980
III	H. F al O.	16 46,380	−0,01447	+0,00274	−0,00270	16 46,36857	1006,36857	1,00636857	0,976
	E.	16 46,378	−0,01447	+0,00183	−0,00270	16 46,36666	36666	36666	0,975
	M. F al E.	16 46,410	−0,01282	+0,00137	−0,00270	16 46,39585	1006,39585	1,00639585	0,975
	O.	16 46,401	−0,01305	+0,00119	−0,00270	16 46,38644	38644	38644	0,974
IV	H. F al O.	16 46,379	−0,01460	−0,00017	−0,00270	16 46,36153	1006,36153	1,00636153	0,959
	E.	16 46,376	−0,01453	−0,00208	−0,00270	16 46,35769	35769	35769	0,958
	M. F al E.	16 46,400	−0,01282	−0,00063	−0,00270	16 46,38385	1006,38385	1,00638385	0,958
	O.	16 46,403	−0,01316	−0,00176	−0,00270	16 46,38578	38578	38578	0,958

CUADRO B_2

2.ª DETERMINACIÓN

GRAN APARATO

PENDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos..... **a**.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD (sólo cuando pequeña) C_2	A LA TEMPERATURA NORMAL 11°,421 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Sideréo.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1 000 OSCILACIONES τ	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T	DENSIDAD DEL AIRE δ
		h m s	s	s	s	h m s	s	s	
V	H. F al O.	0 0 0 16 46,380	— 0,01460	— 0,00008	— 0,00270	0 0 0 16 46,36262	1006,36262	1,00636262	0,958
	E.	0 0 0 16 46,370	— 0,01473	— 0,00036	— 0,00270	0 0 0 16 46,35219	35219	35219	0,958
	M. F al E.	0 0 0 16 46,395	— 0,01285	— 0,00036	— 0,00270	0 0 0 16 46,37909	1006,37909	1,00637909	0,958
	O.	0 0 0 16 46,465	— 0,01300	— 0,00054	— 0,00270	0 0 0 16 46,44876	44876	44876	0,958
VI	H. F al O.	0 0 0 16 46,382	— 0,01460	— 0,00190	— 0,02354	0 0 0 16 46,34596	1006,34596	1,00634596	0,958
	E.	0 0 0 16 46,356	— 0,01460	— 0,00227	— 0,02354	0 0 0 16 46,31559	31559	31559	0,958
	M. F al E.	0 0 0 16 46,418	— 0,01334	+ 0,00046	— 0,02354	0 0 0 16 46,38158	1006,38158	1,00638158	0,964
	O.	0 0 0 16 46,411	— 0,01273	+ 0,00001	— 0,02354	0 0 0 16 46,37474	37474	37474	0,963
VII	H. F al O.	0 0 0 16 46,377	— 0,01433	— 0,00045	— 0,02354	0 0 0 16 46,33848	1006,33848	1,00633848	0,963
	E.	0 0 0 16 46,348	— 0,01460	— 0,00063	— 0,02354	0 0 0 16 46,30923	30923	30923	0,962
	M. F al E.	0 0 0 16 46,414	— 0,01296	— 0,00181	— 0,02088	0 0 0 16 46,37835	1006,37835	1,00637835	0,962
	O.	0 0 0 16 46,403	— 0,01285	— 0,00227	— 0,02088	0 0 0 16 46,36700	36700	36700	0,958
VIII	H. F al O.	0 0 0 16 46,371	— 0,01460	— 0,00108	— 0,01946	0 0 0 16 46,35586	1006,35586	1,00635586	0,961
	E.	0 0 0 16 46,382	— 0,01460	— 0,00154	— 0,01946	0 0 0 16 46,34640	34640	34640	0,961
	M. F al E.	0 0 0 16 46,414	— 0,01290	— 0,00190	— 0,01946	0 0 0 16 46,37974	1006,37974	1,00637974	0,960
	O.	0 0 0 16 46,401	— 0,01308	— 0,00181	— 0,01946	0 0 0 16 46,36765	36765	36765	0,960

Ya se dijo anteriormente que los valores de la *Duración*, que figuran en estos *Estados*, no son cantidades comparables entre sí, pues están influídos por el movimiento del plano de suspensión del péndulo, el modo de suspensión y la densidad del aire en el momento de la observación. Por la combinación de los dos péndulos de la misma aproximada longitud y peso muy diferente, oscilando en el mismo soporte, se elimina el efecto del movimiento de éste, y por la fórmula correspondiente al péndulo de inversión se deduce el valor de g mediante la combinación de los dos correspondientes á las suspensiones **H** y **M**; mas la influencia de la densidad del medio ambiente no se destruye por el procedimiento de observación ni aparece en el sistema de cálculo. Pero sí se tiene en consideración la pequeñez de las diferencias que se notan entre las densidades observadas, y por tanto que su influjo es de poca monta en el resultado final, y que en éste también influyen, y probablemente en mayor escala, aunque como errores fortuitos ó accidentales, variables y muy difíciles y á veces imposibles de averiguar, la ecuación personal en la observación de los pasos del péndulo por la vertical, dependiente del estado fisiológico del observador y de la distinta velocidad de las imágenes al principio y fin de los pasos, y la suposición de ser perfectamente uniforme la marcha del reloj eléctrico, no sólo en el intervalo de la Duración, sino en el espacio de tiempo que media entre dos determinaciones de su estado, debe considerarse la influencia de la densidad del aire comprendida, con estas últimas, entre los errores accidentales de la observación y deducir de las anteriores *Duraciones* un valor único (promedio) de aquel elemento para cada suspensión en cada determinación, como si fueran aquellas cantidades directamente observadas.

Calculadas en esta forma en el siguiente *Cuadro B'''*, aparecen las respectivas *Duraciones* con sus correspondientes errores probables, que no llegan ni á cuatro unidades del sexto orden decimal.

CUADRO *B'''*

VALORES REDUCIDOS DE LA «DURACIÓN» DE LA OSCILACIÓN

Series	Condición de los péndulos	Suspensión H				Suspensión M			
		Duraciones (Promedios.)	Error medio de una observación.	Error probable del promedio.	Densidad del aire.	Duraciones (Promedios.)	Error medio de una observación.	Error probable del promedio.	Densidad del aire.
1.ª	a	s 1,00610229	± 0,00001179	± 0,00000199	0,9517	s 1,00614762	± 0,00001036	± 0,00000175	0,9314
2.ª	a	1,00634705	± 0,00001705	± 0,00000287	0,9648	1,00638546	± 0,00000910	± 0,00000159	0,9650

C') CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

§ 33. En las fórmulas que sirven para deducir la longitud del péndulo matemático que en el vacío bate segundos, entran, además de las *Distancias* y *Duraciones*, los valores h_M y h_H, distancias que existen entre cada uno de los filos de los cuchillos respectivamente y el centro de gravedad del péndulo, valores que figuran en el siguiente *Cuadro C')*, y que se deducen tomando el promedio de los correspondientes á cada determinación de los *Estados C)* con el valor λ de la Distancia aproximada entre los cuchillos.

CUADRO *C'*

VALORES REDUCIDOS DE LAS «SITUACIONES»

DETERMINACIONES	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL		
		CENTRO DE FIGURA	CUCHILLO M	CUCHILLO H
	λ	δ	h_M	h_H
	mm	mm	mm	mm
1.ª	999,514	203,637 ± 0,001	296,120	703,394
2.ª	1000,171	203,499 ± 0,005	294,586	705,584

CAPÍTULO V

RESULTADOS GENERALES

§ 34. Mediante la *reducción* de los tres elementos: *Distancias*, *Duración* y *Centro de gravedad del péndulo*, conforme se ha indicado en el anterior capítulo IV, son ya éstos *correlativos ó combinables entre sí* dentro de cada suspensión en cada una de las determinaciones, y por tanto puede deducirse de ellos el valor de g, término ú objetivo de las observaciones realizadas en Barcelona con tal fin.

Las fórmulas que se emplean al efecto (respetando la numeración que usó el Sr. Barraquer) son las siguientes, ya de aplicación, derivadas naturalmente de las fundamentales del péndulo de inversión:

$$(3) \qquad \lambda = \frac{T_M - T_N}{\frac{1}{2}(T_M + T_N)} \cdot \frac{2\,h_N - h_M}{h_N - h_M},$$

$$(4) \qquad L = \frac{1}{T^2_N}\,\lambda\left(1 + \frac{\lambda}{h_N}\right) = \frac{l_N}{T^2_N} = \frac{1}{T^2_M}\,\lambda\left(1 + \frac{\lambda}{h_M}\right) = \frac{l_M}{T^2_M},$$

y

$$(5) \qquad L = \lambda\,\frac{h_N - h_M}{T^2_N\,h_N - T^2_M\,h_M}.$$

Las expresiones que figuran en estas fórmulas, significan:

T_{II} y T_{III} ..... las duraciones de una oscilación del péndulo respectivamente en una y otra suspensión, ya *reducidas* como antes se ha dicho, ó sea: convertidas á la amplitud infinitamente pequeña, después de estar corregidas de paralaje; hecha la corrección por el movimiento del reloj, y referidas á la temperatura *normal* de la Determinación tal como aparecen en el *Cuadro* B''';

λ..... la distancia entre los filos de los cuchillos á la temperatura *normal* respectiva y corregida por el modo de suspensión, ó sean los valores del *Cuadro* A^{IV};

h_{II} y h_{III} ..... las respectivas distancias que median entre el centro de gravedad del péndulo y los correspondientes filos de los cuchillos; valores que figuran en el *Cuadro* C');

g..... intensidad de la fuerza de la gravedad en el vacío;

L..... longitud del péndulo matemático de segundos en el vacío;

l_{II} y l_{III} ..... longitudes de los péndulos matemáticos isócronos con el de inversión en las dos suspensiones, y

γ..... una cantidad, muy pequeña, dependiente de la construcción del péndulo y de todas las causas que alteran el libre movimiento de éste, ó sean las que originan la no perfecta reciprocidad de los ejes; en una palabra, de todas aquellas que sólo influyen en el cuadrado de la duración de la oscilación en razón inversa de las cantidades h_{II} y h_{III}. Por esta razón no puede incluirse en γ la influencia del movimiento del balance de sostén, que por tanto hay que determinar por observación directa ó eliminarlo por el sistema de observaciones empleando dos péndulos, en cada aparato, de longitud casi idéntica y pesos muy distintos.

Aun cuando en rigor no puede determinarse el valor de γ con los valores de T_{II} y T_{III} que figuran en el *Cuadro* B'''), puesto que todavía no están corregidos de la influencia debida al movimiento del plano de suspensión, puede sin embargo obtenerse uno que discrepará muy poco de él, y que según luego

haremos ver, es lícito considerar constante en cada determinación; valor que, para distinguirlo del verdadero γ designaremos por γ', y que se deduce por la fórmula (3) con los valores de las *Duraciones* antes indicados, y los de las h_n y h_m *(Cuadro C')*.

Valiéndonos de las fórmulas (4): $l_n = \lambda\left(1 + \frac{\gamma'}{h_n}\right)$ y $l_m = \lambda\left(1 + \frac{\gamma'}{h_m}\right)$, y empleando en ellas los valores γ' de cada Determinación y el λ correspondiente *(Cuadro A'')* se ha formado el siguiente *Cuadro R*:

CUADRO *R* [FÓRMULAS (3), (4).]

DETERMINACIONES	CORRESPONDE DE LOS PÉNDULOS	$T_n - T_m$	γ'	$l_n = \lambda\left(1 + \frac{\gamma'}{h_n}\right)$	$l_m = \lambda\left(1 + \frac{\gamma'}{h_m}\right)$
		s		m'	m'
1.ª	a	0,00004533	0,00004608	0,99958007	0,99967013
2.ª	n	0,00003841	0,00003860	1,00022589	1,00030222

Mediante el empleo de las expresiones (4) $L = \frac{l_n}{T^2_n}$ y $L = \frac{l_m}{T^2_m}$, se deduce el *Cuadro R'*, que aparece á seguida, utilizando los anteriores valores de l_n y l_m, supuestos constantes en cada determinación, y los de la Duración en cada modo de suspensión *(Cuadro B')*.

CUADRO *R'* [Fórmula (4).]

DETERMINACIÓN	SERIES	LONGITUDES DEL PÉNDULO DE SEGUNDOS (*T. S.*) CALCULADAS CON LAS DURACIONES DE LAS			
		Suspensión **H**		Suspensión **M**	
		Medios.	$\frac{l_n}{T^2_n}$	Medios.	$\frac{l_n}{T^2_n}$
1ª	I	**H.** P al O.	m' 0,98752079	**M.** P al E.	m' 0,98746393
		H. P al E.	49769	**M.** P al O.	47411
GRAN APARATO	II	**H.** P al O.	51104	**M.** P al E.	48380
Péndulo pesado		**H.** P al E.	46510	**M.** P al O.	45370
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.	III	**H.** P al O.	53033	**M.** P al E.	53360
		H. P al E.	52774	**M.** P al O.	52455
Colocación de los cuchillos... n.	IV	**H.** P al O.	49700	**M.** P al E.	51059
		H. P al E.	50479	**M.** P al O.	50370
Temperatura normal... 13°,363	V	**H.** P al O.	48624	**M.** P al E.	49603
		H. P al E.	48771	**M.** P al O.	49939
	VI	**H.** P al O.	47591	**M.** P al E.	48611
		H. P al E.	48231	**M.** P al O.	48571
	VII	**H.** P al O.	47147	**M.** P al E.	47873
		H. P al E.	47774	**M.** P al O.	49126
	VIII	**H.** P al O.	44912	**M.** P al E.	48277
		H. P al E.	47006	**M.** P al O.	49233

CUADRO R^1 *(Conclusión).* [Fórmula (4).]

DETERMINACIÓN	TERNAS	LONGITUDES DEL PÉNDULO DE SEGUNDOS (T. S) CALCULADAS CON LAS DURACIONES EN 24.			
		SUSPENSIÓN H		SUSPENSIÓN M	
		Modos.	$\frac{l_n}{T^2_n}$	Modos.	$\frac{l_n}{T^2_n}$
2.ª	I	H. P al O.	m. 0,98766350	M. P al E.	m. 0,98768891
		H. P al K.	66825	M. P al O.	67356
GRAN APARATO	II	H. P al O.	62708	M. P al E.	62387
Péndulo cicloro		H. P al E.	62493	M. P al O.	61526
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.	III	H. P al O.	62344	M. P al E.	60838
Colocación de los cuchillos... 21.		H. P al E.	61815	M. P al O.	64685
Temperatura normal... 11°,421	IV	H. P al O.	60038	M. P al E.	65193
		H. P al E.	62790	M. P al O.	64815
	V	H. P al O.	62823	M. P al E.	66227
		H. P al E.	63871	M. P al O.	52454
	VI	H. P al O.	65095	M. P al E.	65619
		H. P al E.	71033	M. P al O.	66981
	VII	H. P al O.	66562	M. P al E.	66279
		H. P al E.	72304	M. P al O.	62491
	VIII	H. P al O.	65070	M. P al E.	65599
		H. P al E.	65007	M. P al O.	66373

Con los valores del *Cuadro* anterior, considerando en cada *Determinación* todos los de la misma suspensión como valores independientes y de igual precisión, obtenidos de observación directa, se han deducido los siguientes más probables de la longitud del péndulo matemático de segundos, en unidades métricas de las reglas á las temperaturas normales, en el vacío y en tiempo sidéreo, pero haciendo caso omiso de la influencia del movimiento del plano de suspensión:

LONGITUDES DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS (*T. S*)

Y EN EL VACÍO

(EN UNIDADES MÉTRICAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES, Y PRESCINDIENDO DEL BALANCE DEL SOSTÉN)

CUADRO *R''*

DETERMINACIONES	(Por la) SUSPENSIÓN **H** L'_H	(Por la) SUSPENSIÓN **M** L'_M	RESULTADOS TOTALES L'
1.ª	m. m. 0,98749138 ± 0,00000390	m. m. 0,98749139 ± 0,00000343	m. m. 0,98749138 ± 0,00000256
2.ª	0,98764880 ± 0,00000504	0,98764873 ± 0,00000663	0,98764878 ± 0,00000429

Si se establece la oportuna comparación entre los errores probables de L'_H y L'_M con los correspondientes de T_H y T_M, que figuran en el *Cuadro* ***B'''***, se encuentra que las respectivas relaciones son casi exactamente iguales á $-\frac{2L}{T}$, que es la que corresponde á la de los $\frac{\Delta L}{\Delta T}$, deducidas de las fórmulas (4) si se supone en éstas como única variable la T; es decir, admitiendo, según más atrás decíamos, á γ' como constante en cada *Determinación* y suponiendo en ella invariable también á λ.

§ 35. Como los anteriores valores de L', *Cuadro* ***R''***, corresponden, según en él se consigna, á las respectivas temperaturas normales de observación, es preciso convertirlos en longitudes absolutas, para lo cual hay que multiplicarlos por las magnitudes absolutas de las reglas entre los trazos de comparación que son á las temperaturas τ, según las ecuaciones de estas reglas, las siguientes:

LONGITUDES ABSOLUTAS DE LA REGLA Á LAS TEMPERATURAS NORMALES

REGLA DEL GRAN APARATO....	$\tau = 13{,}363^{\circ}$	$R'_{(\tau)} = 1{,}000\,117\,20^{m} \pm 0{,}000\,000\,382\,6^{m}$
——	$= 11{,}421$	$= 1{,}000\,082\,01 \pm 0{,}000\,000\,353\,7$

Y con ellas se obtienen las

LONGITUDES ABSOLUTAS DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T. S)*

Y EN EL VACÍO

[SIN CORREGIR DEL BALANCE DEL SOSTÉN]

[FÓRMULA (4).]

1.ª DETERMINACIÓN...	$L = 0{,}987\,607\,11^{m}$	$\pm\ 0{,}000\,002\,61^{m}$
2.ª ——	$= 0{,}987\,729\,78$	$\pm\ 0{,}000\,004\,50$

Los errores probables que anteceden se han deducido aplicando la fórmula

$$\Delta_L = \sqrt{\Delta^2_{L'} + \left(\frac{L}{R}\right)^2 \left(\Delta^2_{\lambda} + \Delta^2_{R}\right)};$$

siendo:

Δ_L ..... error probable que se busca;
$\Delta_{L'}$ ..... id. id. de L' *(Cuadro* $\boldsymbol{R''}$);
Δ_{λ} ..... id. id. de λ *(Cuadro* $\boldsymbol{A^{IV}}$), y
Δ_R ..... id. id. de R (longitudes absolutas de la regla á la temperatura τ).

Empleando en vez de la anterior fórmula (4), para la cual es precisa la determinación de γ', como hemos visto, la expresión (5):

$$L = \lambda \frac{h_H - h_M}{T^2_H\, h_H - T^2_M\, h_M} = \frac{\lambda}{T^2};$$

se deducen mucho más rápidamente los valores de L, que aparecen en el siguiente *Cuadro* $\boldsymbol{R'''}$, y que como se ve apenas difieren de los anteriores obte-

nidos por la fórmula (4). En la anterior (5), λ es el valor de las *Distancias* del *Cuadro* A^{IV}, pero convertidas en magnitudes absolutas por las longitudes, también absolutas, de las reglas á las temperaturas normales; las h_u y h_u son los valores del *Cuadro* C', y las T_u y T_u los que aparecen en el *Cuadro* R'''. Con tales elementos se han alcanzado los siguientes valores:

CUADRO R''' [Fórmula (5).]

DETERMINACIONES	λ	γ^2	$L = \frac{\lambda}{\gamma^2}$
1.ª	0,99963173	1,01217535	0,98760727
2.ª	1,00025318	1,01267897	0,98772978

§ 36. De los anteriores valores de las longitudes L correspondientes á cada una de las *Determinaciones* aisladas, valores que, como se sabe, están afectos de la influencia debida al movimiento del plano de suspensión, puede deducirse según hizo ver Cellerier por la combinación de los dos correspondientes á los dos péndulos, de casi la misma longitud y muy diferente peso, del mismo aparato, como sucede en los de Repsold, un valor en que ya esté eliminada aquella influencia, valiéndose de la siguiente fórmula, aplicable á este caso:

$$L = \frac{1}{2}(L_p + L_P) + \frac{1}{2}(L_p - L_P)\frac{P+p}{P-p}; \tag{20}$$

siendo:

L..... longitud absoluta del péndulo matemático, de segundos (en tiempo sidéreo), en el vacío y eliminado el balance del sostén;

L_p y L_P..... longitudes análogas, halladas anteriormente, de los péndulos ligero y pesado de cada aparato, sin corregir de la influencia del movimiento del plano de suspensión, y

P y p..... pesos de uno y otro péndulo, que son en el gran aparato $P = 7^{kg},013$ y $p = 3^{kg},218$.

El error probable correspondiente á esta L se obtiene por la expresión:

$$\Delta_L = \sqrt{\left(\frac{p}{p-p'}\right)^2 \Delta^2_{L_p} + \left(\frac{p'}{p-p'}\right)^2 \Delta^2_{L_{p'}}},$$

en la que por Δ_{L_p} y $\Delta_{L_{p'}}$ se representan los que afectan respectivamente á L_p y $L_{p'}$, resultados individuales de cada una de las *Determinaciones*.

De este modo se ha obtenido la

LONGITUD ABSOLUTA DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T. S)*

Y EN EL VACÍO

(ELIMINADO EL BALANCE DEL SOSTÉN)

DETERMINACIONES APAREADAS	L (FÓRMULA (20).)
1.ª y 2.ª	$0{,}987\,833\,66^{m} \pm 0{,}000\,008\,61^{m}$

que, para convertirla en tiempo medio, se multiplica por 1,00548332, con lo que se tiene finalmente la

LONGITUD ABSOLUTA DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T. M)*

Y EN EL VACÍO

POR EL GRAN APARATO... $L = \mathbf{0{,}993\,250\,27^{m} \pm 0{,}000\,008\,66^{m}}$

CAPÍTULO VI

OBSERVACIONES Y CÁLCULOS DEL SEÑOR LOS ARCOS

§ 37. Á continuación, sin más comentarios, que á nada conducirian, por ser enojosa repetición de lo dicho en la primera parte, se consignan escuetamente los *Estados*, y valores que de ellos se deducen, de las observaciones hechas por el Sr. Los Arcos con el pequeño aparato hasta llegar análogamente á otro nuevo valor de L, que figura al final de esta parte.

VALORES LINEALES

EQUIVALENTES Á UNA VUELTA DE LOS TORNILLOS MICROMÉTRICOS,

EXPRESADOS EN SUBDIVISIONES MENORES DE LAS REGLAS

DETERMINACIONES	MICROSCOPIOS		DETERMINACIONES	MICROSCOPIOS	
	Superior.	Inferior.		Superior.	Inferior.
	»	»		»	»
	1,9955	2,0038		1,9973	2,0039
	73	60		80	48
	70	52		76	47
	82	50		69	55
	74	68		75	56
3.ª	82	56	4.ª	74	50
	88	58		87	36
	77	60		77	44
	75	53		77	48
	82	69		78	52
	76	68		79	35

ESTADO A_8

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Celación de los cuchillos.... **D.**

SERIES I, II, III Y IV

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t
				m	°					m	°
5	I	H. P al N.	Inferior.	0,55907407	20,44	7	III	H. P al N.	Inferior.	0,55907911	20,66
				7357	20,45					8008	21,09
		H. P al S.		7443	20,51			H. P al S.		8063	21,13
				7738	20,54					7831	21,14
		M. P al N.		7721	20,66			M. P al N.		7839	21,16
				7678	20,74					7776	21,23
		M. P al S.		7850	20,76			M. P al S.		7781	21,24
				7753	20,83					7802	21,23
6	II	H. P al N.		0,55907951	20,85	9	IV	H. P al N.		0,55907761	19,69
				7683	20,87					7735	19,80
		H. P al S.		7989	20,88			H. P al S.		8041	19,84
				7798	20,89					7836	19,88
		M. P al S.		7800	21,21			M. P al N.		7916	20,03
				7826	21,22					7766	20,10
		M. P al N.		7823	21,22			M. P al S.		7862	20,16
				7812	21,26					7999	20,06

ESTADO A_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

SERIES... V, VI, VII y VIII.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t
				m.	°
10	V	**H.** P al N.	Inferior.	0,55907770	19,75
				7908	20,14
		H. P al S.		7871	20,19
				7954	20,23
		M. P al N.		7959	20,30
				7881	20,33
		M. P al S.		7928	20,43
				7879	20,28
11	VI	**H.** P al N.		0,55907836	19,44
				7855	19,60
		H. P al S.		7832	19,76
				7727	19,88
		M. P al N.		7665	20,02
				7779	20,04
		M. P S.		7873	20,09
				7759	19,96

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t
				m.	°
13	VII	**H.** P al N.	Inferior.	0,55907727	19,09
				7752	19,33
		H. P al S.		7916	19,40
				7867	19,46
		M. P al N.		7846	19,54
				7577	19,62
		M. P al S.		7779	19,65
				7736	19,66
14	VIII	**H.** P al N.		0,55907677	19,44
				7749	19,48
		H. P al S.		7839	19,55
				7565	19,59
		M. P al N.		7654	19,65
				7776	19,64
		M. P al S.		7792	19,66
				7831	19,58

ESTADO A_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b**.

SERIES... IX, X y XI.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t
				m'	°
16	IX	**H.** F al N.	Inferior.	0,35907569	18,66
				7729	18,84
		H. F al S.		7888	18,94
				7679	19,03
		M. F al N.		7846	19,06
				7699	19,11
		M. F al S.		7726	19,25
				7771	19,24
17	X	**H.** F al N.		0,35907829	18,70
				7732	18,89
		H. F al S.		7840	18,99
				7752	19,06

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_2	TEMPERATURAS — t
				m'	°
17	X	**M.** F al N.	Inferior.	0,35907936	19,14
				7759	19,00
		M. F al S.		7719	19,34
				7643	19,25
18	XI	**H.** F al N.		0,35907750	18,78
				7667	18,95
		H. F al S.		7854	19,04
				7731	19,11
		M. F al N.		7948	19,18
				7776	19,18
		M. F al S.		7686	19,39
				7885	19,39

ESTADO 4_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

SERIES... I, II, III y IV.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_4	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Y ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_4	TEMPERATURAS — t
				m	°					m	°
20	I	H.P al N.	Inferior.	0,55906015	19,11	23	III	H.P al N.	Inferior.	0,55906152	18,68
				6041	19,04					6175	18,66
		H.P al S.		6198	19,31			H.P al S.		6258	18,71
				6204	19,28					6197	18,65
		M.P al N.		6167	19,34			M.P al N.		6249	18,36
				6124	19,36					6206	18,49
		M.P al S.		6126	19,40			M.P al S.		6137	18,55
				6108	19,40					6027	18,56
21	II	H.P al N.		0,55906028	18,98	24	IV	H.P al N.		0,55906127	18,18
				6186	19,01					6245	18,33
		H.P al S.		6239	19,11			H.P al S.		6322	18,39
				6148	19,04					6131	18,41
		M.P al N.		6262	18,69			M.P al N.		6088	18,56
				6381	18,78					6257	18,58
		M.P al S.		6369	18,78			M.P al S.		6263	18,59
				6233	18,86					6165	18,50

ESTADO A_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

SERIES V, VI, VII y VIII

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre y Noviembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_4	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN É ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_4	TEMPERATURAS — t
				m	°					m	°
25	V	H. P al N.	Inferior.	0,55906163	18,30	28	VII	H. P al N.	Inferior.	0,55906063	17,68
				6147	18,35					6117	17,68
		H. P al S.		6091	18,36			H. P al S.		6139	17,76
				6047	18,36					6136	17,85
26		M. P al N.		6130	18,11	30		M. P al N.		6075	17,45
				6128	18,16					6173	17,46
		M. P al S.		6075	18,21			M. P al S.		6003	17,56
				6166	18,24					6109	17,64
27	VI	H. P al N.		0,55906062	17,69	31	VII	H. P al N.		0,55906087	17,40
				6217	17,76					6219	17,48
		H. P al S.		6204	17,80			H. P al S.		6145	17,50
				6148	17,93					6160	17,51
		M. P al N.		6146	18,16	1		M. P al N.		6086	16,40
				6106	18,16					6200	16,51
		M. P al S.		6070	18,00			M. P al S.		6100	16,64
				6064	18,08					6133	16,66

ESTADO A_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

SERIES IX, X Y XI

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Ó ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_4	TEMPERATURAS — t	DÍAS	SERIES	PÉNDULO — MODOS DE SUSPENSIÓN Ó ILUMINACIÓN DE LOS CUCHILLOS	REGLA — TRAZO O	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS — λ_4	TEMPERATURAS — t
				m'	°					m'	°
6	IX	**H.** P al N.	Inferior.	0,55906077	16,08	9	X	**M.** P al N.	Inferior.	0,55906118	15,45
				6070	16,13					6076	15,46
		H. P al S.		6132	16,15			**M.** P al S.		6153	15,51
				6140	16,21					6136	15,54
7		**M.** P al N.		6084	16,29	12	XI	**H.** P al N.		0,55906099	14,61
				6129	16,31					6179	14,68
		M. P al S.		6102	16,35	13		**H.** P al S.		6172	14,64
				6093	16,36					6125	14,70
8	X	**H.** P al N.		0,55906161	16,28	14		**M.** P al N.		6092	14,54
				6089	16,25					6114	14,61
9		**H.** P al S.		6104	15,30			**M.** P al S.		6092	14,59
				6113	15,38					6124	14,64

CUADRO α.

FÓRMULAS NUMÉRICAS

QUE EXPRESAN LAS LEYES DEL DECRECIMIENTO DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULOS	SUSPENSIONES	TIEMPOS DEL CÁLCULO	AMPLITUDES OBSERVADAS (PROMEDIOS)	AMPLITUDES CALCULADAS POR LA FÓRMULA	DIFERENCIAS OBS.—CALC.	FÓRMULAS
		m	′	′	′	
Pesado....	H	— 15	79,70	79,49	+ 0,21	
		— 10	69,73	69,92	— 0,19	
		— 5	61,32	61,51	— 0,19	
		0	54,14	54,26	— 0,12	$\alpha_t = 54,'96144 - 1,'3345.t + 0,'023157.t^2.$
		+ 5	48,45	48,17	+ 0,28	
		+ 10	43,50	43,23	+ 0,27	
		+ 15	39,20	39,45	— 0,25	
Pesado....	M	— 25	109,80	109,66	+ 0,14	
		— 10	83,48	83,73	— 0,25	
		— 5	64,48	64,68	— 0,20	
		0	51,50	51,00	+ 0,50	$\alpha_t = 51,'02337 - 2,'091458.t + 0,'077952.t^2 - 0,'001933.t^3$
		+ 5	41,36	41,27	+ 0,09	
		+ 10	33,43	33,91	— 0,48	
		+ 15	27,66	27,46	+ 0,20	
Ligero....	H	— 10	86,32	85,64	+ 0,68	
		— 5	69,16	70,34	— 1,18	
		0	57,45	57,48	— 0,03	$\alpha_t = 57,'480580 - 2,'387371.t + 0,'048857.t^2.$
		+ 5	47,43	47,07	+ 0,36	
		+ 10	39,77	39,09	+ 0,68	
		+ 15	33,05	33,56	— 0,51	
Ligero....	M	— 20	129,23	128,92	+ 0,31	
		— 5	84,16	85,12	— 0,96	
		0	58,25	57,54	+ 0,71	
		+ 5	41,20	41,70	+ 0,50	$\alpha_t = 37,'541548 - 4,'259115.t + 0,'224695.t^2 - 0,'006466.t^3.$
		+ 10	30,25	31,11	— 0,86	
		+ 15	22,57	22,28	+ 0,29	

TABLA

DE

AMPLITUDES DE OSCILACION

SEGÚN LAS FÓRMULAS CALCULADAS

PEQUEÑO APARATO

TIEMPOS DEL CÁLCULO	PÉNDULO PESADO		PÉNDULO LIGERO	
	SUSPENSIÓN **H**	SUSPENSIÓN **M**	SUSPENSIÓN **H**	SUSPENSIÓN **M**
m	′	′	′	′
— 15	79,49	109,66	—	—
— 14	77,48	103,85	—	—
— 13	75,52	98,37	—	—
— 12	73,61	93,10	—	—
— 11	71,74	88,11	—	—
— 10	69,92	83,73	85,64	118,92
— 9	68,15	79,36	82,38	118,62
— 8	66,42	75,36	79,23	109,13
— 7	64,74	71,57	76,17	100,41
— 6	63,10	68,01	73,20	92,42
— 5	61,51	64,68	70,34	85,12
— 4	59,97	61,56	67,57	78,47
— 3	58,47	58,65	64,90	72,42
— 2	57,02	55,93	62,33	66,95
— 1	55,62	53,39	59,86	62,00
0	54,26	51,02	57,48	57,54
+ 1	52,95	48,81	55,20	53,53
+ 2	51,69	46,74	53,02	49,93
+ 3	50,47	44,80	50,94	46,70
+ 4	49,29	42,98	48,95	43,80
+ 5	48,17	41,27	47,07	41,20
+ 6	47,09	39,65	45,28	38,84
+ 7	46,05	38,12	43,58	36,69
+ 8	45,07	36,66	41,99	34,71
+ 9	44,13	35,21	40,49	32,86
+ 10	43,23	33,91	39,09	31,14
+ 11	42,38	32,60	37,79	29,40
+ 12	41,58	31,32	36,59	27,70
+ 13	40,83	30,03	35,48	25,98
+ 14	40,12	28,73	34,47	24,18
+ 15	39,45	27,46	33,56	22,28

CUADRO α'

DECREMENTO DE LA AMPLITUD DE OSCILACIÓN

EN UN SEGUNDO DE TIEMPO

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULOS	AMPLITUDES	DECREMENTOS		RELACIONES ENTRE LOS DECREMENTOS	PROMEDIOS	RELACIONES $\frac{\Delta_M}{\Delta_H}$
		Suspensión H	Suspensión M			
Pesado.	75	1,9241	3,9001	0,4933		
	70	1,7995	3,5724	0,5037		
	65	1,6656	3,2405	0,5140		
	60	1,5207	2,9027	0,5239	0,5154	0,5174
	55	1,3595	2,5615	0,5308		
	50	1,1770	2,2210	0,5299		
	45	0,9603	1,8868	0,5081		
Ligero.	80	3,1395	6,6751	0,4693		
	75	2,9733	6,0018	0,4954		
	70	2,8042	5,5182	0,5082		
	65	2,6244	5,0011	0,5246		
	60	2,4309	4,4791	0,5427	0,5411	0,5480
	55	2,2508	3,9507	0,5621		
	50	1,9883	3,4143	0,5823		
	45	1,7255	2,8696	0,6013		
	40	1,4737	2,3551	0,6001		
	35	1,0112	1,9288	0,5248		

ESTADO B_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **D.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE TIEMPO	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la clase cronográfica)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
5	I	**H.** P al N.	1.º	0	10 24 3,0616	0,0000		20,70	756,00
			2.º	2 000	10 39 7,9578	0,0000	54,76		
		H. P al S.	1.º	0	11 25 1,7816	0,0000		20,54	756,41
			2.º	2 000	11 50 6,5760	0,0000	54,78		
		M. P al N.	1.º	0	14 54 1,1050	— 0,0063		20,71	755,70
			2.º	2 000	15 19 6,0042	— 0,0015	52,28		
		M. P al S.	1.º	0	16 9 0,0570	0,0000		20,79	755,59
			2.º	2 000	16 34 4,9280	— 0,0010	50,99		
6	II	**H.** P al N.	1.º	0	11 4 2,3366	+ 0,0623		20,81	758,67
			2.º	2 000	11 29 7,2196	+ 0,0640	54,48		
		H. P al S.	1.º	0	11 33 2,0358	0,0000		20,86	758,42
			2.º	2 000	11 58 6,9050	0,0000	54,48		
		M. P al N.	1.º	0	15 51 2,2882	0,0000		21,14	757,80
			2.º	2 000	16 17 7,1646	0,0000	52,89		
		M. P al S.	1.º	0	16 47 1,0740	0,0000		21,08	758,04
			2.º	2 000	17 12 6,1444	0,0000	54,98		

ESTADO B_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... b.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
7	III	H. P al N.	1.º	0	11 19 7,2408	+ 0,0730		20,99	758,35
			2.º	2 000	11 44 12,1122	+ 0,0685	55,00		
		H. P al S.	1.º	0	12 29 2,2656	+ 0,0880		21,09	758,23
			2.º	2 000	12 54 7,1380	+ 0,0750	54,44		
		M. P al N.	1.º	0	15 38 3,5348	+ 0,0863		21,16	755,94
			2.º	2 000	16 3 8,4232	+ 0,0800	55,44		
		M. P al S.	1.º	0	17 3 2,3952	+ 0,0690		21,23	756,53
			2.º	2 000	17 28 7,2806	+ 0,0745	54,06		
9	IV	H. P al N.	1.º	0	11 51 3,2062	+ 0,0030		20,05	761,06
			2.º	2 000	12 16 8,0962	+ 0,0075	55,37		
		H. P al S.	1.º	0	12 59 1,6852	+ 0,0293		19,84	760,19
			2.º	2 000	13 24 6,5584	+ 0,0340	55,08		
		M. P al N.	1.º	0	15 50 2,3172	+ 0,0065		20,05	761,11
			2.º	2 000	16 15 7,0210	+ 0,0180	54,61		
		M. P al S.	1.º	0	17 8 0,3328	+ 0,0170		20,19	761,74
			2.º	2 000	17 33 5,2224	+ 0,0125	53,07		

ESTADO B_2

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS FUERZAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
10	V	**H.** P al N.	1.º	0	11 6 1,5290	+ 0,0005		19,85	769,06
			2.º	2 000	11 31 6,4282	+ 0,0010	55,00		
		H. P al S.	1.º	0	12 22 2,4094	+ 0,0995		20,25	766,97
			2.º	2 152	12 49 1,6542	+ 0,0965	55,37		
		M. P al N.	1.º	0	15 25 1,2464	+ 0,1620		20,30	768,55
			2.º	2 000	15 50 6,1520	+ 0,1565	53,73		
		M. P al S.	1.º	0	16 44 1,1090	+ 0,1700		20,34	768,50
			2.º	2 000	17 9 6,0076	+ 0,1680	53,94		
11	VI	**H.** P al N.	1.º	0	10 2 2,8338	— 0,0535		19,48	766,71
			2.º	2 000	10 27 7,7048	— 0,0445	54,52		
		H. P al S.	1.º	0	11 27 0,4746	— 0,0255		19,84	767,61
			2.º	2 000	11 52 5,3540	— 0,0230	54,31		
		M. P al N.	1.º	0	16 13 1,5740	— 0,0280		19,98	766,15
			2.º	2 000	16 38 6,4646	— 0,0295	53,03		
		M. P al S.	1.º	0	17 29 0,8308	— 0,0135		20,06	765,84
			2.º	2 000	17 54 5,7174	— 0,0190	52,48		

ESTADO B_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos..... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (No la hora cronográfica.)	PARALAJE EN LAS PLUMAS	AMPLITUDES DERIVAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
13	VII	**H.** P al N.	1.º	0	9 13 2,9708	— 0,0005		19,40	767,62
			2.º	2 000	9 38 7,8608	— 0,0015	55,00		
		H. P al S.	1.º	0	10 28 1,3276	— 0,0010		19,41	767,86
			2.º	2 000	10 53 6,2190	— 0,0005	54,96		
		M. P al N.	1.º	0	11 44 1,6606	— 0,0010		19,60	767,99
			2.º	2 000	12 9 6,5782	— 0,0010	54,74		
		M. P al S.	1.º	0	13 4 0,8668	— 0,0015		19,65	767,84
			2.º	2 000	13 29 5,7764	— 0,0015	54,94		
14	VIII	**H.** P al N.	1.º	0	11 1 1,4952	— 0,0000		19,46	768,41
			2.º	2 000	11 26 6,3918	— 0,0010	55,41		
		H. P al S.	1.º	0	12 14 1,7012	— 0,0050		19,58	767,50
			2.º	2 000	12 39 6,6254	— 0,0055	55,60		
		M. P al N.	1.º	0	16 23 1,6016	— 0,0065		19,66	767,49
			2.º	2 000	16 48 6,5056	+ 0,0010	54,01		
		M. P al S.	1.º	0	17 47 1,1636	— 0,0060		19,66	767,34
			2.º	2 000	18 12 5,0876	— 0,0010	53,46		

ESTADO B_{II}

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... D.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la línea meridiana)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES REDUCIDAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
16	IX	H. P al N.	1.º	0	10 23 1,1850	0,0000		18,71	766,16
			2.º	2 000	10 48 6,0956	+ 0,0015	34,88		
		H. P al S.	1.º	0	11 41 1,4858	+ 0,0050		18,96	766,18
			2.º	2 000	12 6 6,3850	+ 0,0059	34,48		
		M. P al N.	1.º	0	12 51 2,4012	+ 0,0010		19,09	766,21
			2.º	2 000	13 16 7,3442	— 0,0030	34,33		
		M. P al S.	1.º	0	16 8 1,6108	+ 0,0005		19,25	765,74
			2.º	2 000	16 33 6,5160	— 0,0015	32,56		
17	X	H. P al N.	1.º	0	10 10 1,7414	— 0,0025		18,79	766,65
			2.º	2 000	10 35 6,6194	0,0000	35,69		
		H. P al S.	1.º	0	11 18 1,0474	— 0,0075		19,00	766,47
			2.º	2 000	11 43 5,9442	— 0,0170	35,37		
		M. P al N.	1.º	0	12 38 0,0848	— 0,0025		19,16	766,30
			2.º	2 000	13 3 5,0150	+ 0,0005	33,40		
		M. P al S.	1.º	0	16 16 1,2334	— 0,0090		19,31	765,29
			2.º	2 000	16 41 6,1300	— 0,0015	35,77		

ESTADO B_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
18	XI	**H.** P al N.	1.°	0	9 58 1,4720	— 0,0030		18,86	764,84
			2.°	2 000	10 23 6,3662	— 0,0040	53,36		
		H. P al S.	1.°	0	11 9 2,9826	— 0,0070		19,06	764,72
			2.°	2 000	11 34 6,9000	— 0,0065	53,56		
		M. P al N.	1.°	0	12 20 2,0676	+ 0,0015		19,19	764,65
			2.°	2 000	12 45 6,9664	— 0,0030	53,28		
		M. P al S.	1.°	0	16 22 0,6728	— 0,0040		19,41	763,08
			2.°	2 000	16 47 5,5832	— 0,0070	54,69		

ESTADO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	°	°	mm
20	I	**H.** P al N.	1.°	0	11 30 2,5820	0,0000			
			2.°	1 600	11 50 6,4454	— 0,0010	51,77	19,16	767,15
		H. P al S.	1.°	0	12 44 0,9522	— 0,0015			
			2.°	1 600	13 4 4,8362	— 0,0030	51,49	19,36	767,22
		M. P al N.	1.°	0	16 23 4,9712	— 0,0020			
			2.°	1 600	16 43 8,8790	0,0000	52,43	19,38	766,52
		M. P al S.	1.°	0	17 25 4,7572	+ 0,0010			
			2.°	1 600	17 45 8,6526	— 0,0010	52,65	19,39	766,77
21	II	**H.** P al N.	1.°	0	10 34 5,4880	— 0,0060			
			2.°	1 600	10 54 9,4206	+ 0,0050	53,01	19,01	769,46
		H. P al S.	1.°	0	11 53 4,9728	— 0,0030			
			2.°	1 600	12 13 8,8660	+ 0,0010	53,58	19,11	769,80
		M. P al N.	1.°	0	13 14 5,5160	0,0000			
			2.°	1 600	13 34 9,4048	+ 0,0020	53,15	18,69	769,80
		M. P al S.	1.°	0	17 50 5,4434	— 0,0020			
			2.°	1 600	18 10 9,3468	+ 0,0060	52,32	18,83	768,93

ESTADO *B*,

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.) h	m	s	PARALAJE DE LAS PLUMAS s	AMPLITUDES MEDIAS ′	TEMPERATURAS °	PRESIONES mm
23	III	**H.** P al N.	1.º	0	16	49	3,8536	— 0,0015		18,68	768,20
			2.º	1 600	17	9	9,7298	+ 0,0015	51,82		
		H. P al S.	1.º	0	18	5	5,6514	0,0000		18,69	768,00
			2.º	1 600	18	25	9,5328	+ 0,0010	53,21		
		M. P al N.	1.º	0	11	56	5,7442	— 0,0065		18,41	766,52
			2.º	1 600	12	16	9,6654	+ 0,0055	51,54		
		M. P al S.	1.º	0	13	5	6,6246	+ 0,0030		18,55	766,34
			2.º	1 600	13	25	10,5326	+ 0,0000	50,75		
24	IV	**H.** P al N.	1.º	0	11	50	6,5734	0,0000		18,23	768,66
			2.º	1 600	12	10	10,4476	— 0,0010	51,97		
		H. P al S.	1.º	0	13	9	6,1264	— 0,0020		18,41	769,08
			2.º	1 600	13	29	10,0160	+ 0,0030	52,10		
		M. P al N.	1.º	0	17	5	5,3736	— 0,0015		18,53	768,52
			2.º	1 600	17	25	9,2752	— 0,0010	51,54		
		M. P al S.	1.º	0	18	3	5,3752	— 0,0010		18,56	768,62
			2.º	1 600	18	23	9,2890	+ 0,0010	51,45		

ESTADO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... b.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
25	V	H. P al N.	1.º	0	16 44 5,5112	+ 0,0055		18,31	768,85
			2.º	1 600	17 4 9,1778	— 0,0040	53.47		
		H. P al S.	1.º	0	18 0 6,0212	+ 0,0095		18,35	768,64
			2.º	1 600	18 20 9,8856	+ 0,0090	52,39		
26		M. P al N.	1.º	0	22 22 6,4608	+ 0,0050		18,11	765,53
			2.º	1 600	22 42 10,3682	+ 0,0035	52,15		
		M. P al S.	1.º	0	23 35 4,9868	+ 0,0035		18,26	765,06
			2.º	1 600	23 55 8,8700	+ 0,0010	52,43		
27	VI	H. P al N.	1.º	0	11 41 5,4206	— 0,0010		17,74	764,18
			2.º	1 600	12 1 9,2824	+ 0,0070	53,86		
		H. P al S.	1.º	0	12 59 6,8398	— 0,0015		17,86	764,22
			2.º	1 600	13 19 10,6928	+ 0,0030	52,62		
		M. P al N.	1.º	0	16 35 46,6100	— 0,0015		18,16	763,83
			2.º	1 600	16 55 50,4940	+ 0,0030	52,03		
		M. P al S.	1.º	0	18 0 6,6696	+ 0,0025		18,18	763,93
			2.º	1 600	18 20 10,5524	0,0000	52,11		

ESTADO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATÓ

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... b.

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Octubre y Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
28	VII	H.P al N.	1.º	0	12 9 6,3562	+ 0,0075		17,81	766,24
			2.º	1 600	12 39 10,4160	+ 0,0020	54,75		
		H.P al S.	1.º	0	13 30 6,9328	+ 0,0050		17,83	766,36
			2.º	1 600	13 50 10,1108	+ 0,0115	52,97		
30		M.P al N.	1.º	0	12 39 36,6616	+ 0,0010		17,45	760,73
			2.º	1 600	12 59 40,5572	+ 0,0010	51,45		
		M.P al S.	1.º	0	13 56 37,0762	+ 0,0030		17,61	760,21
			2.º	1 600	14 16 40,9492	+ 0,0005	53,02		
31	VIII	H.P al N.	1.º	0	12 5 5,3890	+ 0,0030		17,43	757,08
			2.º	1 600	12 25 9,8596	+ 0,0090	51,49		
		H.P al S.	1.º	0	13 28 4,7974	+ 0,0005		17,46	757,18
			2.º	1 600	13 48 8,6570	+ 0,0060	52,44		
3		M.P al N.	1.º	0	12 43 5,7664	+ 0,0025		16,43	765,65
			2.º	1 600	13 3 9,6588	+ 0,0035	53,30		
		M.P al S.	1.º	0	14 31 6,8848	— 0,0010		16,64	765,18
			2.º	1 600	14 51 10,7776	— 0,0025	52,01		

ESTADO *B*,

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1 893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la línea cronográfica.)	PARALAJE DE LAS FUERZAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
6	IX	**H.** F al N.	1.º	0	12 12 36,4354	+ 0,0090		16,08	757,45
			2.º	1 600	12 32 40,3028	— 0,0010	52,70		
		H. F al S.	1.º	0	13 15 5,7380	0,0000		16,19	757,54
			2.º	1 600	13 35 9,5796	— 0,0040	52,82		
7		**M.** F al N.	1.º	0	13 9 5,2760	+ 0,0060		16,24	756,88
			2.º	1 600	13 29 9,0280	— 0,0010	52,57		
		M. F al S.	1.º	0	14 09 5,0160	— 0,0015		16,36	756,52
			2.º	1 600	14 49 9,7896	+ 0,0070	52,82		
8	X	**H.** F al S.	1.º	0	14 59 5,9608	+ 0,0095		16,29	753,34
			2.º	1 600	15 19 9,8186	+ 0,0055	52,40		
9		**H.** F al N.	1.º	0	12 20 6,4884	+ 0,0000		15,26	752,21
			2.º	1 600	12 40 10,3220	+ 0,0020	52,57		
		M. F al N.	1.º	0	13 37 5,0142	+ 0,0045		15,46	753,14
			2.º	1 600	13 57 8,8894	+ 0,0025	53,55		
		M. F al S.	1.º	0	15 10 5,5584	+ 0,0055		15,49	752,48
			2.º	1 600	15 30 9,4310	+ 0,0005	54,08		

ESTADO B_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos,... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

RESULTADOS INMEDIATOS

1893. Noviembre.

DÍAS	SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	GRUPOS DE PASOS	NÚMERO DE OSCILACIONES	INSTANTES DE PASO (En la cinta cronográfica.)	PARALAJE DE LAS PLUMAS	AMPLITUDES MEDIAS	TEMPERATURAS	PRESIONES
					h m s	s	′	°	mm
15	XI	H.P al N.	1.º	0	12 44 6,6790	+ 0,0110		14,64	760,66
			2.º	1 600	13 4 10,5270	+ 0,0030	52,87		
13		H.P al S.	1.º	0	15 16 6,2092	— 0,0015		14,64	764,61
			2.º	1 600	15 36 10,0458	+ 0,0005	52,39		
14		M.P al N.	1.º	0	12 40 6,1764	— 0,0010		14,56	764,82
			2.º	1 600	13 0 10,0368	0,0000	52,50		
		M.P al S.	1.º	0	14 31 36,9494	+ 0,0005		14,63	761,37
			2.º	1 600	14 31 40,8136	0,0000	53,06		

ESTADO C_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos..... D.
SERIES I Á XI

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ.... 559mm,08. *1893. Octubre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$	DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$
			mm	mm	mm				mm	mm	mm
5	I	S	90,36	189,18	369,90	12	VI	S	90,40	189,24	369,94
		I	40	14	91			I	41	13	95
		S	37	17	91						
		I	36	18	90	13	VII	S	90,37	189,17	369,91
								I	35	19	89
6	II	S	90,42	189,12	369,96			S	37	17	91
		I	38	16	92			I	37	17	91
		S	40	14	94						
		I	38	16	92	14	VIII	S	90,35	189,19	369,89
								I	37	17	91
7	III	S	90,37	189,17	369,91			S	37	17	91
		I	38	16	92			I	37	17	91
		S	37	17	91						
		I	39	15	93	16	IX	S	90,40	189,14	369,94
								I	36	18	90
9	IV	S	90,37	189,17	369,91			S	37	17	91
		I	36	18	90			I	34	20	88
		S	41	13	95						
		I	39	15	93	17	X	S	90,34	189,20	369,88
								I	33	21	87
10	V	S	90,40	189,14	369,94			S	35	19	89
		I	38	16	92			I	36	18	90
		S	40	14	94						
		I	41	13	95	18	XI	S	90,33	189,21	369,87
								I	35	19	89
11	VI	S	90,38	189,16	369,92			S	35	19	89
		I	37	17	91			I	35	19	89

ESTADO C_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PENDULO LIGERO.— Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos..... **b.**
SERIES I á XI

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

RESULTADOS INMEDIATOS

Valor aproximado de λ... 559mm,06. *1893. Octubre y Noviembre.*

DÍAS	SERIES	SITUACIÓN DE LA FIRMA	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL Centro de figura. $\bar{\delta}$	Cuchillo M $\bar{h}_M$	Cuchillo H $\bar{h}_H$
			mm	mm	mm
20	I	S	81,60	197,93	361,13
		I	59	94	12
		S	60	91	15
		I	59	94	12
21	II	S	81,58	197,95	361,11
		I	58	95	11
		S	62	91	15
		I	65	88	18
23	III	S	81,61	197,92	361,14
		I	65	88	18
		S	61	92	14
		I	65	88	18
24	IV	S	81,62	197,91	361,15
		I	66	87	19
		S	63	90	16
		I	62	91	15
25	V	S	81,63	197,90	361,16
		I	64	89	17
26		S	63	90	16
		I	65	88	18
27	VI	S	81,62	197,91	361,15
		I	62	91	15
27	VI	S	81,63	197,90	361,16
		I	64	89	17
28	VII	S	81,61	197,92	361,14
		I	61	92	14
30		S	61	92	14
		I	61	92	14
31	VIII	S	81,62	197,91	361,15
		I	62	91	15
3		S	60	93	13
		I	62	91	15
6	IX	S	81,60	197,93	361,13
		I	60	93	13
7		S	58	95	11
		I	60	93	13
8	X	S	81,60	197,93	361,13
		I	62	91	15
9		S	62	91	15
		I	61	92	14
13	XI	S	81,60	197,93	361,13
		I	61	92	14
14		S	60	93	13
		I	62	91	15

CAPÍTULO VII

REDUCCIÓN DE LAS OBSERVACIONES

CUADRO A'_2

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.— Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	PROMEDIOS		RESUMEN POR SERIES	
		Distancias. $\bar{\lambda}_2$	Temperaturas. $\bar{t}$	Distancias. $\bar{\lambda}_2$	Temperaturas. $\bar{t}$
		m	°	m	°
I	**H.P** al N.	0,55907407	20,44		
		7357	20,45		
	H.P al S.	7443	20,52		
		7728	20,54		
	M.P al N.	7722	20,66	0,55907643	20,616
		7878	20,74		
	M.P al S.	7850	20,76		
		7755	20,83		
II	**H.P** al N.	0,55907951	20,85		
		7683	20,83		
	H.P al S.	7989	20,88		
		7798	20,89		
	M.P al N.	7800	21,01	0,55907835	20,990
		7826	21,11		
	M.P al S.	7823	21,11		
		7810	21,06		
III	**H.P** al N.	0,55907911	20,86		
		8008	21,09		
	H.P al S.	8063	21,13		
		7831	21,14		
	M.P al N.	7839	21,16	0,55907876	21,135
		7776	21,23		
	M.P al S.	7781	21,24		
		7802	21,23		

CUADRO A_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	PROMEDIOS		RESUMEN POR SERIES	
		Distancias. λ_0	Temperaturas. t	Distancias. λ_0	Temperaturas. t
		m	°	m	°
IV	**H.** F al N.	0,55907761	19,69		
		7735	19,80		
	H. F al S.	8041	19,84		
		7836	19,88		
	M. F al N.	7916	20,03	0,55907864	19,945
		7766	20,10		
	M. F al S.	7869	20,16		
		7990	20,06		
V	**H.** F al N.	0,55907770	19,75		
		7908	20,14		
	H. F al S.	7891	20,19		
		7954	20,23		
	M. F al N.	7999	20,30	0,55907809	20,206
		7881	20,33		
	M. F al S.	7928	20,43		
		7879	20,28		
VI	**H.** F al N.	0,55907836	19,44		
		7885	19,66		
	H. F al S.	7850	19,76		
		7797	19,88		
	M. F al N.	7665	20,01	0,55907793	19,855
		7779	20,04		
	M. F al S.	7893	20,09		
		7759	19,96		

CUADRO A'_{11}

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	PROMEDIOS		RESUMEN POR SERIES	
		Distancias. $\overline{\lambda_2}$	Temperaturas. $\overline{t}$	Distancias. $\overline{\lambda_2}$	Temperaturas. $\overline{t}$
		m'	°	m'	°
VII	**H.** P al N.	0,55907722	19,06		
		7752	19,33		
	H. P al S.	7916	19,49		
		7607	19,46		
	M. P al N.	7846	19,54	0,55907741	19,464
		7577	19,61		
	M. P al S.	7779	19,68		
		7736	19,60		
VIII	**H.** P al N.	0,55907627	19,44		
		7749	19,48		
	H. P al S.	7839	19,55		
		7565	19,59		
	M. P al N.	7654	19,65	0,55907735	19,574
		7776	19,64		
	M. P al S.	7792	19,66		
		7832	19,58		
IX	**H.** P al N.	0,55907569	18,66		
		7789	18,84		
	H. P al S.	7888	18,94		
		7679	19,03		
	M. P al N.	7846	19,06	0,55907738	19,016
		7699	19,11		
	M. P al S.	7726	19,25		
		7771	19,24		

CUADRO A'_2

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	PROMEDIOS		RESUMEN POR SERIES	
		Distancias. $\overline{\lambda_3}$	Temperaturas. $\overline{t}$	Distancias. $\overline{\lambda_2}$	Temperaturas. $\overline{t}$
		m'	°	m'	°
X	**H.** P al N.	0,55907829	18,70		
		7732	18,89		
	H. P al S.	7840	18,99		
		7752	19,06		
	M. P al N.	7936	19,14	0,55907776	19,071
		7759	19,20		
	M. P al S.	7719	19,34		
		7643	19,35		
XI	**H.** P al N.	0,55907730	18,38		
		7667	18,95		
	H. P al S.	7854	19,04		
		7731	19,11		
	M. P al N.	7948	19,18	0,55907750	19,127
		7776	19,18		
	M. P al S.	7686	19,32		
		7585	19,39		

CUADRO A'_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... b.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	PROMEDIOS		RESUMEN POR SERIES	
		Distancias. λ_4	Temperaturas. t	Distancias. λ_4	Temperaturas. t
		m	°	m	°
I	H.P al N.	0,55906215	19,11		
		6041	19,24		
	H.P al S.	6198	19,31		
		6204	19,28		
	M.P al N.	6167	19,34	0,55906148	19,305
		6124	19,36		
	M.P al S.	6126	19,40		
		6108	19,40		
II	H.P al N.	0,55906228	18,98		
		6186	19,01		
	H.P al S.	6239	19,11		
		6148	19,04		
	M.P al N.	6160	18,69	0,55906256	18,906
		6381	18,78		
	M.P al S.	6369	18,78		
		6233	18,86		
III	H.P al N.	0,55906152	18,68		
		6175	18,66		
	H.P al S.	6258	18,71		
		6197	18,65		
	M.P al N.	6249	18,76	0,55906213	18,580
		6206	18,49		
	M.P al S.	6237	18,55		
		6227	18,56		

CUADRO A'_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PENDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

Reducción

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	PROMEDIOS		RESUMEN POR SERIES	
		Distancias. $\bar{\lambda}_4$	Temperaturas. $\bar{t}$	Distancias. $\bar{\lambda}_4$	Temperaturas. $\bar{t}$
IV	**H.** P al N.	m 0,55906127	° 18,18	m	°
		6245	18,33		
	H. P al S.	6322	18,39		
		6151	18,41		
	M. P al N.	6088	18,56	0,55906205	18,440
		6257	18,56		
	M. P al S.	6283	18,59		
		6185	18,50		
V	**H.** P al N.	0,55906163	18,30		
		6147	18,35		
	H. P al S.	6091	18,38		
		6047	18,36		
	M. P al N.	6130	18,11	0,55906143	18,259
		6128	18,16		
	M. P al S.	6073	18,21		
		6166	18,24		
VI	**H.** P al N.	0,55906062	17,69		
		6213	17,76		
	H. P al S.	6204	17,80		
		6148	17,93		
	M. P al N.	6146	18,16	0,55906127	17,972
		6106	18,16		
	M. P al S.	6070	18,10		
		6064	18,08		

CUADRO A_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	PROMEDIOS		RESUMEN POR SERIES	
		Distancias. $\overline{\lambda_4}$	Temperaturas. $\overline{t}$	Distancias. $\overline{\lambda_4}$	Temperaturas. $\overline{t}$
		m	°	m	°
VII	**H.** P al N.	0,55906265	17,68		
		6127	17,68		
	H. P al S.	6139	17,76		
		6136	17,85		
	M. P al N.	6173	17,45	0,55906177	17,635
		6175	17,46		
	M. P al S.	6205	17,56		
		6209	17,64		
VIII	**H.** P al N.	0,55906087	17,40		
		6119	17,48		
	H. P al S.	6145	17,50		
		6160	17,51		
	M. P al N.	6086	16,40	0,55906141	17,022
		6100	16,51		
	M. P al S.	6102	16,64		
		6133	16,66		
IX	**H.** P al N.	0,55906077	16,08		
		6070	16,13		
	H. P al S.	6132	16,15		
		6140	16,21		
	M. P al N.	6084	16,20	0,55906115	16,224
		6179	16,31		
	M. P al S.	6100	16,35		
		6093	16,36		

CUADRO A'_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.— Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b**.

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	PROMEDIOS		RESUMEN POR SERIES	
		Distancias. $\overline{\lambda_4}$	Temperaturas. $\overline{t}$	Distancias. $\overline{\lambda_4}$	Temperaturas. $\overline{t}$
		m	°	m	°
X	**H.** P al N.	0,55906104	15,20		
		6113	15,38		
	H. P al S.	6161	16,28		
		6089	16,23		
	M. P al N.	6118	15,45	0,55906118	15,630
		6076	15,46		
	M. P al S.	6153	15,51		
		6130	15,51		
XI	**H.** P al S.	0,55906172	14,64		
		6125	14,70		
	H. P al N.	6099	14,61		
		6179	14,68		
	M. P al N.	6092	14,54	0,55906125	14,626
		6114	14,61		
	M. P al S.	6092	14,59		
		6124	14,64		

CUADRO A'''

RESUMEN COMPARATIVO

DE LOS RESULTADOS CORRESPONDIENTES EN AMBAS SUSPENSIONES

PÉNDULO	SUSPENSIÓN H		SUSPENSIÓN M		DIFERENCIAS ENTRE LAS (H — M)	
	Distancias.	Temperaturas.	Distancias.	Temperaturas.	Distancias.	Temperaturas.
Pesado.	m' 0,55907776 ± 0,00000016	° 19,776	m' 0,55907797 ± 0,00000010	° 20,042	m' — 0,00000021 ± 0,00000019	° — 0,266
Ligero.	0,55906162 ± 0,00000007	17,563	0,55906160 ± 0,00000008	17,453	+ 0,00000002 ± 0,00000010	+ 0,110

CUADRO A^{IV}

VALORES REDUCIDOS DE LAS «DISTANCIAS»

EN

UNIDADES MÉTRICAS DE LAS REGLAS Á LAS TEMPERATURAS NORMALES

PÉNDULOS	DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS λ_τ	TEMPERATURAS NORMALES τ
Pesado.	m' 0,55907796 ± 0,00000009	° 19,909
Ligero.	0,55906161 ± 0,00000005	17,508

CUADRO B'_2

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD infinitamente pequeña C_a	A LA TEMPERATURA NORMAL 19°,900 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 2000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T	DENSIDAD DEL AIRE
		h m s	s	s	s	h m s	s	s	
I	H. F al N.	0 0 0 25 4,8962				0 0 0 25 4,86902	1504,86902	0,75243451	0,925
	S.	0 0 0 25 4,8646	—0,02393	—0,01077	+0,00752	0 0 0 25 4,83960	83960	1980	0,926
	M. F al N.	0 0 0 25 4,8942	—0,02281	—0,01090	+0,00752	0 0 0 25 4,86901	1504,86901	0,75243450	0,924
	S.	0 0 0 25 4,8722	—0,02076	—0,01199	+0,00752	0 0 0 25 4,84697	84697	2346	0,924
II	H. F al N.	0 0 0 25 4,8815	—0,02369	—0,01226	+0,00516	0 0 0 25 4,85071	1504,85071	0,75242535	0,927
	S.	0 0 0 25 4,8692	—0,02369	—0,01294	+0,00516	0 0 0 25 4,83773	83773	1886	0,927
	M. F al N.	0 0 0 25 4,8764	—0,02332	—0,01676	+0,00516	0 0 0 25 4,84248	1504,84248	0,75242124	0,925
	S.	0 0 0 25 4,8704	—0,02412	—0,01594	+0,00516	0 0 0 25 4,83550	83550	1775	0,926
III	H. F al N.	0 0 0 25 4,8689	—0,02414	—0,01471	+0,00989	0 0 0 25 4,83994	1504,83994	0,75241997	0,926
	S.	0 0 0 25 4,8754	—0,02365	—0,01608	+0,00989	0 0 0 25 4,84356	84356	2278	0,926
	M. F al N.	0 0 0 25 4,8949	—0,02453	—0,01703	+0,00989	0 0 0 25 4,86393	1504,86393	0,75243161	0,925
	S.	0 0 0 25 4,8799	—0,02331	—0,01798	+0,00989	0 0 0 25 4,84850	84850	2495	0,923
IV	H. F al N.	0 0 0 25 4,8855	—0,02447	—0,00192	+0,00368	0 0 0 25 4,86279	1504,86279	0,75243139	0,934
	S.	0 0 0 25 4,8687	—0,02421	+0,00094	+0,00368	0 0 0 25 4,84912	84912	2455	0,932
	M. F al N.	0 0 0 25 4,8923	—0,02380	—0,00192	+0,00368	0 0 0 25 4,87026	1504,87026	0,75243513	0,933
	S.	0 0 0 25 4,8941	—0,02247	—0,00383	+0,00368	0 0 0 25 4,87248	87248	3574	0,933

CUADRO B'_3

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD infinitamente pequeña C_a	A LA TEMPERATURA NORMAL 19°,000 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_z	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 2000 OSCILACIONES Σ	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T	DENSIDAD DEL AIRE
		h m s	s	s	s	h m s	s	s	
V	H. P al N.	0 0 0 25 4,9007	−0,02414	+0,00080	+0,00796	0 0 0 25 4,88532	2504,88532	0,75244266	0,943
	S.	0 0 0 25 4,8771	−0,02447	−0,00464	+0,00796	0 0 0 25 4,85595	85595	2797	0,939
	M. P al N.	0 0 0 25 4,9111	−0,02304	−0,00532	+0,00796	0 0 0 25 4,89070	2504,89070	0,75244535	0,941
	S.	0 0 0 25 4,9006	−0,02322	−0,00587	+0,00796	0 0 0 25 4,87947	87947	3973	0,941
VI	H. P al N.	0 0 0 25 4,8609	−0,02372	+0,00564	+0,01455	0 0 0 25 4,85867	2504,85867	0,75242933	0,942
	S.	0 0 0 25 4,8769	−0,02354	+0,00094	+0,01455	0 0 0 25 4,86885	86885	3442	0,941
	M. P al N.	0 0 0 25 4,8851	−0,02244	−0,00097	+0,01455	0 0 0 25 4,87624	2504,87624	0,75243812	0,939
	S.	0 0 0 25 4,8821	−0,02198	−0,00206	+0,01455	0 0 0 25 4,87261	87261	3630	0,939
VII	H. P al N.	0 0 0 25 4,8910	−0,02424	+0,00693	−0,01401	0 0 0 25 4,85978	2504,85978	0,75242989	0,943
	S.	0 0 0 25 4,8909	−0,02410	+0,00679	−0,01401	0 0 0 25 4,85958	85958	2979	0,943
	M. P al N.	0 0 0 25 4,9176	−0,02348	+0,00421	−0,01401	0 0 0 25 4,88432	2504,88432	0,75244216	0,943
	S.	0 0 0 25 4,9096	−0,02409	+0,00353	−0,01401	0 0 0 25 4,87503	87503	3751	0,942
VIII	H. P al N.	0 0 0 25 4,8936	−0,02450	+0,00611	−0,01235	0 0 0 25 4,86786	2504,86786	0,75243393	0,944
	S.	0 0 0 25 4,9167	−0,02467	+0,00448	−0,01235	0 0 0 25 4,88516	88516	4258	0,942
	M. P al N.	0 0 0 25 4,8965	−0,02328	+0,00339	−0,01235	0 0 0 25 4,86506	2504,86506	0,75243263	0,942
	S.	0 0 0 25 4,9190	−0,02281	+0,00339	−0,01235	0 0 0 25 4,88823	88823	4411	0,942

CUADRO B'_{II}

3.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO PESADO. — Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACION DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) À LA AMPLITUD infinitamente pequeña C_I	À LA TEMPERATURA NORMAL 10°,000 C_T	À TIEMPO SIDÉREO C_S	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 2000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN y	DENSIDAD DEL AIRE
		h m s	s	s	s	h m s	s	s	
IX	H. F al N.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,9089	— 0,02403	+ 0,01632	— 0,03847	25 4,86272	1504,86272	0,75243136	0,943
	S.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,8992	— 0,02369	+ 0,01892	— 0,03847	25 4,84996	84996	2498	0,943
	M. F al N.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,9450	— 0,02355	+ 0,01215	— 0,03847	25 4,89413	1504,89413	0,75244706	0,942
	S.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,9078	— 0,02205	+ 0,00897	— 0,03847	25 4,85625	85625	2812	0,941
X	H. F al N.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,8735	— 0,02475	+ 0,01523	— 0,01980	25 4,84418	1504,84418	0,75242209	0,944
	S.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,9063	— 0,02447	+ 0,01237	— 0,01980	25 4,87440	87440	3720	0,943
	M. F al N.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,9272	— 0,02276	+ 0,01020	— 0,01980	25 4,89484	1504,89484	0,75244742	0,941
	S.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,8891	— 0,02489	+ 0,00815	— 0,01980	25 4,85263	85263	2631	0,940
XI	H. F al N.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,8952	— 0,02372	+ 0,01428	— 0,02731	25 4,85945	1504,85945	0,75242972	0,941
	S.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,9269	— 0,02289	+ 0,01256	— 0,02731	25 4,87826	87826	3913	0,940
	M. F al N.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,9033	— 0,02439	+ 0,00979	— 0,02731	25 4,86139	1504,86139	0,75243069	0,940
	S.	0 0 0				0 0 0			
		25 4,9134	— 0,02387	+ 0,00679	— 0,02731	25 4,86901	86901	3450	0,937

CUADRO B'_1

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos:... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODO DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) Á LA AMPLITUD INFINITAMENTE PEQUEÑA C_α	Á LA TEMPERATURA NORMAL 17°,608 C_t	Á TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN y	DENSIDAD DEL AIRE
I	H. F al N.	h m s 0 0 0 20 3,8844	s —0,01711	s —0,01799	s +0,00166	h m s 0 0 0 20 3,83096	s 1203,83096	s 0,75239435	0,943
	S.	0 0 0 20 3,8835	—0,01693	—0,01817	+0,00166	0 0 0 20 3,85006	85006	40629	0,943
	M. F al N.	0 0 0 20 3,9068	—0,01755	—0,02038	+0,00166	0 0 0 20 3,87053	1203,87053	0,75241908	0,942
	S.	0 0 0 20 3,8974	—0,01770	—0,02049	+0,00166	0 0 0 20 3,86087	86087	41304	0,942
II	H. F al N.	0 0 0 20 3,8808	—0,01794	—0,01636	—0,00352	0 0 0 20 3,84898	1203,84898	0,75240561	0,946
	S.	0 0 0 20 3,8954	—0,01811	—0,01744	—0,00352	0 0 0 20 3,85611	85611	41097	0,947
	M. F al N.	0 0 0 20 3,9016	—0,01803	—0,01287	—0,00352	0 0 0 20 3,88718	1203,88718	0,75242949	0,948
	S.	0 0 0 20 3,8892	—0,01881	—0,01440	—0,00352	0 0 0 20 3,85447	85447	40904	0,946
III	H. F al N.	0 0 0 20 3,8737	—0,01726	—0,01276	+0,00188	0 0 0 20 3,84506	1203,84506	0,75240316	0,949
	S.	0 0 0 20 3,8804	—0,01807	—0,01287	+0,00188	0 0 0 20 3,85134	85134	40709	0,946
	M. F al N.	0 0 0 20 3,9032	—0,01691	—0,00982	+0,00188	0 0 0 20 3,88430	1203,88430	0,75242769	0,945
	S.	0 0 0 20 3,9090	—0,01644	—0,01135	+0,00188	0 0 0 20 3,88309	88309	42693	0,945
IV	H. F al N.	0 0 0 20 3,8752	—0,01791	—0,00786	+0,00189	0 0 0 20 3,85132	1203,85132	0,75240707	0,948
	S.	0 0 0 20 3,8846	—0,01733	—0,00982	+0,00189	0 0 0 20 3,85934	85934	41209	0,948
	M. F al N.	0 0 0 20 3,9012	—0,01696	—0,01135	+0,00189	0 0 0 20 3,87468	1203,87468	0,75242167	0,947
	S.	0 0 0 20 3,9218	—0,01690	—0,01146	+0,00189	0 0 0 20 3,88533	88533	42833	0,947

CUADRO B_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.
Colocación de los cuchillos.... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD infinitamente PEQUEÑA C_α	A LA TEMPERATURA NORMAL 17°,608 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_z	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1 600 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T	DENSIDAD DEL AIRE
		h m s	s	s	s	h m s	s	s	
V	H. P al N.	0 0 0 20 3,8761	— 0,01825	— 0,00873	+ 0,00443	0 0 0 20 3,85355	1203,85355	0,75240847	0,948
	S.	0 0 0 20 3,8649	— 0,01752	— 0,00917	+ 0,00443	0 0 0 20 3,84264	84264	40165	0,948
	M. P al N.	0 0 0 20 3,9049	— 0,01736	— 0,00656	+ 0,00343	0 0 0 20 3,88441	1203,88441	0,75242776	0,944
	S.	0 0 0 20 3,8857	— 0,01755	— 0,00819	+ 0,00343	0 0 0 20 3,86339	86339	41462	0,943
VI	H. P al N.	0 0 0 20 3,8538	— 0,01852	— 0,00220	+ 0,00299	0 0 0 20 3,83607	1203,83607	0,75239754	0,944
	S.	0 0 0 20 3,8475	— 0,01768	— 0,00385	+ 0,00299	0 0 0 20 3,82898	82898	39311	0,944
	M. P al N.	0 0 0 20 3,8789	— 0,01676	— 0,00710	+ 0,00299	0 0 0 20 3,85803	1203,85803	0,75241227	0,942
	S.	0 0 0 20 3,8853	— 0,01734	— 0,00732	+ 0,00299	0 0 0 20 3,86363	86363	41477	0,942
VII	H. P al N.	0 0 0 20 3,8653	— 0,01914	— 0,00112	+ 0,00052	0 0 0 20 3,84557	1203,84557	0,75240348	0,947
	S.	0 0 0 20 3,8735	— 0,01791	— 0,00351	+ 0,00052	0 0 0 20 3,85260	85260	40787	0,946
	M. P al N.	0 0 0 20 3,8756	— 0,01690	+ 0,00063	— 0,00322	0 0 0 20 3,85412	1203,85412	0,75240882	0,941
	S.	0 0 0 20 3,8755	— 0,01796	— 0,00111	— 0,00322	0 0 0 20 3,85121	85121	40701	0,940
VIII	H. P al N.	0 0 0 20 3,8716	— 0,01693	+ 0,00085	— 0,00624	0 0 0 20 3,84928	1203,84928	0,75240580	0,936
	S.	0 0 0 20 3,8541	— 0,01756	+ 0,00052	— 0,00624	0 0 0 20 3,83082	83082	39406	0,936
	M. P al N.	0 0 0 20 3,8974	— 0,01814	+ 0,01174	— 0,00138	0 0 0 20 3,88362	1203,88362	0,75242726	0,950
	S.	0 0 0 20 3,8943	— 0,01727	+ 0,00945	— 0,00138	0 0 0 20 3,88510	88510	42819	0,950

CUADRO B'_4

4.ª DETERMINACIÓN

PEQUEÑO APARATO

PÉNDULO LIGERO.—Cuchillos y plano de suspensión de ágata.

Colocación de los cuchillos..... **b.**

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

REDUCCIÓN

SERIES	MODOS DE SUSPENSIÓN	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Tiempo cronográfico.)	CORRECCIONES (Para reducir.) A LA AMPLITUD infinitamente pequeña C_a	A LA TEMPERATURA NORMAL 17°,508 C_t	A TIEMPO SIDÉREO C_s	INSTANTES RELATIVOS DE PASO (Reducidos.)	DURACIÓN DEL INTERVALO DE 1000 OSCILACIONES x	DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN T	DENSIDAD DEL AIRE
IX	H. P al N.	h m s 0 0 0 20 3,8774	s	s	s	h m s 0 0 0 20 3,86905	s 1203,86905	s 0,75241378	0,937
	S.	0 0 0 20 3,8456	−0,01780	+0,01435	−0,01380	0 0 0 20 3,84833	82833	39271	0,941
	M. P al N.	0 0 0 20 3,8590	−0,01764	+0,01381	−0,00982	0 0 0 20 3,84535	1203,84535	0,75240334	0,940
	S.	0 0 0 20 3,8651	−0,01726	+0,01250	−0,00982	0 0 0 20 3,85052	85052	40657	0,939
X	H. P al S.	0 0 0 20 3,8528	−0,01687	+0,01326	−0,00982	0 0 0 20 3,83937	1203,83937	0,75239961	0,935
	N.	0 0 0 20 3,8336	−0,01698	+0,02448	−0,00984	0 0 0 20 3,83128	83128	39455	0,937
	M. P al N.	0 0 0 20 3,8772	−0,01831	+0,02230	−0,00982	0 0 0 20 3,87137	1203,87137	0,75241961	0,938
	S.	0 0 0 20 3,8776	−0,01909	+0,02197	−0,00981	0 0 0 20 3,87066	87066	41916	0,937
XI	H. P al N.	0 0 0 20 3,8560	−0,01784	+0,03123	−0,00902	0 0 0 20 3,86037	1203,86037	0,75241273	0,952
	S.	0 0 0 20 3,8346	−0,01752	+0,03123	+0,00555	0 0 0 20 3,85386	85386	40866	0,955
	M. P al N.	0 0 0 20 3,8594	−0,01693	+0,03210	−0,00339	0 0 0 20 3,87118	1203,87118	0,75241949	0,955
	S.	0 0 0 20 3,8667	−0,01797	+0,03134	−0,00339	0 0 0 20 3,87668	87668	42292	0,950

CUADRO *B'''*

VALORES REDUCIDOS DE LA «DURACIÓN» DE LA OSCILACIÓN

PÉNDULOS	SUSPENSIONES	DURACIONES (Promedios)	ERROR MEDIO DE UNA OBSERVACIÓN	ERROR PROBABLE DEL PROMEDIO	DENSIDAD DEL AIRE
		s	s	s	
Pesado.	H	0,75242965	± 0,00000702	± 0,00000101	0,9375
	M	0,75243426	± 0,00000835	± 0,00000120	0,9360
Ligero.	H	0,75240363	± 0,00000672	± 0,00000097	0,9444
	M	0,75241846	± 0,00000834	± 0,00000120	0,9442

CUADRO *C'*

VALORES REDUCIDOS DE LAS «SITUACIONES»

PÉNDULOS	DISTANCIAS ENTRE LOS CUCHILLOS λ	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL CENTRO DE FIGURA δ	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL CUCHILLO M k_M	DISTANCIAS DEL CENTRO DE GRAVEDAD AL CUCHILLO H k_H
	mm	mm	mm	mm
Pesado.	559,078	90,373 ± 0,002	189,166	369,912
Ligero.	559,062	81,616 ± 0,002	197,915	361,147

CAPÍTULO VIII

RESULTADOS GENERALES

CUADRO *R* [Fórmulas (3) y (4)]

PÉNDULOS	$\gamma_M - \gamma_D$	γ'	$l_M = \lambda\left(1 + \frac{\gamma'}{h_D}\right)$	$l_M = \lambda\left(1 + \frac{\gamma'}{h_M}\right)$
	s		m'	m'
Pesado	0,00000461	0,00000474	0,55908562	0,55909187
Ligero	0,00001483	0,00001526	0,55902833	0,55911076

CUADRO R'

[Fórmula (4).]

Determinación	Series	Longitudes del péndulo de segundos (T. S) calculadas con las duraciones en la Suspensión H		Suspensión M	
		Modos.	$\frac{i_n}{T^2_n}$	Modos.	$\frac{i_n}{T^2_n}$
3.ª	I	H. P al N.	m. 0,98750960	M. P al N.	m. 0,98751971
		S	54[illegible]	S.	54865
PEQUEÑO APARATO	II	H. P al N.	53163	M. P al N.	55453
Péndulo pesado		S.	54867	S.	56369
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.	III	H. P al N.	54576	M. P al N.	54730
		S.	53838	S.	54665
Colocación de los cuchillos... D.	IV	H. P al N.	51578	M. P al N.	51807
		S.	53178	S.	51647
Temperatura normal... 19°,909	V	H. P al N.	48020	M. P al N.	49125
		S.	52476	S.	50399
	VI	H. P al N.	52101	M. P al N.	51023
		S.	50782	S.	51504
	VII	H. P al N.	51972	M. P al N.	49962
		S.	51998	S.	51181
	VIII	H. P al N.	50694	M. P al N.	52463
		S.	48658	S.	49449
	IX	H. P al N.	51586	M. P al N.	48675
		S.	53261	S.	53648
	X	H. P al N.	54010	M. P al N.	48581
		S.	50053	S.	54122
	XI	H. P al N.	52017	M. P al N.	52972
		S.	49547	S.	51971

CUADRO **E'** *(Conclusión).* [FÓRMULA (4).]

DETERMINACIÓN	SERIES	LONGITUDES DEL PÉNDULO DE SEGUNDOS *(T. S)* CALCULADAS CON LAS DURACIONES EN LA			
		SUSPENSIÓN **H**		SUSPENSIÓN **M**	
		Modos.	$\frac{L_H}{T^2_H}$	Modos.	$\frac{L_M}{T^2_M}$
4.ª	I	**H.** P al N.	m' 0,98761886	**M.** P al N.	m' 0,98759086
		S.	58731	S.	60872
PEQUEÑO APARATO	II	**H.** P al N.	58931	**M.** P al N.	56552
Péndulo ligero		S.	57760	S.	61922
Cuchillos y plano de suspensión de ágata.	III	**H.** P al N.	59573	**M.** P al N.	57025
		S.	58341	S.	57226
Colocación de los cuchillos... **D.**	IV	**H.** P al N.	58547	**M.** P al N.	58605
		S.	57230	S.	56858
Temperatura normal... 17°,508	V	**H.** P al N.	58279	**M.** P al N.	57008
		S.	59970	S.	60456
	VI	**H.** P al N.	61048	**M.** P al N.	61336
		S.	62212	S.	60418
	VII	**H.** P al N.	59489	**M.** P al N.	61979
		S.	58337	S.	62454
	VIII	**H.** P al N.	58880	**M.** P al N.	57139
		S.	61910	S.	56894
	IX	**H.** P al N.	56765	**M.** P al N.	63417
		S.	62317	S.	62569
	X	**H.** P al N.	61833	**M.** P al N.	59146
		S.	60506	S.	59265
	XI	**H.** P al N.	57061	**M.** P al N.	59178
		S.	58130	S.	58278

CAPÍTULO IX

RESULTADO FINAL

§ 38. Con los dos valores de L, correspondientes uno al gran aparato, deducido por mis observaciones, y otro al pequeño, con el cual hizo las suyas el Sr. Los Arcos, se ha obtenido combinándolos con arreglo á sus pesos, ó sea en razón inversa de los cuadrados de sus errores probables, el valor final de L y el correspondiente de g para la estación de Barcelona en el lugar de la observación.

Los dos valores combinados, fueron:

$$L = 0^{m},99325027 \pm 0^{m},00000866, \text{ del gran aparato, y}$$
$$L = 0,99329206 \pm 0,00000617, \text{ del pequeño,}$$

tomando el primero como unidad de peso. De este modo se obtuvo la

LONGITUD ABSOLUTA DEL PÉNDULO MATEMÁTICO DE SEGUNDOS *(T. M)*

OSCILANDO EN EL VACÍO

(En el Palacio Real del Parque de Barcelona. — Latitud 41° 21′ 48″. Altitud $4^{m},641$.

$$L = 0^{m},99327812 \pm 0^{m},00000503;$$

cuyo error probable se deduce de la expresión:

$$E_2 = \sqrt{\frac{(p\,\varepsilon^2)}{n\,(p)}}\,;$$

siendo:

E_2..... el error probable que se busca;

ε..... id. id. de cada una de las dos L anteriores;

p..... el peso que á cada una de ellas se le asigna, y

n..... el número de las *Determinaciones*.

De la fórmula $g = \pi^2 L$ se ha deducido la

INTENSIDAD DE LA FUERZA DE GRAVEDAD

$$g = 9^{m},80326177 \pm 0^{m},00004964.$$

§ 39. Aplicando la Regla de Young para deducir del valor L anterior, el L_0 correspondiente al nivel del mar en la vertical del punto de estación, Regla que se halla expresada por la fórmula:

$$L_0 = L + \frac{2h}{R}\,L - \frac{3}{2}\cdot\frac{h}{R}\cdot\frac{\delta}{D}\cdot L,$$

siendo:

$h = 4^{m},6$..... altitud del centro de figura del péndulo de inversión en el lugar de las observaciones;

$R = 6370300$..... valor medio del radio terrestre, conforme á los datos de Bessel;

$\delta = 2,6$..... densidad media aproximada del terreno en el lugar de la estación, y

$D = 5,7$..... densidad media de la tierra.

se obtiene el

VALOR DE L REDUCIDO AL NIVEL DEL MAR

$$L_0 = 0^m,99327907.$$

§ 40. Valiéndonos de las fórmulas de Listing y de Helmert, que son las más usadas para el caso, hemos deducido los valores teóricos que corresponden á la longitud del péndulo matemático de segundos conforme á la ley de variación de la intensidad de la fuerza de la gravedad al nivel del mar, en relación con la latitud geográfica del punto de estación, y después hemos comparado ambos valores con el obtenido por la observación directa á fin de poner de manifiesto si existe ó no anomalía local.

La fórmula de Listing empleada, es:

$$L_0 = 0^m,9935721 - 0^m,00257735 \cos 2\varphi,$$

y la de Helmert:

$$L_0 = 0^m,990918 + 0^m,005262 \operatorname{sen}^2 \varphi.$$

Con los valores de ellas deducidos y el que ha resultado directamente se han hallado las siguientes diferencias:

VALOR REDUCIDO AL NIVEL DEL MAR

$$L_0 = 0{,}99327907.$$

VALORES TEÓRICOS QUE RESULTAN

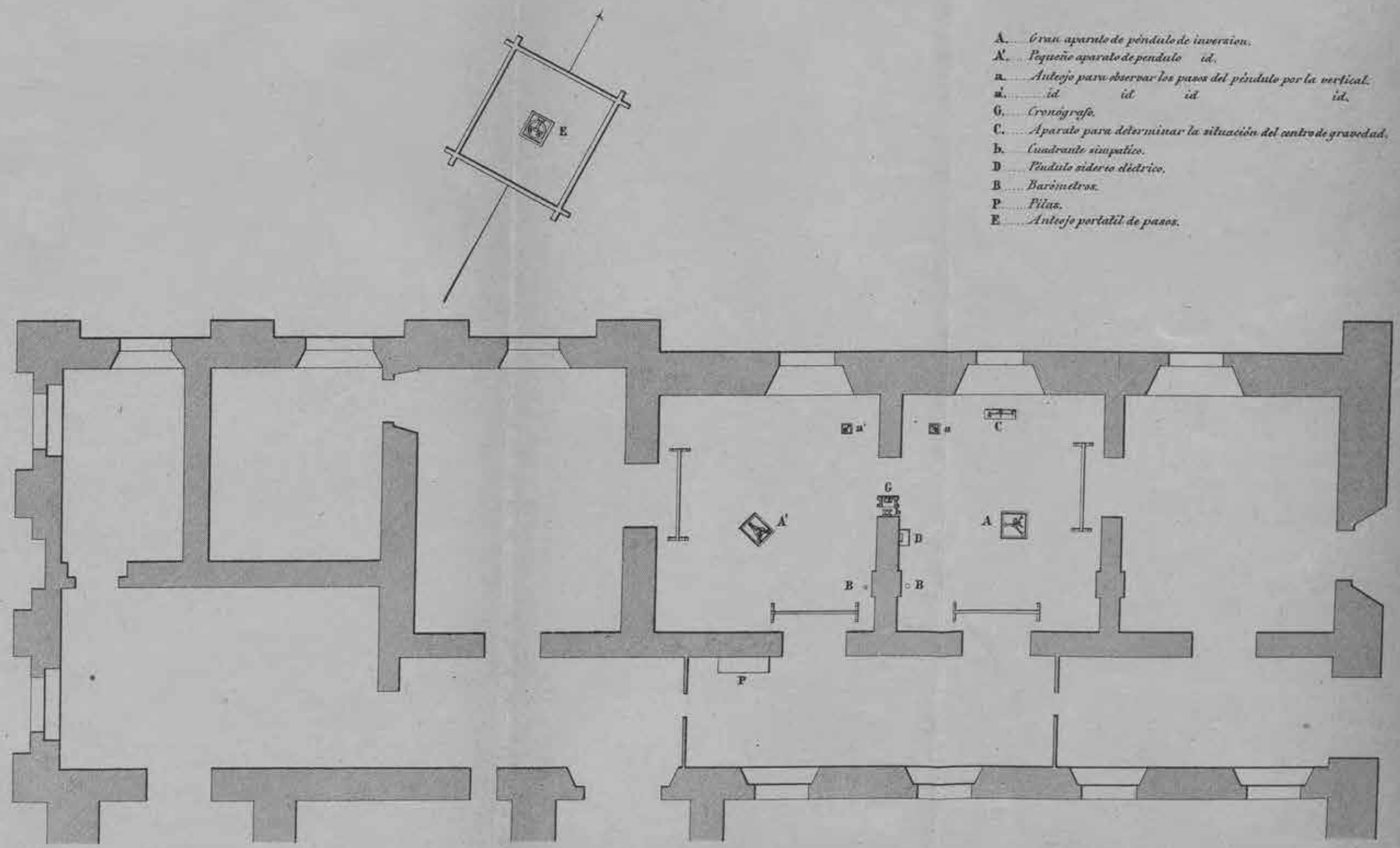
SEGÚN LA

FÓRMULA DE LISTING	FÓRMULA DE HELMERT
$L = 0{,}99324577$	$L = 0{,}99321593$
7907	7907
Diferencia. Observación.—Cálculo... + **33,30**	Observación.—Cálculo..... + **63,14**

Las importantes diferencias que resultan de la comparación anterior vienen en apoyo de la creencia, hoy generalmente admitida, de que la gravedad no está uniformemente repartida por toda la superficie del globo, y que en las costas se observan valores de aquella aceleración superiores á los que corresponden á las fórmulas teóricas.

PRÍAMO CEBRIÁN.

BARCELONA.
Parque—Palacio Real.



A..... *Gran aparato de péndulo de inversion.*
A'..... *Pequeño aparato de péndulo id.*
a..... *Anteojo para observar los pasos del péndulo por la vertical.*
a'..... *id id id id.*
G..... *Cronógrafo.*
C..... *Aparato para determinar la situación del centro de gravedad.*
b..... *Cuadrante simpático.*
D..... *Péndulo sidéreo eléctrico.*
B..... *Barómetros.*
P..... *Pilas.*
E..... *Anteojo portátil de pasos.*

Lit. del Instituto Geográfico y Estadístico.

A. Yágües y A. Octavio de Toledo grabaron.

IV

DETERMINACIÓN ASTRONÓMICA

DE LA

LATITUD DE MADRID

Y DEL AZIMUT

MADRID-HIERRO

MEMORIAS
DEL
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

TOMO XII

IV

DETERMINACIÓN ASTRONÓMICA
DE LA
LATITUD DE MADRID
Y DEL AZIMUT
MADRID-HIERRO

POR EL INGENIERO
D. ANTONIO ESTEBAN

MADRID
IMPRENTA DE LA DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO
GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO

1903

NOTA PRELIMINAR

Las observaciones astronómicas expuestas en la presente Memoria con la precisa separación y el detalle conveniente, refiérense: unas, á la determinación de la *latitud geográfica* del Observatorio de Madrid, considerado como vértice central de la triangulación geodésica de la Península; otras, á la medida del *azimut* en el mismo horizonte, de aquel otro vértice, también de primer orden, conocido por *Cabeza de Hierro*, y enclavado en la Sierra de Guadarrama, á una distancia del primero de 50 kilómetros próximamente.

Estos trabajos, efectuados en los últimos días del mes de julio y primeros de agosto de 1901, fueron practicados, así como los cálculos correspondientes á todas las observaciones, personal y exclusivamente por el Ingeniero que subscribe y por orden del Excmo. Sr. Director del Instituto Geográfico y Estadístico, con el fin que más adelante se dirá.

Hasta la época citada no se había verificado por el personal de este Centro científico trabajo alguno, al menos con carácter sistemático y ordenado, para obtener directamente la latitud de Madrid, vértice principal de la triangulación geodésica, admitiéndose para tal coordenada como valor oficial: 40° 24′ 29″,7; procedente de observaciones numerosas de alturas circunmeridianas de estrellas, especialmente la Polar, verificadas en 1853 por D. Antonio Aguilar, Director, á la sazón, del Observatorio Astronómico, y de cuyo trabajo dió cuenta, en Memoria especial, publicada en aquel mismo año á expensas del Ministerio de Gracia y Justicia.

Las primeras observaciones para obtener el azimut del lado *Madrid-Hierro* fueron efectuadas en noviembre de 1870 por el entonces Astrónomo del Observatorio, D. Miguel Merino, empleando el método de medidas angulares de visuales alternativas á la Polar y á la señal geodésica del vértice *Hierro* en horas diversas de la mañana y de la tarde; y hallándose la estrella en situación próxima á la de sus máximas digresiones,

oriental ú occidental. En el Tomo I de las Memorias del Instituto Geográfico fué publicada la correspondiente á esta operación, de la que resultó para valor del azimut de aquel lado de la cadena del meridiano central: 154° 31′ 7″,34; tomando el Sur como punto de origen y en el supuesto de contar los ángulos azimutales desde 0° á 360° por el Oeste.

Sin duda alguna, los valores numéricos de latitud y azimut obtenidos, en aquellas ya lejanas épocas, por tan expertos observadores y procedimientos de reconocida exactitud, tienen todas las garantías de precisión que puedan exigirse dentro de un sistema único de observaciones y de la adopción de un solo instrumento para ejecutarlas (*), y han podido, por lo tanto, ser admitidas con absoluta confianza como fundamento de cálculo para deducir los correspondientes á los demás puntos trigonométricos de la red general. Esto no obstante, hubiera sido de la mayor conveniencia, bajo el punto de vista científico, la repetición de aquellos trabajos en épocas sucesivas, si se tiene presente que desde algún tiempo la fijeza de las coordenadas de puntos de la superficie terrestre es una idea muy relativa; aquéllas, varían evidentemente, aunque la ley de variación, si existe, quede aún desconocida.

Á la resolución de tan importante problema dedica hoy preferente atención la Asociación Internacional Geodésica, y es por demás sensible que España no pueda contribuir todavía al esclarecimiento del asunto con datos de positiva importancia. Por motivos verdaderamente inexplicables, y á pesar de disponer de elementos suficientes de trabajo, tanto en personal como en material, es lo cierto que durante medio siglo, de tanta actividad científica en todo el mundo civilizado, no se han emprendido determinaciones especiales de latitud en punto tan importante, bajo varios aspectos, como lo es el vértice *Observatorio*, y á reparar tan lamentable omisión obedeció la orden del Excmo. Sr. Director del Instituto Geográfico en junio de 1901 para que se efectuasen aquéllas sin demora, y el propósito de continuar en años sucesivos análogos trabajos, tanto en lo que se refiere á la latitud como al azimut; y no sólo en éste, sino en varios vértices en que se hubieren obtenido en anteriores épocas aquellos elementos directamente.

Al emprenderse en el verano de 1901 los trabajos de investigación de latitud y azimut á que esta Memoria se refiere, no se les dió, ni podía dárseles, otro carácter ni más alcance que los propios de una campaña

(*) Los Sres. Aguilar y Merino emplearon exclusivamente en sus respectivos trabajos de latitud y azimut un teodolito de Repsold, adquirido por el Observatorio en 1852.

ordinaria de las que por el Instituto se efectúan con fin análogo; y como además, el tiempo se presentó favorable para la observación, púdose darlos por terminados en breve: las observaciones para latitud ocuparon del 26 de julio al 2 de agosto; y las de azimut, empezadas el 3, duraron hasta el 17 de este mismo mes. Las que efectuaron los Sres. Aguilar y Merino en épocas lejanas, ya indicadas, se realizaron con más calma y detenimiento, como cumple á tareas de Observatorio permanente; así, las de latitud efectuadas por el primero, comprenden casi sin interrupción desde el 22 de junio al 26 de noviembre de 1853. Las del azimut de *Hierro*, por el Sr. Merino, estuvieron distribuídas en dos períodos: del 3 al 8 de noviembre de 1870, el primero; y del 12 al 29 de abril de 1871, el siguiente.

El vértice geodésico, definido por el eje vertical de la cúpula del artístico templete circular que corona el edificio destinado á Observatorio Astronómico de Madrid, está marcado en proyección por una chapa de bronce, que es también señal de nivelación de precisión, en el centro del pavimento de la rotonda baja, y en él se cortan perpendicularmente los dos ejes principales de la planta del edificio; las condiciones del vértice no permiten hacer estación en él, y hacen inevitable la instalación de los instrumentos, fuera y á distancia de algunos metros de aquel punto, en las operaciones de latitud y azimut é igualmente en las de diferencias de longitudes, emprendidas éstas por el Instituto desde hace veinte años. Los resultados obtenidos por todos los observadores han sido siempre reducidos al vértice, y pueden, de este modo, compararse entre sí los valores finales; pero es de advertir que fueron distintos los puntos en que se estacionó cada vez, según se manifiesta en las respectivas Memorias, y que la operación relativa á medida de los elementos de reducción, especialmente si se trata de operaciones de azimut, es por demás delicada y exije en su ejecución un especialísimo esmero para que la corrección hallada merezca suficiente confianza y pueda aceptarse como expresión exacta ó al menos muy aproximada de la verdad.

Los métodos de observación seguidos, según se verá en el curso de esta Memoria, han sido distintos á los empleados anteriormente por los Señores Aguilar y Merino; no hubiera carecido de interés repetir el trabajo con elementos y sistemas análogos, y acaso la comparación de los resultados deducidos fuera en aquel caso más natural; pero de igual modo, que cada observador tiene sus peculiaridades en la práctica de sus operaciones, á cada instrumento de diverso tipo corresponde también un carácter especial que va impreso en el trabajo que con él se ejecuta; por

esa razón recomienda la Asociación Internacional Geodésica, para mayor exactitud en un valor que se busca, deducirlo del conjunto de los obtenidos por varios observadores, con el empleo de instrumentos distintos y adoptando procedimientos diferentes también, de observación y aun de cálculo; en el supuesto, naturalmente, de ser comparables entre sí todos los factores de la operación.

No fué, sin embargo, cuestión prejuzgada la elección de métodos de trabajo para verificar, en el verano de 1901, las observaciones de latitud y azimut en Madrid; y tal vez se hubieran seguido los mismos procedimientos que en época anterior si los teodolitos de Repsold, B y D que el INSTITUTO posee para observaciones astronómicas, se hubiesen encontrado en condiciones aceptables después de tantos años de servicio casi constante; pero el estado de deterioro en algunas de sus piezas no inspiraba confianza para emplearlos en un trabajo delicado, y hubiera sido arriesgado el servirse de ellos para efectuarlo. En cambio el *anteojo de pasos* de Repsold, núm. I, empleado en los trabajos del INSTITUTO desde larga fecha, se halló, después de una minuciosa inspección, en muy buen estado de servicio, y desde luego esta favorable circunstancia hizo que se le aceptase, primero, para verificar las observaciones de latitud empleando el sistema, para tal instrumento adecuado, de observaciones de pasos de estrellas por el primer vértical; y después para las que tuvieran por objeto conocer el azimut de una marca colocada en el meridiano próximamente, á fin de deducir el correspondiente al vértice *Hierro*.

De todos modos, cualesquiera que sean el interés de la comparación entre los valores obtenidos, antigua y recientemente, para latitud y azimut en Madrid y las deducciones que de aquélla se desprendan, deberá tenerse presente que en todos ellos, como procedentes de investigación directa y de observaciones emprendidas en sólo un punto determinado, ha de ir incluído el efecto debido á la desviación de la vertical ejercida por el macizo montañoso de Guadarrama y la diversa naturaleza del suelo al N. y al S. de Madrid, bajo el punto de vista geológico.

Teniendo en cuenta esta idea, los trabajos efectuados por el que subscribe en 1901 fueron solamente el principio de una serie que ha de comprender en lo sucesivo otros análogos, relativos á varios de los vértices geodésicos de 1.° y de 2.° orden que rodean al *Observatorio* y de cuyo conjunto de posiciones y azimutes astronómicos obtenidos se deduzcan los que á éste correspondan, libres de aquel efecto perturbador.

MAYO, 1902. A. ESTEBAN.

ESTACIÓN DE MADRID

I. — LATITUD

PUNTO DE ESTACIÓN. — INSTRUMENTOS. — OBSERVACIONES DE HORA. — MÉTODO ADOPTADO PARA DETERMINACIÓN DE LA LATITUD. — ESTRELLAS OBSERVADAS. — RESULTADOS PARCIALES OBTENIDOS. — REDUCCIÓN AL VÉRTICE. — VALOR FINAL.

PUNTO DE ESTACIÓN. — Para la conveniente instalación del anteojo de pasos se construyó, cerca del edificio principal del Observatorio Astronómico, un pilar de ladrillo, terminado en su cara superior y horizontal por una losa de piedra caliza en que se fijaron sólidamente los tres tejos de bronce, sobre los cuales carga, por intermedio de tres robustos tornillos, todo el instrumento. De la combinación de los elementos de reducción de las observaciones al vértice, y que más adelante se expondrán, dedúcese que el centro de la losa del pilar se hallaba situado á 13",6 al S. y á 46",5 al E. próximamente del eje de la cúpula del Observatorio, cuyo punto más culminante representa el vértice geodésico de este nombre, proyectado en el pavimento de la rotonda baja del edificio. La altitud de esta señal de referencia sobre el nivel del mar en Alicante, es: 655",6. Además del pilar mencionado levantáronse otros dos, alineados con aquél y en dirección de la meridiana, de alguna menos solidez, pero bastante firmes para poder confiar en su inmovilidad durante las operaciones; el primero, inmediato y casi pegado á la cara S. de la barraca que servía de resguardo á los instrumentos, tenía por objeto mantener fija una lente circular de 0",08 de diámetro y 50" de distancia focal; en el segundo, iba implantada, en el foco precisamente de la lente colectora, una mira formada por dos diámetros atra-

vesados en aspa ó cruz de San Andrés en un pequeño círculo de fondo blanco, y por su medio podíase hacer punterías muy precisas y determinar en consecuencia la colimación del eje óptico ó los cambios de azimut, si acaso tenían lugar, en el curso de los trabajos.

INSTRUMENTOS. — **A.** *Anteojo de pasos.* — Para la observación de estrellas se utilizó el de Repsold, marcado con la señal I, adquirido por el INSTITUTO en 1 870, y con el que se han efectuado, desde entonces, numerosos trabajos con satisfactorio resultado. Tiene su lente objetiva 0m,07 de diámetro y una distancia focal de 0m,80; el ocular empleado amplifica hasta 80 diámetros. El círculo horizontal, cuyo diámetro no es menor de 0m,55, está dividido de diez en diez minutos, y de 0° á 360°; en él se aprecia no más que el minuto con auxilio de un par de nonius colocados en los extremos de un mismo diámetro, sucediendo otro tanto con el círculo vertical, de menores dimensiones que el anterior, pero graduado á derecha é izquierda del diámetro vertical de 0° á 180°.

El retículo del ocular consta de siete hilos fijos perpendiculares al eje de figura del anteojo, que guardan entre sí la misma distancia próximamente; y dos, fijos también, perpendiculares á los otros ó paralelos al eje del anteojo, poco separados entre sí y en cuyo espacio intermedio deben hallarse las imágenes de los objetos apuntados. Otros tres hilos más lleva el retículo paralelos á los siete primeros que van implantados en un bastidor movido á voluntad del observador por medio de un tornillo micrométrico, cuyo tambor está dividido en cien partes iguales. La longitud del tornillo es relativamente corta, puesto que el número de espiras ó revoluciones utilizable es poco más de diez, y á esta circunstancia obedece el llevar el bastidor tres hilos convenientemente espaciados para hacer posible la observación en cualquier región del campo del anteojo, aun fuera de los hilos fijos, si el caso apurase.

Los *intervalos ecuatoriales* correspondientes á los hilos fijos, indicando por I el más inmediato al tambor y por VII el más lejano, y suponiendo también que se trata de pasos superiores de estrellas observadas en la posición *Ocular al Oeste*, son los siguientes:

I	+ 43,320
II	+ 28,925
III	+ 14,527
IV	+ 0,042
V	− 14,392
VI	− 28,955
VII	− 43,467

El valor angular de *una vuelta* ó revolución del tornillo micrométrico del ocular, equivale á

$$3^{s},6003 = 54'',004.$$

Y el de *una división* del nivel, deducido años atrás por el que fué muy distinguido é inteligente Auxiliar 1.° de Geodesia D. Manuel Ortiz, resultó:

$$0^{s},137 = 2'',055$$

sensiblemente mayor que el atribuido por el constructor, según se deduce de los números marcados en un extremo del tubo, puesto que según aquéllos una división vale 1″,80.

B. *Cronómetro.* — Se utilizó en todas las operaciones un excelente cronómetro de Nardin que lleva la marca $\frac{7}{5\,845}$, adquirido por el Instituto Geográfico hace bastantes años; está arreglado á tiempo sidéreo y provisto de un mecanismo interruptor de la corriente eléctrica que funciona para el registro de la hora; sistema adoptado en todas las observaciones, excepto en las preparatorias del día 24 de junio y los tres últimos de la campaña, en que se efectuaron á *vista* y *oído*, empleándose entonces este reloj como un cronómetro ordinario.

C. *Cronógrafo.* — El aparato registrador de horas y señales indicadoras de pasos de estrellas que se utilizó fué uno movido por pesas, procedente del constructor Fuess, de Berlín, disposición que le distingue de los de Morse, usados en el servicio telegráfico, á los que en lo demás de su mecanismo y aspecto son muy parecidos; para mayor comodidad en la traducción de la cinta se adoptó el empleo de dos plumas: una que movida por una corriente de cuatro elementos Meidinger, actúa cada segundo á favor del mecanismo del cronómetro de Nardin, y otra que marca las señales á voluntad del observador al cerrar el circuito de una pila de igual ó parecida energía que la anterior.

Observaciones de hora.—Entre las varias ventajas que el método adoptado para determinar la latitud, y de que se trata en el párrafo próximo, tiene sobre otros que las circunstancias aconsejan ó imponen en casos determinados, es de gran importancia la de no exigir el conocimiento del estado del reloj con precisión suma; mas si en efecto, un error de alguna cuantía en aquel elemento de cálculo, no tiene importancia, ó la tiene muy escasa, en los resultados obtenidos para latitud, en cambio, un error en la apreciación del movimiento horario

del cronómetro puede producir en aquéllos notable influencia. Es, pues, necesario que la marcha sea muy uniforme, y además conviene reducirla á muy cortos límites para no complicar el trabajo con cálculos secundarios; por estos motivos, después de un estudio previo del cronómetro de Nardin durante algunos días, acortado el movimiento todo lo posible y reconocida la ninguna influencia que en la uniformidad de la marcha ejercía el paso de la corriente transmitida á la pluma de segundos durante algunas horas, quedó decidido emplear el sistema de registro cronográfico de las observaciones.

Con el estudio preliminar del cronómetro se hizo también el del anteojo de pasos, procurando reducir á muy exiguos valores los errores instrumentales; y conseguido esto, se creyó suficiente para investigar el *estado* del cronómetro, observar diariamente cuatro estrellas en el meridiano; dos, en una posición del anteojo, y otras dos, inmediatamente después, en la inversa ú opuesta: constituían cada par de estrellas, en ambas posiciones del eje de giro, una circuncenital y otra ecuatorial, ó dicho con más exactitud, dos estrellas cuya diferencia de declinaciones era considerable; de 50° cuando menos y culminando á opuesto lado del cenit.

De la fórmula fundamental de Mayer aplicada á las estrellas de cada par, se deduce fácilmente:

$$\Delta T = (\alpha_2 - T_2) + M\left[(\alpha_2 - T_2) - (\alpha_1 - T_1)\right]$$

en cuya expresión T_1, T_2 designan los tiempos de observación señalados por el cronómetro en los momentos de los pasos de las estrellas primera y segunda por el hilo promedio; α_1, α_2 las ascensiones rectas correspondientes, y M, una función de la latitud φ y de las declinaciones δ_1, δ_2, calculable por esta fórmula:

$$M = \frac{\text{sen.}\,(\varphi - \delta_2)\,\cos.\,\delta_1}{\cos.\,\varphi\,\text{sen.}\,(\delta_2 - \delta_1)}$$

de la que se deduce, que los errores de observación tendrán tanta menor influencia en el resultado cuanta mayor sea la diferencia entre las declinaciones de las estrellas.

Aun cuando no se creyó necesario conocer el azimut del eje óptico del anteojo en los momentos de la observación de hora, se ha calculado, sin embargo, por estimarlo de alguna utilidad, al mismo tiempo que el *estado* del reloj. La fórmula para ello conveniente, se deduce también de la de Mayer después de corregidas de los errores de inclinación y colimación las horas de los pasos de las estrellas que se consideran, ó suponiendo nulos, por el pronto, aquellos errores,

como así se admitió en los diversos días en que, con motivo de las observaciones de latitud, se efectuaron las de hora. Estas últimas se verificaban siempre inmediatamente después que aquéllas; terminadas las cuales moviase el anteojo alrededor del eje vertical del aparato, para colocarlo en el meridiano lo más exactamente posible.

Las estrellas de hora observadas proceden del Catálogo de la *Connaissance des Temps* en su mayor parte: solamente cuatro, ψ, χ y ε *Draconis* al N. del cenit y γ *Sagittæ* al S. se tomaron del *Astronomisches Jahrbuch*.

Los seis cuadros expuestos á continuación contienen los datos de observación correspondientes á cada día en las observaciones de hora y los resultados que se deducen por cada par de estrellas. Los tiempos T, son los promedios de los pasos por cinco hilos, en la mayor parte de las estrellas, y solamente por tres, en alguna que otra cuya declinación pasa de 60°.

Después de estos seis estados se inserta el que resume y determina los resultados que importaba conocer antes de calcular la observación de latitud. En él aparecen los valores directamente obtenidos en todos los días por cada par de estrellas, y á su derecha la corrección $-b$ sec. φ que debe sufrir su promedio; expresando por b el que corresponde al de las inclinaciones obtenidas con el nivel en el intervalo de tiempo de la operación, y por φ el valor 40° 24′ 30″, aproximado, de la latitud.

24 DE JULIO DE 1901.

HORA

OCULAR AL OESTE		OCULAR AL ESTE	
ψ DRACONIS	ν OPHIUCHI	η SERPENTIS	χ DRACONIS
$\alpha = 17^h\ 43^m\ 44^s,39$	$\alpha = 17^h\ 53^m\ 38^s,51$	$\alpha = 18^h\ 16^m\ 15^s,04$	$\alpha = 18^h\ 22^m\ 53^s,73$
$\delta = 72^\circ\ 12',1$	$\delta = -9^\circ\ 45',6$	$\delta = -2^\circ\ 55',3$	$\delta = 72^\circ\ 41',7$
$T_1 = 17^h\ 44^m\ 7^s,40$	$T_2 = 17^h\ 54^m\ 1^s,34$	$T_3 = 18^h\ 16^m\ 37^s,54$	$T_4 = 18^h\ 23^m\ 15^s,80$
NIVEL	NIVEL	NIVEL	NIVEL
$+21^d,5$ $-22^d,5$	$+21^d,5$ $-23^d,0$	$+19^d,4$ $-25^d,2$	$+21^d,5$ $-23^d,0$
22,0 22,0	20,5 24,0	21,5 23,0	20,2 24,4

ESTADOS APROXIMADOS DEL CRONÓMETRO
Y AZIMUT DEL ANTEOJO

$\Delta_{,} T = -22^s,89$	$\Delta_{,,} T = -22^s,42$
$A_{,} = -0,07$	$A_{,,} = -0,17$

26 DE JULIO DE 1901.

HORA

OCULAR AL OESTE		OCULAR AL ESTE	
33 CYGNI	β^2 CAPRICORNI	β CAPRICORNI	θ CEPHEI
$\alpha = 20^h\ 11^m\ 9^s,74$	$\alpha = 20^h\ 15^m\ 31^s,20$	$\alpha = 20^h\ 23^m\ 17^s,11$	$\alpha = 20^h\ 27^m\ 59^s,53$
$\delta = 56^\circ\ 16',2$	$\delta = -15^\circ\ 5',3$	$\delta = -18^\circ\ 8',1$	$\delta = 62^\circ\ 39',9$
$T_1 = 20^h\ 11^m\ 34^s,73$	$T_2 = 20^h\ 15^m\ 53^s,66$	$T_3 = 20^h\ 23^m\ 40^s,40$	$T_4 = 20^h\ 28^m\ 24^s,33$
NIVEL	NIVEL	NIVEL	NIVEL
$+21^d,6$ $-24^d,9$	$+18^d,5$ $-28^d,0$	$+18^d,3$ $-28^d,1$	$+22^d,0$ $-24^d,3$
18,2 28,2	24,0 22,5	21,5 24,8	18,1 28,0

ESTADOS APROXIMADOS DEL CRONÓMETRO
Y AZIMUT DEL ANTEOJO

$\Delta_{,} T = -24^s,06$	$\Delta_{,,} T = -24^s,04$
$A_{,} = +1,18$	$A_{,,} = +0,92$

27 DE JULIO DE 1901.

HORA

OCULAR AL ESTE		OCULAR AL OESTE	
θ AQUILÆ	33 CYGNI	ρ CAPRICORNI	θ CEPHEI
$\alpha = 20^h\ 6^m\ 15{,}79^s$	$\alpha = 20^h\ 11^m\ 9{,}74^s$	$\alpha = 20^h\ 23^m\ 17{,}12^s$	$\alpha = 20^h\ 27^m\ 59{,}54^s$
$\delta = -1^\circ\ 6'{,}6$	$\delta = 56^\circ\ 16'{,}2$	$\delta = -18^\circ\ 8'{,}1$	$\delta = 62^\circ\ 39'{,}9$
$T_1 = 20^h\ 6^m\ 38{,}36^s$	$T_2 = 20^h\ 11^m\ 33{,}40^s$	$T_3 = 20^h\ 23^m\ 17{,}12^s$	$T_4 = 20^h\ 28^m\ 25{,}08^s$
NIVEL	NIVEL	NIVEL	NIVEL
$+21{,}8^d$ $-24{,}2^d$	$+25{,}5^d$ $-21{,}3^d$	$+26{,}0^d$ $-21{,}0^d$	$+24{,}0^d$ $-23{,}0^d$
25,8 21,5	23,0 24,2	24,2 22,8	25,0 22,0
ESTADOS APROXIMADOS DEL CRONÓMETRO Y AZIMUT DEL ANTEOJO			
$\Delta_1\ T = -23{,}65^s$		$\Delta_{11}\ T = -24{,}41^s$	
$A_1 = -0{,}94$		$A_{11} = -1{,}37$	

31 DE JULIO DE 1901.

HORA

OCULAR AL ESTE		OCULAR AL OESTE	
θ AQUILÆ	33 CYGNI	β^2 CAPRICORNI	α CYGNI
$\alpha = 20^h\ 6^m\ 15{,}82^s$	$\alpha = 20^h\ 11^m\ 9{,}74^s$	$\alpha = 20^h\ 15^m\ 31{,}24^s$	$\alpha = 20^h\ 38^m\ 7{,}30^s$
$\delta = -1^\circ\ 6'{,}6$	$\delta = 56^\circ\ 16'{,}2$	$\delta = -15^\circ\ 5'{,}3$	$\delta = 44^\circ\ 55'{,}9$
$T_1 = 20^h\ 6^m\ 43{,}54^s$	$T_2 = 20^h\ 11^m\ 37{,}70^s$	$T_3 = 20^h\ 15^m\ 58{,}98^s$	$T_4 = 20^h\ 38^m\ 36{,}04^s$
NIVEL	NIVEL	NIVEL	NIVEL
$+26{,}0^d$ $-22{,}0^d$	$+25{,}0^d$ $-23{,}0^d$	$+26{,}0^d$ $-22{,}8^d$	$+24{,}0^d$ $-24{,}0^d$
25,5 22,6	22,7 25,3	25,5 26,4	25,5 23,5
ESTADOS APROXIMADOS DEL CRONÓMETRO Y AZIMUT DEL ANTEOJO			
$\Delta_1\ T = -27{,}86^s$		$\Delta_{11}\ T = -28{,}62^s$	
$A_1 = +0{,}21$		$A_{11} = +1{,}04$	

1.° DE AGOSTO DE 1901.

HORA

OCULAR AL OESTE		OCULAR AL ESTE	
θ AQUILÆ	33 CYGNI	β² CAPRICORNI	θ CEPHEI
$\alpha = 20^h\ 6^m\ 15{,}82^s$	$\alpha = 20^h\ 11^m\ 9{,}74^s$	$\alpha = 20^h\ 15^m\ 31{,}25^s$	$\alpha = 20^h\ 27^m\ 59{,}54^s$
$\delta = -1^\circ\ 6'{,}6$	$\delta = 56^\circ\ 16'{,}2$	$\delta = -15^\circ\ 5'{,}3$	$\delta = 62^\circ\ 40'{,}0$
$T_1 = 20^h\ 6^m\ 45{,}58^s$	$T_2 = 20^h\ 11^m\ 42{,}30^s$	$T_3 = 20^h\ 16^m\ 0{,}20^s$	$T_4 = 20^h\ 28^m\ 31{,}60^s$
NIVEL	NIVEL	NIVEL	NIVEL
$+ 21{,}2^d$ $- 25{,}4^d$	$+ 17{,}0^d$ $- 29{,}5^d$	$+ 18{,}0^d$ $- 28{,}7^d$	$+ 21{,}2^d$ $- 25{,}4^d$
19,0 27,8	20,6 26,0	20,7 26,0	20,4 26,2

ESTADOS APROXIMADOS DEL CRONÓMETRO
Y AZIMUT DEL ANTEOJO

$\Delta_1 T = -31{,}37^s$	$\Delta_{11} T = -30{,}02^s$
$A_1 = -2{,}42$	$A_{11} = -1{,}25$

2 DE AGOSTO DE 1901.

HORA

OCULAR AL ESTE		OCULAR AL OESTE	
ε DRACONIS	γ SAGITTÆ	θ AQUILÆ	33 CYGNI
$\alpha = 19^h\ 48^m\ 34{,}67^s$	$\alpha = 19^h\ 54^m\ 24{,}99^s$	$\alpha = 20^h\ 6^m\ 15{,}83^s$	$\alpha = 20^h\ 11^m\ 9{,}73^s$
$\delta = 70^\circ\ 1'{,}3$	$\delta = 19^\circ\ 13'{,}7$	$\delta = -1^\circ\ 6'{,}6$	$\delta = 56^\circ\ 16'{,}2$
$T_1 = 19^h\ 49^m\ 6{,}00^s$	$T_2 = 19^h\ 54^m\ 57{,}06^s$	$T_3 = 20^h\ 6^m\ 48{,}24^s$	$T_4 = 20^h\ 11^m\ 42{,}00^s$
NIVEL	NIVEL	NIVEL	NIVEL
$+ 24{,}8^d$ $- 21{,}6^d$	$+ 24{,}0^d$ $- 22{,}2^d$	$+ 19{,}0^d$ $- 27{,}4^d$	$+ 22{,}0^d$ $- 24{,}5^d$
17,0 29,0	24,0 22,2	21,0 25,0	18,0 28,5

ESTADOS APROXIMADOS DEL CRONÓMETRO
Y AZIMUT DEL ANTEOJO

$\Delta_1 T = -31{,}91^s$	$\Delta_{11} T = -32{,}33^s$
$A_1 = -0{,}41$	$A_{11} = -0{,}12$

ESTADOS Y MOVIMIENTO DEDUCIDOS

PARA EL CRONÓMETRO DE NARDIN

FECHAS — 1901	ESTRELLAS	POSICIÓN	ESTADOS PARCIALES	CORRECCIÓN — δ sec. φ	ESTADOS FINALES	MOVIMIENTO POR HORA
24 de julio.....	1.ª	O.	s — 22,89	s + 0,22	s — 22,43	
	2.ª	O.				
	3.ª	E.	— 22,42			
	4.ª	E.				
						s — 0,002
26 —	1.ª	O.	— 24,06	+ 0,51	— 23,54	
	2.ª	O.				
	3.ª	E.	— 24,04			
	4.ª	E.				
						— 0,027
27 —	1.ª	E.	— 23,65	— 0,16	— 24,19	
	2.ª	E.				
	3.ª	O.	— 24,41			
	4.ª	O.				
						— 0,043
31 —	1.ª	E.	— 27,86	— 0,12	— 28,36	
	2.ª	E.				
	3.ª	O.	— 28,62			
	4.ª	O.				
						— 0,070
1.º de agosto.....	1.ª	O.	— 32,37	+ 0,62	— 30,08	
	2.ª	O.				
	3.ª	E.	— 30,02			
	4.ª	E.				
						— 0,074
2 —	1.ª	E.	— 31,91	+ 0,33	— 31,29	
	2.ª	E.				
	3.ª	O.	— 32,33			
	4.ª	O.				

Los *estados* finales del cronómetro se refieren, en cada uno de los días considerados, al momento medio de los pasos de las cuatro estrellas observadas, próximamente el mismo que el promedio de sus ascensiones rectas; de ellos se ha deducido el movimiento diario que ha seguido siempre en adelanto y sin interrupción acelerado, aunque en muy reducidas proporciones, y que puede admitirse como uniforme durante el período relativamente breve en que se verificaron, en cada día, las observaciones de latitud.

Método seguido en la determinación de latitud. — Se obtuvo el valor φ, de la latitud de Madrid, empleando el sistema de observación de pasos de estrellas por el *primer vertical*, en atención á las razones expuestas en la Nota preli-

minar y teniendo presente además que á su irreprochable carácter de precisión científica y á la ventaja indicada en el párrafo anterior, reune la de que los errores sistemáticos ejercen en el resultado menor influencia que en otros métodos, tales como el de distancias cenitales meridianas, de uso todavía muy frecuente: justo, sin embargo, es reconocer que la inseguridad en la determinación de la inclinación del eje de giro, cuyo valor va íntegro al resultado obtenido por la observación de cada estrella, es un inconveniente de suma importancia; mayor, sin duda alguna, que el que proviene de la dificultad de obtener estrellas muy próximas al cenit en número abundante y cuyas coordenadas sean de suficiente confianza para poderse emplear en las observaciones de latitud.

Los pasos de cada estrella fueron observados al E. y al O. del meridiano con inversión intermedia del eje del anteojo, procedimiento por el cual puede reducirse la influencia de los errores de azimut y colimación del eje óptico, é igualmente de los originados por la inexactitud de los intervalos adoptados de los hilos; mas como sólo en una perfecta simetría de éstos respecto al promedio ó al central, pueden aquéllos considerarse en absoluto eliminados, se admitieron al cálculo solamente los pasos por un hilo cuando en las dos regiones, del E. y del O., habían sido aquéllos registrados; y siendo, como en cada lado, once en general las punterías dirigidas, éste es el número de valores de la latitud deducido de la observación de cada estrella en particular.

El cálculo se verificó con logaritmos de seis cifras decimales y el empleo de las siguientes fórmulas:

$$u = \frac{1}{2}(\theta' - \theta)$$

$$z = \frac{1}{2}(\theta' + \theta) - \frac{1}{2}(\theta'_0 - \theta_0)$$

$$\lambda = \frac{1}{2}(\theta'_0 + \theta_0) - \alpha$$

$$\text{tg. } \varphi' = \text{tg. } \delta \text{ sec. } u \text{ sec. } z \text{ cos. } \lambda$$

$$\varphi = \varphi' + \frac{1}{2}(i' + i)$$

en las que representan:

θ' y θ..... las horas sidéreas ó tiempos del cronómetro, ya corregidos, correspondientes á los pasos occidental y oriental de la estrella observada, por un hilo cualquiera del retículo, en las dos posiciones simétricas del anteojo;

θ'_0 y θ_0..... las horas análogas que corresponden al hilo IV ó central del retículo;

α y δ..... las coordenadas de la estrella en el momento de la observación;

i' é i..... la inclinación del eje de giro del anteojo durante los pasos por el O. y el E. de la estrella observada; positiva, cuando el extremo N. resulta más elevado que el S., y negativa, en el caso opuesto;

φ'..... un valor aproximado de φ; y

φ..... latitud geográfica obtenida.

Otras fórmulas convienen y se acomodan también al cálculo de estas observaciones; y entre otras es muy aceptada la siguiente, propuesta en las Instrucciones para los trabajos geodésico-astronómicos del Instituto geodésico prusiano:

$$\text{lg. } (\varphi' - \delta) = 2 \text{ sen. } \varphi' \cos. \delta \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} t,$$

en la que t expresa el ángulo horario de la estrella apuntada en uno de los hilos; y deduciendo aquél para los pasos orientales y occidentales, así como la constante sen. φ' cos. δ para cada noche y estrella, siendo φ' un valor aproximado de la latitud, el cálculo para cada hilo se efectúa por la fórmula

$$\text{lg. } (\varphi' - \delta \pm F) = \text{lg. sen. } \varphi' \cos. \delta + \text{lg. } \frac{2 \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} t}{\text{sen. } 1''} + R;$$

en la que F es el intervalo ecuatorial correspondiente al hilo considerado, y R la reducción del log. seno á log. arco; y pudiéndose tabular los dos últimos términos, el empleo de esta fórmula ofrece gran comodidad.

Algunas de nuestras observaciones fueron calculadas por este procedimiento, más por vía de ensayo que de comprobación; pero ateniéndonos al criterio seguido por nuestro Instituto, en anteriores trabajos análogos, todos los valores de la latitud obtenidos, y que más adelante se consignan, proceden, sin excepción alguna, de la aplicación de las fórmulas primeramente expuestas.

Estrellas observadas para latitud. — De las expresiones diferenciales que corresponden á las fórmulas de cálculo para el *primer vertical*, dedúcese que el error en los resultados obtenidos por la observación de una estrella es tanto

menor cuanto más pequeña es su distancia cenital á su paso por aquel plano celeste; ó lo que es igual, cuanto menor es la diferencia entre los valores de su declinación y de la latitud; conviene, por lo mismo que, á ser posible, no exceda $\varphi - \delta$ de 2° ó á lo sumo de 3°; con tanta mayor razón, cuanto que si la diferencia es superior á este último límite, el intervalo de tiempo entre los pasos por el E. y el O. es ya bastante considerable para que en la constancia de la colimación y del azimut no pueda tenerse la necesaria confianza.

Cumpliéndose la indicada condición, formóse una lista de estrellas que no comprendía menos de treinta, entre las ascensiones rectas 16^h y 19^h, tomadas del Catálogo de Greenwich, *Second Ten-Years*, publicado en 1 900, que contiene 6 892 estrellas, cuyas posiciones están referidas á 1 890. De las elegidas, solamente se aprovecharon *once* para la observación de latitud, y á las cuales, para completar uno de los grupos, agregóse la θ *Herculis*, contenida en el Catálogo del *Astronomisches Jahrbuch*, de 1 901, y no en el mencionado de Greenwich. De las once sacadas de este último para nuestras observaciones, ninguna culmina á más de 2° del cenit; la más inmediata lo verifica á 0° 25′, y la más lejana á 1° 44′.

Las coordenadas medias que corresponden á las estrellas observadas, se han deducido con los elementos que figuran en el citado Catálogo *Second Ten-Years*; para θ *Herculis* se admitieron, sin corrección, las que le atribuye el *Astronomisches Jahrbuch*. Los valores numéricos de las citadas posiciones, juntamente con el número que en el Catálogo lleva cada estrella, sus nombres y sus magnitudes respectivas, componen el cuadro adjunto:

COORDENADAS MEDIAS DE LAS ESTRELLAS OBSERVADAS EN EL PRIMER VERTICAL, CORRESPONDIENTES AL 1.° DE ENERO DE 1 901.

ESTRELLAS		MAGNITUD.	ASCENSIONES RECTAS			DECLINACIONES		
Número del Catálogo.	Nombres.		h	m	s	°	′	″
4 300	η Herculis.	3,7	16	39	30,07	39	6	37,16
4 337	GR. = 431.	5,9	17	15	3,86	38	54	45,09
4 341	GR. = 435.	5,8	17	18	28,69	40	4	17,79
4 365	GR. = 442.	6,5	17	27	21,73	38	57	21,67
4 421	GR. = 464.	6,0	17	42	35,88	38	35	12,59
4 432	BR. = 245.	5,8	17	48	51,42	40	0	13,00
—	θ Herculis.	4	17	52	51,38	37	15	48,38
4 528	GR. = 530.	5,9	18	9	46,61	38	44	44,16
4 550	β Lyræ.	4,9	18	20	58,09	39	37	9,98
4 649	α Lyræ.	0,1	18	33	35,14	38	41	28,72
4 690	4 ε¹ Lyræ.	4,6	18	41	3,50	39	33	58,73
4 693	5 ε² Lyræ.	4,9	18	41	5,85	39	30	32,41

Para deducir de las *coordenadas medias*, comprendidas en el estado anterior, las *aparentes* que corresponden á los dias de observación en el primer vertical, se adoptaron las fórmulas de Bessel, calculando previamente las constantes a, b, c y d, y a', b', c' y d' que á cada estrella pertenecen y tomando directamente, ó deduciendo por interpolación, en la *Connaissance des Temps* los valores de A, B, C y D, que combinados con los anteriores deben emplearse en la conversión mencionada. Unos y otros se exponen seguidamente.

CONSTANTES, PROPIAS DE LAS ESTRELLAS Á QUE SE REFIEREN, Y NECESARIAS PARA LA REDUCCIÓN DE LAS COORDENADAS MEDIAS DE LAS MISMAS ESTRELLAS Á COORDENADAS APARENTES.

ESTRELLAS	a	b	c	d	a'	b'	c'	d'
η Herculis.....	− 8,4707	− 8,9067	+ 0,3121	− 8,2706	+ 9,9679	− 9,3365	− 0,8386	+ 9,9726
GR. 2 431.....	8,2225	8,9245	0,3040	8,0205	9,0793	9,0876	0,5918	9,9916
BR. 2 435.....	8,1958	8,9329	0,2936	8,0045	9,9846	9,0644	0,5579	9,9928
GR. 2 442.....	8,0852	8,9287	0,3015	7,8837	9,9822	8,9806	0,4341	9,9956
GR. 2 464.....	7,8128	8,9316	0,3002	7,6109	9,9840	8,6780	0,1821	9,9987
BR. 2 245.....	7,6263	8,9392	0,2904	7,4344	9,9887	8,4947	9,9886	9,9995
GR. 2 530.....	+ 7,5617	8,9314	0,3010	+ 7,3582	9,9839	+ 8,4264	+ 9,9319	9,9996
μ Lyræ.....	7,8969	8,9344	0,2959	7,7000	9,9858	8,7638	0,2629	9,9982
α Lyræ.....	8,0959	8,9268	0,3039	7,8918	9,9810	8,9603	0,4664	9,9953
4 ε¹ Lyræ.....	8,1876	8,9299	0,2978	7,9919	9,9828	9,0550	0,5529	9,9930
5 ε² Lyræ.....	8,1879	8,9296	0,2983	7,9914	9,9825	9,0549	0,5532	9,9930

CONSTANTES APLICABLES Á LAS FECHAS Á QUE SE REFIEREN, Y NECESARIAS PARA LA REDUCCIÓN DE LAS COORDENADAS MEDIAS DE LAS ESTRELLAS Á COORDENADAS APARENTES.

FECHAS (1901).	ESTRELLAS	Q	A	B	C	D
		h m				
26 de julio.....	η Herculis.....	16 40	+ 1,0107	− 1,2344	+ 9,9993	+ 9,7971
	GR. 2 464.....	17 43	1,0115	1,2340	9,9994	9,7971
	BR. 2 245.....	17 49	1,0114	1,2340	9,9994	9,7971
27 —	η Herculis.....	16 40	1,0117	1,2294	9,9397	9,7964
	GR. 2 464.....	17 43	1,0124	1,2291	9,9311	9,7964
	BR. 2 245.....	17 49	1,0124	1,2291	9,9399	9,7964
30 —	α Lyræ.....	18 34	1,0509	1,2136	9,9351	9,7940
	4 ε¹ Lyræ.....	18 41	1,0530	1,2135	9,9351	9,7940
31 —	GR. 2 431.....	17 15	1,0623	1,2079	9,9365	9,7934
	GR. 2 442.....	17 27	1,0621	1,2082	9,9365	9,7934
	α Lyræ.....	18 34	1,0626	1,2071	9,9365	9,7934
	4 ε¹ Lyræ.....	18 41	1,0625	1,2071	9,9365	9,7934
1.° de agosto.....	GR. 2 435.....	17 18	1,0714	1,2022	9,9377	9,7926
	α Lyræ.....	18 34	1,0726	1,2021	9,9378	9,7926
	5 ε² Lyræ.....	18 41	1,0723	1,2023	9,9378	9,7926
2 —	GR. 2 435.....	17 18	1,0801	1,1966	9,9377	9,7918
	GR. 2 442.....	17 27	1,0799	1,1963	9,9391	9,7918
	GR. 2 530.....	18 10	1,0803	1,1964	9,9391	9,7918
	μ Lyræ.....	18 21	1,0805	1,1961	9,9391	9,7918
	5 ε² Lyræ.....	18 41	1,0803	1,1962	9,9391	9,7918

Las coordenadas que en el siguiente cuadro se asignan á θ *Herculis* en los días 26 y 27 de julio, en que fué observada, proceden de las efemérides del *Astronomisches Jahrbuch* para 1 901.

COORDENADAS DE LAS ESTRELLAS OBSERVADAS EN EL PRIMER VERTICAL, CORRESPONDIENTES Á LOS DÍAS DE OBSERVACIÓN.

FECHAS (1 901).	ESTRELLAS		α			δ		
			h	m	s	°	′	″
26 de julio.....	η	Herculis.....	16	39	32,78	39	6	50,38
	θ	Herculis.....	17	52	54,52	37	16	4,38
	GR.	2 464.....	17	42	38,95	38	55	28,27
	BR.	2 245.....	17	48	54,51	40	0	29,02
27 —	η	Herculis.....	16	30	32,76	39	6	50,36
	θ	Herculis.....	17	52	54,51	37	16	4,62
	GR.	2 464.....	17	42	38,99	38	55	28,49
	BR.	2 245.....	17	48	54,50	40	0	29,27
30 —	α	Lyræ.....	18	33	38,45	38	41	46,92
	4 ε¹	Lyræ.....	18	41	6,83	39	34	16,99
31 —	GR.	2 431.....	17	15	0,60	38	55	0,88
	GR.	2 442.....	17	27	24,04	38	57	37,87
	α	Lyræ.....	18	33	38,44	38	41	47,18
	4 ε¹	Lyræ.....	18	41	6,82	39	34	17,08
1.° de agosto.....	GR.	2 435.....	17	18	31,51	40	4	33,04
	α	Lyræ.....	18	33	38,43	38	41	47,44
	5 ε²	Lyræ.....	18	41	9,17	39	30	51,38
2 —	GR.	2 435.....	17	18	31,40	40	4	34,14
	GR.	2 442.....	17	27	24,61	38	57	38,27
	GR.	2 530.....	18	9	49,75	38	43	2,27
	μ	Lyræ.....	18	21	1,98	39	37	28,74
	5 ε²	Lyræ.....	18	41	9,16	39	30	51,64

RESULTADOS PARCIALES OBTENIDOS. — Efectuados en seis noches de faena los trabajos de latitud, conforme lo consintieron el estado del cielo y las combinaciones de estrellas en los diversos grupos formados para la observación, atendiendo á las horas de entrada y salida por el vertical primario, no se logró para todos los días la uniformidad apetecible respecto á la cantidad de trabajo y á la más conveniente distribución de estrellas empleadas en nuestra operación. En la primera noche pudieron observarse cuatro estrellas, y en la siguiente se consiguió repetir el trabajo con las mismas en posición conjugada del eje de giro del anteojo; hubiera sido de desear esto mismo con todos los demás grupos; pero las circunstancias no fueron favorables, y así resulta que, de las doce estrellas preparadas al efecto, una fué observada en tres noches; ocho, en dos, y tres, una sola vez, cada cual en noche distinta. Lo importante, sin embargo, es que el resultado de la latitud pueda obtenerse de un suficiente número de valores

comparables entre sí, y que merezcan el grado de prudente confianza para ser tomados como integrantes del valor final.

Á continuación se insertan las veintidós series de observación con los datos de cálculo necesarios para obtener de cada una los resultados de latitud que forman la última columna de los correspondientes cuadros. Algunos otros grupos de observaciones no figuran entre éstos por no haberse obtenido series perfectas; unas veces por hallarse el cielo cubierto, y no poderse distinguir la estrella á su paso por el O.; otras por resultar defectuoso el registro de los pasos por una ú otra región, bien por una irregularidad del cronógrafo, bien por cansancio del observador, ó cualquiera otra causa inevitable.

26 DE JULIO DE 1901.

Estrella observada: η *Herculis*.

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 16^h\ 39^m\ 32^s,83$; $\delta = 39^\circ\ 6'\ 50'',9$

Estado del cronómetro..... $-\ 23^s,6$

Movimiento por hora..... $+\ 0,027$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +\ 3'',7$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
15 28 59,3			17 46 41,7			40 24 27,9
29 22,0	22,8	20,5	47 7,1	24,6	21,2	28,5
46,2	22,8	20,5	31,8	27,1	17,8	27,8
30 10,0	»	»	56,2	24,5	20,2	27,6
34,3	»	»	48 20,7	26,8	18,2	27,6
58,6			45,4			27,8
31 23,0			49 9,7			27,8
46,8	23,8	19,8	33,2	27,2	17,7	28,0
32 11,3	24,9	18,8	57,0	24,0	21,0	28,0
35,9	25,2	18,3	50 21,0	29,0	16,0	28,5
33 1,2	24,0	19,5	44,5	24,5	20,5	27,8

Promedio... 27,94

26 DE JULIO DE 1901.

Estrella observada: θ *Herculis*.

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 52^m\ 54^s,52$; $\delta = 37^\circ\ 16'\ 4'',4$

Estado del cronómetro..... $-\ 23^s,5$

Movimiento por hora..... $-\ 0,027$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +\ 7'',3$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 5 9,5			19 38 11,9			40 24 26,6
40,0	23,8	20,2	43,6	29,0	16,5	27,5
55,4	24,2	19,6	59,7	26,6	19,2	28,2
6 11,0	23,8	20,2	39 14,6	29,5	16,5	26,6
26,5	25,7	18,2	30,9	24,4	21,5	28,0
42,1			46,5			28,0
57,6			40 2,4			28,7
7 13,0	25,9	18,3	17,0	25,6	20,5	27,3
29,2	24,8	19,2	33,0	30,5	15,8	27,5
45,0	»	»	48,0	29,0	17,1	26,1
8 0,0	»	»	41 3,9	24,3	21,8	28,7

Promedio... 27,56

26 DE JULIO DE 1901.

Estrella observada: 2464 *Groombridge.*

Coordenadas de la estrella ..... $\alpha = 17^h\ 42^m\ 38^s,95$, $\delta = 38^\circ\ 55'\ 28'',3$

Estado del cronómetro ..... $-23^s,5$

Movimiento por hora ..... $-0,027$

AL E. DEL MERIDIANO — OCULAR AL N.			AL O. DEL MERIDIANO — OCULAR AL S.			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +6'',7$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 27 23,1	25,9	19,0	18 54 45,5	27,9	17,8	40 24 29,3
46,1	24,0	20,0	55 8,9	26,0	19,5	28,1
28 8,9	»	»	31,7	26,1	19,4	27,2
30,8	»	»	55,2	27,4	18,2	28,6
53,3			56 17,8			28,4
29 15,8			39,6			27,6
38,6	24,5	19,7	57 2,8	28,5	17,2	27,9
30 1,5	21,6	22,4	25,3	26,8	19,0	28,1
24,3	»	»	47,6	26,8	19,0	28,1
47,1	»	»	58 9,4	28,9	17,0	27,6
31 11,0			32,1			27,6

Promedio... 28,05

26 DE JULIO DE 1901.

Estrella observada: 2245 *Bradley.*

Coordenadas de la estrella ..... $\alpha = 17^h\ 48^m\ 54^s,51$, $\delta = 40^\circ\ 0'\ 29'',0$

Estado del cronómetro ..... $-23^s,5$

Movimiento por hora ..... $-0,027$

AL E. DEL MERIDIANO — OCULAR AL N.			AL O. DEL MERIDIANO — OCULAR AL S.			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +7'',1$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 7 21,7	24,5	19,9	18 23 45,2	24,5	20,6	40 24 27,8
8 1,5	27,0	17,5	24 32,3	27,1	18,1	27,8
43,0	27,0	17,1	25 19,6	24,8	20,4	27,8
9 24,4	27,2	17,0	26 5,5	27,5	17,8	28,0
10 6,8			50,5			28,0
50,5			27 34,1			27,6
11 33,6	28,0	16,7	28 17,4	27,2	18,1	28,3
12 18,4	25,5	19,0	29 0,0	24,8	20,8	28,5
13 4,4	27,5	17,1	41,6	24,2	21,2	28,3
50,9	25,5	19,1	30 22,4	27,9	17,5	28,3
14 38,4			31 2,8			28,5

Promedio... 28,08

27 DE JULIO DE 1901.

Estrella observada: η *Herculis.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 16^h\ 39^m\ 32^s,76$, $\delta = 39^\circ\ 6'\ 50'',6$

Estado del cronómetro..... $-24^s,1$

Movimiento por hora..... $-0,043$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL S.			OCULAR AL N.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +1'',9$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
15 29 21,9	»	»	17 47 10,5	24,5	21,6	40 24 28,6
43,3	»	»	32,3	25,0	21,0	28,2
30 6,6	»	»	57,6	24,5	21,6	29,6
31,3	»	»	48 21,0	24,2	21,7	27,9
42,9			34,0			29,1
55,0			46,4			29,3
31 7,5	26,5	17,0	57,8	24,5	21,5	28,2
19,5	19,5	24,0	49 9,6	25,0	21,0	28,2
43,5	17,0	26,8	33,7	23,5	22,5	30,0
32 7,5	26,0	18,0	58,2	24,9	21,2	30,0
35,1			50 22,4			27,2

Promedio... 28,75

27 DE JULIO DE 1901.

Estrella observada: θ *Herculis.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 52^m\ 54^s,51$, $\delta = 37^\circ\ 16'\ 4'',6$

Estado del cronómetro..... $-24^s,1$

Movimiento por hora..... $-0,043$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL S.			OCULAR AL N.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +2'',5$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 5 22,2	22,0	22,0	19 38 28,0	27,0	19,5	40 24 28,4
38,0	22,7	21,5	45,2	25,5	21,3	30,4
»	»	»	39 1,5	25,8	21,0	»
6 9,0	»	»	16,0	27,0	19,6	29,3
24,3			32,0			30,3
40,2			47,8			30,1
55,4	23,6	21,0	40 2,6	26,0	20,6	29,4
7 11,0	22,8	22,1	18,5	27,1	19,5	30,2
26,7	23,0	21,8	33,9	25,9	21,1	29,9
42,8	22,2	22,3	49,8	26,5	20,3	30,2
58,0			41 4,5			29,5

Promedio... 29,77

27 DE JULIO DE 1 901.

Estrella observada: 2 464 *Groombridge.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 42^m\ 38^s,99$; $\delta = 38^\circ\ 55'\ 28'',5$

Estado del cronómetro..... $-\ 24^s,2$

Movimiento por hora..... $-\ 0,043$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL S.			OCULAR AL N.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +\ 2'',1$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 27 23,0	22,1	22,2	18 54 49,0	26,0	20,3	40 24 29,5
45,2	21,5	23,2	55 11,4	25,7	20,4	28,1
28 6,7	»	»	34,2	25,0	21,2	28,9
29,3	»	»	57,0	25,9	20,5	28,4
51,9			56 19,9			28,7
29 14,8			43,0			28,4
37,1	22,9	22,0	57 4,8	26,0	21,1	28,1
59,8	23,2	21,8	27,5	23,8	23,7	28,4
30 23,1	23,1	21,8	50,0	23,9	23,3	28,1
46,2	22,0	23,1	58 12,6	26,0	20,5	28,6
31 8,8			34,1			28,6

Promedio... 28,53

27 DE JULIO DE 1 901.

Estrella observada: 2 245 *Bradley.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 48^m\ 54^s,50$; $\delta = 40^\circ\ 0'\ 29'',3$

Estado del cronómetro..... $-\ 24^s,2$

Movimiento por hora..... $-\ 0,043$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL S.			OCULAR AL N.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +\ 2'',9$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 9 0,6	22,7	23,0	18 25 45,0	25,6	20,5	40 24 27,3
22,6	24,0	21,2	26 8,7	25,1	21,0	26,2
44,9	24,0	21,4	31,3	24,5	21,7	26,9
10 6,5	23,0	22,6	54,0	24,5	21,5	26,7
28,1			27 15,5			26,4
50,5			37,0			27,3
11 10,4	24,5	21,2	58,7	26,0	20,1	26,7
33,5	23,0	22,8	28 20,4	25,5	20,9	25,9
56,3	23,0	22,8	42,0	25,8	20,2	26,2
12 17,7	23,0	23,0	29 4,0	25,8	20,4	27,6
41,3			25,0			27,1

Promedio... 26,75

30 DE JULIO DE 1 901.

Estrella observada: *α Lyræ.*

Coordenadas de la estrella..... $\begin{cases} \alpha = 18^h\ 33^m\ 38^s,45 \\ \delta = 38^\circ\ 41'\ 46'',9 \end{cases}$

Estado del cronómetro..... — 26s,9

Movimiento por hora..... — 0,060

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. —	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. —	$i = + 5'',7$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 12 47,0			19 50 56,4			40 24 27,5
13 8,1	27,0	21,5	51 19,0	»	»	28,5
28,4	26,9	21,7	39,8	»	»	28,0
14 9,8	26,8	21,8	52 23,2	»	»	29,1
30,6	26,5	22,1	44,0	»	»	28,7
51,6			53 4,7			28,5
15 13,0			26,0			28,7
33,5	28,0	20,2	46,8	25,2	24,0	29,1
16 16,7	25,9	22,9	54 28,2	30,8	18,6	28,0
39,6	25,9	22,9	50,0	30,6	18,8	28,0
17 1,0	27,4	21,0	55 10,6	24,0	25,2	28,0

Promedio... 28,37

30 DE JULIO DE 1 901.

Estrella observada: 42ª *Lyræ.*

Coordenadas de la estrella..... $\begin{cases} \alpha = 18^h\ 41^m\ 6^s,83 \\ \delta = 39^\circ\ 34'\ 17'',0 \end{cases}$

Estado del cronómetro..... — 26s,9

Movimiento por hora..... — 0,060

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. —	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. —	$i = + 5'',1$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 43 30,7			19 34 20,8			40 24 28,3
59,2	27,8	20,8	51,0	27,5	22,0	27,8
44 28,4	28,1	20,1	35 22,7	27,0	20,4	28,0
58,5	27,8	20,8	54,0	29,0	20,4	28,2
45 28,2	27,1	21,2	36 24,0	26,0	23,6	27,6
57,3			54,0			28,0
46 28,4			37 24,1			27,3
58,6	28,5	20,1	54,0	26,2	23,4	27,8
47 29,8	25,5	23,2	38 23,6	30,5	18,8	27,8
48 0,0	27,7	21,0	51,0	30,7	18,8	28,0
32,5	28,5	20,2	39 22,3	27,2	22,2	27,3

Promedio... 27,83

31 DE JULIO DE 1 901.

Estrella observada: 2 431 *Groombridge.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 15^m\ 6^s,69$, $\delta = 38^\circ\ 55'\ 0'',9$.

Estado del cronómetro..... $-28^s,3$

Movimiento por hora..... $-0,070$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL S.			OCULAR AL N.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = -1'',2$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 0 6,3	20,5	25,0	18 27 57,7	23,0	24,6	40 24 27,9
26,4	20,8	24,7	28 20,0	26,0	21,5	29,5
48,9	21,4	24,2	42,2	22,0	25,8	28,3
1 11,0	20,1	25,6	29 5,3	25,0	22,8	29,3
21,3			15,7			29,7
33,3			27,5			29,1
45,2	21,5	24,5	»	26,0	21,7	»
55,0	21,4	24,8	49,6	21,8	26,0	30,0
2 19,1	21,3	24,7	30 12,0	27,1	20,5	27,9
41,4	23,8	22,4	34,1	23,2	24,4	28,6
3 6,2			57,1			27,4

Promedio.... 28,77

31 DE JULIO DE 1 901.

Estrella observada: 2 442 *Groombridge.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 27^m\ 24^s,64$, $\delta = 38^\circ\ 57'\ 37'',9$

Estado del cronómetro..... $-28^s,3$

Movimiento por hora..... $-0,070$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL S.			OCULAR AL N.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = -1'',2$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 13 26,7	21,5	24,5	18 39 8,8	26,0	21,7	40 24 27,5
49,8	21,4	24,8	32,0	21,8	26,0	26,8
14 11,4	21,3	24,7	55,3	27,1	20,5	28,4
35,0	23,8	22,4	40 18,0	23,2	24,4	26,8
57,5			40,7			27,3
15 21,0	21,0	25,3	41 3,9	23,0	24,8	26,8
43,5	20,5	25,8	26,2	24,5	23,0	26,8
16 6,8	21,5	24,8	48,8	22,0	25,8	26,6
30,2	22,0	24,2	42 12,2	25,6	22,0	27,7

Promedio... 27,19

31 DE JULIO DE 1901.

Estrella observada: *α Lyræ.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 18^h\ 33^m\ 38^s,44$; $\delta = 38^\circ\ 41'\ 47'',2$

Estado del cronómetro..... $-28^s,4$

Movimiento por hora..... $-0,070$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
OCULAR AL S.			OCULAR AL N.			
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = -0'',1$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 12 49,5	23,2	23,1	19 51 2,6	26,0	22,0	40 24 27,3
13 32,1	20,8	25,6	46,2	25,5	22,7	26,2
52,3	23,6	23,0	52 7,9	24,0	24,0	27,3
14 13,0	20,2	26,3	28,7	25,0	23,0	26,7
34,0			49,8			26,9
54,8			53 11,8			29,6
15 15,5	21,0	25,8	32,5	28,0	20,0	29,6
37,0	22,7	24,3	53,4	25,0	23,0	29,6
58,1	19,8	27,0	54 13,2	27,5	20,8	26,7
16 20,7	23,0	23,9	34,7	23,0	25,0	26,2
17 3,3			55 15,9			26,5

Promedio... 27,51

31 DE JULIO DE 1901.

Estrella observada: 4 ε¹ *Lyræ.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 18^h\ 41^m\ 6^s,82$; $\delta = 39^\circ\ 34'\ 17'',3$

Estado del cronómetro..... $-28^s,4$

Movimiento por hora..... $-0,070$

AL O. DEL MERIDIANO			AL E. DEL MERIDIANO			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
OCULAR AL S.			OCULAR AL N.			
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +1'',9$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 43 32,2	23,0	23,9	19 34 27,9	25,5	22,2	40 24 28,9
44 3,5	24,4	22,8	35 1,5	25,3	22,7	28,6
32,2	24,0	23,0	31,4	25,8	22,2	27,9
45 1,3	24,0	23,0	36 2,6	24,5	23,5	28,6
30,5			33,2			29,1
46 1,2			37 3,8			28,9
30,9			32,5			28,2
47 0,8	»	»	38 2,7	26,0	22,0	29,3
31,2	»	»	31,8	25,5	22,7	29,3
48 3,4	»	»	39 2,1	24,0	24,0	29,3
34,2	»	»	30,9	25,0	23,0	»

Promedio... 28,85

1.° DE AGOSTO DE 1901.

Estrella observada: 2 435 *Groombridge.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 18^m\ 31^s,51$; $\delta = 40°\ 4'\ 33'',9$

Estado del cronómetro..... $-30^s,0$

Movimiento por hora..... $-0,074$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +1'',0$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 40 50,3	21,2	22,2	17 50 37,2	»	»	40 24 28,4
41 36,9	23,0	20,8	51 31,2	»	»	27,8
42 20,6	21,2	22,8	52 22,7	»	»	30,0
43 7,2	23,4	20,4	53 11,3	»	»	28,9
30,9			36,9			27,6
54,6			59,4			28,7
44 19,6	24,0	20,8	54 25,9	21,5	24,0	29,6
45,7	21,5	23,3	50,0	24,0	21,8	28,9
45 31,9	23,8	21,0	55 36,0	24,0	21,7	30,8
»	21,3	23,6	56 21,6	24,0	21,6	»
47 14,9			57 3,1			29,9
						Promedio... 29,26

1.° DE AGOSTO DE 1901.

Estrella observada: α *Lyræ.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 18^h\ 33^m\ 38^s,43$; $\delta = 38°\ 41'\ 47'',4$

Estado del cronómetro..... $-30^s,1$

Movimiento por hora..... $-0,074$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +0'',7$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 12 53,6	24,0	20,8	19 51 5,3	23,4	23,2	40 24 26,3
13 14,1	21,5	23,3	27,0	24,6	22,0	26,7
34,0	23,8	21,0	48,0	21,0	25,2	27,2
55,5	21,3	23,6	52 10,2	24,9	22,0	27,2
14 15,9			31,2			27,5
37,1			52,8			27,2
57,4	24,3	21,0	53 13,1	26,0	20,8	27,2
15 18,9	24,0	21,6	34,7	22,4	24,2	27,7
16 2,5	23,0	22,4	54 16,3	23,8	23,0	26,1
45,4	22,0	23,0	18,0	22,0	24,7	26,5
17 6,6			55 18,5			27,1
						Promedio... 26,97

1.° DE AGOSTO DE 1901.

Estrella observada: 5.ª *Lyræ*.

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 18^h\ 41^m\ 9^s,17$, $\delta = 39°\ 30'\ 51'',4$

Estado del cronómetro..... $-30^s,1$

Movimiento por hora..... $-0,074$

AL E. DEL MERIDIANO — OCULAR AL N.			AL O. DEL MERIDIANO — OCULAR AL S.			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +0'',8$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 42 48,5			19 37 30,1			40 24 26,6
43 1,4	24,3	21,0	45,0	24,0	23,0	28,2
16,2	24,0	21,6	38 0,2	23,0	23,9	27,8
30,0	23,0	22,4	14,2	24,0	22,7	27,1
45,4	22,0	23,0	30,2	23,0	23,8	27,8
44 13,7			58,7			27,8
43,9			39 28,3			27,5
57,9	»	»	42,5	23,4	23,2	28,0
45 13,0	»	»	57,0	24,6	22,0	27,8
28,0	»	»	40 11,5	21,0	25,2	27,5
43,9	»	»	25,7	24,9	22,0	26,8

Promedio... 27,54

2 DE AGOSTO DE 1901.

Estrella observada: 2 442 *Groombridge*.

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 27^m\ 24^s,61$, $\delta = 38°\ 57'\ 38'',3$

Estado del cronómetro..... $-31^s,6$

Movimiento por hora..... $-0,074$

AL E. DEL MERIDIANO — OCULAR AL N.			AL O. DEL MERIDIANO — OCULAR AL S.			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = -i'',4$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 13 29,2	20,2	22,8	18 39 12,8	26,0	19,5	40 24 29,8
53,1	20,0	23,0	35,9	19,6	26,0	27,7
14 15,9	19,3	23,8	58,8	27,8	18,0	27,4
38,4	»	»	40 21,6	21,2	24,0	27,2
15 0,6			44,4			27,7
24,1	24,8	19,2	41 7,3	21,2	24,2	27,2
47,0	14,5	29,6	30,0	24,8	21,0	26,9
16 10,0	23,9	20,0	53,0	21,5	24,0	27,9
33,0	15,0	29,0	42 15,3	25,5	20,0	29,5

Promedio... 27,92

2 DE AGOSTO DE 1 901.

Estrella observada: 2 435 *Groombridge.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 17^h\ 18^m\ 31^s,49$; $\delta = 40^\circ\ 4'\ 34'',1$

Estado del cronómetro..... $-\ 31^s,6$

Movimiento por hora..... $-\ 0,074$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. —	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. —	$i = -\ 0'',4$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 41 36,5	24,8	19,2	17 51 32,4	»	»	40 24 27,5
42 21,2	14,5	29,6	52 24,0	»	»	28,3
44,6	23,9	20,0	49,0	»	»	28,3
43 7,5	14,0	29,0	53 12,5	»	»	27,9
30,5			37,4			28,6
53,8			54 0,5			28,2
44 19,3	15,2	29,0	25,4	25,7	19,2	27,9
42,7	28,8	15,4	47,5	22,0	23,0	27,9
45 6,7	25,9	18,3	55 11,4	21,8	24,0	28,6
31,9	18,4	25,6	34,4	24,8	20,3	28,6
46 22,2			56 19,8			28,6

Promedio... 28,22

2 DE AGOSTO DE 1 901.

Estrella observada: 2 530 *Groombridge.*

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 18^h\ 9^m\ 49^s,75$; $\delta = 38^\circ\ 45'\ 2'',3$

Estado del cronómetro..... $-\ 31^s,7$

Movimiento por hora..... $-\ 0,074$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD CORREGIDA DE INCLINACIÓN
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. —	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. —	$i = -\ 0'',4$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
16 50 15,4	24,8	19,2	19 26 0,8	27,5	18,4	40 24 29,6
37,2	14,5	29,6	23,6	21,6	24,4	29,6
57,8	23,9	20,0	45,1	21,8	24,2	29,3
51 18,6	14,0	29,0	27 7,2	25,2	20,8	29,1
41,1			29,4			29,6
52 1,6			50,4			29,3
22,6	15,2	29,0	28 11,1	26,0	20,0	28,0
46,0	28,8	15,4	33,3	20,0	26,0	28,7
53 6,4	25,9	18,3	54,2	28,0	18,1	28,7
49,0	18,4	25,6	29 35,6	21,2	24,8	28,4
54 12,3			57,9			

Promedio... 29,16

2 DE AGOSTO DE 1901.

Estrella observada: μ *Lyræ*.

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 18^h\ 20^m\ 58^s,09$, $\delta = 39^\circ\ 27'\ 28'',7$

Estado del cronómetro..... $-31^s,8$

Movimiento por hora..... $-0,074$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +1'',4$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17 20 58,0	19,8	24,8	19 19 12,3	21,2	24,2	40 24 27,5
»	24,5	19,8	40,6	24,8	21,0	»
21 39,8	26,0	18,5	55,0	21,5	24,0	27,2
52,8	19,0	25,5	20 9,7	25,5	20,0	28,4
22 8,0			23,5			26,5
21,2			37,2			27,2
35,8	22,5	22,1	52,0	27,5	18,4	27,2
50,5	22,9	21,3	21 5,7	21,6	24,4	26,8
23 4,8	23,1	21,5	19,2	21,8	24,2	26,5
18,9	24,5	20,2	34,1	25,2	20,8	27,5
33,8			48,3			27,5

Promedio... 27,23

2 DE AGOSTO DE 1901.

Estrella observada: 52ª *Lyræ*.

Coordenadas de la estrella..... $\alpha = 18^h\ 41^m\ 9^s,16$, $\delta = 39^\circ\ 30'\ 51'',4$

Estado del cronómetro..... $-31^s,7$

Movimiento por hora..... $-0,074$

AL E. DEL MERIDIANO			AL O. DEL MERIDIANO			LATITUD
OCULAR AL N.			OCULAR AL S.			CORREGIDA DE INCLINACIÓN
TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	TIEMPOS DEL CRONÓMETRO	NIVELACIONES N. +	NIVELACIONES S. −	$i = +2'',7$
h m s	d	d	h m s	d	d	° ′ ″
17. 42 49,4	25,0	19,8	19 37 30,4	26,0	20,0	40 24 27,8
43 4,0	20,6	24,1	45,2	20,0	26,0	27,6
18,2	24,8	20,0	59,6	28,0	18,1	27,1
32,8	25,0	19,9	38 14,4	25,8	21,0	26,9
44 1,1			44,2			27,8
15,3			59,8			29,0
29,2	»	»	39 13,1	21,5	24,6	28,7
59,4	»	»	42,4	26,5	19,7	28,1
45 14,1	»	»	56,8	20,8	25,5	28,3
29,4	»	»	40 10,7	26,0	20,0	27,6
44,2			26,0			28,5

Promedio... 27,95

Para apreciar en una sola mirada el conjunto de los 234 valores parciales de φ que componen las 22 series de observaciones verificadas en el *primer vertical*, y calculadas con arreglo á los principios y fórmulas anteriormente expuestas, se inserta el cuadro general siguiente, cuyas dos últimas columnas están formadas, respectivamente, por las diferencias de cada uno de los 22 términos ó valores parciales de la latitud al promedio general, y por las segundas potencias de las mismas, empleadas para deducir los errores medio y probable del valor numérico, expresión de aquel promedio:

Latitud de MADRID

$\varphi_1 = 40^\circ\ 24' + \ldots\ldots$

FECHAS (1901).	ESTRELLAS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	PROMEDIOS	Δ	Δ²
		″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
26 de julio.....	η Herculis.....	27,9	28,5	27,8	27,6	27,8	27,6	27,8	28,0	28,0	28,5	27,8	27,94	— 0,16	0,0256
	2 464 Groombridge....	29,3	28,1	27,2	28,6	28,4	27,6	27,9	28,1	28,1	27,6	27,6	28,05	— 0,05	0,0025
	2 245 Bradley.....	27,8	27,8	27,8	28,0	28,0	27,6	28,3	28,5	28,3	28,3	28,5	28,08	— 0,02	0,0004
	θ Herculis.....	26,6	27,5	28,2	26,6	28,0	28,0	28,7	27,3	27,5	26,1	28,7	27,56	— 0,34	0,2916
27 —	η Herculis.....	28,6	28,2	29,6	27,9	29,1	29,3	28,2	28,2	30,0	30,0	27,2	28,75	+ 0,65	0,4225
	2 464 Groombridge.....	29,5	28,1	28,9	28,4	28,7	28,4	28,1	28,4	28,1	28,6	28,6	28,53	+ 0,43	0,1849
	2 245 Bradley.....	27,3	26,2	26,9	26,7	26,4	27,3	26,7	25,9	26,2	27,6	27,1	26,95	— 1,35	1,8225
	θ Herculis.....	28,4	30,4	»	29,3	30,3	30,1	29,4	30,2	29,9	30,2	29,5	29,77	+ 1,67	2,7889
30 —	α Lyræ.....	27,5	28,5	28,0	29,1	28,7	28,5	28,7	29,1	28,0	28,0	28,0	28,37	+ 0,27	0,0729
	4 2¹ Lyræ.....	28,3	27,8	28,0	28,2	27,6	28,0	27,3	27,8	27,8	28,0	27,2	27,83	— 0,27	0,0729
31 —	2 431 Groombridge.....	27,9	29,5	28,3	29,3	29,7	29,1	»	30,0	27,9	28,6	27,4	28,77	+ 0,67	0,4489
	2 442 Groombridge.....	27,3	26,8	28,4	26,8	27,3	26,8	26,8	26,6	27,7	»	»	27,19	— 0,91	0,8281
	α Lyræ.....	27,3	26,2	27,3	26,7	26,9	29,6	29,6	29,6	26,7	26,2	26,3	27,31	— 0,79	0,3481
	4 2¹ Lyræ.....	28,9	28,6	27,9	28,6	29,1	28,9	28,2	29,3	29,3	29,3	29,3	28,85	+ 0,75	0,5625
1.º de agosto.....	2 435 Groombridge.....	28,4	27,8	30,0	28,9	29,6	28,7	29,6	28,9	30,8	»	29,9	29,26	+ 1,16	1,3456
	α Lyræ.....	26,3	26,7	27,2	27,2	27,5	27,2	27,2	27,7	26,1	26,5	27,1	26,97	— 1,13	1,2769
	5 2² Lyræ.....	26,6	28,1	27,8	27,1	27,8	27,8	27,5	28,0	27,8	27,5	26,8	27,54	— 0,56	0,3136
2 —	2 435 Groombridge.....	27,5	28,3	28,3	27,9	28,6	28,2	27,9	27,9	28,6	28,6	28,6	28,22	+ 0,12	0,0144
	2 442 Groombridge.....	29,8	27,7	27,4	27,2	27,7	27,1	26,9	27,9	29,5	»	»	27,92	— 0,18	0,0324
	2 530 Groombridge.....	29,6	29,6	29,3	30,5	29,1	29,6	29,3	28,0	28,7	28,7	28,4	29,16	+ 1,06	1,1236
	μ¹ Lyræ.....	27,5	»	27,2	27,2	28,4	26,5	27,1	27,4	26,8	26,5	27,5	27,23	— 0,87	0,7569
	5 2² Lyræ.....	27,8	27,6	27,1	26,9	27,8	29,0	28,7	28,1	28,3	27,6	28,5	27,95	— 0,15	0,0225
Promedios.....		28,01	28,00	28,03	28,00	28,20	28,27	28,10	28,20	28,17	28,07	28,01	28,10	± 0,62	

Error medio de una serie..... ± 0″,78
Error probable de idem..... 0,53

Error medio del resultado final..... 0,17
Error probable del idem..... 0,11

Á fin de resolver sobre el procedimiento de agrupación más conveniente para deducir, de las observaciones verificadas, el valor de φ_1, expongamos los resultados obtenidos, primero, *por días de observación* y segundo, *por estrellas:*

VALORES DE φ_1 POR DÍAS DE OBSERVACIÓN

26 de julio	(4 series)	$\varphi_1 = 40^\circ\ 24'\ 27'',01$
27	id. (4 id.)	28,43
30	id. (2 id.)	28,10
31	id. (4 id.)	28,08
1.° agosto.	(3 id.)	28,04
2	id. (5 id.)	28,09

VALORES DE φ_1 POR ESTRELLAS OBSERVADAS

η	Herculis	(2 series)	$\varphi_1 = 40^\circ\ 24'\ 28'',35$
2 464	Groombridge	(2 id.)	28,29
2 245	Bradley	(2 id.)	27,43
θ	Herculis	(2 id.)	28,63
α	Lyræ	(3 id.)	27,62
4 z^1	Lyræ	(2 id.)	28,34
2 431	Groombridge	(1 id.)	28,77
2 442	Groombridge	(2 id.)	27,56
2 435	Groombridge	(2 id.)	28,89
5 z^2	Lyræ	(2 id.)	27,75
2 530	Groombridge	(1 id.)	29,16
μ	Lyræ	(1 id.)	27,23

Las discrepancias entre los valores numéricos de los términos de cada uno de estos dos grupos, aisladamente considerado, son bastante pequeñas para poder admitir, con racional fundamento que, ni en la observación ni en el cálculo se ha cometido error de importancia; y en tal caso, bien pudieran proceder aquellas diferencias de la incertidumbre ó error en los valores de las declinaciones adoptadas en el cálculo de la latitud. Parece natural que sea así, teniendo presente que los números asignados en el *Second Ten-Years Catalogue* para las *distancias polares* de las estrellas de nuestro grupo proceden de muy diverso número de observaciones. Para *α Lyræ*, por ejemplo, se ha deducido aquella coordenada según el citado Catálogo de 222; y las de Groombridge, de sola-

mente 3, ó de algunas más observaciones para las otras estrellas, aunque en muy escaso número respecto á *α Lyræ;* razón por la que á todas las declinaciones adoptadas no debe atribuirse igual exactitud. Esto sentado, lo más probable será que aquellas diferencias ó discrepancias se produzcan en diverso sentido; y siendo *doce* las estrellas observadas para latitud, apenas ejercerán influencia sensible en el promedio de los resultados parciales que componen el segundo grupo; y respecto del primero, puede aceptarse que la compensación de errores, muy aproximada ya en las diferentes noches, según se advierte en los números del grupo, lo será más aún al fundir en uno solo los seis valores.

El promedio ponderado de cualquiera de los grupos difiere solamente en una centésima de segundo del promedio de las 22 series obtenido, en el supuesto de que todos los términos sean de igual peso; hipótesis que, si en absoluto no puede aceptarse sin reservas, tampoco existen fundadas razones para ser desechada. Debería, en efecto, tenerse en cuenta para atribuir pesos convenientes á cada una el que corresponde á las declinaciones de las estrellas, fundado en el número de observaciones de que se derivan; pero entonces aquella influencia quedaría anulada para las demás estrellas por la ejercida por *α Lyræ*. Nótese, además, que esta estrella proporciona tres distintas observaciones de latitud, y que los números deducidos son bastante diferentes para indicar que la influencia de la declinación no es la única que hay que tener presente; otro tanto se advierte con *θ Herculis*, que da en los dos días observada, números que difieren bastante entre sí, siendo en el segundo el mayor de los valores resultantes de φ_1. Para apreciar con alguna exactitud la precisión de cada serie, sería preciso un análisis muy minucioso que complicaría la cuestión con exceso, sin que permitiera llegar á una conclusión satisfactoria; y como ni en los valores componentes de cada serie, ni en el conjunto de éstas presentado en el cuadro general, ni en los grupos por días ó por estrellas formados se descubre error alguno sistemático ó transcendental que pueda afectar al resultado final, aceptamos como expresión de la latitud del centro del pilar de observación el promedio que corresponde á las 22 series indicadas, ó sea:

$$\varphi_1 = 40^\circ\ 24'\ 28'',10$$

con un error probable de

$$\pm\ 0'',11.$$

Reducción al vértice geodésico.—En dirección E. y alineado con las seis columnas que forman con los demás elementos arquitectónicos el frente del bellísimo pórtico del Observatorio, hallábase el pilar en que estuvo instalado el anteojo de Repsold.

Para reducir las observaciones al centro ó vértice geodésico, representado por el punto culminante de la cúpula que corona el templete del edificio, se formó un triángulo, cuyos vértices fueron:

P..... centro del pilar de estación;
V..... vértice geodésico (proyección); y
E..... punto auxiliar marcado en el pavimento del pórtico en medio de las dos columnas centrales y que corresponde al eje N. S. de la planta del edificio; línea que no coincide, como es sabido, con la meridiana trazada por el centro ó proyección del vértice geodésico.

Se midió cuatro veces con el mayor cuidado la distancia EP, obteniéndose para promedio una longitud de $45^{m},45$; con un teodolito de Brunner se midieron después los ángulos VEP y EPV, resultando 88° 55′ 25″ para el primero, y para el segundo, 13° 44′ 50″. Calculada con estos elementos la longitud de la línea de reducción PV, resulta: $46^{m},57$, y forma un ángulo de 48° 22′ 48″ con la visual á la señal geodésica *Hierro*, cuyo azimut, contado desde el S., por el O, es: 154° 31′ 5″, según las operaciones emprendidas después de las de latitud.

Tirando desde el punto V una perpendicular á la meridiana en P, desígnese por F el punto de encuentro de las dos rectas; la resolución del triángulo rectángulo PVF dará el valor de PF que se necesita; conocido el lado PV y el ángulo adyacente PVF, igual á 16° 8′ 19″, resulta para diferencia entre los paralelos trazados por P y por V una distancia, medida en el meridiano de P, equivalente á $13^{m},6$; y como en la latitud 40° 24′ el arco de *un* segundo tiene una extensión de $30^{m},84$, á aquella distancia $13^{m},6$, corresponderá $0'',43$.

Sin necesidad de resolver el último triángulo, y con los elementos antes expuestos, podia haberse obtenido directamente la corrección buscada por medio de la expresión

$$\Delta_\varphi = \frac{\varepsilon \cos. a}{R \cdot \text{arc. } 1''}$$

en la que e representa la longitud de la línea de reducción PV; a su azimut y R el radio terrestre á la latitud 40° 24′.

Hecha la corrección en el valor de φ_1, con signo positivo por hallarse la estación al S. del vértice, se tiene, finalmente, para la latitud de Madrid (vértice *Observatorio*).

$$\varphi = 40^\circ\ 24'\ 28'',54 \pm 0'',11$$

ESTACIÓN DE MADRID

II.

AZIMUT

del vértice geodésico «HIERRO».

SISTEMA SEGUIDO É INCONVENIENTES QUE PRESENTA LA OPERACIÓN. — AZIMUT DE UNA MIRA MERIDIANA. — ÁNGULO ENTRE ÉSTA Y LA SEÑAL GEODÉSICA. — AZIMUT DE *Hierro* EN EL PUNTO DE OBSERVACIÓN Y SU REDUCCIÓN AL VÉRTICE. — VALOR FINAL.

Terminadas en la noche del 2 de agosto las observaciones de latitud en la estación del Observatorio, emprendiéronse en el dia siguiente las relativas á la determinación del azimut astronómico del vértice llamado alguna vez *Cabeza de Hierro*, y con más frecuencia, *Hierro* solamente, señalado en uno de los collados más altos de la sierra de Guadarrama, al N. de Madrid.

Expuestas quedan en la Nota preliminar las razones que se tuvieron en cuenta para adoptar los sistemas de observación seguidos en la estación de Madrid, tanto para latitud como para azimut, en 1901; resta añadir, que si las observaciones de latitud no ofrecieron dificultad alguna, no sucedió lo mismo respecto á las del azimut de *Hierro*, cuya señal aparece á todas horas, como la mayor parte de la sierra, envuelta en la densa humareda que se desprende de numerosas fábricas establecidas de poco tiempo acá en la población, sobre todo en la zona del N., y destinadas á industrias diversas, especialmente á la producción de electricidad. Claro es que, siendo el método empleado el de determinación indirecta del azimut de *Hierro*, deducido de otro fundamental obtenido por observaciones as-

tronómicas para una *mira* establecida de antemano, las dificultades indicadas refiérense á lo penoso del trabajo de medir el ángulo entre la *mira* y el vértice geodésico de *Hierro*, cuya señal, por el motivo expresado, se enfilaba con muchísimo trabajo; y esto sin contar con circunstancias atmosféricas desfavorables que, al presentarse, impiden en absoluto distinguirla durante muchos días consecutivos; así ocurrió durante las observaciones efectuadas con igual fin por el señor Merino, quien, según indica en su Memoria (tomo I), no logró dirigirla, del 1.° al 23 de mayo de 1871, puntería alguna.

Azimut de la mira meridiana.—El anteojo de pasos núm. I de Repsold, utilizado en las observaciones de latitud é instalado sobre el mismo pilar, tal como lo estuvo para aquella operación, fué también el que se empleó en las de azimut correspondiente á la *mira* implantada en el meridiano, según queda ya referido. Esta determinación fundamental se llevó á cabo ordenadamente y de una manera sistemática durante seis noches, procediendo de la manera siguiente:

Instalado el anteojo muy aproximadamente en el meridiano, se observaba una estrella circumpolar, cuando menos, y dos de *estado*; se hacían dos ó más dobles lecturas del nivel y un grupo de cinco punterías como minimum á la mira; en seguida invertíase el eje del anteojo, y en la nueva posición se observaban cuatro estrellas de estado y dos circumpolares, una de éstas, á ser posible, observada ya en la primera posición del anteojo; leíase el nivel otras dos veces y también la *mira*; y, por último, invirtiendo de nuevo el eje repetíase lo efectuado con otras dos nuevas estrellas de estado y otra ú otras dos circumpolares, con preferencia una ya observada en la serie anterior.

Aunque no sea de imprescindible necesidad, creemos conveniente exponer en el inmediato cuadro el conjunto de operaciones que en los varios días de observación indican la marcha seguida en el trabajo.

MARCHA DE LA OPERACIÓN

EN CADA NOCHE DE TRABAJO

3 DE AGOSTO

1.ª SERIE OCULAR AL O.	2.ª SERIE OCULAR AL E.	3.ª SERIE OCULAR AL E.	4.ª SERIE OCULAR AL O.
δ Ursæ minoris (P. S.) η Serpentis. Nivel. 109 Herculis. Nivel. Mira. 51 Cephei (P. I.) Nivel.	51 Cephei (P. I.) Nivel. λ Aquilæ. Mira. ω Aquilæ. Nivel.	λ Ursæ minoris (P. S.) δ Aquilæ. Nivel. α Vulpeculæ.	λ Ursæ minoris (P. S.) Nivel. ϵ_1 Sagittarii. α Aquilæ. Nivel. Mira.

5 DE AGOSTO

OCULAR AL O.	1.ª SERIE OCULAR AL E.	2.ª SERIE OCULAR AL O.	3.ª SERIE OCULAR AL O.	4.ª SERIE OCULAR AL E.
Mira. Nivel.	Mira. Nivel. β Ophiuchi. Nivel. δ Ursæ minoris (P. S.) μ' Sagittarii. η Serpentis. Nivel. Mira. Nivel.	2 Aquilæ. Nivel. Mira. 51 Cephei (P. I.) Nivel. ε Aquilæ. λ Aquilæ.	λ Ursæ minoris (P. S.) ω Aquilæ. Nivel. Mira.	λ Ursæ minoris (P. S.) Nivel. Mira. x Aquilæ. ε' Sagittarii. Nivel. Mira.

6 DE AGOSTO

OCULAR AL E.	1.ª SERIE OCULAR AL O.	2.ª SERIE OCULAR AL E.	3.ª SERIE OCULAR AL E.	4.ª SERIE OCULAR AL O.
Mira. Nivel.	Mira. Nivel. β Ophiuchi. 6 060 B. A. C. Mira. Nivel. δ Ursæ minoris (P. S.)	δ Ursæ minoris (P. S.) Nivel. Mira. η Serpentis. 109 Herculis.	2 Aquilæ. ν' Sagittarii. Nivel. 51 Cephei (P. I.) Mira.	51 Cephei (P. I.) Mira. Nivel. ψ Sagittarii. ω Aquilæ. Mira. Nivel. λ Ursæ minoris.

7 DE AGOSTO

OCULAR AL O.	1.ª SERIE OCULAR AL E.	2.ª SERIE OCULAR AL O.	3.ª SERIE OCULAR AL O.	4.ª SERIE OCULAR AL E.
Mira. Nivel.	Mira. Nivel. β Ophiuchi. 6034 B. A. C. Nivel. δ Ursæ minoris (P. S.) Mira. Nivel.	Nivel. Mira. δ Ursæ minoris (P. S.) 2 Aquilæ.	28 Sagittarii. ν' Sagittarii. Nivel. 51 Cephei (P. I.) Mira. Nivel.	51 Cephei (P. I.) ψ Sagittarii. ω Aquilæ. Mira. λ Ursæ minoris (P. S.)

10 DE AGOSTO

OCULAR AL E.	1.ª SERIE OCULAR AL O.	2.ª y 3.ª SERIE OCULAR AL E.	4.ª SERIE OCULAR AL O.	OCULAR AL E.
Mira. Nivel.	Mira. Nivel. (*) Mira. Nivel. ν Ophiuchi. Nivel. β' Ophiuchi. Mira. δ Ursæ minoris (P. S.)	Nivel. 109 Herculis. 1 Aquilæ. 2 Aquilæ. Mira. Nivel. 51 Cephei (P. I.)	Mira. Nivel. ψ Sagittarii. ω Aquilæ. Mira. λ Ursæ minoris (P. S.)	λ Ursæ minoris (P. S.) Mira. Nivel.

17 DE AGOSTO

1.ª SERIE OCULAR AL E.	2.ª SERIE OCULAR AL O.	3.ª SERIE OCULAR AL O.	4.ª SERIE OCULAR AL E.
Nivel. Mira. 1 Aquilæ. 2 Aquilæ. 51 Cephei (P. I.) Nivel. Mira. Nivel.	51 Cephei (P. I.) ψ Sagittarii. Nivel. ω Aquilæ.	λ Ursæ minoris (P. S.) α Vulpeculæ. κ Aquilæ. Mira. Nivel.	λ Ursæ minoris (P. S.) Mira. β Aquilæ. Nivel. θ Aquilæ. Nivel.

(*) Se varió deliberadamente el azimut después de la primera inversión del eje.

Procediendo de la manera indicada, obtenianse todas las noches elementos muy suficientes para deducir con exactitud el azimut del eje óptico del anteojo y el de la mira, por lo tanto, por las punterías á ella dirigidas durante el curso de la operación.

La observación de las estrellas de *estado*, en cada noche, comprende cinco pasos por otros tantos hilos del retículo; la de circumpolares igual número de punterías con el hilo central móvil, y la de la *mira* cinco punterías también con este mismo, y otras tantas lecturas de coincidencias entre los dos hilos centrales, fijo y móvil.

Las coordenadas de las estrellas se tomaron, por regla general, de la *Connaissance des temps;* las de alguna que otra, provienen del *Nautical Almanac* ó del *Catálogo de Loewy;* del *Astronomisches Jahrbuch*, solo se deriva la 109 *Herculis* Á continuación se inserta la lista de todas las estrellas con separación de los dias en que fueron observadas; figuran en ella sus coordenadas respectivas y las horas del paso por el hilo promedio sin corrección alguna, y son, por lo general, el promedio de cinco valores que resultan en las circumpolares de la aplicación del valor angular de la vuelta del tornillo micrométrico, igual á 3',6003, y en las de *estado* del empleo de los intervalos ecuatoriales de los hilos del retículo. En las circumpolares que han podido ser observadas para obtener un valor de la colimación, van expresadas las horas del paso por el hilo promedio, obtenidas para una y otra posición del eje.

ESTRELLAS OBSERVADAS

FECHAS (1901)	NOMBRES	DECLINACIÓN	ASCENSIÓN RECTA	PASOS POR EL HILO PROMEDIO	
				Ocular al E.	Ocular al O.
		° ′ ″	h m s		h m s
3 agosto.....	δ Ursæ minoris (P. S.)..	86 37 6,9	18 4 14,11		18 4 48,17
	η Serpentis.....	— 2 55 16,3	18 16 15,00		18 16 48,70
	109 Herculis.....	21 43 44,1	18 19 32,15		18 20 5,78
	51 Cephei (P. I.).....	87 11 58,0	18 54 12,98	h m s 18 54 55,48	18 54 48,08
	λ Aquilæ.....	— 5 1 36,7	19 1 3,69	19 1 37,22	
	ω Aquilæ.....	11 25 18,0	19 13 13,92	19 13 47,44	
	λ Ursæ minoris (P. S.)..	88 59 40,9	19 21 41,49	19 21 52,14	19 22 12,96
	δ Aquilæ.....	2 55 19,5	19 20 34,31		19 21 7,90
	α Vulpeculæ.....	24 28 10,5	19 24 38,77		19 25 12,16
	ϵ^1 Sagittarii.....	— 16 30 57,0	19 35 7,41		19 35 41,43
	α Aquilæ.....	8 36 43,4	19 46 1,05		19 46 34,90
5 —	β Ophiuchi.....	4 36 41,8	17 38 38,42	17 39 17,00	
	δ Ursæ minoris (P. S.)..	86 37 7,4	18 4 13,58	18 4 54,38	
	μ^1 Sagittarii.....	— 21 4 58,0	18 7 54,80	18 8 33,58	
	η Serpentis.....	— 2 55 16,1	18 16 14,99	18 16 53,45	
	2 Aquilæ.....	— 9 8 37,8	18 36 55,24		18 37 34,32
	51 Cephei (P. I.).....	87 11 57,1	18 54 13,52		18 54 45,48
	ε Aquilæ.....	14 56 18,8	18 55 11,38		18 55 50,54
	λ Aquilæ.....	— 5 1 36,5	19 1 3,69		19 1 42,78
	λ Ursæ minoris (P. S.)..	88 59 41,5	19 21 40,36	19 22 18,32	19 22 38,34
	ω Aquilæ.....	11 25 18,3	19 13 13,92		19 13 53,14
	κ Aquilæ.....	— 7 14 34,2	19 31 38,05	19 32 16,75	
	ϵ^1 Sagittarii.....	— 16 30 56,9	19 35 7,42	19 35 46,24	
6 —	β Ophiuchi.....	4 36 42,0	17 38 38,42		17 39 18,96
	6060 B. A. C.....	— 18 47 6,0	17 50 9,42		17 50 50,26
	δ Ursæ minoris (P. S.)..	86 37 7,6	18 4 13,28	18 4 50,94	18 4 56,38
	η Serpentis.....	— 2 55 16,1	18 16 14,98	18 16 55,38	
	109 Herculis.....	21 43 44,6	18 19 32,13	18 20 12,34	
	2 Aquilæ.....	— 9 8 37,7	18 36 55,23	18 37 35,48	
	ν^1 Sagittarii.....	— 22 52 6,0	18 48 15,91	18 48 56,30	
	51 Cephei (P. I.).....	87 11 56,8	18 54 13,81	18 54 58,44	18 54 51,82
	ψ Sagittarii.....	— 25 25 36,0	19 9 32,68		19 10 13,44
	ω Aquilæ.....	11 25 18,5	19 13 13,91		19 13 54,70
	λ Ursæ minoris (P. S.)..	88 59 41,8	19 21 39,73		19 22 28,70

FECHAS (1 901)	NOMBRES	DECLINACIÓN	ASCENSIÓN RECTA	PASOS POR EL HILO PROMEDIO	
				Ocular al E.	Ocular al O.
		° ′ ″	h m s	h m s	
7 agosto.....	β Ophiuchi.....	4 36 42,1	17 38 38,41	17 39 20,22	
	6 034 B. A. C.....	— 19 29 48,0	17 46 1,47	17 46 43,14	h m s
	δ Ursæ minoris (P. S.)..	86 37 7,9	18 4 12,96	18 4 54,43	18 5 0,50
	2 Aquilæ.....	— 9 8 54,0	18 36 55,41		18 37 37,50
	28 Sagittarii.....	— 22 29 48,0	18 40 26,72		18 41 9,18
	ν' Sagittarii.....	— 22 52 6,0	18 48 15,90		18 48 58,24
	51 Cephei (P. I.).....	87 11 56,6	18 54 14,13	18 54 58,76	18 54 50,44
	ψ Sagittarii.....	— 25 25 36,0	19 9 32,68	19 10 14,42	
	ω Aquilæ.....	11 25 18,6	19 13 13,91	19 13 55,64	
	λ Ursæ minoris (P. S.)..	88 59 42,2	19 21 39,01	19 22 15,76	
10 — (*)...	ν Ophiuchi.....	— 9 45 32,6	17 53 38,41		17 54 24,68
	β' Ophiuchi.....	2 31 32,7	18 0 30,67		18 1 17,00
	δ Ursæ minoris (P. S.)..	86 37 8,6	18 4 11,87		18 4 40,14
	109 Herculis.....	21 43 45,3	18 19 32,09	18 20 17,06	
	1 Aquilæ.....	— 8 18 48,0	18 29 53,09	18 30 38,88	
	2 Aquilæ.....	— 9 8 54,0	18 36 55,39	18 37 41,02	
	51 Cephei (P. I.).....	87 11 55,6	18 54 15,26	18 55 30,87	
	ω Aquilæ.....	11 25 19,1	19 13 13,90		19 14 0,10
	ψ Sagittarii.....	— 25 25 36,0	19 9 32,67		19 10 19,70
	λ Ursæ minoris (P. S.)..	88 59 43,1	19 21 36,37	19 20 56,38	19 21 28,20
17 —	1 Aquilæ.....	— 8 18 48,0	18 29 53,02	18 30 51,34	
	2 Aquilæ.....	— 9 8 54,0	18 36 55,34	18 37 53,38	
	51 Cephei (P. I.).....	87 11 54,1	18 54 17,76	18 55 56,86	18 55 44,08
	ψ Sagittarii.....	— 25 25 36,0	19 9 32,63		19 10 32,20
	ω Aquilæ.....	11 25 20,1	19 13 13,86		19 14 12,40
	λ Ursæ minoris (P. S.)..	88 59 45,0	19 21 30,35	19 20 40,23	19 21 25,52
	α Vulpeculæ.....	24 28 13,5	19 24 38,69		19 25 36,68
	κ Aquilæ.....	— 7 14 33,5	19 31 38,01		19 32 36,92
	β Aquilæ.....	6 9 54,5	19 50 30,89	19 51 28,84	
	θ Aquilæ.....	— 1 6 33,8	20 6 15,84	20 7 13,84	

(*) Al empezar la observación se varió el azimut del anteojo deliberadamente.

Errores instrumentales.—Para deducir por combinación de una estrella circumpolar y otra de *estado*, perteneciente á la misma serie, el azimut del anteojo, es necesario corregir los errores por inclinación y colimación en los valores que componen las dos últimas columnas del anterior estado y pertenecientes á las estrellas que hayan de entrar en cada combinación. En el siguiente, constan los valores numéricos de la *inclinación* deducidos de las correspondientes lecturas del nivel y ya reducidos á tiempo, teniendo en cuenta que el valor de una parte del nivel es, según se indicó anteriormente, igual á 0",14.

INCLINACIÓN DEL EJE DE GIRO *(h)*

FECHAS — 1 901.	INCLINACIONES				FECHAS — 1 901.	INCLINACIONES			
	INDIVIDUALES		PROMEDIOS			INDIVIDUALES		PROMEDIOS	
	OCULAR AL O.	OCULAR AL E.	OCULAR AL O.	OCULAR AL E.		OCULAR AL O.	OCULAR AL E.	OCULAR AL O.	OCULAR AL E.
1 de agosto...	+ 0,09		+ 0,16		7 de agosto...	− 0,01		− 0,01	
	0,27						− 0,06		
	0,13						+ 0,05		0,00
		+ 0,30					0,01		
		0,27		+ 0,14					
		0,00				0,00			
	+ 0,20					+ 0,10		+ 0,12	
	0,08		+ 0,22			0,25			
	0,17								
3 — ...	− 0,37		− 0,33		10 — ...		− 0,03		− 0,03
		− 0,31				− 0,03			
		0,23				+ 0,13		+ 0,07	
		0,23		− 0,26		0,10			
		0,28					+ 0,05		
	− 0,27						− 0,05		0,00
	0,15		− 0,19						
	0,26					+ 0,03		+ 0,03	
		− 0,29					+ 0,01		+ 0,01
		0,10		− 0,20					
6 — ...		− 0,06		− 0,06	13 — ...		− 0,03		
	+ 0,08						0,08		− 0,05
	0,10		+ 0,11				0,03		
	0,14					− 0,01			
		+ 0,15				+ 0,05		+ 0,02	
		0,05		+ 0,10					
		0,10					− 0,01		
	+ 0,23						+ 0,01		
	0,20		+ 0,22						0,00

La *inclinación*, según se desprende del examen de estos números, ha oscilado en muy escasos límites durante cada noche, y pudiera, por lo tanto, haberse adoptado un valor único para factor de la corrección de las horas de pasos, equivalente al promedio de los obtenidos en cada serie; sin embargo, se prefirió adoptar para cada estrella el número más inmediato al momento de su observación. Para corrección del efecto de desigualdad de los muñones del eje, se deduce:

$$\frac{1}{4}(b_e - b_o) = -0^s,012,$$

del que se ha prescindido por completo.

La *colimación* del eje óptico obtenida por punterías á la *mira* consta en la última columna del cuadro que sigue, y es para cada noche el promedio de varios valores que apenas difieren entre sí de un modo perceptible; pero de uno á otro día, y especialmente en los dos últimos, se nota un pequeño incremento de este factor, que lo acusa también la observación de las circumpolares.

COLIMACIÓN DEL EJE ÓPTICO (c)

FECHAS — 1901.	PUNTERÍAS Á LA MIRA. OCULAR AL O.	PUNTERÍAS Á LA MIRA. OCULAR AL E.	C_E	FECHAS — 1901.	PUNTERÍAS Á LA MIRA. OCULAR AL O.	PUNTERÍAS Á LA MIRA. OCULAR AL E.	C_E
3 de agosto...	−0,21 −0,21	+0,02	+0,02	7 de agosto...	−0,33 −0,31 −0,28	+0,35 +0,35 +0,34	+0,08
5 — ...	−0,29 −0,27 −0,26	+0,29 +0,30 +0,30	+0,04	10 — (*)...	+0,19 +0,20 +0,19 +0,20	−0,10 −0,11	+0,16
6 — ...	−0,28 −0,28 −0,28 −0,27 −0,27	+0,30 +0,30 +0,30	+0,04	17 — ...	+0,38	−0,28 −0,20 −0,19	+0,34

(*) Se varió intencionadamente el azimut al empezar la observación.

La lectura correspondiente á las coincidencias de los hilos centrales, fijo (IV) y móvil, permaneció constante durante los seis días de observación é igual á $0^{v},01$; el valor del índice respecto al promedio ideal sería: $0^{v},00$. Los signos + y — en las columnas E. y O., indican que las lecturas del tambor en las punterías á la mira son, respectivamente, mayores ó menores numéricamente, que las que corresponden al hilo central (IV) fijo.

En todas las noches consiguióse observar una circumpolar, cuando menos, en dos posiciones inversas del anteojo, por cuyo medio se obtuvieron también valores de la colimación; las fórmulas empleadas fueron:

$$c = \frac{T_2 - T_1}{2} \cos. \delta + \frac{b_2 - b_1}{2} \cos. (\varphi - \delta)$$

para las estrellas δ y λ *Ursæ minoris*, observadas en su paso superior;

y $$-c = \frac{T_2 - T_1}{2} \cos. \delta + \frac{b_2 - b_1}{2} \cos. (\varphi + \delta)$$

para la 51 *Cephei* en el inferior, y en las cuales, T_1 y T_2 representan, respectivamente, las horas de los pasos por el hilo promedio en las posiciones primera y segunda del anteojo, y b_1 y b_2 las inclinaciones del eje en cada una de éstas.

Los números obtenidos figuran en el siguiente estado:

RESUMEN DE LOS VALORES DE LA COLIMACIÓN

FECHAS — 1901.	C_E POR CIRCUMPOLARES			C_E POR LA MIRA	C_E SEMISUMAS	DIFERENCIA. $C_F - C_M$
3 de agosto.....	51 Cephei P. I.....	+ 0,17	+ 0,20	+ 0,02	+ 0,11	+ 0,18
	λ Ursæ minoris P. S.....	+ 0,32				
5 —	λ Ursæ minoris P. S.....	+ 0,18	+ 0,18	+ 0,04	+ 0,11	+ 0,14
6 —	δ Ursæ minoris P. S.....	+ 0,16	+ 0,14	+ 0,04	+ 0,09	+ 0,10
	51 Cephei P. I.....	+ 0,12				
7 —	δ Ursæ minoris P. S.....	+ 0,29	+ 0,21	+ 0,08	+ 0,15	+ 0,13
	51 Cephei P. I.....	+ 0,20				
10 —	λ Ursæ minoris P. S.....	+ 0,29	+ 0,29	+ 0,16	+ 0,23	+ 0,13
17 —	51 Cephei P. I.....	+ 0,33	+ 0,38	+ 0,34	+ 0,36	+ 0,04
	λ Ursæ minoris P. S.....	+ 0,43				
	Promedios.....		+ 0,23	+ 0,11	+ 0,18	+ 0,12

En los cálculos sucesivos se ha adoptado para *colimación*, respecto á las estrellas horarias el valor único + 0s,18 (ocular al E.); para las circumpolares, en que la influencia es ya muy perceptible, la corrección fué la correspondiente á la colimación en cada día resultante.

No se ha llevado en cuenta el error debido á la observación diurna, cuya corrección podía englobarse en la de colimación, porque su valor + 0s,016 tendría en los resultados muy escasa influencia.

Conocidos los errores de *inclinación* y *colimación*, y corregidos por estos conceptos los tiempos de los pasos de las estrellas, se ha obtenido el *azimut* resultante de la observación de cada circumpolar, combinando ésta con la de *estado* más inmediata al ecuador comprendida en la misma serie á que correspondía la circumpolar, y efectuando el cálculo por medio de la expresión:

$$a = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) - (T_2 - T_1)}{\cos.\varphi\,(tg.\delta_1 - tg.\delta_2)}$$

en la cual designan:

α_1 y α_2..... las ascensiones rectas de las estrellas primera y segunda observadas;

δ_1 y δ_2..... sus declinaciones respectivas; y

T_1 y T_2..... los tiempos de los pasos referidos al hilo promedio del retículo, corregidos, según queda dicho, de inclinación y colimación.

En el caso de tratarse de pasos inferiores, como en la 51 *Cephei*, se ha sustituído α por $12^h + \alpha$ y δ por $180° - \delta$.

Obtenido de esta manera por cada circumpolar un valor del *azimut* del anteojo y comparándole con la distancia angular de la mira al hilo promedio, representada en tiempo (pág. 385), se deducen para *azimut* de aquélla los valores numéricos que á continuación se exponen, y advirtiendo que la distancia cenital del centro de la mira era 90° 26′ 30″.

AZIMUT (A) DE LA MIRA

FECHAS (1901)	ESTRELLAS CIRCUMPOLARES	POSICIÓN DEL OCULAR	AZIMUT DEL EJE ÓPTICO	DISTANCIA ANGULAR DE LA MIRA	A INDIVIDUALES	A POR DÍAS
			°	°	°	°
3 de agosto.....	δ Ursæ minoris.....	O.	+ 0,03	+ 0,76	+ 0,73	
	51 Cephei.....	O.	— 0,21	+ 0,76	+ 0,97	
	51 Cephei.....	E.	— 0,20	+ 0,79	+ 0,99	+ 0,904
	λ Ursæ minoris.....	E.	— 0,14	+ 0,79	+ 0,93	
	λ Ursæ minoris.....	O.	— 0,14	+ 0,76	+ 0,90	
5 —	δ Ursæ minoris.....	E.	+ 0,09	+ 1,08	+ 0,99	
	λ Ursæ minoris.....	O.	+ 0,04	+ 0,94	+ 0,90	+ 0,977
	λ Ursæ minoris.....	E.	+ 0,04	+ 1,08	+ 1,04	
6 —	δ Ursæ minoris.....	O.	+ 0,09	+ 1,01	+ 0,92	
	δ Ursæ minoris.....	E.	+ 0,07	+ 1,08	+ 1,01	
	51 Cephei.....	E.	+ 0,08	+ 1,08	+ 1,00	+ 0,920
	51 Cephei.....	O.	+ 0,09	+ 1,08	+ 0,92	
	λ Ursæ minoris.....	O.	+ 0,26	+ 1,01	+ 0,75	
7 —	δ Ursæ minoris.....	E.	+ 0,33	+ 1,26	+ 1,93	
	δ Ursæ minoris.....	O.	+ 0,22	+ 1,08	+ 0,86	
	51 Cephei.....	O.	+ 0,06	+ 1,08	+ 1,02	+ 1,044
	51 Cephei.....	E.	+ 0,02	+ 1,26	+ 1,24	
	λ Ursæ minoris.....	E.	+ 0,09	+ 1,26	+ 1,17	
10 — (*).....	δ Ursæ minoris.....	O.	— 1,64	— 0,72	+ 0,92	
	51 Cephei.....	E.	— 1,62	— 0,36	+ 1,26	+ 1,020
	λ Ursæ minoris.....	O.	— 1,60	— 0,72	+ 0,88	
17 —	51 Cephei.....	E.	— 2,22	— 0,72	+ 1,50	
	51 Cephei.....	O.	— 2,19	— 2,37	+ 0,82	
	λ Ursæ minoris.....	O.	— 1,97	— 2,37	+ 0,60	+ 1,040
	λ Ursæ minoris.....	E.	— 1,96	— 0,72	+ 1,24	
	Promedio.....				+ 0,98	

(*) Al empezar la observación se varió el azimut del anteojo deliberadamente.

Los signos + y — del *azimut* del eje óptico del anteojo, corresponden, respectivamente, á los cuadrantes S. E. y S. O., y son tales como se deducen del cálculo adoptando la notación admitida en operaciones astronómicas. Mas siguiendo el convenio generalmente aceptado de contar los azimutes geodésicos desde el S., y de 0° á 360° en dirección O., el *azimut* de la *mira* resulta positivo, es decir, que la intersección con el horizonte del plano visual queda desviada del S. hacia el O.

Las diferencias entre los valores resultantes para el *azimut* de la *mira* en los distintos días de trabajo, pueden atribuirse á errores fortuitos de observación sin recelo alguno, pues la discrepancia entre los valores más divergentes no excede

de 0',14; pero es singular la circunstancia de aparecer los seis valores del azimut formando dos grupos como acusando dos periodos distintos de inmovilidad en la *mira:* uno, abarcando los tres primeros días de observación, y otro, comprendiendo los tres últimos. De ser tales números expresión exacta de la verdad, debería suponerse que el pilar en que estaba implantada la *mira* al S. del anteojo, ó tal vez la *mira* solamente, había sufrido un pequeñísimo movimiento lateral entre los días 6 y 7 de agosto, á menos de admitir que, habiéndose empleado en los tres primeros días el sistema de observación de registro de señales por cronógrafo, y en los tres últimos el de *vista* y *oido*, tal circunstancia pudo ser origen del caso expresado. Cualquiera que fuera la causa, y bien pudiera tratarse de un efecto puramente casual, los resultados numéricos deducidos indican que pueden tomarse sin inconveniente como integrantes del valor definitivo todos los valores individuales de A, y en este supuesto, se tendrá:

$$\text{Azimut de la } \textit{mira} = + 0^s,98 = + 14'',70 \quad (S.\ O.)$$

con un error probable de ± 0',02.

Ángulo entre la mira y la señal del vértice geodésico «Hierro».— Operación complementaria de la expuesta en las anteriores líneas para obtener el *azimut* de la *mira*, y deducir por último el correspondiente al lado geodésico *Madrid-Hierro*, fué la que tuvo por objeto la medida del ángulo entre esta dirección y la de la mira meridiana; trabajo no tan sencillo en la práctica como á primera vista parece. No siendo el anteojo de pasos de Repsold instrumento adecuado para aquel objeto, preciso fué substituirlo en el mismo pilar por un teodolito del mismo constructor, é instalar este aparato de manera que la superposición de su centro con el de estación fuera lo más perfecta posible, pues de lo contrario, hubiera sido vano el empeño de obtener el *azimut* de la *mira* con suma precisión.

Instalado el teodolito satisfactoriamente no pudo conseguirse, hasta pasados unos días de mal tiempo, efectuar en regulares condiciones la operación relativa á la medición del ángulo entre las visuales á la señal y á la mira, para lo cual se procedió del modo siguiente: en una posición del eje del anteojo, por ejemplo, hallándose el ocular á la derecha de la *mira*, apuntábase á ésta dos veces consecutivas, con lectura en cada una, de los dos microscopios diametralmente opuestos del círculo azimutal del instrumento; haciendo girar luego la parte superior

de éste alrededor del eje vertical, se enfilaba la señal geodésica de *Hierro* cuatro veces seguidas, efectuando para cada una las convenientes lecturas del micrómetro de cada microscopio, y por último, se repetían las punterías á la *mira:* en posición inversa del anteojo, ó sea, correspondiendo el ocular á la izquierda del objeto apuntado, volvíase á ejecutar toda la operación del mismo modo. Las ocho punterías á la señal con las otras ocho á la mira constituían *una serie*, de la que se deducían dos valores próximamente iguales para el ángulo buscado; dando luego al círculo horizontal un suave movimiento circular de poco más ó menos de diez grados, volvíase á efectuar otra serie y las sucesivas mientras la luz del día permitía distinguir la señal ó el cansancio del observador lo consentía.

Los valores del ángulo buscado se resumen por series y posición del eje horizontal del teodolito, en el estado adjunto, donde constan los promedios respectivos por serie de los cuales se deduce un valor definitivo cuyo error probable se ha calculado con el empleo de las segundas diferencias de cada número aislado al promedio general.

VALORES DEL ÁNGULO

ENTRE LA MIRA Y LA SEÑAL GEODÉSICA DE HIERRO

FECHAS (1901)	ÁNGULO		PROMEDIOS POR SERIE
	1.ª POSICIÓN	2.ª POSICIÓN	
	° ′ ″	″	° ′ ″
27 de agosto (tarde)....	154 28 23,38	23,63	154 28 23,505
	23,37	21,00	22,185
	22,13	22,25	22,190
	20,25	22,99	21,620
28 — (mañana)....	22,62	25,25	23,935
	23,12	25,12	24,120
	23,12	25,00	24,060
28 — (tarde).....	22,50	22,62	22,560
	22,12	27,12	24,620
	24,25	20,00	22,125

Promedio..... 154° 28′ 23″,09 ± 0″,23

Conocidos ya los elementos angulares necesarios, dedúcese para *azimut* de la señal geodésica de *Hierro*, referido al centro del pilar de operaciones y contado desde el Sur por el Oeste, el siguiente valor:

154° 28′ 37″,79

Reducción al vértice.—Para reducir al centro de la cúpula del Observatorio ó vértice geodésico, el azimut hallado, debe tenerse presente que entre este último punto y el centro de estación, la distancia es de bastante cuantía para que deba tomarse en consideración en el cálculo la divergencia de meridianos que á uno y otro corresponden, en cuyo caso la reducción se obtendrá por esta fórmula:

$$x = \frac{t \text{ sen. } W}{E \text{ sen. } 1''} + \frac{t \text{ sen. } A_0}{R \text{ sen. } 1''} \text{ tg. } \varphi$$

en la que representan:

t..... la longitud de la línea de reducción igual, según queda dicho al tratar de asunto análogo en la latitud, á 46",57;

E..... la longitud del lado que une los dos vértices *Observatorio* y *Hierro*, próximamente igual á 48.440";

W..... el ángulo comprendido por estas dos líneas, y equivalente á 48° 22′ 48″;

A_0..... el azimut de la primera contado desde el Norte, é igual á 106° 5′ 48″; y

R..... el radio de curvatura terrestre á la latitud φ, igual á 40° 24′ 30″.

Introducidos en la expresión anterior estos valores numéricos, resulta:

$$x = + 2' 28'',27 - 1'',23 = 2' 27'',04$$

y el *azimut* de *Hierro* referido al vértice *Observatorio* será, finalmente, tomando el S. como origen y contado en la dirección del O.

$$154° 31' 4'',83$$

con un error probable de ± 0″,37.

CONCLUSIÓN

Los valores numéricos correspondientes á la latitud de *Madrid* y al azimut del lado geodésico *Madrid-Hierro*, deducidos de las observaciones efectuadas en el verano de 1 901, y expuestos como resultados finales en la presente Memoria, difieren, no en cantidad considerable, pero sí en modo sensible de los hallados respectivamente para aquellos elementos por los Sres. Aguilar en 1 853 y Merino en 1 870-71.

En efecto, el valor resultante de la latitud y consignado en las páginas anteriores, omitida la segunda cifra decimal, es: 40° 24′ 28″,5, mientras que el hallado por el Sr. Aguilar fué 40° 24′ 29″,7. Para el azimut *Madrid-Hierro* obtuvo el Sr. Merino 154° 31′ 7″,3, y el valor deducido de nuestras observaciones es: 154° 31′ 4″,8.

Existe, pues, entre los nuevos resultados y los antiguos una diferencia igual á — 1″,2 en la latitud y á — 2″,5 en el azimut; cantidades que, de ser rigurosamente exactos los números de que proceden, tendrían superior importancia haciendo suponer una variación efectiva de la *vertical*, tanto en el sentido del meridiano como del paralelo, ocurrida entre las épocas en que se efectuaron los trabajos de observación. Sin embargo, creemos que no existe fundamento bastante para semejante deducción, que ha de estar basada en una serie no interrumpida de observaciones durante algunos años y efectuadas en las mismas ó parecidas condiciones; por esta razón es muy probable que las expresadas diferencias sean más bien aparentes que reales y sólo debidas á la diversidad de métodos é instrumentos empleados en los trabajos, por cada observador.

Á falta de pruebas positivas que resuelvan la cuestión, serían de gran interés y contribuirían á desvanecer todas las dudas, en lo que se refiere á la latitud, los datos que el Observatorio Astronómico pudiera presentar, deducidos del cálculo de las numerosas observaciones meridianas efectuadas en aquel establecimiento con el gran anteojo de Repsold, allí montado por el constructor hace muchos

años, y de las cuales, si bien emprendidas con otro fin, sería posible deducir una muy extensa serie de valores de la latitud correspondientes á un período de tiempo considerable.

Respecto á más antiguas determinaciones de la posición geográfica de Madrid, presenta el Sr. Aguilar en su Memoria, publicada según queda dicho, en 1 853, una extensa reseña de trabajos efectuados en su mayor parte á fines del siglo XVIII y principios del XIX exclusivamente por Oficiales de marina. Las observaciones de latitud fueron verificadas en distintos puntos de la población y referidos los valores obtenidos al Observatorio Astronómico, difieren entre sí, unos de otros en cantidades hoy inadmisibles en operaciones de precisión; pero entre los resultados, es notable por la autoridad científica de su autor, el deducido por el sabio eminente y marino ilustre D. Jorge Juan, en 1 748: el valor hallado por él, fué: 40° 24′ 27″, empleando en la operación el sistema de medidas de alturas de sol por medio de un cuadrante móvil de dos pies de radio, cuyo instrumento sirvió después en la célebre medición del arco de meridiano del Perú; trabajo que, después de transcurrido más de un siglo, se repite actualmente por una Comisión francesa, y en el que es sensible no tome España parte, habiéndosela brindado con tan honrosa cooperación en una de las últimas Conferencias de la Asociación Geodésica Internacional.

Admitiendo el mismo grado de confianza para los tres números consignados como expresión de la latitud de *Madrid*, y teniendo en cuenta las condiciones tan distintas de métodos, épocas y observadores, acaso no fuera muy aventurada la opinión de que dicho elemento ha permanecido inalterable á través de tanto tiempo, y como consecuencia, fija también la posición del eje terrestre.

En cuanto al azimut de *Madrid-Hierro*, las únicas observaciones de que se deriva son las del Sr. Merino, en 1870-71, y las de 1901 que van expuestas en el curso de esta Memoria; insuficientes por sí solas para deducir consecuencia alguna respecto á variación de posición respectiva de ambos vértices ó de solo alguno de ellos, y quedando las diferencias de los valores encontrados dentro de los errores de observación empleando procedimientos distintos de trabajo, sólo nuevas determinaciones y muy numerosas, pueden aclarar tan importante punto, y sobre todo verificándose las observaciones precisamente en el vértice mismo á fin de hacer innecesario el trabajo de reducción que no, por llamarse secunda-

rio, deja de ser por demás delicado y capaz de introducir errores que superen en mucho á los de observación en los resultados finales.

Menos todavía que para la latitud pueden deducirse conclusiones importantes de la comparación de los resultados de la longitud de Madrid, que el Sr. Aguilar enumera en su Memoria, obtenidos de antiguas observaciones; todas éstas tienen carácter puramente astronómico y están fundadas en el método de ocultaciones de estrellas, de satélites de Júpiter, ó de eclipses de sol ó de luna, y refiérense á fines del siglo XVIII y principios del XIX; antes de que, por la aplicación del telégrafo eléctrico á estas operaciones, se hubiese podido conseguir la admirable precisión que caracteriza los procedimientos modernos.

Lo mismo que para la latitud, y todavía en mayor grado por tratarse de observación más delicada, las divergencias entre los valores obtenidos para la longitud de Madrid, respecto del meridiano de París, varían enormemente según los observadores.

La determinación verificada en 1886 por el *Service géographique* de Francia y nuestro INSTITUTO GEOGRÁFICO, siendo observadores M. Bassot y el autor de esta Memoria, utilizando un hilo telegráfico directo entre las dos estaciones, París y Madrid, para comparación de los péndulos, dió para diferencia de longitud $24^m\ 5^s,996$ deducida de diez y ocho noches de observación.

El promedio de los antiguos valores, que más se aproxima á este último, dando á todos ellos el mismo peso, está representado por $24^m\ 3^s,6$, según el Sr. Aguilar.

De lo dicho se deduce que hasta el presente, y respecto al vértice aislado de que se trata, no hay datos suficientes para demostrar la variabilidad de su posición geográfica, y que serán necesarios nuevos trabajos astronómicos ó puramente geodésicos para resolver tan delicada cuestión.

ÍNDICE

DETERMINACIÓN

DE LA

DIFERENCIA DE LONGITUD ENTRE MADRID Y LISBOA

	Páginas.
NOTA PRELIMINAR	5
Plan de trabajo	9
Correcciones en ascensión recta de las estrellas observadas	12

ESTACIÓN DE MADRID

Observatorio	17
Instrumentos	17
Constantes instrumentales	18
Cálculo de las observaciones	19
Errores instrumentales	19
Resumen de las observaciones del Sr. Esteban	28
Resumen de las observaciones del Sr. Borrás	36

ESTACIÓN DE LISBOA

Observatorio	45
Instrumentos	45
Constantes instrumentales	45
Cálculos de las observaciones	46
Errores instrumentales	46
Resumen de las observaciones del Sr. Borrás	54
Resumen de las observaciones del Sr. Esteban	62
Estados del péndulo adoptados	70
Comparación de los péndulos	71
RESULTADO FINAL	80
APÉNDICE	85

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL

DE LA

INTENSIDAD DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD

EN

VALENCIA

CAPÍTULO PRIMERO

RESEÑA DEL LOCAL DE OBSERVACIÓN Y PLAN GENERAL DEL TRABAJO

Párrafos.		Páginas.
1	Lugar de la estación	93
2	Condiciones del local	94
3	Instalación de aparatos é instrumentos	94
4	Procedimiento en general	95
5	Plan de las operaciones fundamentales efectuadas con los cuatro péndulos	96
6	Programa general de una *Determinación* absoluta del péndulo matemático. — Programa de una *Serie* de operaciones	97
7	Programas de las operaciones de *Distancia* y Duración	98
8	Observaciones referentes á la ejecución del trabajo y publicación de la presente Memoria	100

CAPÍTULO II

RESULTADOS INMEDIATOS DE LAS OPERACIONES EN SERIES

9	Programa y procedimiento para comparar la *Distancia* con la longitud definida en la regla métrica	103
10	Equivalencia de una vuelta de los tornillos micrométricos	104
11	Fórmulas para el cálculo de las *Distancias* relativas y resultados inmediatos. *Estados* **A**	105
12	Procedimiento seguido en las observaciones de *Duración*	111
13	Resultados inmediatos. *Estados* **B**	111
14	Procedimiento seguido en las observaciones de pasos del péndulo por la vertical	122
15	Resultados inmediatos	122
16	Procedimiento seguido en las observaciones de paralaje de las plumas cronográficas	122
17	Resultados inmediatos	123
18	Procedimiento seguido en las observaciones de amplitud de oscilación	123
19	Fórmulas que expresan las leyes del decrecimiento de amplitud de oscilación	123
20	Cálculo de las amplitudes medias	126
21	Comparación de los decrementos de amplitud en un segundo de tiempo	130
22	Procedimiento seguido en las observaciones de temperatura y presión atmosférica	132
23	Procedimiento seguido en las observaciones de la *Situación* del centro de gravedad. — Fórmulas para el cálculo y resultados inmediatos. *Estados* **C**	132

CAPÍTULO III

OPERACIONES COMPLEMENTARIAS

Párrafos.		Páginas.
24	Cuáles se realizaron y cuáles se omitieron del Programa del Sr. Barraquer	139
25	Situación del punto *cero* en los termómetros	140
26	Presión atmosférica	140
27	Datos numéricos del Sr. Barraquer relativos al acortamiento de la regla del gran aparato por su propio peso	141
28	Datos numéricos de la *Oficina Internacional de Pesas y Medidas*. Ecuaciones de las reglas.	141
29	Determinación del *estado* de los relojes	141
30	Comparación de los tiempos normal y cronográfico	142
31	Resultados de la operación total	143

CAPÍTULO IV

REDUCCIÓN DE LAS OBSERVACIONES

32	Reducción de las observaciones de *Distancia*	145
33	Resumen comparativo de los resultados	150
34	Reducción de los instantes de paso	151
35	Corrección por la paralaje de las plumas	159
36	— por amplitud de oscilación	159
37	— por temperatura del péndulo	159
38	— por marcha del reloj eléctrico	160
39	Deducción de los valores de *Duración* idóneos para el cálculo	160
40	Precisión de estos valores	161
41	Determinación de los valores reducidos de las *Situaciones*, apropiados para el cálculo	161

CAPÍTULO V

RESULTADOS GENERALES

42	Fórmulas fundamentales del método con observación y cálculo de las longitudes *relativas* del péndulo matemático que resulta de las cuatro *Determinaciones*	163
43	Valoración de estas longitudes en unidades métricas absolutas	168
44	Nueva determinación de las mismas longitudes por el método de cálculo abreviado	169
45	Eliminación del *balance del sostén*	170
46	Resultados completos de las cuatro Determinaciones apareadas, referidos al *segundo* de tiempo medio	171

CAPÍTULO VI

OBSERVACIONES Y CÁLCULOS DEL SR. MIFSUT

Valores lineales correspondientes á una vuelta de los tornillos micrométricos	173
Fórmulas numéricas para el cálculo de λ	174

Párrafos. Páginas.

Resultados inmediatos de *Distancias* 175
— — de *Duración* 179
Amplitud de oscilación 189
Tabla de amplitudes de oscilación 190
Cálculo de amplitudes medias 191
Comparación de los decrementos de amplitud 193
Resultados inmediatos referentes á las observaciones de la *Situación* del centro de gravedad 194
Reducción de las observaciones de *Distancia* 198
Resumen comparativo de los resultados. — Valores reducidos de las *Distancias* 202
Reducción de las observaciones de *Duración* 203
Precisión de los valores reducidos de la *Duración* 209
Valores reducidos de las *Situaciones* 209
Cálculo de las longitudes relativas del péndulo matemático que resultan por separado de las cuatro determinaciones 210
Valoración de estas longitudes en unidades métricas absolutas 212
Cálculo abreviado. — Eliminación del balance del sostén. — Resultados completos de las cuatro determinaciones apareadas referidas al segundo de tiempo medio 213

CAPÍTULO VII

RESULTADO FINAL

47 Deducción del resultado total. — Longitud absoluta del péndulo matemático de segundos oscilando en el vacío. — Intensidad de la fuerza de la gravedad 215
48 Reducción del resultado definitivo al nivel del mar 216
49 Cotejo con el valor teórico asignado por las fórmulas de más crédito 217

DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL

DE LA

INTENSIDAD DE LA FUERZA DE LA GRAVEDAD EN BARCELONA

INTRODUCCIÓN 225

CAPÍTULO PRIMERO

IDEA GENERAL DEL TRABAJO

1 Lugar de la estación 227
2 Instalación de los aparatos 227
3 Condiciones del local y coordenadas geográficas del punto de estación 228
4 Programa general de la operación 229
5 Operaciones complementarias que se omiten por innecesarias 229

Párrafos. Páginas.

6 Razones porque se desistió de la iluminación de los cuchillos y del cambio de lugar de éstos 230
7 Plan de la observación 230
8 Programa de una determinación con el aparato grande y con el pequeño 231
9 Programa de una operación de distancia entre los cuchillos 232
10 Programa de una operación de duración de la oscilación 232

CAPÍTULO II

RESULTADOS INMEDIATOS DE LAS OPERACIONES EN SERIES

EQUIVALENCIAS LINEALES DE UNA VUELTA DE LOS TORNILLOS MICROMÉTRICOS

11 Valores lineales equivalentes á una vuelta de los tornillos micrométricos 235

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

12 Fórmula usada y resultados inmediatos deducidos 236

DURACIÓN DE LA OSCILACIÓN

13 Observaciones que la constituyen.—Procedimiento de cálculo 239
14 Fórmula de la presión atmosférica 239
15 Fórmula para deducir la amplitud de oscilación 240
16 Valores de las amplitudes de oscilación para cada *modo de suspensión* de cada caso 242
17 Decremento de la amplitud de oscilación en un segundo de tiempo 244
18 Cálculo de los instantes de paso 245
19 Paralaje de las plumas cronográficas.—Resultados inmediatos 245
20 Centro de gravedad.—Resultados inmediatos 254

CAPÍTULO III

OPERACIONES COMPLEMENTARIAS

21 Indicación de las que han constituido este programa 257
22 Situación del cero en los termómetros 257
23 Correcciones de los barómetros 258
24 Acortamiento de las reglas por su propio peso 258
25 Ecuaciones de las reglas 258

MARCHA DEL RELOJ ELÉCTRICO

DETERMINACIÓN DE LA HORA

26 Instalación del anteojo de pasos 259
27 Cálculo del *estado* del reloj 259
28 Estados y movimientos del péndulo sidéreo de Hipp 261

CAPÍTULO IV

REDUCCIÓN DE LAS OBSERVACIONES

DISTANCIA ENTRE LOS CUCHILLOS

Párrafos.		Páginas.
29	Condiciones de *correlación* entre los elementos que constituyen una determinación completa	263
30	Reducción de las distancias á unidades métricas de las reglas en posición horizontal	264
31	Influencia de los modos de suspensión en los valores de las *Distancias*. — Valores reducidos de las mismas	264

DURACIÓN

32	Correcciones de las Distancias por: la paralaje, temperatura del péndulo, y marcha del reloj eléctrico. — Estados de la Duración de la oscilación, reducida	266

CENTRO DE GRAVEDAD DEL PÉNDULO

33	Valores reducidos de las *Situaciones*	274

CAPÍTULO V

RESULTADOS GENERALES

34	Fórmulas fundamentales del péndulo de inversión. — Longitudes del péndulo matemático de segundos obtenidas aisladamente por cada determinación	275
35	Valoración de las anteriores longitudes en unidades métricas absolutas	280
36	Longitud absoluta del péndulo matemático de segundos en tiempo medio y en el vacío	282

CAPÍTULO VI

OBSERVACIONES Y CÁLCULOS CORRESPONDIENTES AL PEQUEÑO APARATO

37	Resultados inmediatos de las operaciones en series	285

CAPÍTULO VII

Reducción de las observaciones 309

CAPÍTULO VIII

Resultados generales 325

CAPÍTULO IX

RESULTADO FINAL

Párrafos.		Páginas.
38	Longitud absoluta del péndulo matemático de segundos oscilando en el vacío.—Valor de la intensidad de la fuerza de la gravedad	331
39	Valor reducido al nivel del mar	332
40	Valores teóricos de Listing y de Helmert y comparación de éstos con el deducido de la observación directa	333

DETERMINACIÓN ASTRONÓMICA

DE LA

LATITUD DE MADRID

Y DEL AZIMUT

MADRID-HIERRO.

	Páginas.
NOTA PRELIMINAR	341

LATITUD

Punto de estación	345
Instrumentos	346
Observaciones de hora	347
Método seguido en la determinación de la latitud	353
Estrellas observadas	355
Resultados parciales obtenidos	358
Reducción al vértice geodésico	375
Valor final de la latitud de Madrid	376

AZIMUT

Sistema seguido	377
Azimut de la *mira* meridiana	378
Estrellas observadas	382
Errores instrumentales	384
Ángulo entre la *mira* y la señal del vértice *Hierro*	389
Reducción al vértice geodésico	391
Azimut *Madrid-Hierro*	391