UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS

CONSEJO SUPERIOR
DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS

INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA
(Centro Mixto C.S.I.C. - U.C.M.). MADRID

Publicación núm. 181

OBSERVACIONES ABSOLUTAS DE LA GRAVEDAD EN ESPAÑA

por

R. VIEIRA, J. MAKINEN, A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA

PUBLICADO EN «REVISTA DE GEOFÍSICA» NÚM. 47, PÁGS. 197-204

MADRID
1991

REV. DE GEOFISICA (1991) 47, 197-204

Observaciones absolutas de la gravedad en España

Absolute gravity measurements in Spain

R. VIEIRA *, J. MAKINEN **, A. G. CAMACHO * y M. J. SEVILLA *

* *Instituto de Astronomía y Geodesia (C.S.I.C.-U.C.M.). Facultad de Ciencias Matemáticas. 28040 MADRID (España)*

** *Finnish Geodetic Institute. Ilmalankatu 1.A. 1180 HELSINKI (Finlandia)*

RESUMEN

Como consecuencia de la colaboración existente entre el Finnish Geodetic Institute (FGI) de Helsinki y el Instituto de Astronomía y Geodesia (IAG) de Madrid, se han realizado dos observaciones absolutas de gravedad en España con el Gravímetro JILAG-5. Estas observaciones se han hecho en Madrid y en la Estación Geodinámica del Valle de los Caídos. Los resultados de Madrid podemos considerarlos como muy buenos, con bajo ruido sísmico y excelente estabilidad. En las observaciones del Valle de los Caídos hemos encontrado algunos problemas por inestabilidad del lugar de observación. En este trabajo se describen las medidas y se dan los resultados de ambas observaciones, asimismo, se discuten los efectos de la inestabilidad del suelo sobre las observaciones absolutas de la gravedad a partir de los registros obtenidos en el Valle de los Caídos.

ABSTRACT

This work is a cooperation between the Finnish Geodetic Institute of Helsinki and the Institute de Astronomía y Geodesia of Madrid. Absolute gravity was measured at two Spanish stations, Madrid and Valle de los Caídos, with the JILAG-5 gravimeter. Madrid was a typical good station with a stable floor and low seismic noise. On the Valle de los Caídos station the seismic noise was low as well but we found some problems with the instability of floor. We describe the measurements and results and we discuss the effect of floor instability on gravimeter perfomance.

1. INTRODUCCION

En mayo de 1989 y como fruto de la colaboración entre el F.G.I. y el I.A.G. (C.S.I.C.-U.C.M.), se hicieron en Madrid y en el Valle de los Caídos, a 40 km. al norte de Madrid, dos determinaciones absolutas de la gravedad (Makinen *et al.* 1990). Estas observaciones pueden considerarse como las primeras de este tipo que se hacen en España ya que únicamente existe el precedente, de las mediciones, con cuatro péndulos reversibles tipo Repsold realizadas por el geodesta militar J. Barraquer en el Real Observatorio Astronómico de Madrid entre 1877 y 1883 en las que obtuvo un valor de g de 9.800156 $\pm$ 1.6×10^{-5} m.s.$^{-2}$; algunos años después el alemán Hecker realizó un enlace con el mismo tipo de instrumentos, entre Potsdam y Madrid encontrando una diferencia con el valor de Barraquer de 4.8×10^{-5} m.s.$^{-2}$.

El instrumento utilizado en las observaciones ha sido el gravímetro JILAG-5 del Instituto de Geodesia de Helsinki. El JILAG es un gravímetro absoluto de los llamados de caída libre desarrollado en el Join Institute for Laboratory Astrophysics (JILA) de la

Universidad de Colorado en EE.UU. por el Dr. J. E. Faller (Faller *et al.* 1983).

Las observaciones se han efectuado, la primera en el laboratorio de Gravimetría del I.A.G. en los sótanos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Complutense de Madrid y la segunda en el nuevo laboratorio del Valle de los Caídos, en un edificio recientemente cedido por el Patrimonio Nacional al I.A.G. y que, dadas las excelentes condiciones tanto de emplazamiento como geológicas será, una vez concluída su adaptación, una de las estaciones de la International Absolute Gravity Basestation Network, IAGBN, red de aproximadamente 30 estaciones absolutas que cubren todo el mundo y cuya finalidad es el estudio global del campo de la gravedad y de sus variaciones (Boedecker, 1988).

Las observaciones han sido reducidas tanto por el F.G.I., como por el I.A.G. con sus propios programas de cálculo.

2. INSTRUMENTOS

El JILAG-5 del F.G.I. es uno de los seis gravímetros absolutos contruídos por el Dr. J.E. Faller y sus colaboradores en el JILA, en el Institute of Standards and Technology y en la University of Colorado en Boulder (EE.UU.). Descripciones detalladas del instrumento pueden encontrarse en Faller *et al.,* (1983), Niebauer *et al.,* (1986), Zumberge *et al.,* (1982) y Niebauer (1987).

El esquema general del JILAG-5 puede verse en la figura 1. Este instrumento está fundamentado en la determinación de la aceleración de un objeto que cae libremente en el vacío a través de una distancia de 0.2 m. El cuerpo de caída es un retroreflector, en forma de prisma cúbico, sobre el que incide uno de los dos rayos de un interferómetro de Michelson: el otro va a otro retroreflector de referencia que se encuentra suspendido de un resorte de largo periodo que permite el aislamiento mecánico de dicha referencia de la parte móvil, o sea, la cámara de caída del prisma, y evita el ruido microsísmico.

El haz de luz del interferómetro es un laser He-Ne con el que es posible conseguir una definición de la longitud de onda mejor que una parte en 10^9, que sería lo necesario para poder realizar determinaciones de gravedad con la precisión de 10^{-8} m s^{-2} es decir, del orden del microgal. La estabilidad de frecuencia se asegura mediante la incorporación de un mecanismo interno de espejos que permite dos modos de oscilación con polarizaciones ortogonales. Estos dos

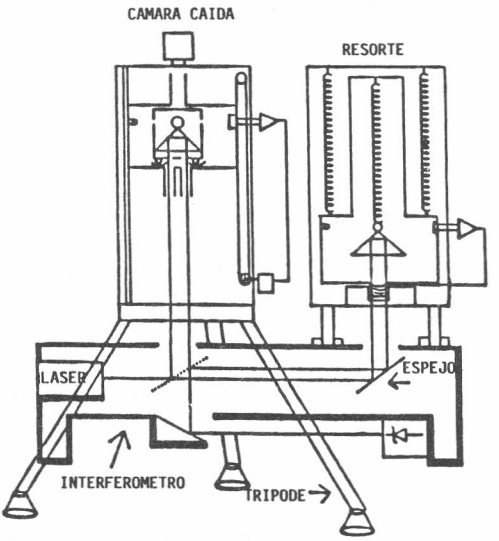

Fig. 1.—Esquema general del gravímetro de caída libre tipo JILA.

modos se diferencian en frecuencia por una cantidad de $c/2L$, siendo L la longitud del tubo y c la velocidad de la luz; la estabilidad se consigue ajustando la longitud de la cavidad de forma que la razón de las intensidades, correspondientes a cada modo, permanezca constante. El incremento de frecuencia entre los dos modos es, en nuestro caso, del orden de 700 Mhz, pasando de una a otra mediante un conmutador. En todas las experiencias se alternan las medidas de las más bajas frecuencias, la que llamamos lado rojo, con las más altas ó lado azul, siendo la media de estos valores la que nos define la frecuencia central. Un patrón de Rubidio es la base de tiempo que emplea el equipo y que nos permite asignar tiempos parciales durante la caída del prisma para cada intervalo de longitud definido por 4.000 franjas de interferencias o, lo que es lo mismo, 2.000 longitudes de onda del laser, lo que expresado en longitud equivale aproximadamente a 1,26 mm.

En la práctica se realizan varias series de 50 o 100 caídas, cada una alternando el laser rojo y el azul y obteniéndose 150 pares de valores de distancia y tiempo por cada caída y, por tanto, 150 valores de la aceleración.

Un completo estudio de la cámara dentro de la cual cae el prisma y de su sistema de subida, así

como del resto de componentes mecánicos y electrónicos del gravímetro JILAG puede encontrarse, para la más moderna versión de estos instrumentos, en Niebauer (1987). Igualmente en este trabajo se hace un estudio de las diferentes causas de errores sistemáticos. En la actualidad el Dr. Faller y sus colaboradores se encuentran diseñando una nueva versión del gravímetro absoluto con dos particularidades de interés, por un lado el que será más simple y transportable y por otro el que la medida se realizará no sólo en el intervalo de caída sino también en el ascenso del prisma.

3. LAS ESTACIONES

En la tabla 1 se dan las características geográficas de las dos estaciones observadas. La estación 1 está situada en los sótanos del edificio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Complutense que es donde tiene su sede el I.A.G. y la segunda en un edificio cedido por el Patrimonio Nacional al I.A.G., dentro del Convenio de Investigación firmado por ambas Instituciones, situado en las proximidades del poblado del Valle de los Caídos, y construído directamente sobre la roca granítica que aflora en superficie. Ambas observaciones se han realizado directamente sobre el suelo; posteriormente y como consecuencia de problemas de estabilidad surgidos al realizar las medidas, se ha procedido al levantar el suelo del laboratorio gravimétrico de la estación 2 y a contruir un doble pilar de 2×2 m^2 en el exterior y 0.8×0.8 m^2 en el interior, anclado directamente sobre la roca granítica, habiendo hecho, previamente a la obra, el enlace de gravedad entre el punto fundamental y dos puntos

TABLA I

INFORMACION GENERAL SOBRE LAS ESTACIONES DE GRAVEDAD ABSOLUTA DE MADRID Y VALLE DE LOS CAIDOS

ESTACION 001: MADRID

SITUACION: Laboratorio de gravimetría del I.A.G. en el sótano de las Facultades de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad Complutense. Observación realizada sobre el suelo y señalizada con clavo geodésico de nivelación.

φ (N) = 40° 26′ 52.1″; λ (E) = – 3° 43′ 36.1″; h = 646.20 m

U.T.M.: x = 438373.1 y = 4477791.4 HUSO = 30

FECHA DE LAS OBSERVACIONES: 7 y 8 de mayo de 1989.

ESTACION 002: VALLE DE LOS CAIDOS

SITUACION: Laboratorio de gravimetría del Valle de los Caídos, en la llamada «casa del ingeniero». Observación realizada sobre el suelo y señalizada con clavo geodésico de nivelación.

φ (N) = 40° 38′ 57.1″; λ (E) = – 4° 8′ 35.9″; h = 1.212.4 m

U.T.M.: x = 403333.4 y = 4500522.4 HUSO = 30

FECHA DE LAS OBSERVACIONES: 9, 10, 11 y 12 de mayo de 1990.

INSTRUMENTO: JILA n 5 (F.G.I.)

OPERADOR PRINCIPAL: J. Makinen

PROYECTO: Colaboración entre el F.G.I. y el I.A.G. (Helsinki, 1988).

externos, con el objetivo de poder cuantificar el Δg correspondiente a la nueva distribución de masas generadas por la construcción del pilar.

Como característica de ambas estaciones, podemos destacar que las dos forman parte de la línea de calibración observada con 10 gravímetros y que, con un total de 15 estaciones, va desde Madrid hasta la base de la Cruz Monumental del Valle de los Caídos. Asímismo, es interesante destacar que en ambas estaciones se dispone de datos empíricos de mareas gravimétricas (Vieira *et al.*, 1988 y Camacho *et al.*, 1990).

4. OBSERVACIONES

Resultados

a) Observaciones en la Estación de Madrid

El número total de observaciones realizadas en Madrid ha sido de 15 series de 100 caídas cada una, lo que equivale a 225.000 pares de valores de distancia y tiempo. Las medidas fueron realizadas en la noche del domingo 7 al lunes 8 de mayo desde las 0 horas a las 7 horas con el fin de evitar todo tipo de perturbaciones que pudieran generarse por el funcionamiento normal de las instalaciones universitarias y por el tráfico en su entorno. Las 15 series se hicieron alternando las frecuencias que hemos denominado azul y rojo, 8 series con el laser azul y 7 con el laser rojo. En la tabla 2, se da un resumen de los resultados calculados con el programa desarrollado en el I.A.G. que difieren tan sólo en 1×10^{-9} m s^{-2} con los obtenidos en el F.G.I. (Makinen *et al.*, 1990). En ambos programas se tienen en cuenta las diversas correcciones, debidas a causas naturales e instrumentales que por su magnitud pueden afectar a las observaciones al orden de 10^{-8} m. s^{-2} (Torge, 1989, Peter *et al.*, 1989).

TABLA II

INFORMACION Y RESULTADOS DE LA OBSERVACION DE GRAVEDAD ABSOLUTA DE MADRID

RESULTADOS DE LA ESTACION 001: MADRID

GRADIENTE VERTICAL DE LA GRAVEDAD: -2.920×10^{-10} s^{-2}

EFECTO GRAVITACIONAL DE LA ATMOSFERA: -0.31×10^{-8} m s^{-2}/mbar

TEMPERATURA STANDARD: 15° C

CORRECCION POR ESTADO DEL RELOJ: 2.3×10^{-8} m s^{-2}

CORRECCION LASER ROJO: 4.4×10^{-8} m s^{-2}

CORRECCION LASER AZUL: 15.6×10^{-8} m s^{-2}

CORRECCION POR MOVIMIENTO DEL POLO: -3.0×10^{-8} m s^{-2}

CORRECCION DE MAREAS: Modelo empírico del I.A.G. (tabla IV)

Resultados

LASER AZUL: $g_A = 9.7996412500$ m s^{-2}; e.m.c. $= 0.83 \times 10^{-8}$

LASER ROJO: $g_R = 9.7996412862$ m s^{-2}; e.m.c. $= 0.62 \times 10^{-8}$

GRAVEDAD MEDIA: g = 9,7996412681 m s^{-2}

b) Observaciones en el Valle de los Caídos

Las observaciones en el Valle de los Caídos se realizaron a partir del día 9 de mayo a las 23,00 horas hasta el día 12 del mismo mes a las 7 de la mañana, habiéndose presentado diversos problemas que en un principio fueron achacados a un comportamiento anómalo del instrumento pero que, una vez estudiadas las series de observaciones, podemos concluir que son consecuencia de un problema de reacción elástica del propio basamento del laboratorio a la caída de la cámara de vacío. Este problema ya fué discutido en detalle por Niebauer (1987) y posteriormente, en un reciente trabajo de Koppling *et al.,* (in press), se presenta un método para filtrado matemático de las observaciones con el objetivo de extraer de las mismas cualquier señal de ruido sinusoidal que pudiera afectar a los resultados de la medida.

Una vez instalado el gravímetro en un primer emplazamiento, se observó que el error medio cuadrático de los residuales de 15 series de 50 caídas cada una era del orden de 15 a 20 nm, aproximadamente unas 10 veces superior al valor esperado para una buena estación, como es la observada en Madrid. Como puede verse en la figura 2 la frecuencia dominante en los residuales estaba próxima a los 70 Hz. Como dato de interés, señalamos que para un observador experto fue detectada una especie de eco en el ruido de la caída, lo que puede corresponder a una reacción del suelo a dicha caída. Una más detallada discusión de este problema puede encontrarse en Makinen *et al.,* 1990, en donde analizamos las consecuencias sobre la estabilidad del instrumento de esta reacción del suelo y cómo pueden justificarse las anomalías encontradas.

Con posterioridad a la primera determinación se realizaron otras dos, la primera en el centro del Laboratorio y la segunda en la misma vertical, pero girado el gravímetro 90°. La finalidad de esta última observación fue estudiar los efectos del azimut del

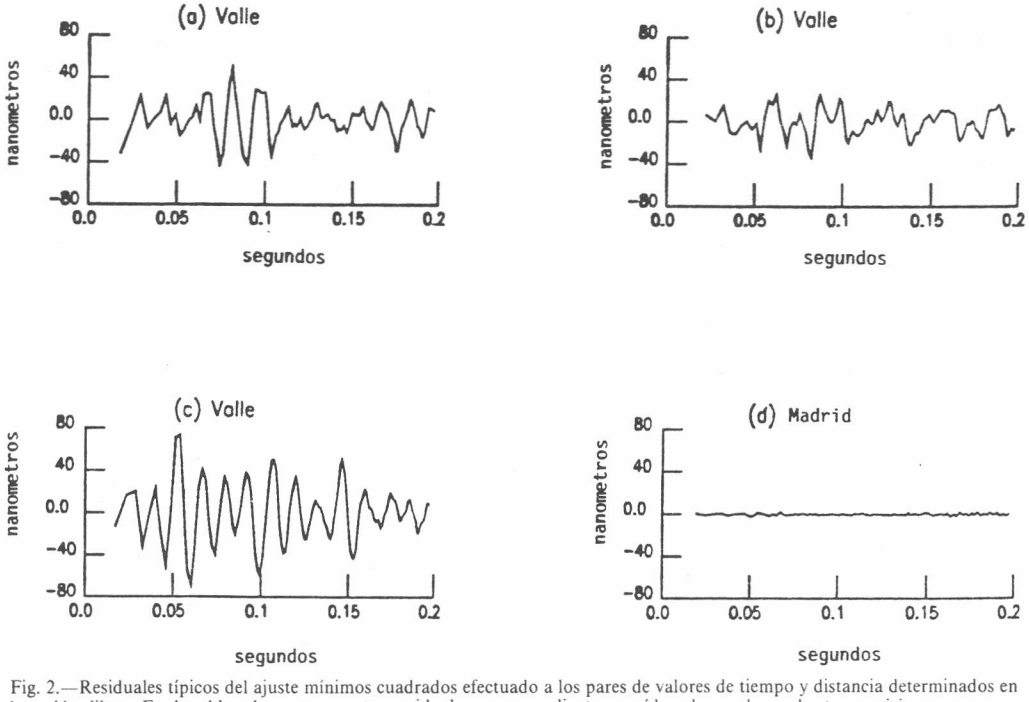

Fig. 2.—Residuales típicos del ajuste mínimos cuadrados efectuado a los pares de valores de tiempo y distancia determinados en las caídas libres. En 4.a, 4.b y 4.c se representan residuales correspondientes a caídas observadas en las tres posiciones en que se midió la gravedad en el Valle de los Caídos y en la 4.d un residual típico de las observaciones realizadas en el Laboratorio de Gravimetría del I.A.G. en Madrid.

gravímetro en la reacción del suelo. De las gráficas de la fig. 2 b y 2 c así, como del análisis de las observaciones, pudimos deducir que la mejor fue la correspondiente a la primera de las dos hechas en el centro del Laboratorio. No obstante, aún en esta posición, los residuales son altos, como podemos ver al comparar con la figura 2 d, en la que se representan los residuales correspondientes a la estación de Madrid. En la tabla 3 se dan los resultados de las tres determinaciones; existe una diferencia de 72×10^{-2} m s.$^{-2}$ entre la primera y la última observación y de -13×10^{-8} m s^2 y 59×10^{-8} m s^{-2} entre la segunda y primera y segunda y tercera respectivamente. Estas discrepancias se han reducido considerablemente hasta menos de 30×10^{-8} m s^{-2}, cuando hemos aplicado a las observaciones el programa de filtrado cedido por G. Peter del United State National Geodetic Survey (U.S.N.G.S.). Este programa nos permite una muy precisa localización de las frecuencias de la perturbación pero supone una atenuación exponencial de la amplitud de esta anomalía, lo que no parece corresponderse con la realidad, por lo que deberemos continuar investigando cual sería el mejor filtrado de dichos residuales. No obstante, consideraremos como valor de la gravedad en el Valle el resultante de la observación segunda, en la que los errores y las desviaciones, tanto de todo el conjunto de las 17 series como de la media, son los menores, como puede verse en la tabla 3.

3) Gradiente de la vertical y enlaces.

Dado que la cámara de vacío se encuentra a una cierta altura sobre el suelo, es necesario conocer en cada punto el gradiente vertical de la gravedad de forma que podamos trasladar al clavo de señalización, sobre el suelo del laboratorio, los valores de la gravedad. Para ello se ha construído en el I.A.G. una especie de escalera de aluminio que permita ir midiendo la gravedad cada 30 cm aproximadamente y desde el nivel del suelo hasta 1.50 m de altitud. Las mediciones se han realizado con dos gravímetros relativos La Coste. Romberg mod. *G* y con un La Coste. Romberg mod. *D*. Una vez ajustados los resultados los valores del gradiente vertical, deducidos de estas observaciones, han sido:

Para la Estación de Madrid -292×10^{-8} s^{-2}
Para la Estación del Valle -307×10^{-8} s^{-2}

Igualmente, y con los mismos gravímetros relativos, se ha procedido a realizar la conexión entre los dos puntos de observación del Laboratorio del Valle, así como a unir dicho Laboratorio con dos puntos externos, directamente sobre roca granítica, y con la línea de calibración gravimétrica de precisión Madrid-Valle que pasa a menos de 1 Km del Laboratorio.

Como observaciones complementarias y necesarias en el proceso del cálculo de las correcciones a introducir, se ha registrado de forma continua la Presión y la Temperatura ambiente, ésta última se ha mantenido constante durante toda la experiencia. La corrección de mareas se ha realizado a partir de los datos empíricos existentes tanto en Madrid como en el Valle y cuyos valores principales quedan recogidos en la tabla 4 (Vieira *et al.,* 1988).

Como indicábamos anteriormente, se ha procedido durante el pasado año a una mejor adaptación de la estación del Valle, que deberá ser, no sólo el punto fundamental de referencia para cualquier trabajo gravimétrico en España que se emprenda, sino que ha sido elegido como estación de la Red Mundial de Gravedad Absoluta, I.A.G.B.N., por lo que será remedida periódicamente. Hoy, con los nuevos pilares anclados directamente en roca, termostatización, instalación eléctrica nueva y de suficiente potencia, así como por las excelentes condiciones que reune desde el punto de vista geológico, la estación del Valle puede considerarse como ejemplo de estación gravimétrica fundamental.

5) Agradecimientos

Las medidas fueron financiadas por el C.S.I.C. con la colaboración de la U.C.M. Muy especialmente los autores desean expresar su agradecimiento al F.G.I. propietario del instrumento y a su Director J. Kakkuri, que de forma absolutamente desinteresada lo ha cedido para esta experiencia; al Patrimonio Nacional sin cuya colaboración hubiera sido imposible la utilización del Valle de los Caídos y a G. Peter del U.S.N.G.S. que nos ha cedido el programa de filtrado que se ha empleado en las observaciones del Valle de los Caídos.

TABLA III

INFORMACION Y RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES DE GRAVEDAD ABSOLUTA REALIZADOS EN EL VALLE DE LOS CAIDOS

RESULTADOS DE LA ESTACION 002: VALLE DE LOS CAIDOS

NUMERO DE SERIES:

Punto A: 15 (7 láser azul, 8 láser rojo)
Punto B: 17 (10 láser azul, 7 láser rojo)
Punto C: 22 (13 láser azul, 9 láser rojo)

NUMERO DE CAIDAS:

Punto A: 750; Punto B: 850; Punto C 1.100

ALTURA DE LA CAMARA SOBRE LA REFERENCIA:

Punto A: 0.820 m; Punto B: 0.820 m; Punto C: 0.819 m

GRADIENTE VERTICAL DE LA GRAVEDAD: -3.070×10^{-10} s^{-2}

PRESION STANDARD (U.S. STANDARD ATMOS. 1976): 878.8 mbar

EFECTO GRAVITACIONAL DE LA ATMOSFERA: -0.30×10^{-8} m s^{-2}/mbar

TEMPERATURA STANDARD: 15° C

CORRECCION POR ESTADO DEL RELOJ: 2.3×10^{-8} m s^{-2}

CORRECCION POR LASER ROJO: 4.3×10^{-8} m s^{-2}

CORRECCION POR LASER AZUL: 15.9×10^{-8} m s^{-2}

CORRECCION POR MOVIMIENTO DEL POLO: -3.2×10^{-8} m s^{-2}

CORRECCION POR MAREA: Modelo empírico del I.A.G. (tabla IV).

Resultados

GRAVEDAD MEDIA: $g_A = 9.7988493923$ m s^{-2}; e.m.c. $= 3.42 \times 10^{-8}$
$g_B = 9.7988492699$ m s^{-2}; e.m.c. $= 1.20 \times 10^{-8}$
$g_C = 9.7988486888$ m s^{-2}; e.m.c. $= 2.09 \times 10^{-8}$

RESULTADOS DESPUES DE CORRECCION POR FILTRADO (PETER)

$g_A = 9.79884893$ m s^{-2}; $g_B = 9.79884900$ m s^{-2}; $g_C = 9.79884929$ m s^{-2}

GRAVEDAD ADOPTADA PARA ESTACION 002. VALLE DE LOS CAIDOS

$g = 9{,}79884900$ m s^{-2}

TABLA IV

MODELOS EMPIRICOS DE MAREA DE LAS ESTACIONES DE MADRID Y DEL VALLE DE LOS CAIDOS UTILIZADOS PARA EL CALCULO DE LA CORRECCION DE MAREA

MODELO EMPIRICO PARA CORRECCION DE MAREA EN MADRID Y EL VALLE DE LOS CAIDOS				
ONDAS	FACTOR AMPLITUD		FASE	
Diurnas	Madrid	Valle	Madrid	Valle
Q_1	1.1651	1.1700	− 0.52	− 0.72
O_1	1.1476	1.1542	− 0.37	− 0.40
M_1	1.1593	1.1772	1.58	1.72
K_1	1.1381	1.1401	0.40	0.45
J_1	1.1675	1.1871	— 1.51	— 1.18
OO_1	1.1498	1.1820	— 0.47	— 0.19
Semidiurnas				
$2N_2$	1.0234	1.0894	3.34	7.51
N_2	1.1075	1.1240	5.73	5.54
M_2	1.1473	1.1472	4.61	4.95
L_2	1.1111	1.1240	4.53	3.61
S_2K_2	1.1855	1.1863	3.28	3.31
Terciodiurnas				
M_3	1.0737	1.0614	0.20	0.21
Largos períodos				
M_f	1.1600	1.1600	0.00	0.00

REFERENCIAS

BOEDECKER, G., International Absolute Gravity Basestation Network (IAGBN). *Absolute gravity observations data processing standards & station documentation.* BGI Bull. Inf. 63, 51-57, 1988.

CAMACHO, A. G., VIEIRA, R., *Predicción de la corrección de marea en la Península Ibérica.* FIS. TIERRA. Vol. 2, 87-110. 1990.

FALLER, J. E., Y. G. GUO, J. GACHWIND, T. M. NIEBAUER, R. L. RINKER, and J. XUE. *The JILA portable absolute gravity apparatus.* BGI Bull. Inf. 53, 87-97, 1983.

KLOPPING, F. J., G. PETER, D. S. ROBINSON, K. A. BERSTIS, R. E. *Moose and W. E. Carter, Improvements in absolute gravity observations.* J. Geophys. Res., in press.

MAKINEN, J., VIEIRA, R., CAMACHO, A.G., Sevilla, M.J. *Absolute-Gravity Measurements in Madrid.* BGI Bull. Inf. nº 67, 168-172 1990.

NIEBAUER, T. M., *New absolute gravity instruments for physics and geophysics.* Ph.D. thesis, 155 pp. University of Colorado, Boulder, Colorado, 1987.

NIEBAUER, T. M., J. K. HOSKINS, and J. E. FALLER. *Absolute gravity: a reconnaissance tool for studying vertical crustal motion.* J. Geophys. Res., 91, 9145-9149, 1986.

PETER, G., MOOSE, R. E., WESSELLS, G. W., FALLER, J. E., NIEBAUER, J. M. High. *Precision Absolute Gravity Observations in the United States.* J. Geophys. Res., 94, 5659-5674, 1989.

TORGE, W. *Gravimetry, W. de Cruyter.* Berlín-New York, 1989.

VIEIRA, R. and A. G. CAMACHO. *Corrección de las medidas gravimétricas por efecto de marea obtenida a partir de las observaciones efectuadas en la red Ibérica de mareas gravimétricas.* Revista de Geofísica 44, 119-128, 1988.

ZUMBERGE, M. A., R. L. RINKER and J. E. FALLER. *A portable apparatus for absolute measurements of the Earth's gravity.* Metrologia 18, 145-152, 1982.

Recibido: 15 julio 1991

PUBLICACIONES DEL INSTITUTO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE — MADRID

(Antes Seminario de Astronomía y Geodesia)

1.—Efemérides de 63 Asteroides para la oposición de 1950 (1949).
2.—E. PAJARES: Sobre el cálculo gráfico de valores medios (1949).
3.—J. PENSADO: Orbita del sistema visual σ^2 U Maj (1950).
4.—Efemérides de 79 Asteroides para la oposición de 1951 (1950).
5.—J. M. TORROJA: Corrección de la órbita del Asteroide 1395 "Aribeda" (1950).
6.—R. CARRASCO y J. M. TORROJA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1371 "Resi" (1971).
7.—J. M. TORROJA y R. CARRASCO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1560 (1942 XB) y efemérides para la oposición de 1951 (1951).
8.—M. L. SIEGRIST: Orbita provisional del sistema visual Σ 728-32 Orionis (1951).
9.—Efemérides de 79 Asteroides para la oposición de 1952 (1951).
10.—J. PENSADO: Orbita provisional de Σ 1883 (1951).
11.—M. L. SIEGRIST: Orbita provisional del sistema visual Σ 2052 (1952).
12.—Efemérides de 88 Asteroides para la oposición de 1953 (1952).
13.—J. PENSADO: Orbita de ADS 9380 = Σ 1879 (1952).
14.—F. ALCÁZAR: Aplicaciones del Radar a la Geodesia (1952).
15.—J. PENSADO: Orbita de ADS 11897 = Σ 2438 (1952).
16.—B. RODRÍGUEZ-SALINAS: Sobre varias formas de proceder en la determinación de períodos de las marcas y predicción de las mismas en un cierto lugar (1952).
17.—R. CARRASCO y M. PASCUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1528 "Conrada" (1953).
18.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Orbita de ADS 1709 = Σ 228 (1953).
19.—J. BALTÁ: Recientes progresos en Radioastronomía. Radiación solar hiperfrecuente (1953).
20.—J. M. TORROJA y A. VÉLEZ: Corrección de la órbita del Asteroide 1452 (1938 DZ_1) (1953).
21.—J. M. TORROJA: Cálculo con Cracovianos (1953).
22.—S. AREND: Los polinomios ortogonales y su aplicación en la representación matemática de fenómenos experimentales (1953).
23.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Determinación de los instantes de los contactos en el eclipse total de Sol de 25 de febrero de 1952 en Cogo (Guinea Española) (1954).
24.—J. PENSADO: Orbita de la estrella doble Σ 2 (1954).
25.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1420 "Radcliffe" (1954).
26.—J. M. TORROJA: Nueva órbita del Asteroide 1557 (1942 AD) (1954).
27.—R. CARRASCO y M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1290 "Albertine" (1954).
28.—J. PENSADO: Distribución de los períodos y excentricidades y relación período-excentricidad en las binarias visuales (1955).
29.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Nueva órbita del Asteroide 1372 "Haremari" (1955).
30.—M. DE PASCUAL: Rectificación de la órbita del Asteroide 1547 (1929 CZ) (1955).
31.—J. M. TORROJA: Orbita del Asteroide 1554 "Yugoslavia" (1955).
32.—J. PENSADO: Nueva órbita del Asteroide 1401 "Lavonne" (1956).
33.—J. M. TORROJA: Nuevos métodos astronómicos en el estudio de la figura de la Tierra (1956).
34.—D. CALVO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1466 "Mündleira" (1956).
35.—M. L. SIEGRIST: Rectificación de la órbita del Asteroide 1238 "Predappia" (1956).

36.—J. PENSADO: Distribución de las inclinaciones y de los polos de las órbitas de las estrellas dobles visuales (1956).

37.—J. M. TORROJA y V. BONGERA: Resultados de la observación del eclipse total de Sol de 30 de junio de 1954 en Sydkoster (Suecia) (1957).

38.—ST. WIERZBINSKI: Solution des équations normales par l'algorithme des cracoviens (1958).

39.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Rectificación de la órbita del Asteroide 1192 "Prisma" (1958).

40.—M. LÓPEZ ARROYO: Sobre la distribución en longitud heliográfica de las manchas solares (1958).

41.—F. MÚGICA: Sobre la ecuación de Laplace (1958).

42.—F. MARTÍN ASÍN: Un estudio estadístico sobre las coordenadas de los vértices de la triangulación de primer orden española (1958).

43.—ST. WIERZBINSKI: Orbite améliorée de h 4530 = γ Cen = Cpd —48°, 4965 (1958).

44.—D. CALVO BARRENA: Rectificación de la órbita del Asteroide 1164 "Kobolda" (1958).

45.—M. LÓPEZ ARROYO: El ciclo largo de la actividad solar (1959).

46.—F. MÚGICA: Un nuevo método para la determinación de la latitud (1959).

47.—J. M. TORROJA: La observación del eclipse de 2 de octubre de 1959 desde El Aaiun (Sahara) (1960).

48.—J. M. TORROJA, P. JIMÉNEZ-LANDI y M. SOLÍS: Estudio de la polarización de la luz de la corona solar durante el eclipse total de Sol del día 2 de octubre de 1959 (1960).

49.—E. PAJARES: Sobre el mecanismo diferencial de un celóstato (1960).

50.—J. M. GONZÁLEZ-ABOIN: Sobre la diferencia entre los radios vectores del elipsoide internacional y el esferoide de nivel (1960).

51.—J. M. TORROJA: Resultado de las observaciones del paso de Mercurio por delante del disco solar del 7 de noviembre de 1960 efectuadas en los observatorios españoles (1961).

52.—F. MÚGICA: Determinación de la latitud por el método de los verticales simétricos (1961).

53.—M. LÓPEZ ARROYO: La evolución del área de las manchas solares (1962).

54.—F. MÚGICA: Determinación simultánea e independiente de la latitud y longitud mediante verticales simétricos (1962).

55.—P. DÍEZ-PICAZO: Elementos de la órbita de la variable eclipsante V 499 Scorpionis (1964).

56.—J. M. TORROJA: Los Observatorios Astronómicos en la era espacial (1965).

57.—F. MARTÍN ASÍN: Nueva aportación al estudio de la red geodésica de primer orden española y su comparación con la red compensada del sistema europeo (1966).

58.—F. SÁNCHEZ MARTÍNEZ: La Luz Zodiacal. Luz del espacio interplanetario (1966).

59.—J. M. GONZÁLEZ-ABOÍN: Variaciones de las coordenadas geodésicas de los vértices de una red, por cambio de elipsoide de referencia (1966).

60.—F. SÁNCHEZ MARTÍNEZ y R. DUMONT: Fotometría absoluta de la raya verde y del continuo atmosférico en el Observatorio Astronómico del Teide (Tenerife), de enero de 1964 a julio de 1965 (1967).

61.—M. REGO: Estudio del espectro de la estrella 31 Aql. en la región $\lambda\lambda$ 4000-6600 Å (1969).

62.—C. MACHÍN: Mareas terrestres (1969).

63.—J. M. TORROJA: La estación para la observación de satélites geodésicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid (1969).

64.—M. J. SEVILLA: Reducción automática de posiciones de estrellas (1970).

65.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid en 1969 (1970).

66.—M. J. SEVILLA: Los cálculos de estación en triangulación espacial (1970).

67.—MANUEL E. REGO: Determinación de las abundancias de los elementos en la atmósfera de la estrella de alta velocidad 31 Aql. (1970).

68.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Análisis cualitativo del espectro de la estrella peculiar HD 18474 (1971).

69.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1970 (1971).

70.—R. VIEIRA y R. ORTIZ: Descripción de un aparato para medida de coordenadas (1971).

71.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1971 (1972).

72.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Observación y estudio teórico del espectro de la estrella peculiar HD 18474 (1972).

73.—M. J. SEVILLA: Cálculo de las constantes de distorsión y parámetros del disco obturador para cámaras balísticas (1973).

74.—R. PARRA y M. J. SEVILLA: Cálculo de efemérides y previsiones de pasos de satélites geodésicos (1973).

75.—M. REGO y M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Resultado de las observaciones de α Peg efectuadas desde el satélite europeo TDI (1973).

76.—E. SIMONNEAU: Problemas en la determinación de abundancias de elementos en las estrellas en condiciones de equilibrio termodinámico local y alejadas del equilibrio termodinámico local (1974).

77.—J. ARANDA: Construcción de modelos de estructura interna para estrellas en la secuencia principal inicial (1974).

78.—R. ORTIZ, M. J. SEVILLA y R. VIEIRA: Estudio de la calibración, técnica de medida y automatización de datos en un comparador para medidas de placas estelares (1974).

79.—M. J. SEVILLA: Método autocorrector para el cálculo de direcciones de satélites geodésicos y análisis de los errores en la restitución de un arco de órbita (1974).

80.—M. A. ACOSTA, R. ORTIZ y R. VIEIRA: Diseño y construcción de un fotómetro fotoeléctrico para la observación de ocultaciones de estrellas por la Luna (1974).

81.—T. J. VIVES, C. MORALES, J. GARCÍA-PELAYO y J. BARBERO: Fotometría fotográfica UBV del cúmulo galáctico King 19 (1974).

82.—R. ORTIZ y R. VIEIRA: Control automático en posición y tiempo de los sistemas de obturación de las cámaras de observación de satélites geodésicos (1974).

83.—J. M. TORROJA: Memoria de las actividades del Seminario de Astronomía y Geodesia de la Universidad Complutense de Madrid en 1972 y 1973 (1974).

84.—M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA y M. REGO: α CrB en el ultravioleta lejano (1975).

85.—J. M. TORROJA, R. VIEIRA, R. ORTIZ y M. J. SEVILLA: Estudio de mareas terrestres en España (1975).

86.—M. J. SEVILLA y R. PARRA: Levantamiento gravimétrico de Lanzarote (1975).

87.—P. KUNDANMAL SUKHWANI: Modelos teóricos de curvas de luz. Su aplicación al sistema β Lyrae (1975).

88.—M. J. SEVILLA: Coordenadas astronómicas y geodésicas. Desviación relativa de la vertical (1975).

89.—C. TEJEDOR: Fotometría fotoeléctrica R. G. U. del cúmulo galáctico IC 2581 (1976).

90.—M. J. SEVILLA: Nuevos coeficientes para la reducción automática de posiciones de estrellas (1976).

91.—M. REGO: Técnicas observacionales en espectroscopía astrofísica (1976).

92.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud por distancias cenitales de la polar, método de Littrow (1976).

93.—T. J. VIVES: Determinación fotométrica del tipo espectral de la componente desconocida de una estrella binaria eclipsante (1976).

94.—M. REGO y M. J. FERNÁNDEZ-FIGUEROA: Contraste y determinación por métodos astrofísicos de fuerzas de oscilador (1977).

95.—M. J. SEVILLA y R. CHUECA: Determinación de acimutes por observación de la Polar. Método micrométrico (1977).

96.—JOSÉ M. GARCÍA-PELAYO: Fotometría R G U en un campo del anticentro galáctico, cerca del NGC 581 (1977).

97.—JOSÉ M. GARCÍA-PELAYO: Datos fotométricos de 2.445 estrellas estudiadas en la región de Casiopea, entre los cúmulos abiertos Trumpler 1 y NGC 581 (1977).

98.—PREM K. SUKHWANI y RICARDO VIEIRA: Spectral Analysis of Earth Tides (1977).

99.—JOSÉ M. TORROJA y RICARDO VIEIRA: Earth Tides in Spain. Preliminary results (1977).

100.—PREM K. SUKHWANI y RICARDO VIEIRA: Three different methods for taking in account the gaps in spectral analysis of Earth Tides records (1978).

101.—R. VIEIRA: Mareas terrestres (1978).

102.—M. J. SEVILLA y A. NÚÑEZ: Determinación de la longitud por el método de Mayer. Programas de cálculo automático (1979).

103.—M. J. SEVILLA y A. NÚÑEZ: Determinación de la latitud por el método de Sterneck. Programas de cálculo automático (1979).

104.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud y la longitud por el método de alturas iguales. Programas de cálculo automático (1979).

105.—P. K. SUKHWANI y A. GIMÉNEZ: Corrección de efectos atmosféricos para imágenes tomadas desde satélites Landsat (1979).

106.—M. J. SEVILLA: Inversión de Matrices Simétricas en el método de mínimos cuadrados (1979).

107.—A. GIMÉNEZ: Análisis de la curva de luz del sistema binario eclipsante S Velorum (1979).

108.—M. J. SEVILLA: Determinación del acimut de una referencia por observación de la estrella polar. Programa de cálculo automático (1979).

109.—M. J. SEVILLA: El sistema IAU (1976) de constantes astronómicas y su repercusión en la reducción de posiciones de estrellas (Primera parte) (1980).

110.—M. J. SEVILLA y R. PARRA: Determinación de la latitud por el método de Horrebow-Talcott. Programas de Cálculo Automático (1980).

111.—M. J. SEVILLA: Determinación de la latitud y la longitud por fotografías cenitales de estrellas (1980).

112.—R. VIEIRA y M. OREJANA: Comunicaciones presentadas en las XLI y XLII Jornadas del Grupo de Trabajo de Geodinámica del Consejo de Europa. Luxemburgo (1979-80).

113.—M. J. SEVILLA: Sobre un método de cálculo para la resolución de los problemas geodésicos directo e inverso (1981).

114.—R. VIEIRA, J. M. TORROJA, C. TORO, F. LAMBAS, M. OREJANA y P. K. SUKHWANI: Comunicaciones presentadas en el IX Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Nueva York (1981).

115.—M. A. MONTULL, M. J. SEVILLA y A. GONZÁLEZ-CAMACHO: Aplicación de la V. L. B. I. al estudio del movimiento del Polo (1981).

116.—A. GONZÁLEZ-CAMACHO y M. J. SEVILLA: Algunas relaciones entre diferentes ejes que se consideran en la rotación de la Tierra (1981).

117.—R. VIEIRA, F. LAMBAS y E. GIMÉNEZ: Modificaciones realizadas en un gravímetro LaCoste Romberg mod. G para su utilización en registro continuo de la gravedad (1981).

118.—R. VIEIRA: La microrred de mareas gravimétricas del Sistema Central (1981).

119.—J. M. TORROJA y R. VIEIRA: Informe sobre el desarrollo del programa de investigación sobre mareas terrestres en el último bienio (1981).

120.—F. LAMBAS y R. VIEIRA: Descripción, estudio de la precisión y aplicaciones geodésicas y geofísicas de los nuevos niveles de lectura electrónica (1981).

121.—M. J. SEVILLA: Programación del método de la cuerda (1981).

122.—J. M. TORROJA: Historia de la Ciencia Arabe. Los Sistemas Astronómicos (1981).

123.—M. J. SEVILLA y R. VIEIRA: Comunicaciones presentadas en la Sesión Científica de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, celebrada el día 13 de enero de 1982 (1982).

124.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Aplicación del método de colocación a la reducción de placas fotográficas de estrellas (1982).

125.—M. J. SEVILLA y A. G. CAMACHO: Deformación rotacional de una tierra elástica (1982).

126.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Obtención de las medidas de la precisión en la determinación de la latitud y la longitud por fotografías cenitales de estrellas (1982).

127.—M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y P. ROMERO: Comunicaciones presentadas en la IV Asamblea Nacional de Astronomía y Astrofísica. Santiago de Compostela (1983).

128.—M. J. SEVILLA: El sistema IAU (1976) de constantes astronómicas y su repercusión en la reducción de posiciones de estrellas (Segunda parte) (1983).

129.—M. J. SEVILLA: Geodesia por satélites y navegación (1983).

130.—L. GARCÍA ASENSIO, A. G. CAMACHO, P. ROMERO y M. J. SEVILLA: Comunicaciones presentadas en la V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica (1983).

131.—M. J. SEVILLA: Anomalías de la gravedad basadas en el sistema geodésico de referencia 1980 (1983).

132.—J. M. TORROJA: Historia de la Física hasta el siglo XIX. La Mecánica Celeste (1983).

133.—A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: The Molodensky Problem for an homogeneous liquid core (1984).

134.—J. M. TORROJA: La obra astronómica de Alfonso X El Sabio (1984).

135.—H. MORITZ: Sistemas de referencia en Geodesia (1984).

136.—H. MORITZ: Rotación de la Tierra (1984).

137.—A. G. CAMACHO y M. J. SEVILLA: Autofrecuencias del movimiento del Polo para un modelo de Tierra de tipo Jeffreys Molodensky (1984).

138.—J. M. TORROJA: Nuevas definiciones en el problema de la medida del tiempo (1984).

139.—M. J. SEVILLA: Astronomía Geodésica (1984).

140.—M. J. SEVILLA y M. D. MARTÍN: Diseño de una Microrred en la Caldera del Teide para el estudio de deformaciones de la corteza en la zona (1986).

141.—R. VIEIRA, C. DE TORO y V. ARAÑA: Estudio Microgravimétrico en la Caldera del Teide (1986).

142.—M. J. SEVILLA, M. D. MARTÍN y A. G. CAMACHO: Análisis de Datos y Compensación de la primera campaña de observaciones en la Caldera del Teide (1986).

143.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Hamiltonian Formulation of the polar motion for an elastic earth's model (1986).

144.—P. ROMERO y M. J. SEVILLA: The Sasao-Okubo-Saito equations by Hamilton Theory. First Results (1986).

145.—R. VIEIRA, M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y M. D. MARTÍN: Geodesia de precisión aplicada al control de movimientos y deformaciones en la Caldera del Teide (1986).

146.—R. VIEIRA, J. M. TORROJA, C. DE TORO, B. DUCARME, J. KAARIAINEN, E. MEGÍAS y J. FERNÁNDEZ: Comunicaciones presentadas en el X Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Madrid, 1985 (1986).

147.—M. J. SEVILLA, A. G. CAMACHO y P. ROMERO: Comunicaciones presentadas en el X Symposium Internacional de Mareas Terrestres. Madrid, 1985 (1986).

148.—M. J. SEVILLA: Formulación de modelos matemáticos en la compensación de redes Geodésicas: III Curso de Geodesia Superior (1986).

149.—H. LINKWITZ: Compensación de grandes redes geodésicas: III Curso de Geodesia Superior (1986).

150.—H. HENNEBERG: Redes geodésicas de alta precisión: III Curso de Geodesia Superior (1986).

151.—M. J. SEVILLA: Cartografía Matemática (1986).

152.—P. ROMERO y M. J. SEVILLA: Tratamiento Canónico del problema de Poincare. Movimiento del Polo. (1986)

153.—A. G. CAMACHO y M. D. MARTÍN: Constreñimientos internos en la compensación de Estaciones. (1986)

154.—J. OTERO: An Approach to the Scalar Boundary Value Problem of Physical Geodesy by Means of Nash-Hörmander Theorem. (1987)

155.—M. J. SEVILLA: Introducción al Problema Clásico de Molodensky. (1987)

156.—F. SANSÓ: Problemas de Contorno de la Geodesía Física. (1987)

157.—M. J. SEVILLA: Colocación mínimos cuadrados. (1987)

158.—L. MUSSIO: Estrategias del Método de colocación. Ejemplos de aplicación. (1987)

159.—M. J. SEVILLA, P. MUÑOZ, J. VELASCO y P. ROMERO: Calibración de un Distanciómetro de infrarrojos en una Base Interferométrica (1987).

160.—A. RIUS, J. RODRÍGUEZ, M. J. SEVILLA, R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, C. DE TORO, A. G. CAMACHO y V. ARAÑA: Comunicaciones presentadas en la Sesión Científica de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, celebrada el día 4 de mayo de 1988 (1988).

161.—R. VIEIRA, A. G. CAMACHO y C. DE TORO: Cálculo de la Corrección de Marea en la Península Ibérica (1988).

(continúa en la cuarta de cubierta)

162.—A. G. CAMACHO, R. VIEIRA, C. DE TORO y J. FERNÁNDEZ: Estudio Gravimétrico de la Caldera del Teide (1988).

163.—A. J. GIL, M. J. SEVILLA, G. RODRÍGUEZ y J. OTERO: Aplicaciones de la colocación y Estudios del Geoide (1988).

164.—R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, C. DE TORO, A. G. CAMACHO y M. V. RUYMBEKE: Investigaciones Geodinámicas en la Isla de Lanzarote (1988).

165.—M. J. SEVILLA, P. ROMERO, A. NÚÑEZ y B. BADA: Compensaciones y resultados (1988).

166.—R. VIEIRA, C. DE TORO y A. G. CAMACHO: Investigaciones en mareas (1988).

167.—A. NÚÑEZ, M. J. SEVILLA y J. M. AGRIA: Determinación Astrogeodésica del Geoide en Portugal (1988).

168.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Pre-Processing Geodetic Data of the Volcanic area of Teide to monitoring deformations (1988).

169.—M. J. SEVILLA y A. J. GIL: Fórmulas diferenciales para los problemas Geodésicos directo e inverso en el método de la cuerda (1988).

170.—Zd. SIMÓN, V. STANCHEV, C. DE TORO, A. P. VENEDIKOV y R. VIEIRA: Relation between earth tide observations and some other data (1988).

171.—J. OTERO: On the Global Solvability of the fixed gravimetric boundary value problem (1989).

172.—R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, C. DE TORO y A. G. CAMACHO: Comunicaciones presentadas en el XI International Symposium on earth tides. Helsinki (1989).

173.—A. RIUS y C. JACOBS: Precise V.L.B.I. surveying at the Madrid DSCC (1989).

174. J. OTERO y M. J. SEVILLA: Modelo matemático para el ajuste simultáneo mínimos cuadrados de un bloque fotogramétrico (1989).

175.—F. SACERDOTE: I Problemi sopradeterminati in Geodesia Fisica e II Problema dell'Altimetria-Gravimetria (1989).

176.—M. J. SEVILLA: Soluciones progresivas en el método de Mínimos Cuadrados (1989).

177.—M. J. SEVILLA y P. ROMERO: Compensación de Redes de Nivelación Trigonométrica (1989).

178.—J. OTERO y M. J. SEVILLA: On the optimal choice of the standard parallels for a conformal conical projection (1990).

179.—R. VIEIRA, J. FERNÁNDEZ, M. VAN RUYMBEKE, A. G. CAMACHO, J. ARNOSO y C. TORO: Geodynamic Research in Lanzarote (Canary Islands) (1990).

180.—M. J. SEVILLA, A. GIL y P. ROMERO: Adjustment of the first order gravity net in the Iberian Peninsula (1990).

Depósito Legal: M. Sep. 894 - 1958
ISSN: 0213 - 6198
Realigraf, S. A. - Burgos, 12 - 28039 Madrid