

Universidad Complutense-Facultad de Ciencias
Madrid

SEMINARIO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA

(Coordinado con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
Departamento de Mecánica y Astronomía)

Publicación núm. 73

Cálculo de las constantes de distorsión
y parámetros del disco obturador para
cámaras balísticas

POR

M. J. SEVILLA



PUBLICADO EN «VRANIA» NÚMS. 277-278

MADRID

1973

CALCULO DE LAS CONSTANTES DE DISTORSION Y PARAMETROS DEL DISCO OBTURADOR PARA CAMARAS BALISTICAS

por M. J. SEVILLA

La observación fotográfica de satélites geodésicos pasivos, sobre fondo de estrellas, con cámaras balísticas I.G.N., debe proporcionarnos fundamentalmente el conocimiento de las posiciones de los puntos del satélite, fotografiados sobre la placa, bajo el supuesto de una proyección central rigurosa de los haces de rayos que provienen del satélite, así como los tiempos correspondientes a cada una de las mencionadas imágenes.

La precisión requerida en los trabajos de Geodesia Espacial obliga a introducir unas correcciones a las posiciones de los puntos y a los tiempos directamente observados, debidas, por una parte a la distorsión de la lente y por otra al barrido del disco obturador respectivamente.

Estas correcciones las obtendremos mediante unas expresiones matemáticas que serán función de las posiciones de los puntos sobre la placa y de ciertos parámetros, que en cada caso nos proponemos determinar.

CORRECCIÓN POR DISTORSIÓN

El efecto de la distorsión consiste en un desplazamiento que sufren las imágenes sobre la placa, respecto a una proyección central rigurosa, debido a irregularidades del objetivo.

Este efecto suele descomponerse en un desplazamiento tangencial y otro radial; los constructores garantizan que el primero es despreciable frente al segundo; por lo que solamente nos ocuparemos de este último. La razón de efectuar esta corrección es que su magnitud es superior a las dos micras, precisión que exigiremos en Triangulación Espacial.

Primeramente vamos a establecer las fórmulas correctoras y después pasaremos al cálculo de las constantes.

Consideremos una sección plana (fig. 1) que contenga la lente objetivo y el plano focal.

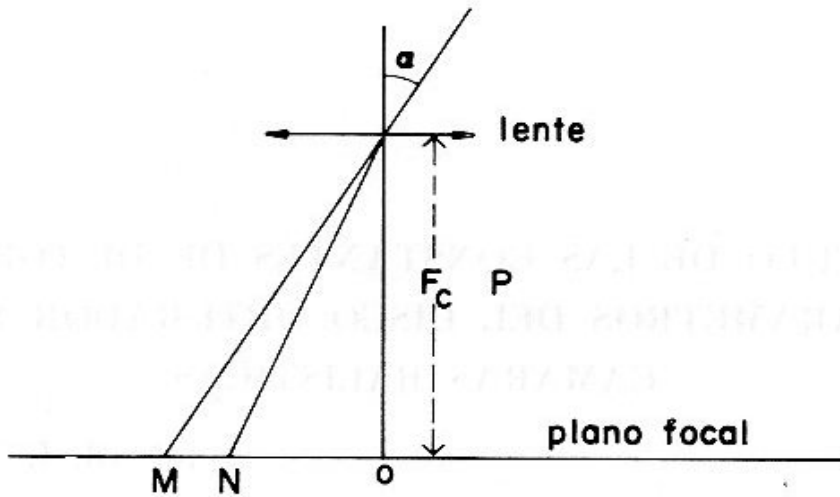


FIG. 1.

El desplazamiento radial dr debido a la distorsión viene dado, teóricamente por

$$dr = MN = MO - NO$$

Según la figura 1:

$$MO = F_c \operatorname{tag} \alpha$$

$$NO = r$$

El valor F_c , o distancia focal compensada, no se conoce exactamente en el momento de la observación, puesto que se ha calculado en el laboratorio antes del montaje del objetivo, y sin embargo depende de la posición real del objetivo en la cámara; consideremos para nuestro propósito una distancia focal P que será el valor medio de los obtenidos en ciertos montajes efectuados en el laboratorio; el error que se comete con esta aproximación es despreciable, por consiguiente podemos escribir:

$$MO = P \operatorname{tag} \alpha$$

Por otra parte, r es la distancia

$$r^2 = x_m^2 + y_m^2$$

del punto considerado al centro de proyección, medida sobre la placa (centro imagen); dicho punto se encuentra a una distancia angular α del eje de la cámara. El centro imagen sobre la placa está definido por el punto principal de autocolimación, y coincide, con la aproximación de las décimas de milímetro solamente, con la intersección de las rectas definidas por las marcas fiduciales del fondo de cámara, producidas por tres orificios calibrados en dicha cámara y que se fotografían sobre la placa en el momento de la observación.

Supuesta así la distancia focal P , se tendrá que, para cada ángulo incidente α que consideremos, obtendremos un valor teórico calculado de $P \operatorname{tag} \alpha$, y asimismo tendremos un valor r medido experimentalmente en el laboratorio para este mismo ángulo α ; es más, este r podemos considerarlo como la media de los valores obtenidos en varias direcciones circulares, manteniendo el mismo ángulo incidente α ; de esta forma tratamos de eliminar en lo posible, aunque esto no sea exacto, la componente tangencial de la distorsión, dada su escasa magnitud.

Los valores de los ángulos α y sus correspondientes r son quienes constituyen los datos de calibrado de la lente

En el siguiente cuadro se dan los valores numéricos correspondientes a las cámaras número 18, 19 y 20, cuyos valores de la distancia focal P son

C. 18	$P=313.895$ mm
C. 19	$P=314.135$ mm
C. 20	$P=313.930$ mm.

Además se dan los valores numéricos de $-P \operatorname{tag} \alpha$

α (grados)	r (dm)	$-P \operatorname{tag} \alpha$ (dm)	
C. 18	24	1.39942	-1.39756
	21	1.20476	-1.20493
	18	1.01865	-1.01991
	15	0.83933	-0.84108
	13	0.72283	-0.72468
	11	0.60829	-0.61015
	9	0.49547	-0.49716
	7	0.38400	-0.38541
	6	0.32867	-0.32992
	4	0.21852	-0.21950
	2	0.10917	-0.10961
C. 19	24	1.40052	-1.39862
	21	1.20562	-1.20585
	18	1.01942	-1.02069
	15	0.83996	-0.84172
	13	0.72334	-0.72524
	12	0.60876	-0.61062
	9	0.49583	-0.49754
	7	0.38427	-0.38571
	6	0.32896	-0.33017
	4	0.21878	-0.21966
	2	0.10925	-0.10970

α (grados)	r (dm)	$-P \operatorname{tag} \alpha$ (dm)
C. 20	24	1.39953
	21	1.20491
	18	1.01883
	15	0.83950
	13	0.72295
	11	0.60845
	9	0.49560
	7	0.38409
	6	0.32875
	4	0.21869
	2	0.10921
		-1.39771
		-1.20506
		-1.02002
		-0.84117
		-0.72476
		-0.61022
		-0.49722
		-0.38546
		-0.32995
		-0.21952
		-0.10963

En estas circunstancias seguiremos considerando la expresión

$$dr = P \operatorname{tag} \alpha - r$$

Volviendo a nuestro problema teórico planteado, recordemos que lo que a nosotros nos interesa es obtener unas coordenadas corregidas en función de unas coordenadas medidas, por medio de unas constantes. Pues bien, tratemos de relacionar unas posiciones con otras y de determinar los coeficientes basándonos en lo anteriormente expuesto.

Siendo r la distancia medida NO , sea R la distancia teórica MO

$$R^2 = x_c^2 + y_c^2$$

distancia desconocida, a la que daremos la forma empírica

$$R = Ar + Br^3 + Cr^5 \tag{1}$$

con lo que tendremos la posición corregida en función de la medida.

Ahora bien, sabemos que, como se conocen los datos de calibrado α , r y el valor adoptado P , podemos conocer

$$R = P \operatorname{tag} \alpha$$

dado en el cuadro anterior. Por consiguiente podemos establecer la ecuación

$$P \operatorname{tag} \alpha = Ar + Br^3 + Cr^5$$

Considerando los diversos valores α_i , r_i $i=1, \dots, n$, de calibrado podemos plantear el sistema:

$$\begin{aligned} Ar_1 + Br_1^3 + Cr_1^5 - P \operatorname{tag} \alpha_1 &= 0 \\ Ar_2 + Br_2^3 + Cr_2^5 - P \operatorname{tag} \alpha_2 &= 0 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ Ar_n + Br_n^3 + Cr_n^5 - P \operatorname{tag} \alpha_n &= 0 \end{aligned} \tag{2}$$

cuya resolución por mínimos cuadrados nos proporcionará los valores de las constantes A, B y C así como las medidas de la precisión que garantizarán el experimento.

Entonces la posición corregida vendrá dada por (1).

Veamos cómo puede llevarse esta corrección directamente a las coordenadas cartesianas x e y.

Sean los puntos M y N de coordenadas (x_c, y_c) y (x_m, y_m) respectivamente. Sabemos que $ON=r$ y $OM=R$.

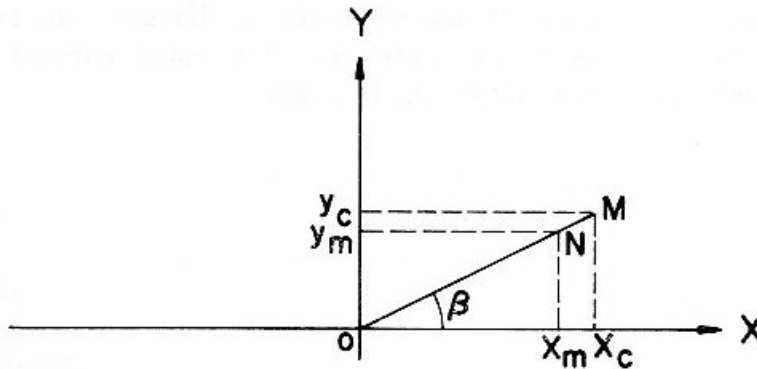


FIG. 2.

De la figura 2 obtenemos:

$$\begin{aligned} x_c &= OM \cos \beta = R \cos \beta = r (A + Br^2 + Cr^4) \cos \beta \\ y_c &= OM \sin \beta = R \sin \beta = r (A + Br^2 + Cr^4) \sin \beta \end{aligned}$$

ahora bien,

$$\begin{aligned} r \cos \beta &= x_m \\ r \sin \beta &= y_m \end{aligned}$$

de donde las fórmulas finales

$$\begin{aligned} x_c &= x_m (A + Br^2 + Cr^4) \\ y_c &= y_m (A + Br^2 + Cr^4) \end{aligned} \quad (3)$$

La resolución del sistema de ecuaciones de observación anterior (2) nos da los siguientes valores de las constantes para las cámaras 18, 19 y 20

C. 18	A = 1.004011
	B = -0.002620
	C = -0.000051
C. 19	A = 1.004060
	B = -0.002659
	C = -0.000043

$$\begin{aligned} \text{C. 20} \quad A &= 1.003870 \\ B &= -0.002554 \\ C &= -0.000039 \end{aligned}$$

Haremos notar que si se construye una curva experimental que represente la distorsión en función de la distancia al centro para los objetivos Kinoptik-Stigmar que estamos estudiando, obtendremos gráficas del tipo de la representada en la fig. 3.

Entonces la aproximación por polinomios de 5.º grado que hemos hecho, sin término independiente por ser cero en el origen, es buena hasta distancias del orden de seis centímetros. Es por esto por lo que en la reducción de las placas obtenidas con estas cámaras sólo se utilizarán zonas centradas de 6 cm de radio.

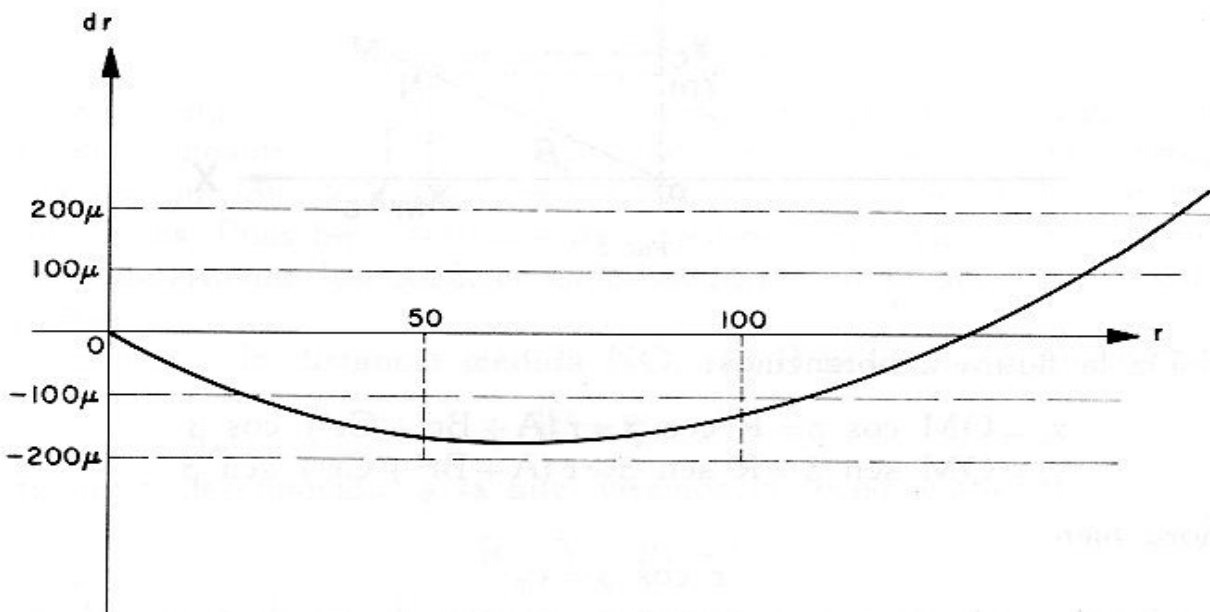


FIG. 3.

CORRECCIÓN POR BARRIDO DEL DISCO OBTURADOR

El sistema de obturación, es decir, la descomposición de la traza del satélite que durante la observación está emitiendo luz continuamente, en puntos identificables, se lleva a cabo en las cámaras I.G.N., mediante un disco obturador giratorio a una vuelta por segundo, de 24 centímetros de diámetro, de un milímetro de espesor y con un sector abierto que cubre $1/6$ de vuelta.

Dado pues este sistema, es preciso introducir una corrección por barrido para los tiempos asignados a las imágenes del satélite sobre la placa, porque la obturación no ha tenido lugar al mismo tiempo para todos los puntos de dicha placa, existiendo un adelanto o un retardo

con respecto al tiempo central de la obturación, consignando como tal el correspondiente al punto central del sector abierto. En efecto, el disco obturador, situado delante del objetivo, no está en el plano del diafragma, los rayos que corresponden a las diversas direcciones no son pues obturados al mismo tiempo.

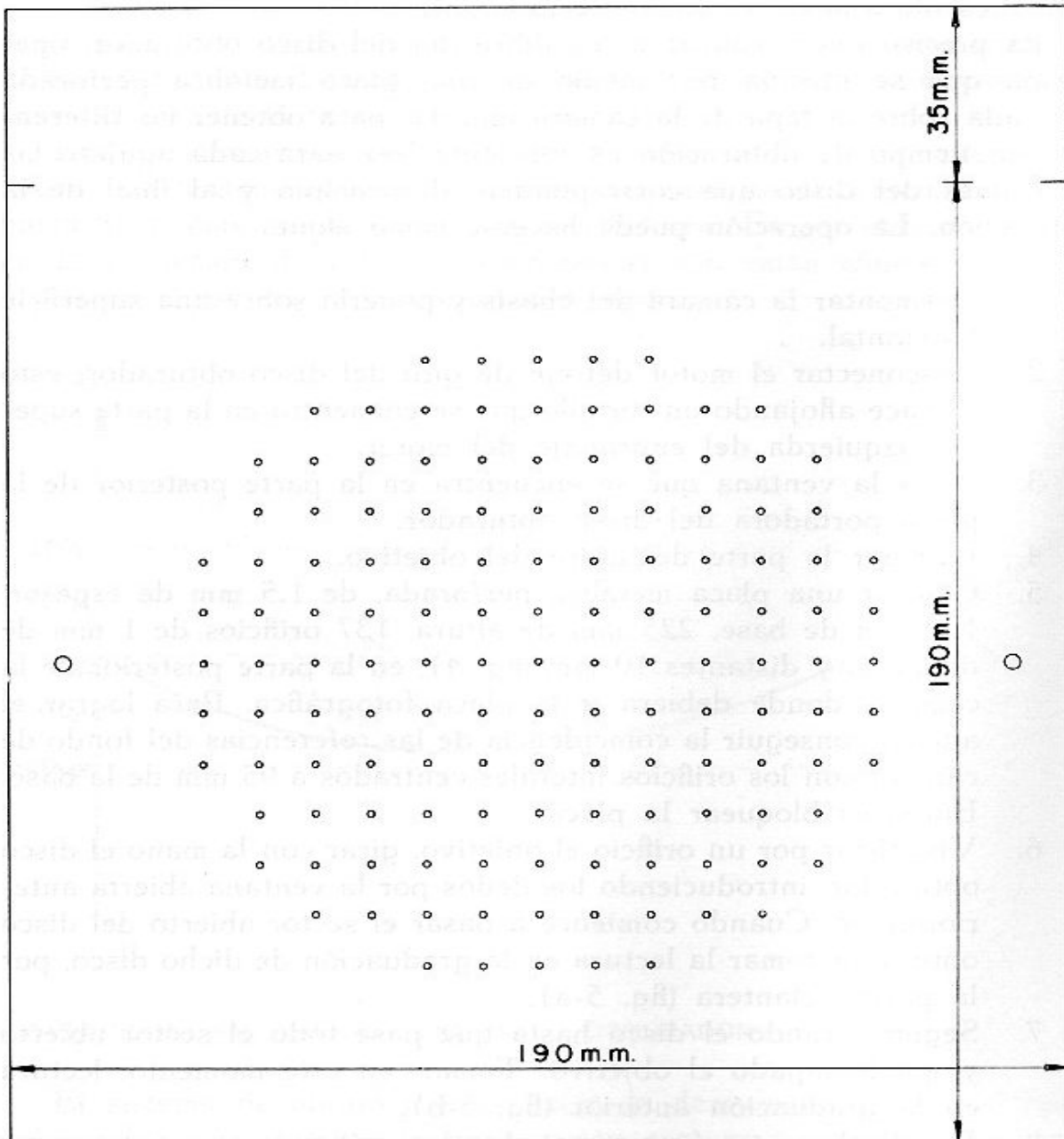
Es preciso pues realizar una calibración del disco obturador, operación que se efectúa por medio de una placa metálica perforada colocada sobre la tapa de la cámara (fig. 4); para obtener las diferencias en tiempo de obturación es suficiente leer para cada agujero las posiciones del disco que corresponden al principio y al final de la obturación. La operación puede hacerse como sigue:

1. Desmontar la cámara del chasis y ponerla sobre una superficie horizontal.
2. Desconectar el motor del eje de giro del disco obturador; esto se hace aflojando un tornillo que se encuentra en la parte superior izquierda del engranaje del motor.
3. Abrir la ventana que se encuentra en la parte posterior de la placa portadora del disco obturador.
4. Iluminar la parte delantera del objetivo.
5. Colocar una placa metálica perforada, de 1.5 mm de espesor, 190 mm de base, 225 mm de altura, 137 orificios de 1 mm de diámetro y distantes 10 mm (fig. 4), en la parte posterior de la cámara, donde debiera ir la placa fotográfica. Para lograr el ajuste, conseguir la coincidencia de las referencias del fondo de cámara con los orificios laterales centrados a 95 mm de la base. Entonces bloquear la placa.
6. Visualizar por un orificio el objetivo, girar con la mano el disco obturador, introduciendo los dedos por la ventana abierta anteriormente. Cuando comience a pasar el sector abierto del disco obturador tomar la lectura en la graduación de dicho disco, por la parte delantera (fig. 5-a).
7. Seguir girando el disco hasta que pase todo el sector abierto y quede tapado el objetivo. Tomar, en este momento, lectura en la graduación anterior (fig. 5-b).
8. Repetir la operación para todos los orificios.

Esta maniobra debe ser hecha por dos operadores, mientras uno visualiza y mueve el disco el otro lee y anota los resultados. La operación se hará por duplicado y se tomará la media de los datos obtenidos. Una vez finalizada la operación se tomará como valor central la media de los correspondientes al principio y final de la obturación observada.

En estas condiciones, dando coordenadas (0,0) al punto central de la placa perforada y avanzando en ambas coordenadas x e y mili-

PLACA PERFORADA



Espesor de la placa 1,5 m.m

Diametro de los orificios \varnothing 1 m.m.

Distancia entre ejes de dos orificios

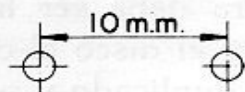
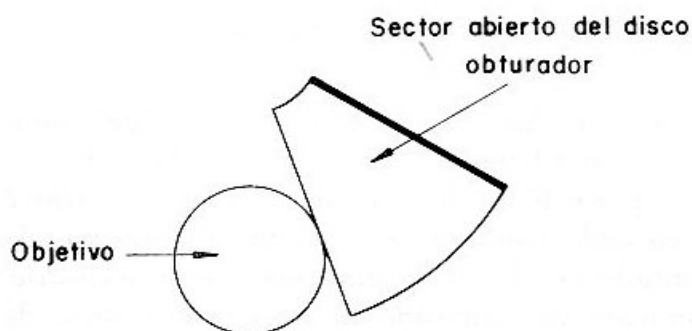
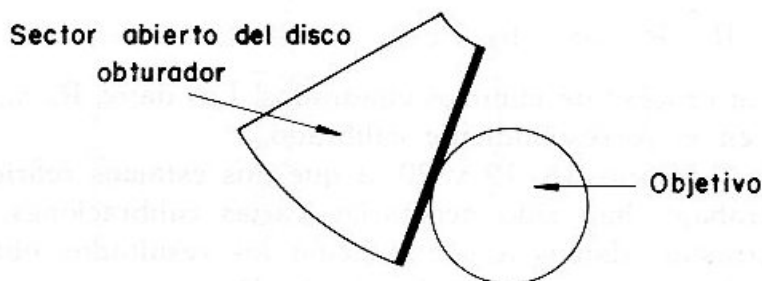


Fig. 4.



Posición para la primera lectura.

FIG. 5-a.



Posición para la segunda lectura.

FIG. 5-b.

metro a milímetro, tendremos, para cada punto (x, y) un cierto valor del retardo o adelanto en la obturación con respecto al tiempo asignado al punto central.

El problema queda planteado ahora en la obtención de unos ciertos parámetros mediante los cuales podamos obtener un valor de la corrección por barrido para cualquier punto de la placa en función de sus coordenadas medidas.

Supongamos que la función de distribución del tiempo de obturación (retardo o adelanto), para los diferentes puntos de la placa, es de la forma:

$$R = R_0 + ax + by + cxy + dx^3$$

función empírica que se admite por dar residuales mínimos para los datos de calibrado, y donde R es el valor del retardo o adelanto para un punto de coordenadas (x, y) . Estas coordenadas están tomadas con origen en el centro de la placa; el comparador que utilizamos en la estación de Madrid permite obtener directamente estas coordenadas; ahora bien, en otros aparatos esto no es posible, por lo que habrá que tomar

$$x = x_m - x_o$$

$$y = y_m - y_o$$

donde x_m , y_m son las coordenadas medidas del punto en cuestión y x_o , y_o son las coordenadas del centro de placa.

Por otra parte R_o , a , b , c , d son parámetros característicos de cada cámara y en cada montaje, por lo que siempre que el disco obturador sea desmontado por la causa que fuere, será necesario proceder a una nueva operación de calibrado al iniciar otra serie de observaciones; esto queda justificado por el hecho de que, dada la sensibilidad del disco, es casi imposible lograr dos montajes idénticos.

Se trata pues de determinar los parámetros R_o , a , b , c , d de cada cámara. El método a seguir consiste en resolver un sistema de 137 ecuaciones con 5 incógnitas, de la forma

$$R_i = R_o + ax_i + by_i + cx_iy_i + dx_i^2 \quad i = 1, \dots, n$$

mediante un proceso de mínimos cuadrados. Los datos R_i , x_i , y_i son los obtenidos en el correspondiente calibrado.

Para las cámaras 18, 19 y 20, a que nos estamos refiriendo en el presente trabajo, han sido necesarias varias calibraciones. A fin de poder contrastar, damos a continuación los resultados obtenidos en tres calibrados consecutivos de la cámara 18.

Resultados válidos desde el 1-VII-68 al 30-XI-68

$$R_o = 0.43796$$

$$a = -22.72291$$

$$b = 0.06040$$

$$c = 3.26540$$

$$d = 5.52881$$

Resultados válidos desde el 1-XII-68 al 28-II-69

$$R_o = -1.42409$$

$$a = -22.72109$$

$$b = -0.05973$$

$$c = 3.02899$$

$$d = -4.15575$$

Resultados válidos desde el 1-V-69 al 30-VI-72

$$R_o = 0.41679$$

$$a = -22.48450$$

$$b = 2.16123$$

$$c = -6.26236$$

Con estos valores y tomando las coordenadas medidas expresadas en decímetros obtenemos la corrección en milisegundos.

Para que sirva de referencia, a continuación damos los datos correspondientes al último calibrado efectuado para la cámara 18, de los que se han obtenido las constantes válidas del 1-V-69 al 30-VI-72.

DATOS			DATOS		
X	Y	R	X	Y	R
-2.	-6.	6.0	-5.	-2.	12.7
-1.	-6.	3.0	-4.	-2.	9.8
0.	-6.	0.5	-3.	-2.	7.1
1.	-6.	-2.5	-2.	-2.	4.7
2.	-6.	-5.2	-1.	-2.	2.5
-4.	-5.	10.0	0.	-2.	0.3
-3.	-5.	7.2	1.	-2.	-2.0
-2.	-5.	5.5	2.	-2.	-3.9
-1.	-5.	2.9	3.	-2.	-6.7
0.	-5.	0.5	4.	-2.	-9.2
1.	-5.	-2.2	5.	-2.	-12.0
2.	-5.	-4.7	6.	-2.	-14.2
3.	-5.	-7.0	-6.	-1.	15.3
4.	-5.	-9.5	-5.	-1.	12.7
-5.	-4.	12.5	-4.	-1.	10.0
-4.	-4.	10.2	-3.	-1.	7.5
-3.	-4.	7.5	-2.	-1.	4.7
-2.	-4.	5.2	-1.	-1.	2.5
-1.	-4.	3.5	0.	-1.	0.5
0.	-4.	0.5	1.	-1.	-1.5
1.	-4.	-2.2	2.	-1.	-4.0
2.	-4.	-4.7	3.	-1.	-6.5
3.	-4.	-7.0	4.	-1.	-9.5
4.	-4.	-9.6	5.	-1.	-12.0
5.	-4.	-12.0	6.	-1.	-14.2
-5.	-3.	12.2	-6.	0.	15.0
-4.	-3.	10.2	-5.	0.	12.5
-3.	-3.	7.7	-4.	0.	10.0
-2.	-3.	5.0	-3.	0.	7.2
-1.	-3.	2.5	-2.	0.	4.5
0.	-3.	0.5	-1.	0.	2.5
1.	-3.	-2.0	0.	0.	0.7
2.	-3.	-4.5	1.	0.	-1.5
3.	-3.	-7.0	2.	0.	-4.0
4.	-3.	-9.5	3.	0.	-6.2
5.	-3.	-11.7	4.	0.	-9.1
-6.	-2.	15.0	5.	0.	-11.7

DATOS			DATOS		
X	Y	R	X	Y	R
6.	0.	-14.5	0.	3.	0.6
-6.	1.	15.0	1.	3.	-1.4
-5.	1.	12.2	2.	3.	-4.0
-4.	1.	9.8	3.	3.	-6.2
-3.	1.	7.0	4.	3.	-8.7
-2.	1.	4.5	5.	3.	-11.6
-1.	1.	2.5	-5.	4.	12.2
0.	1.	0.7	-4.	4.	9.5
1.	1.	-1.5	-3.	4.	7.0
2.	1.	-3.9	-2.	4.	5.0
3.	1.	-6.5	-1.	4.	2.7
4.	1.	-9.0	0.	4.	0.6
5.	1.	-11.8	1.	4.	-1.2
6.	1.	-14.5	2.	4.	-3.5
-6.	2.	15.0	3.	4.	-5.7
-5.	2.	12.5	4.	4.	-8.4
-4.	2.	9.7	5.	4.	-12.0
-3.	2.	7.0	-4.	5.	9.9
-2.	2.	4.6	-3.	5.	7.2
-1.	2.	2.8	-2.	5.	5.0
0.	2.	0.6	-1.	5.	2.7
1.	2.	-1.2	0.	5.	0.6
2.	2.	-3.6	1.	5.	-1.2
3.	2.	-6.2	2.	5.	-3.8
4.	2.	-9.0	3.	5.	-5.6
5.	2.	-12.5	4.	5.	-8.5
6.	2.	-14.1	-2.	6.	5.0
-5.	3.	12.2	-1.	6.	3.1
-4.	3.	9.2	0.	6.	0.7
-3.	3.	6.8	1.	6.	-1.5
-2.	3.	4.5	2.	6.	-3.5
-1.	3.	2.5			

*Dpto. de Mecánica y Astronomía.
Facultad de Ciencias de la
Universidad Complutense
Madrid*

PUBLICACIONES DEL SEMINARIO DE ASTRONOMIA Y GEODESIA DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID

- 1.—Efermídes de 63 Asteroides para la oposición de 1950 (1949).
- 2.—E. PAJARES: Sobre el cálculo gráfico de valores medios (1949).
- 3.—J. PENSADO: Órbita del sistema visual σ^2 U Maj (1950).
- 4.—Efermídes 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» (1951).
- 7.—J. M. TORROJA y R. CARRASCO: Rectificación de la órbita del Asteroide 1560 (1942 XB) y efermídes para la oposición de 1951 (1951).
- 8.—M. L. SIEGRIST: Órbita provisional del sistema visual Σ 728-32 Orionis (1951).
- 9.—Efermídes de 79 Asteroides para la oposición de 1952 (1951).
- 10.—J. PENSADO: Órbita provisional de Σ 1883 (1951).
- 11.—M. L. SIEGRIST: Órbita provisional del sistema visual Σ 2052 (1952).
- 12.—Efermídes de 88 Asteroides para la oposición de 1953 (1952).
- 13.—J. PENSADO: Órbita de ADS 9380 = Σ 1879 (1952).
- 14.—F. ALCÁZAR: Aplicaciones del Radar a la Geodesia (1952).
- 15.—J. PENSADO: Órbita de ADS 11897 = Σ 2438 (1952).
- 16.—B. RODRÍGUEZ SALINAS: Sobre varias formas de proceder en la determinación de periodos de las mareas 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: Órbita 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 DZ₁) (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: Órbita 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 periodos y excentricidades y relación periodo 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).

(Continúa en la tercera de cubierta)

- 31.—J. M. TORROJA: Órbita 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 «Mündleria» (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 4539 = γ Cen = Cpd $-48^{\circ}.4965$ (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).

(Continúa en la segunda de cubierta)

- 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-ABOIN: 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 FERNÁNDEZ: Estudio del espectro de la estrella 31 Aql. en la región $\lambda\lambda$ 4000-6600 Å (1969).
- 62.—C. MACHIN: 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 medidas 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).