

Correcciones y verificaciones del ecuatorial fotográfico Gautier, determinadas el 23 y 26 de Febrero del año 1923

POR

ISMAEL GAJARDO REYES

Estas correcciones son de tres categorías distintas: 1.^{as}, las que se refieren a su idiosincrasia como anteojos ecuatoriales; 2.^{as}, las que corresponden al anteojos fotográficos; y 3.^{as}, las que resultan del acoplamiento de los dos anteojos.

Nos ocuparemos solamente de las 1.^{as} y 3.^{as}, pues, las 2.^{as} no hubo necesidad de verificar.

Correcciones del ecuatorial.

Las condiciones a que debe satisfacer un anteojos ecuatorial, en su construcción e instalación, son las siguientes:

- 1.^a El eje horario debe hallarse en el meridiano y tener una inclinación igual a la Latitud del lugar, con lo cual quedará paralelo al eje del mundo;
- 2.^a El eje de declinación deberá ser perpendicular al eje horario;
- 3.^a El eje óptico del anteojos deberá ser perpendicular al eje de declinación;
- 4.^a El círculo de declinación deberá señalar O O' cuando el anteojos está dirigido al polo sur;
- 5.^a El círculo horario deberá señalar OhOm cuando el anteojos está en el plano meridiano; y
- 6.^a El eje óptico del buscador debe ser paralelo al del anteojos.

Si el instrumento satisface a todas estas condiciones se hallará bien construido y bien instalado.

1.ª Error de orientación del eje horario.

a) Error de azimut; b) Error de inclinación.

Cuando el eje horario no ha quedado paralelo al eje del mundo, el eje óptico no describirá exactamente un paralelo celeste y una estrella colocada sobre el hilo de declinación se saldrá al poco tiempo de él. *La declinación instrumental de la estrella será entonces variable.*

Las fórmulas que se han empleado para determinar los errores de orientación del eje horario son las mismas publicadas por el señor Obrecht en el tomo LXXXII, página 1090, de los "Anales de la Universidad".

Dichas fórmulas son:

$$\left. \begin{array}{l} \text{para } H = 0'' \dots \dots \dots \Delta A = \frac{1}{\cos \lambda} \times \frac{dD'}{dH} \\ \text{para } H = 90'' \dots \dots \dots \Delta i = -\frac{dD'}{dH} \end{array} \right\} \dots \dots \dots 1)$$

en las que ΔA y Δi son los errores de azimut e inclinación del eje horario; D' la declinación instrumental de la estrella; H su ángulo horario y λ la Latitud del lugar.

Según esto, para determinar los errores de orientación del eje horario, bastará *bisecar una estrella situada cerca del meridiano y otra a seis horas de éste, y medir, por medio del tornillo micrométrico, la variación de la declinación en un tiempo dado.*

En seguida, las fórmulas del grupo 1) nos darán los valores buscados.

Así, pues, el Viernes 23 de Febrero se dirigió primeramente el anteojo a *la estrella β Eridiano* (2,9), situada cerca del meridiano, y después a *la estrella ϵ Tucán* (4,7), a seis horas de éste.

He aquí los datos de la observación y los cálculos derivados de éstos:

Datos de la observación

Fecha: Viernes, 23 de Febrero de 1923.

(1) Magnífico reloj de tiempo sidéreo, cuya marcha es pequeña y muy regular.

Estrella en el meridiano, β Eridano 2,9

$$\alpha = 5^{\text{h}} 4^{\text{m}} 4^{\text{s}},4 \quad \delta = 5 \quad 11' \quad 22''$$

<i>Péndulo Molyneux</i> 1	<i>Lecturas del tornillo micrométrico.</i>	
$\theta = 5^{\text{h}} 11^{\text{m}},5$	1.ª lect.	29,178
15. 5	2.ª "	29,195
1 ^m ,0	dif.	0,017

Corrección del péndulo = + 2^s,8

Valor de una vuelta del tornillo micrométrico = 1',056

Cálculo de ΔA

$$dD^* = 0,017 \cdot 1,056 = 0,017 = 0,02$$

$$dH = 4^{\text{m}} = 1 \quad - \quad 3600''$$

$$\cos \lambda = 0,834$$

$$\Delta A = \frac{0,02}{3000''} \cdot \frac{1}{0,834} - \frac{1'' \cdot 206265''}{3000'' \cdot 0,834} - \frac{247518''}{3002'' \cdot 4} = 82''$$

$$\Delta A = 82'' \cdot 4 = 1'22'' \cdot 4 = 1',3$$

Datos de la observación

Fecha: Viernes, 23 de Febrero de 1923.

Estrella a 6^h del plano meridiano Tucán 4,7

$$\alpha = 25^{\text{h}} 55^{\text{m}} 51^{\text{s}},8 \quad \delta = 66 \quad 0' \quad 28''$$

<i>Péndulo Molyneux</i>	<i>Lecturas del tornillo micrométrico.</i>	
$\theta = 5^{\text{h}} 40^{\text{m}} 0^{\text{s}}$	1.ª lect.	30,259
44 0	2.ª "	30,171
48 0	3.ª "	30,176

	52	0	.....	4. ^a "	.....	30,115
	54	30	.....	5. ^a "	.....	30,064
	56	42	.....	6. ^a "	.....	30,064
	58	24	.....	7. ^a "	.....	30,039
6	5	1	.....	8. ^a "	.....	29,981
	9	45	.....	9. ^a "	.....	29,942

Cálculo de Δi

θ =	5h	40 ^m	0 ^s	30,259
	6	9	45	29,942
<hr/>				<hr/>
dH =	29m	45"		0,317
dH =	7"	26'	15"	dD' = 0,317 × 1',056
dH =	446',25			dD' = 0',32

$$\Delta i = \frac{0',32}{446',25} = \frac{0'32 \times 3437',7}{446',25} = 2',47$$

$$\Delta i = 2',47 = 2',5$$

2.^a y 3.^a Determinación del error de perpendicularidad de los ejes del ecuatorial y del error de colimación

Para determinar el error de perpendicularidad de los ejes del ecuatorial y el error de colimación, se observan los ángulos horarios de una estrella en las dos posiciones del anteojo: círculo de declinación al Este y al Oeste.

Ambos errores los da la fórmula siguiente:

$$c \sec D - \epsilon \tan D = \frac{H'_o - H_2 + 180^\circ}{2} - \frac{H'_e - H_1}{2} \dots (2)$$

en la que c es el error de colimación; ε es el error de perpendicularidad de los ejes; D es la declinación de la estrella; H'e, H'o los ángulos horarios obtenidos y H₁, H₂ los ángulos horarios verdaderos correspondientes.

Para tener un valor aproximado de c, necesario para resolver la ecuación (2), se observará primero una estrella cerca del ecuador, entonces tan D será muy peque-

ño y el primer miembro de la ecuación se reduce a c ; en seguida se observará una estrella cerca del polo y se obtendrá sensiblemente el valor de $c \sec D = \epsilon \tan D$.

Determinación del valor aproximado de c

Datos de la observación

Fecha: Lunes, 26 de Febrero de 1923.

Estrella cerca del ecuador, Sirio ($-1,6$)

$$\begin{aligned} \alpha &= 6^{\text{h}} 41^{\text{m}} 46^{\text{s}},2 & \delta &= 16^{\circ} 36' 56'' \\ \sec D &= +1,044 & \tan D &= -0,298 \end{aligned}$$

Anteojo en posición directa (Circ. decl. al Este)

<i>Ángulos horarios observados</i>			<i>Péndulo Molyneux</i>		
$H'_e = 22^{\text{h}}$	43^{m}	45^{s}	$\theta = 5^{\text{h}}$	25^{m}	3^{s}
	48	48		30	6,5
	52	4		33	14,5
	53	48		35	4,0
$H'_e = 22^{\text{h}}$	49^{m}	$35^{\text{s}},5$	$\theta = 5^{\text{h}}$	30^{m}	$52^{\text{s}},0$
$H_1 = 22$	49	33,8	$C_p =$		+28,0
$H'_e - H_1 =$	+	$1^{\text{s}},7$	$\theta = 5^{\text{h}}$	31^{m}	$20^{\text{s}},0$
$H'_e - H_1 =$	+	$0^{\text{s}},9$	$\alpha = 6$	41	46,2
2			$H_1 = 22^{\text{h}}$	49^{m}	$33^{\text{s}},8$

Anteojo en posición inversa (Circ. decl. al Oeste)

<i>Ángulos horarios observados</i>			<i>Péndulo Molyneux</i>		
$H'_o = 11^{\text{h}}$	7^{m}	42^{s}	$\theta = 5^{\text{h}}$	49^{m}	$36^{\text{s}},5$
	10	8		52	9,0
	12	20		54	20,0
	13	24		55	24,5
$H'_o = 11^{\text{h}}$	10^{m}	$53^{\text{s}},5$	$\theta = 5^{\text{h}}$	52^{m}	$52^{\text{s}},5$

	$H_2 - 23$	11	34,3	$C_p -$	+	28,0
	$H'_0 - H_2 - 12^h$	0^m	40 ^s ,8	$\theta = 5^h$	5^m	20 ^s ,5
$H'_0 - H_2 - 12^h =$		0^m	40 ^s ,8	$\alpha - 6$	41	16,2
$H'_0 - H_2 - 12^h =$		0^m	20 ^s ,4	$H_2 - 23^h$	11^m	34 ^s ,3
	2					

Luego, tenemos:

$$\begin{aligned} \epsilon \sec D \quad \epsilon \tan D &= -20^s,4 \quad 0^s,9 = -21^s,3 \\ &= \quad 21^s,3 = \quad 5',3. \end{aligned}$$

Determinación del valor de ϵ

Datos de la observación

Fecha: Lunes, 26 de Febrero de 1923.

Estrella circumpolar, α Pintor (3,3).

$$\begin{aligned} \alpha = 6^h \quad 47^m \quad 26^s \quad \dots \quad \delta = 61^\circ \quad 51' \quad 56'' \\ \sec D = + 2,120 \quad \tan D = - 1,870 \end{aligned}$$

Anteojo en posición inversa (Circ. decl. al Oeste)

Ángulos horarios observados

Péndulo Molyneux

$H'_0 = 11^h$	21 ^m	15 ^s	$\theta = 6^h$	ζ^m	ζ^s
	22	27		10	20
	23	27		11	20
	24	10		12	4,5
$H'_0 - 11^h$	22^m	45 ^s ,75	$\theta = 6^h$	10^m	45 ^s ,38
$H_2 - 23$	23	45,38	$C_p -$	-	28,00
$H'_0 - H_2 - 12^h$	0^m	55 ^s ,63	$\theta - 6^h$	11^m	11 ^s ,38
$H'_0 - H_2 + 12^h -$	-0	55 ^s ,63	$\alpha - 6$	47	26,00
$\frac{H'_0 - H_2 + 12^h}{2} =$	-0	27,81	$H_2 = 23^h$	23^m	45 ^s ,38

$$-\frac{H'_c - H_1}{2} = + 10,87$$

$$\Delta \alpha = - 16,94$$

Anteojo en posición directa (Circ. decl. al Este)

Ángulos horarios observados

$H'_c = 23^h$	33 ^m	24 ^s
	34	39
	36	10
	37	0

Péndulo Molyneux

$\theta = 6^h$	20 ^h	42'
	21	59,5
	23	30,0
	24	20,5

$H'_c = 23^h$	35 ^m	18 ^s ,25	$\theta = 6^h$	22 ^m	28 ^s ,0
$H_1 = 23$	35	40,00	$C_p =$	+	28,0
$H'_c - H_1 =$	-0 ^m	21 ^s ,75	$\theta = 6^h$	23 ^m	6 ^s ,0
$\frac{H'_c - H_1}{2} =$	-0 ^m	10 ^s ,87	$\alpha = 6$	47	26,0
			$H_1 = 23^h$	35	46 ^s ,0

Luego, tenemos:

$$c \sec D - \epsilon \tan D = - 16^s,94 = - 4',24.$$

$$-5',3 \times 2,12 + 1,870 \epsilon = - 4',24$$

$$- 11',236 + 1,870 \epsilon = - 4',24$$

$$+ 1,870 \epsilon = 4',24 + 11',236$$

$$+ 1,870 \epsilon = + 6',996$$

$$\epsilon = \frac{+ 6',996}{+ 1,870}$$

$$\epsilon = + 3',7$$

Determinación del valor exacto de c.

En virtud de la fórmula (2) se tiene:

$$\begin{aligned}
 c \times 1,044 - (+ 3',7 \times - 0,298) &= - 5',3 \\
 1,044c + 1',10 &= - 5',3 \\
 1,044c &= - 5',3 - 1',10 \\
 1,044c &= - 6',4 \\
 c &= \frac{- 6',4}{1,044} \\
 c &= - 6',1
 \end{aligned}$$

4.ª Determinación del error de índice del círculo de declinación.

El valor de $\Delta \delta$, error de índice del círculo de declinación, se obtiene tomando el promedio de las declinaciones instrumentales en las dos posiciones del anteojo.

Se tendrá en efecto:

$$\Delta \delta = \frac{D'_e - D'_o}{2}$$

Datos de la observación

Fecha: Lunes, 26 de Febrero de 1923.

Estrella Sirio

$D'_e = 73^\circ 27'$	$= - 16^\circ 33'$
$D'_o = 73 20$	$= - 16 40$
$2\Delta \delta = +7'$	$+7'$
$\Delta \delta = +3',5$	$= +3',5$

5.ª Determinación del error de índice del círculo horario.

El error de índice del círculo horario lo da la fórmula siguiente:

$$\Delta \alpha = \frac{H'_e - H_1}{2} + \frac{H'_o - H_2 + 180^\circ}{2} \dots \dots \dots (3)$$

Datos de la observación

Fecha: Lunes, 26 de Febrero de 1923.

Estrella Siro (— 1,6)

$$\begin{aligned} \alpha &= 6^{\text{h}} \ 41^{\text{m}} \ 46^{\text{s}},2 \dots\dots\dots \delta &= -16^{\circ} \ 36' \ 56'' \\ \sec D &= + 1,044 \qquad \qquad \qquad \tan D &= - 0,298 \end{aligned}$$

$$\frac{H'_e - H_1}{2} = + 0^{\circ},9 \qquad \frac{H'_o - H_2 + 180^{\circ}}{2} = -20^{\circ},4$$

Luego, tenemos:

$$\Delta\alpha = + 0^{\circ},9 - 20^{\circ},4 = - 19^{\circ},5.$$

NOTA.—Esta corrección deberá aplicarse con signo contrario a la lectura del círculo para tener *el ángulo horario verdadero correspondiente*. Además, no puede ser nunca definitiva, pues, el calaje del círculo cambia cada vez que se mueve el tornillo para corregir el movimiento de relojería.

6.ª Paralelismo del eje óptico del buscador con el del antejo.

Para lograrlo, se dirige el antejo a una estrella; se coloca su imagen en la cruz sencilla del ocular y se amordaza el antejo. En seguida se mueven convenientemente los tornillos del buscador hasta conseguir que la imagen de la estrella enfilada se forme también en el centro del campo, esto es, en la cruz del retículo. Logrado esto, los dos ejes ópticos son paralelos.

Verificaciones debidas al acoplamiento del tubo óptico y del antejo fotográfico

El eje óptico del tubo óptico es la línea determinada por el centro óptico: el retículo colocado en la posición central, que corresponde a *las lecturas 30 - 30 de los micrómetros*. El eje del fotográfico se determina por el centro óptico de la lente y el cruzamiento de los trazos centrales de la red impresa en la placa.

Para verificar el paralelismo de los dos anteojos, se colocó la estrella Sirio en la cruz central de la red, impresa en la placa, y se vió, después de repetir varias veces la operación, que la lectura de los tornillos del micrómetro, correspondiente a esta posición de la estrella en la placa, era la que se expresa en seguida:

<i>Tornillo x</i>	<i>Tornillo y</i>
30,32	29,45

En consecuencia, se les adoptó como lecturas de los tornillos micrométricos correspondientes al centro de la red.

Observatorio, Sábado 10 de Marzo de 1923.