

Informe

EL ASTROLABIO REGISTRADOR DE DANJON Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS
EN LAS OBSERVACIONES DE LAS ESTRELLAS FUNDAMENTALES

Sergejs J. Slaucitajs
(Observatorio Astronómico, La Plata)

Abstract. After a brief explanation of the method of simultaneous determination of time and latitude by the observation of several stars at equal altitudes, as practiced with the prismatic astrolabe of Claude and Briencourt, Danjon's new impersonal astrolabe is described and compared with the Meridian Circle. A brief discussion of the results obtained with astrolabe O. P. L. is given. The possible contribution of this new instrument to fundamental position astronomy is considered.

Ya en el año 1887 CHANDLER propuso para la determinación del tiempo, basando las observaciones correspondientes sobre el fenómeno del movimiento diurno, aprovechar el sistema de almicantrat en lugar de pasajes por el meridiano ⁽¹⁾. Para la eliminación de la inseguridad que un nivel, aunque sea uno de los mejores, introduce en las determinaciones de las distancias cenitales de los astros, CHANDLER construyó un nuevo instrumento, llamado almucantar. La diferencia principal entre éste y por ejemplo, un instrumento universal o teodolito es que, una placa de tamaños adecuados que soporta el telescopio y los círculos, descansa sobre el mercurio, asegurando siempre de tal modo, la posición horizontal de la parte correspondiente del instrumento. Con su almucantar CHANDLER quería mostrar las ventajas del "método de alturas iguales" en comparación con el "método de pasajes por el meridiano", tanto para la determinación de tiempo y latitud, como para el mejoramiento de los catálogos estelares fundamentales.

Unas breves palabras sobre la idea del "método de las alturas iguales": La relación diferencial entre los crecimientos dz , dt y $d\phi$, de la distancia cenital z , del ángulo horario t y de colatitud ϕ , es

$$dz = (\text{sen } \phi \, dt) \text{ sen } Az + d\phi \text{ cos } Az \quad (1)$$

Esta expresión representa la ecuación de una recta del acimut $(Az + \frac{\pi}{2})$ situada en la distancia dz del centro O , adoptando como coordenadas los valores $(\text{sen } \phi \, dt)$ y $d\phi$, fig. 1

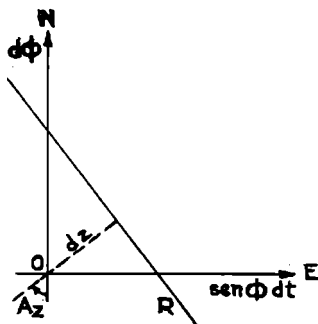


Fig.1

Imaginamos que en un lugar con colatitud ϕ nosotros hemos medido la distancia cenital z de una estrella con ascensión recta AR en el instante T según un reloj que tiene corrección ΔT .

Supongamos que conocemos los valores aproximados de ΔT , $\Delta T'$ y de ϕ , ϕ' . La corrección del reloj aprox. $\Delta T'$ nos permitirá calcular el ángulo horario aproximado t' para el momento T de observación, es decir,

$$t' = T + \Delta T' - AR \quad (2)$$

Nosotros podemos calcular también en adelante la distancia cenital aproximada, $z_{cal.}$, para el tiempo de observación según la fórmula

$$\cos z = \cos \delta \cos \phi' + \sin \delta \sin \phi' \cos t'. \quad (3)$$

El acimut Az , para la orientación del telescopio lo podemos calcular por ej., según la fórmula

$$\sin Az = \sin t' \frac{\sin \delta}{\sin z} \quad (4)$$

En general la distancia cenital calculada será diferente de la distancia cenital observada, $z_{obs.}$, a causa de los errores $d\phi$ y $d\Delta T$, adoptando para los cálculos los valores $\Delta T'$ y ϕ' .

Sea

$$z_{obs.} - z_{cal.} = dz. \quad (5)$$

Para cada estrella observada corresponderá una recta R , llamada la recta de altura, con su correspondiente dz y Az . En el caso de dos estrellas, observadas en distintos acimutes, obtendremos un punto de corte P de estas rectas, con coordenadas

$$\begin{aligned} x &= \sin \phi \, dt \\ y &= d\phi. \end{aligned} \quad (6)$$

de donde

$$dt = \frac{x}{15 \operatorname{sen} \phi}, \quad d\phi = y \quad (6')$$

Observando distintas estrellas en una distancia cenital constante, pero no rigurosamente conocida y si z_0 es el valor aproximado de esta distancia cenital de observación, -- entonces su valor exacto está definido por

$$z = z_0 + r \quad (7)$$

En este caso, es decir, aplicando a las observaciones de las alturas iguales de las estrellas el procedimiento recién mencionado, las diferentes rectas de altura en lugar de concurrir en un punto P, se convertirán en tangentes de un círculo, con centro P y de radio r. La ecuación de una recta de altura será por esto

$$dz = z_0 - z_{\text{cal.}} = (\operatorname{sen} \phi dt) \operatorname{sen} Az + d\phi \cos Az - r \quad (8)$$

En ambos casos, los cálculos de las observaciones pueden ser hechos gráficamente (solución aproximada) o según el método de los mínimos cuadrados.

Para el "método de pasajes por el meridiano", en el meridiano las relaciones básicas entre la declinación, latitud y distancia cenital son

$$\delta = \varphi - z, \quad \delta = \varphi + z, \quad \delta = 180^\circ - \varphi - z; \quad (9)$$

entre ascensión recta y tiempo sidereo local $t_p = T + \Delta T$:

$$AR = T + \Delta T, \quad AR + 12^h = T + \Delta T \quad (10)$$

El almuercante de CHANDLER no resultó muy cómodo para las observaciones según el "método de las alturas iguales" de las estrellas y en lugar de este instrumento, CLAUDE y DRIENCOURT, en el año 1900 idearon otro, llamado astrolabio de prisma (2).

Los principios de la construcción y funcionamiento del astrolabio son los siguientes:

Suponamos que al frente de un telescopio horizontal con el objetivo C, móvil en el acimut, se encuentra un prisma equilátero de cristal fijo P, colocado de tal modo que una cara es perpendicular al eje óptico del tubo y cuyo canto opuesto es horizontal (fig. 2).

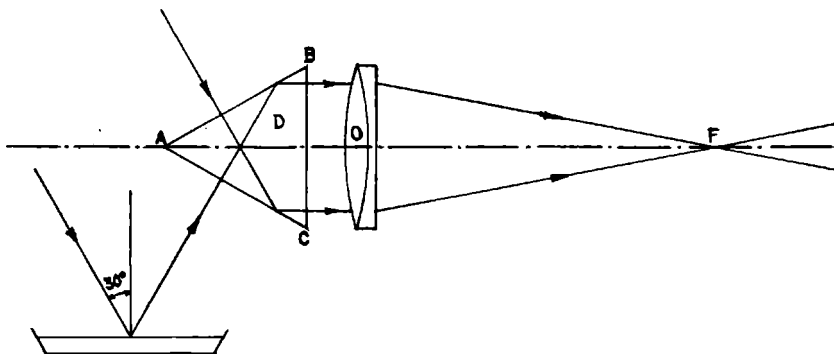


Fig.2

Abajo del prisma se encuentra el baño de mercurio que forma una superficie reflejante. Una parte del haz de luz proveniente de una estrella al entrar normalmente en la superficie AB del prisma reflejada por AC emerge a través de la parte inferior de BC. Otra parte del haz incide normalmente en AC después de haber sido reflejada por el baño de mercurio, y reflejada a su vez por AB, aparecerá a través de la parte superior de BC. Entonces, mirando por el telescopio, en el foco F se ven dos imágenes de la estrella, S y S', aparentemente moviéndose en direcciones opuestas: una se mueve hacia arriba y la otra hacia abajo (fig.3).

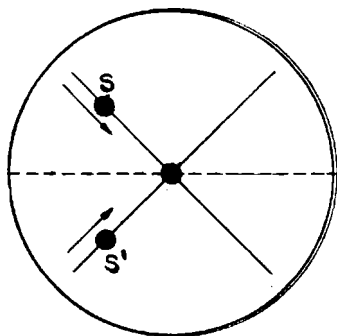


Fig.3

Entonces, la luz que viene de una estrella entra en el telescopio por una reflexión interna sobre la superficie inferior del prisma y por una reflexión igual sobre la superficie superior. Esta última antes ha sufrido una reflexión sobre el baño de mercurio. Las dos imágenes de la estrella, formadas de este modo, están situadas sobre una misma vertical, y coincidirán al superponerse en un instrumento perfectamente ajustado en

el instante en que la distancia cenital aparente de la estrella es exactamente igual a 30° (la distancia cenital verdadera, tomando en cuenta la refracción, es cerca de $30^\circ 00' 30''$).

Con un sistema tal, la vertical es definida ópticamente, gracias a la reflexión sobre el baño de mercurio. La dirección del cenit es determinada con la misma exactitud que la de la estrella, lo que no ocurre al utilizar los niveles. Además, la fiabilidad de un baño de mercurio es mucho más grande que la de un nivel.

La latitud del lugar de observación y la corrección del reloj se deducen de los tiempos anotados de los pasajes de estrellas por la distancia cenital arriba mencionada.

En el caso de que el ángulo del prisma no sea exactamente igual a 60° , entonces el problema tiene 3 incógnitas, es decir, la corrección del reloj, la latitud y el exceso de la distancia cenital sobre 30° . Por eso, como minimum tienen que ser observadas 3 estrellas en distintos acimutes. En la práctica se observan muchas más estrellas.

A pesar de que el astrolabio de prisma de CLAUDE y DRIENCOURT es un instrumento simple para manejar y cómodo para transportar, no alcanzó a ser reconocido como un instrumento de alta precisión y puede usarse solamente en campañas donde no se exige una exactitud de los resultados obtenidos de más de un segundo aproximadamente.

El astrolabio clásico presenta dos inconvenientes: 1. No permite obtener más que una "Bisección" (coincidencia de ambas imágenes) de la estrella observada. Es decir, ofrece sólo una anotación de tiempo para cada estrella que, además, es afectada de un error personal variable del observador. 2. La distancia cenital de observación varía durante la noche, a causa de los desplazamientos del plano focal y de variaciones de acomodación del ojo del observador⁽³⁾,⁽⁴⁾.

La determinación del error personal con un dispositivo auxiliar no ofrece las mismas garantías que la eliminación, aunque sea en parte, mediante un micrómetro registrador. Un sólo registro de tiempo para cada estrella es insuficiente para las determinaciones más exactas. Al usar el micrómetro registrador se aprovechan habitualmente unos veinte de ellos.

La fuente del error, de por qué el astrolabio de CLAUDE y DRIENCOURT no define la distancia cenital de observación con una exactitud imprescindible para llegar a los resultados de alta precisión, aprovechando el "método de alturas iguales", consiste en el hecho que los haces que forman las imágenes de la misma estrella son convergentes y entran en el telescopio por aberturas distintas, es decir, por la

parte superior y por la parte inferior de la superficie libre del objetivo. Entonces, las imágenes son formadas por dos haces de rayos, cuyos ejes principales no son estrictamente paralelos, pero sí inclinados uno respecto a otro en un ángulo de 2° a 3°. En consecuencia, si en un instante dado las imágenes propiamente dichas coinciden en el plano focal, no ocurrirá lo mismo con las pseudo-imágenes intra o extrafocales: la distancia cenital de observación varía, según "la puesta en foco". Aunque no se toque el ocular durante una serie de observaciones, las modificaciones de acomodación del ojo y variaciones térmicas de la longitud focal varían la altura observada, lo que produce el mismo efecto, como si hubiera variado el ángulo del prisma y por este motivo, la calidad del sistema prisma-baño de mercurio no se aprovecha plenamente.

En el año 1938, A. DANJON, director del Observatorio de Paris, comenzó sus estudios sobre el perfeccionamiento del astrolabio de prisma clásico e inventó un dispositivo basándolo sobre las propiedades de los prismas birrefringentes de WOLLASTON, para evitar los errores de "la puesta de las imágenes en foco". Este dispositivo permite también la adaptación de un micrómetro registrador.

Después de varios ensayos, en el año 1953, el astrolabio registrador de DANJON, construido en los talleres del Observatorio de Paris (L'Astrolabe Impersonnel de l'Observatoire de Paris, "pequeño astrolabio"), fué puesto en servicio regular. En el año 1954 la "Société Optique et Précision" de Lavellois (O.P.L.) comenzó la construcción en serie de un instrumento definitivo, un modelo comercial. El primer ejemplar de los astrolabios O.P.L. fué entregado al Observatorio de Paris en 1956. La descripción completa de este astrolabio está dada en el Bull. astron. (5)

Según la idea de DANJON, para evitar los inconvenientes que ofrece un astrolabio clásico, se coloca en el plano focal del telescopio un prisma birrefringente de WOLLASTON doble simétrico o cuádruple, preferiblemente de cuarzo. El birrefringente es tal, que un haz incidente origina dos haces emergentes, polarizados en ángulo recto. El haz α , transmitido por el objetivo está dividido en α_2 coincidente con el eje óptico y α_1 doblemente refractado (fig.4). Lo mismo, el haz β proveniente del objetivo está dividido en β_1 que es coincidente con

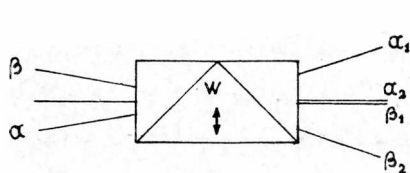


Fig. 4

el eje óptico y β doblemente desviado. Las imágenes dadas por α_1 y β_2 son eliminadas por un diafragma y se observan solamente las que dan α_2 y β_1 . Las dos imágenes s y s' (fig. 5) están ahora formadas por dos haces superpuestos. Ya que

las imágenes focales son coincidentes, las pseudo-imágenes extra o intrafocales también lo son. El otro inconveniente desaparece con esta.

La coincidencia obtenida se puede mantener desplazando el Wollaston con la velocidad que es proporcional al seno del acimut.

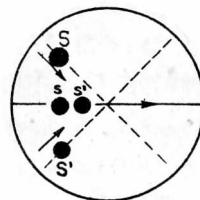


Fig. 5

El birrefringente es movido por un tornillo micrométrico que tiene un tambor con láminas de contactos. Entonces, con un cronógrafo pueden ser registradas las marcas correspondientes. Usando un motor sincrónico para mover el tornillo, el observador necesita corregir sólo el movimiento producido por éste, para mantener la coincidencia de ambas imágenes. En la práctica no se usa la coincidencia (superposición) de las imágenes, sino que ubica una al lado de otra. Al promedio de los tiempos registrados corresponde el promedio de las alturas observadas.

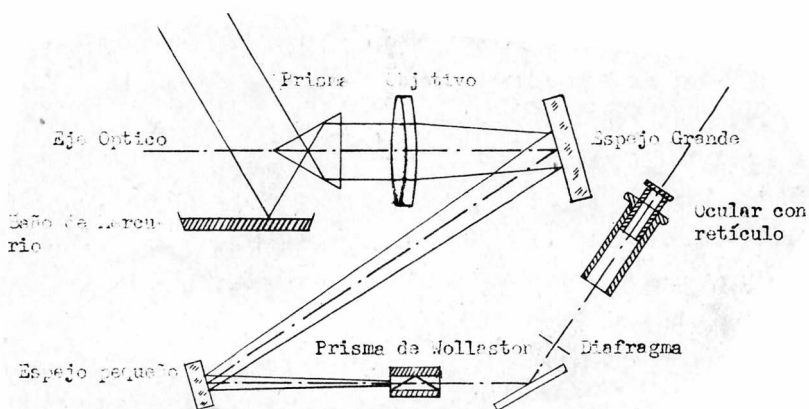


Fig. 6

El astrolabio registrador modelo O.P.L. tiene un objetivo de 10 cms. y su distancia focal es de 100 cms. (el astrolabio registrador del Observatorio de Paris: 6 cm y 70 cm). El coeficiente de la dilatación de la distancia focal es de $+2.10^{-6}$. El objetivo es un aplanat COUDER. Ocular ortoscópico, de 20 mm de distancia focal. El aumento es de 175 con un campo de 11'. Se pueden observar todas las estrellas hasta la magnitud 6.0. El instrumento tiene un buscador que representa un telescopio independiente, con un aumento de 15 y campo de 2°5. El ocular del buscador está ubicado al lado del ocular del telescopio principal. Además, el astrolabio tiene un tercer ocular para calajes en el acimut. Los astrolabios de tipo O.P.L. están munidos de Wollaston cuádrupes de una longitud total de 33 mm y con ángulo de corte de 34°6. El peso total es de 175 kg.



Fig. 7

El astrolabio registrador de DANJON, modelo O.P.L.

El uso con éxito del astrolabio requiere la preparación de un programa de observación especial. En el Observatorio de París se formaron los grupos de estrellas con composición invariable y el mismo observador observa cada noche dos grupos consecutivos⁽⁶⁾. La diferencia de los resultados dará entonces discordancia de dos grupos sin error personal. De este modo se deducen las llamadas correcciones de discordancia, que agregadas a los resultados dados por cada grupo, convierte éstos en comparables entre sí. El número total de grupos es 12 y la observación de cada grupo dura una hora y media y está separada de otro grupo por un intervalo de tiempo de treinta minutos aproximadamente. Cada grupo contiene 28 estrellas de magnitud generalmente inferior de 5.6. Se han hecho esfuerzos para obtener una acumulación de las estrellas en los acimutes hasta 45° del meridiano, para evitar inconvenientes que ocurren las observaciones de las estrellas "circunmeridianas".

Con el astrolabio las mismas estrellas pueden ser observadas dos veces por noche: paso E y W.

Las declinaciones de las estrellas que se pueden observar en un lugar dado con el astrolabio son entre $\varphi - 30^\circ$ y $\varphi + 30^\circ$, donde φ significa la latitud del lugar.

La desviación-tipo de una observación aislada, σ de la altura con el astrolabio es aprox. 0.17 y esto en condiciones atmosféricas muy favorables disminuye hasta 0.09. De aquí, para una serie de 28 estrellas, las desviaciones-tipo correspondientes son:

$$\sigma \text{ para tiempo } 0.0043$$

$$\sigma \text{ para latitud } 0.05.$$

Entonces, con el astrolabio se registran los pasajes de un número determinado de estrellas por un círculo pequeño que tiene como polo el cenit (almicantarát) y de estas observaciones se pueden calcular las distancias cenitales, la corrección del reloj y latitud, las dos últimas deduciéndolas de la AR y δ . Se obtiene la mejor determinación posible del cenit, si se observan las estrellas uniformemente distribuidas sobre toda la circunferencia del almicantarát. Además, usando el astrolabio de prisma registrador, la invariabilidad de la distancia cenital permite ordenar en forma de cadena la AR y δ . Todas las estrellas de la zona observada de este modo serán referidas a un sistema homogéneo.

Con un instrumento meridiano se observan los pasajes sobre un pequeño círculo de la esfera muy vecino a un círculo máximo. La desviación es la colimación. El polo del círculo máximo del instrumento -punto donde la prolongación del eje de rotación al W interseca la esfera celeste aparente- tiene las coordenadas: $t = 90^\circ - m$ y $\delta = n$ y está muy cerca del punto $t = 6^h$, $\delta = 0^\circ$. Registrando un cierto número de pasajes de las estrellas, se pueden calcular las tres incógnitas, es decir, c , $\Delta T + m$ y n . Pero en este caso las observaciones no determinan la circunferencia entera del círculo, sino aproximadamente un cuarto. Por eso, prácticamente, el cenit del astrolabio se determina más exactamente, que la dirección del eje de rotación de un instrumento meridiano.

Teóricamente el "método de las alturas iguales" de las estrellas y el "método del pasaje por el meridiano" son equivalente. Pero en la práctica las posibilidades de ellos son muy diferentes. Primero, según DANJON, la estabilidad del astrolabio se puede garantizar más que la estabilidad de un instrumento meridiano. Especialmente, se puede controlar con mucha exactitud el valor del ángulo del prisma, que determina la distancia cenital aparente de la estrella y esto es la única constante instrumental cuya variación puede perjudicar la precisión de las observaciones. Según la experiencia de DANJON y GUINOT, la variación del ángulo del prisma es imperceptible en comparación con los errores accidentales o sistemáticos de un catálogo estelar. Además, las observaciones con el astrolabio son referidas a una simple referencia terrestre: la vertical.

Tenemos que reconocer que en un instrumento meridiano las condiciones son diferentes. Un cuerpo sólido que sirve como dirección de referencia aquí, no es un simple prisma, sino un telescopio con su eje de rotación, mejor dicho con sus muñones y cojinetes. La visual es determinada por el centro óptico del objetivo que consiste de dos lentes que no podemos poner juntas en una forma rígida en el montaje de su objetivo, y por los hilos de tela de araña que se desplazan moviendo un marco metálico del micrómetro. El objetivo y micrómetro se ubican en un tubo metálico, expuesto durante todo el tiempo en condiciones variables de temperatura y este tubo sufre diferentes radiaciones de un lado a otro. El eje de rotación está

definido por sus muñones que apoyan sobre los cojinetes, también de metal. En consecuencia, la posición del instrumento varía respecto a la vertical de una estrella a otra. Además, la flexión no es rigurosamente simétrica respecto al plano del meridiano y el desvío lateral es inevitable.

La determinación de la colimación ofrece muchas dificultades. Los astrómetras saben que no existe un procedimiento muy seguro para la determinación de esta constante instrumental, que depende de la temperatura y de la dirección de la visual (de las irregularidades y desigualdades de los muñones). Usando los colimadores o miras en lugar del baño de mercurio para la determinación de c , tampoco se llega a resultados muy satisfactorios. Quedan observaciones de las circumpolares para la determinación de colimación, pero este método ofrece muchas molestias en el programa fijo de observación, por falta de estrellas correspondientes, y también por otras razones, no puede ser considerado como un método muy exacto; además el valor obtenido de c no puede ser aprovechado siempre con éxito para la reducción de las observaciones de toda la noche. Hablando estrictamente, c tiene que ser determinada por ej., nó una o dos veces en la semana, sino varias veces en la noche⁽⁷⁾.

Las desventajas en general que con razón expone también DANJON son:

1. La colimación no permanece invariable durante la noche, por analogía con el ángulo del prisma.
2. Es difícil tener un punto fijo, invariable cerca del meridiano, por analogía con el cenit determinado con el baño de mercurio en el caso del astrolabio.

Es cierto que un astrolabio no puede reemplazar completamente a un Círculo Meridiano, pero sí tenemos que reconocer, según los datos publicados por el Observatorio de Paris, que han sido obtenidos con dos astrolabios registradores, que este instrumento puede ser considerado como un instrumento útil para las observaciones de las posiciones de estrellas.

Algunas otras características del astrolabio registrador O.P.L.

En 1957 GUINOT realizó varias investigaciones sumamente importantes sobre el astrolabio registrador:

- a. En primer lugar, la calidad de las observaciones son casi independientes de la magnitud: según las desviaciones-tipo

correspondientes se ve que ésta sólo disminuye un poco si la magnitud crece (tabla I).

- b. Observando las estrellas de distintos tipos espectrales, la precisión de las observaciones queda constante (tabla II).

Mag.	Tabla I		Tipo esp.	Tabla II	
	Promedio de las desviaciones-tipo			Promedio de las desviaciones-tipo	
2.1 - 3.0	0:158	± 0:008	B	0:174	± 0:006
3.1 - 4.0	179	6	A	173	6
4.1 - 5.0	172	4	F	169	8
5.1 - 6.0	173	5	G	164	6
5.6 - 6.0	190	14	K	176	5
			M	179	15

- c. Las desviaciones-tipo permanecen invariables, independientemente del acimut.

Sobre los errores sistemáticos en función de la declinación, GUINOT al comparar los resultados obtenidos con el "pequeño astrolabio" (1954) y O.P.L.(1957), llega a la conclusión, que $\Delta\alpha_\delta$ de FK3 (Astrolabio FK3), deducido de las observaciones con ambos instrumentos tienen muy buena coincidencia. La tabla siguiente muestra estos errores con sus desviaciones-tipo correspondientes.

δ	Tabla III		(Astrolabio - FK3)	
	Error $\Delta\alpha_\delta$ del FK3		Pequeño astrolabio	
	Astrolabio	O.P.L.		
+ 73°	+ 0:029	± 0:009	+ 0:032	± 0:007
69	+ 19	4	+ 21	4
60	+ 10	2	+ 12	3
50	+ 1	3	- 1	2
41	- 6	2	- 3	2
33	- 4	3	- 2	2
26	- 5	2	- 2	3
23	- 6	3	+ 1	3

El error $\Delta\alpha_\delta$ es insignificante para cada uno de los dos instrumentos, como lo muestra la tabla IV

Tabla IV

δ	Error $\Delta\alpha_s$ del FK3 (Astrolabio - FK3)		Pequeño astrolabio	
	Astrolabio O.P.L.			
+ 73	$\pm 0^m00$	$\pm 0^m06$	+ 0^m03	$\pm 0^m05$
69	- 1	10	+ 8	7
60	-	-	-	-
50	- 6	10	- 9	8
41	+ 9	6	+ 3	4
33	\pm 0	3	+ 5	3
26	- 5	2	+ 3	3
23	\pm 0	2	- 2	2

GUINOT da también las correcciones individuales $\Delta\alpha$ y $\Delta\delta$ a las posiciones de unas 60 estrellas de FK3 y FK3 Suppl., deducidas de las observaciones con el astrolabio registrador.

Por último mencionaremos aquí los valores aproximados de desviaciones-tipo de las coordenadas del catálogo "Astrolabio" (tabla V). Este catálogo no representa un catálogo absoluto, sino una derivación del FK3.

Tabla V

$\delta = + 20^\circ$	22	30	40	50	60	68	70	75	77	+ 78
$\sigma_\alpha = 0^s.020$	11	7	6	7	8	11	13	20	30	45
$\sigma_\delta = 0^m.06$	7	8	12	20	-	22	17	9	7	7

En la Segunda Conferencia Astrométrica en Cincinnati (1959), DANJON informó sobre algunos nuevos datos, obtenidos por GUINOT con el astrolabio registrador O.P.L. (8) Actualmente el Observatorio de Paris posee los resultados completos de dos años, 1957 y 1958, para 103 estrellas. Para cada estrella se calcularon dos valores independientes de las correcciones $\Delta\alpha$ y $\Delta\delta$. Si a es la diferencia $\Delta\alpha_{1957} - \Delta\alpha_{1958}$, la media cuadrática de los productos $a \cos \delta$ resulta del orden $0^s.006$. De aquí, la desviación-tipo del promedio de dos correcciones es $0^s.003$. Para la declinación la desviación-tipo de $d = \Delta\delta_{1957} - \Delta\delta_{1958}$ es aprox. $0^m.05$. Estos resultados ponen en evidencia la fidelidad del astrolabio registrador de DANJON, utilizado como instrumento fundamental.

El papel fundamental del astrolabio registrador es la determinación del tiempo y de la latitud. En Paris el programa de observación está establecido con el propósito de liberar los resultados de errores del catálogo estelar. Por eso las observaciones pueden suministrar

también datos para el mejoramiento de las posiciones de las estrellas dadas en un catálogo: los errores sistemáticos y las correcciones a las posiciones individuales. Con el uso del astrolabio registrador, en el futuro el "método de las alturas iguales" puede obtener uno de los primeros lugares en la astronomía de posición.

Ahora se realizan observaciones sistemáticas con el astrolabio registrador O.P.L. en Paris, $\varphi = +49^\circ$, Algeria, $+38^\circ$, Quito, $\pm 0^\circ$, y Wellington, -41° , abarcando las estrellas de -70° a $+77^\circ$.

Los resultados de las observaciones que se podrán obtener en el futuro con el astrolabio registrador de DANJON en otros observatorios, darán una idea definitiva sobre la eficacia y la seguridad de este instrumento. La introducción del astrolabio para la determinación de las coordenadas de las estrellas fundamentales puede considerarse como un hecho muy importante en la Astrometría Meridiana.

BIBLIOGRAFIA

- (1) S.C. CHANDLER, The Almucantar, Ann. Harv. Coll. Obs. 17, 1887.
- (2) A. CLAUDE et DRIENCOURT, Description et usage de l'astrolabe á prisme, V.I. Gauthier-Villars, Paris, 1910.
- (3) A. DANJON, L'Astrolabe impersonnel de l'Observatoire de Paris, Bull. Astron., T. XVIII, Fasc. 4, 1955.
- (4) A. DANJON, The Contribution of the Impersonal Astrolabe to Fundamental Astronomy, M.N., V. 118, 1958.
- (5) A. DANJON, L'Astrolabe Impersonnel Modèle O.P.L., Bull. Astron. T. XXI, Fasc. 4, 1958.
- (6) B. GUINOT, L'Astrolabe Impersonnel A. Danjon, Modèle O.P.L. de l'Observatoire de Paris. Etude des Résultats d'une année d'observations. Variation de la Latitude. Catalogue d'Etoiles, Bull. Astron., T. XXII, Fasc. 1, 1958.
- (7) S.J. SLAUCITAJA, Sobre el perfeccionamiento en las determinaciones de tiempo y de las ascensiones rectas de las estrellas respectivamente. Publ. Obs. Astr. La Plata. Serie Esp. 17, 1952.
- (8) A. DANJON, Observation a l'astrolabe des étoiles fondamentales dans les deux hémisphères, Communication in the Second Astrometric Conference at Cincinnati, 1959.