

CONTROL DE ESTRUCTURAS GEODESICAS EN LATITUDES ELEVADAS

RAFAEL N. SANCHEZ

Instituto de Geodesia - Facultad de Ciencia y Tecnología
Universidad Nacional de Tucumán

Se comentan las críticas recientes al método de Black, generalmente considerado hasta 1970, como una elegante solución para el control Laplace en latitudes elevadas. Se presentan las características de otro método que prescinde del acimut y sería de aplicación hasta en latitud 90° .

Recente criticisms to the Black method, generally considered until 1970, as an accomplished solution for the Laplace control at high latitudes, are discussed.

Another method is presented. That does not require azimuth determinations and could to be applied to latitudes as high as 90° .

1. ANTECEDENTES

En marzo de 1969 el profesor de geodesia de la universidad de Oxford A. R. Robbins hizo una presentación muy interesante del método de Black durante la 62a. convención del Canadian Institute of Surveying que tuvo lugar en Ottawa. El autor asistió a esa reunión merced a un subsidio del National Research Council. En relación con el problema del control astronómico en zonas polares, propuso al profesor Robbins otro método basado en una idea original desarrollada durante los días previos en la Universidad de New Brunswick. El profesor Robbins, entonces presidente de la comisión de astronomía geodésica de la asociación internacional de geodesia, confirmó al autor que no se había desarrollado con anterioridad dicho método, el que en definitiva se publicó en setiembre de 1970 en el Bullétin Géodésique (Sánchez, 1970). El mencionado aporte de Robbins fue publicado en "The Canadian Surveyor" (Robbins, 1969). Cartas al editor de esa prestigiosa publicación (Groot, 1970; White, 1970) y la contestación de Robbins (1970) demuestran al lector especializado que el método de Black está en revisión crítica.

2. EL METODO DE BLACK

En vez de la clásica determinación separada de longitud y acimut astronómico de una dirección, Black propuso calcular el acimut geodésico de una estrella observada en función del tiempo de observación (para lectura horizontal con un teodolito), de la latitud y longitud geodésicas de la estación y, por supuesto, de las coordenadas de la estrella. Con ese acimut geodésico de la estrella y el ángulo medido con el teodolito entre las direcciones a la estrella y a la señal (ángulo horizontal astronómico) sólo se puede obtener el acimut geodésico de la mira (lo requerido por el control Laplace) si se conocen las componentes de la desviación relativa de la vertical ξ y η . Si se observan tres estrellas en distintos acimutes, la posición de la vertical y la dirección del meridiano son tres incógnitas astronómicas que Black determina en forma indirecta, requiriéndose una compensación si las estrellas observadas son más de tres. Cualquiera de valores aproximados de latitud y longitud serviría al propósito de resolver ese problema astronómico por la simple vía del punto aproximado.

Con	A_{GM}	acimut geodésico de la señal observada
	A_{GS}	acimut geodésico de la estrella
	L_{obs}	ángulo horizontal observado entre la estrella y la señal
	$\xi \eta$	componentes de la desviación relativa de la vertical

se podrá escribir:

$$\begin{aligned}
 A_{GM} &= A_{GS} + L_{obs} + \text{correcciones debidas a } \xi \eta = \\
 &= A_{GS} + L_{obs} + \tan h_M (- \xi \text{sen} A_M + \eta \text{cos} A_M) + \\
 &\quad + \tan h_S (\eta \text{cos} A_S - \xi \text{sen} A_S)
 \end{aligned}$$

donde

h_M	h_S	alturas de la señal y la estrella
A_M	A_S	acimutes de la señal y la estrella

Robbins (1969) dice que una de las ventajas del método consiste en que "el acimut geodésico es observado directamente y no se requieren observaciones para longitud". De lo visto más arriba se desprende que lo que se observa directamente son direcciones horizontales y tiempos y que el cálculo suministra el acimut geodésico de la señal y las componentes $\xi \eta$ es decir la latitud y longitud astronómicas de la estación. White (1970) sostiene que "una determinación poco precisa de la longitud debe resultar inevitablemente en una pobre determinación del acimut geodésico, cualquiera sea el método observacional utilizado. No existe, pues, ventaja particular en usar el método de Black para determinar el acimut geodésico". Si las estaciones están cerca del polo y la cadena o poligonal por controlar se extiende en dirección meridiana puede complicarse el proceso de convergencia analizado por Bomford en su conocido tratado de geodesia y citado por Robbins (1969, loc.cit., pág. 391) y que se refiere a la fuerte dependencia entre el acimut geodésico A_{GS} y la longitud geodésica calculada para el punto Laplace antes y después de la compensación de la estructura. Esa dificultad es atribuible simplemente a la fuerte variación de las longitudes geodésicas para desplazamientos este-oeste cerca del polo geográfico y desaparece en el método que se propone a continuación.

3. Lo que se propone consiste en observar estrellas simultáneamente y utilizar otro sistema de coordenadas. En un instante T_i se observa una estrella S_i desde los extremos A y B (fig. 1) de la estructura por controlar midiéndose con teodolitos los ángulos horizontales entre esa dirección y la de una señal ubicada en los puntos trigonométricos o poligonométricos adyacentes l y n. Esos ángulos pueden ser considerados como pseudoacimutes astronómicos en un sistema geográfico con polo en S_i . Fuera del caso trivial en que S_i esté en el instante T_i en los horizontes astro-

nómicos de A y B será necesario tener la correspondiente diferencia de pseudolongitudes astronómicas para poder calcular el término correctivo de la ecuación

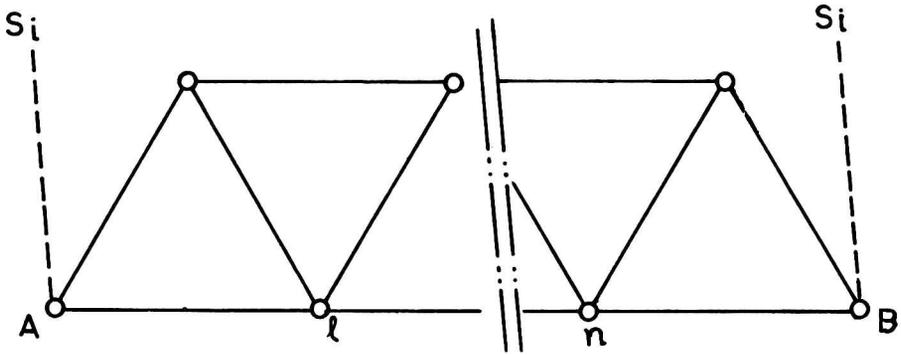


Figura 1

de Laplace. Ello se consigue observando de manera similar un mínimo de dos estrellas más en S_i y S_k (fig. 2) y calculando la diferencia de pseudolongitudes astronómicas a partir de la solución de dos intersecciones esféricas inversas: las que permiten ubicar en la esfera de direcciones a los cenites Z_A y Z_B sobre la base de los nueve valores de T , α y δ que definen el triángulo $S_i S_j S_k$ y los ángulos horizontales observados. Si el pseudopolo elegido es S_i , $\Delta\lambda$ será la diferencia de pseudolongitudes astronómicas y el lado $S_i Z_B$ corresponderá a la pseudocolatitud de B cuyo coseno será el factor del término correctivo de Laplace suponiendo que en A se identificaron la latitud geodésica y la pseudoastronómica. El transporte del acimut geodésico se puede hacer sobre una esfera de radio \sqrt{MN} tomando como primer acimut el pseudoacimut observado en A.

Falta una experiencia que confirme las siguientes presunciones:

1) las diferencias sistemáticas de dos operadores afecta a los pseudoacimutes y no a los ángulos entre estrellas que sirven para calcular el término correctivo de Laplace. Esa diferencia puede investigarse haciendo trabajar a los dos operadores en una estación observando ángulos horizontales entre una estrella y una mira. A menos que se utilicen dispositivos impersonales para la observación de las estrellas —que en altas latitudes tendrán siempre una fuerte componente horizontal en su desplazamiento— aquella diferencia constituirá la principal fuente de errores sistemáticos.

2) sería preferible una serie de observaciones desde A y B en un intervalo dado para obtener los ángulos horizontales correspondientes a un instante interpolado

por ajuste polinómico. En latitudes cercanas a 90° será suficiente el ajuste a una recta.

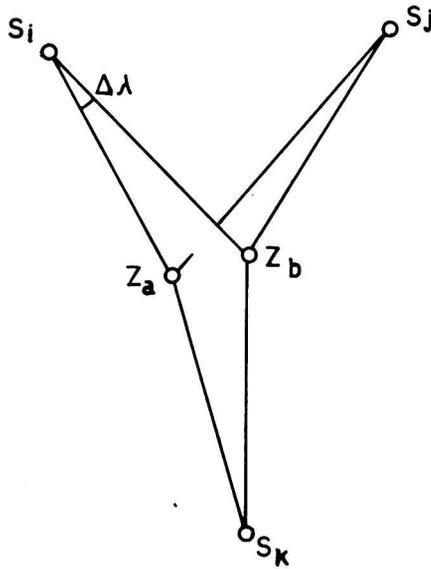


Figura 2

3) aunque la experiencia indica como posible la observación de estrellas brillantes durante el día polar, se estima que las observaciones de tangencias al disco solar podrían suministrar en algunos casos resultados satisfactorios.

BIBLIOGRAFIA

- SANCHEZ, (1970): "Note on the orientation of geodetic structures in polar regions". *Bulléin Géodésique, Paris, Nº 97, Set. 1970.*
- ROBBINS, (1969): "Azimuth control in Canadian latitudes". *The Canadian Sur-*

veyor. Vol. XXIII, N^o 4, Ottawa, Sep. 1969.

GROOT, (1970): The Canadian Surveyor. "Letters to the Editor". Ottawa, March, 1970.

WHITE, (1970): The Canadian Surveyor. "Letters to the Editor". Ottawa, June, 1970.

ROBBINS, (1970): The Canadian Surveyor. "Letters to the Editor". Ottawa, March 1970.