

LA TRIANGULACION DE LA CIUDAD DE CORDOBA Y DE SUS ALREDEDORES

Esta floreciente ciudad es una de las pocas capitales de provincias que tienen el levantamiento exacto del perímetro que la constituye y de sus alrededores, ejecutado a base de una *triangulación*, que empleando los métodos de trabajos modernos, garantiza la bondad de él, aportando desde luego la carta de tal sector, los beneficios consiguientes.

Bueno es consignar de paso algunas consideraciones como dato ilustrativo, por haberse presentado durante casi todo el curso de las operaciones. Resultó un tanto difícil la triangulación de arranque, debido a la parte baja en que está edificada la ciudad vieja y las cortinas de árboles que limitan los solares de quintas y huertas, todo unido a ciertos fenómenos atmosféricos que se produjeron con frecuencia durante el tiempo de trabajo en campaña, consistente en grandes tormentas de tierra, o mejor dicho de arena muy fina, provenientes del interior de la provincia. Aparecían estas tormentas, particularmente en las primeras horas de la mañana, sobre la ciudad y alrededores hasta varias leguas afuera, en forma de densas nubes que actuando como pantallas, limitaban completamente el horizonte e impedían las visuales, aún de las más cortas, que debían extenderse para la triangulación; el fenómeno tan frecuente se prolongaba algunas veces hasta por la tarde y aún durante días.

La sequedad del aire y el suelo en general ligeramente arenoso, es la causa de este inconveniente que en regiones análogas se producirá por idénticas razones, particularmente en épocas de seca. Pero por otra parte, el clima también ofrece ventajas para los trabajos geodésicos: las lluvias no muy frecuentes, depositan sus aguas por muy poco tiempo sobre el suelo permeable; una rápida absorción completada por una pronta evaporización, deja el suelo en condiciones de poder transitar prontamente, el aire se torna agradabilísimo y diáfano después de ellas, especialmente en la primavera y el verano, facilitándose en tales casos las operaciones y pudiéndose por ello recuperar en muchas ocasiones el tiempo perdido por las tormentas de arena expresadas.

Sólo he querido mencionar esta ligera síntesis ilustrativa, a fin de que sea considerada como un aporte de experiencia recogida, para tenerse en cuenta por el personal que ha de trabajar en el futuro en tales o parecidas regiones, al extenderse más estos trabajos en vista de que podrían llamar la atención tales inconvenientes en un principio y para evitar, en consecuencia, el tener que sufrir los trastornos consiguientes, los que varían en razón directa a la magnitud del trabajo y al número del personal y equipo de una comisión formada. Pues, sabiendo esto, se puede—cuando surgen inconvenientes para ciertas operaciones—ocupar el personal en otras cosas para ganar tiempo en las múltiples tareas que se presentan en estos trabajos tan complejos.

La triangulación de referencia es aislada, o mejor dicho local y se apoya en una primera base de 2048 metros, próxima a la estación Alta Córdoba y paralela a un trozo de la línea férrea y controlada con una segunda base de 1350 metros. Denominé estas bases para distinguirlas mejor, en *base antigua* y *base nueva*, respectivamente.

La triangulación se orientó determinando al efecto un azimut en el punto Coco, por el procedimiento de alturas de un astro (sol). El lado Coco-Chimenea Gobierno Nacional resultó con un azimut de $37^{\circ}. 40' 00'' \pm 6'', 5$.

No fué posible en general obtener que los triángulos de arranque fueran equiláteros y formaran figuras exagonales, como se deseaba, pues apenas se pudo arrancar con lados muy cortos.

Salvados los inconvenientes que se opusieron al principio a las visuales, se pudo ampliar los triángulos; pués a medida que el trabajo se alejaba de la Capital, más largas pudieron ser éstas y no obstante los fines topográficos a que se destinaba, se extendió una red de triángulos con lados largos en su mayoría.

El término medio de la longitud de lados en la triangulación es de 11600 metros.

Para esta triangulación me valí de puntos naturales y artificiales del terreno, como así de otras señales trigonométricas. Los puntos auxiliares que tomé fueron muchos y de ellos utilicé una parte para estaciones y bisecciones de la triangulación principal; en algunos se apoyaron mas tarde otras triangulaciones auxiliares que complementadas así, permitieron el levantamiento topográfico interno de relleno total de 12 planchetas de 6' x 6' c/u.

Doy en el gráfico N°. 1 sólo la representación de la triangulación principal, cuyos puntos y coordenadas obtenidas por los cálculos finales compensados, se expresan en la planilla A.

Los puntos indicados en la planilla A quedaron marcados en el terreno del modo que se indica en su 5ª. columna, encontrándose parte de los puntos trigonométricos en muros y parte en el suelo. Las marcaciones fueron construidas exactamente en los mismos puntos donde se hicieron las estaciones, pues evité las reducciones al centro. Además fueron determinados otros puntos por intersección, como chimeneas, pararrayos, molinos, iglesias, etc.

Además de los puntos especificados en la aludida planilla A, fueron tomados muchos otros auxiliares, de los cuales se utilizaron en los cálculos definitivos solamente los necesarios para los fines topográficos.

En esta triangulación medí los ángulos con un teodolito Breithaupt de 10 segundos de aproximación, alternando las posiciones del anteojo. En general tomaba seis series completas en cada pun-

to, método que como es sabido exige que a un mismo tiempo y desde una estación se vean perfectamente todos los puntos correspondientes a ella (Satzmessung). Aplicando la fórmula internacional, resulta un error medio de un ángulo medido de $\pm 10''$. Las dos bases de *arranque* y de *llegada*, indicadas anteriormente, fueron medidas con una cinta de 3mm. de ancho, 1|2 mm. de espesor y de 96 m. de longitud, milimetrada en sus extremos; el procedimiento que utilicé fué el que se emplea con los alambres invar, llegando a una precisión de 1: 130 000.

Debido a la orientación que dí a los trabajos, pude controlarlos en múltiples formas y comprobar su marcha sistemática con los cálculos que día a día iba haciendo.

Toda esta triangulación exparcida en 432 minutos cuadrados, fué ligada al meridiano que pasa por el Observatorio Nacional de Córdoba comprendida entre los meridianos $0^{\circ} 12'$ Este de Córdoba y $0^{\circ} 12'$ W. de Córdoba y los paralelos $31^{\circ} 18'$ al $31^{\circ} 36'$.

Se efectuó una nivelación geométrica de un polígono cerrado que comprende los puntos más centrales de la triangulación y tiene igualmente en cuenta el conjunto de ésta, y se establecieron comparaciones y controles al pasar por las líneas férreas. Se empleó al efecto un nivel Troughton. El error medio de un kilómetro nivelado resultó ser de 36 mm.

Las señales trigonométricas empleadas en esta triangulación satisficieron un anhelo de economía en tiempo y dinero asegurando la exactitud requerida en que me inspiré siempre; justo es también expresarlo, porque tales señales suman siempre un buen renglón en los presupuestos de gastos de las comisiones de triangulación en campaña. Fué empleada siempre la "Bandera Heliótopa" de mi exclusiva invención.

El gráfico N° 2 indica el levantamiento topográfico regular efectuado a base de las triangulaciones principal y secundaria. Muy en breve se hará una edición en colores de esto mismo y a idéntica escala de 1: 50.000.

PLANILLA A

Nombre d. punto	Latitud	Longitud	Ubicación detallada del punto trigonométrico	Marcación del punto
Coco nuevo	— 31° 33' 05", 286	— 64° 20' 26", 578	En el suelo	Mojón
Pozo Locro	— 31° 32' 47", 060	— 64° 18' 15", 547	En el suelo	Mojón
Carranza Jofre	— 31° 31' 51", 492	— 64° 09' 21", 554	{ Sobre el parapeto d.l. casa particular d. Sr. Carranza Jofre	Chapa 34
Sarmiento	— 31° 31' 40", 054	— 64° 07' 03", 135	En el suelo	Mojón
Félix Sanchez	— 31° 31' 17", 975	— 64° 14' 05", 589	En el suelo	Mojón en el Alto d. l. Videlas
La Carbonada	— 31° 31' 03", 578	— 64° 05' 45", 416	En el suelo	Mojón
Martin Ferreyra (Coco).....	— 31° 31' 02", 925	— 64° 15' 39", 800	En el suelo	Mojón
Félix Cabral.....	— 31° 29' 27", 686	— 64° 11' 45", 446	{ La casa queda a mano izquierda del camino a los Molinos	Chapa sobre el te- cho d. l. casa
Martin Ferreyra (Jofre)	— 31° 29' 24", 235	— 64° 20' 22", 814	En el suelo	Mojón
Tomás Martínez	— 31° 28' 50", 782	— 64° 05' 03", 266	{ Camino de Córdoba a Ferreyra	Chapa sobre el te- cho d. l. casa
Pablo Cothenot.....	— 31° 28' 39", 884	— 64° 09' 37", 422	En el suelo	Mojón
Capilla Bustamante.....	— 31° 28' 22", 972	— 64° 08' 11", 921	{ Sobre el techo d.l. Capilla del Dr. Busta- mante	Chapa
Nueva Base Extremo W.....	— 31° 28' 16", 802	— 64° 17' 11", 452	En el suelo	Mojón
y E.....	— 31° 28' 03", 940	— 64° 16' 22", 597	En el suelo	Mojón
Jesús Monteros.....	— 31° 28' 13", 635	— 64° 13' 36", 522	En el suelo	Mojón
M. Mota	— 31° 27' 30", 816	— 64° 17' 16", 761	Sobre el techo d. l. casa	Chapa
Juan López.....	— 31° 26' 56", 807	— 64° 14' 05", 411	En el suelo	Mojón
Chimenea Gob. Nacional.....	— 31° 26' 50", 148	— 64° 11' 52", 235	{ En la parte inferior d. l. chimenea	Chapa

(continuación PLANILLA A)

Nombre d. punto	Latitud	Longitud	Ubicación detallada del punto trigonométrico	Marcaación del punto
Garay Hermanos.....	- 31° 26' 59", 627	- 64° 04' 59", 650	En el suelo	Mojón
Chimenea Mancha Blanca.....	- 31° 26' 56", 846	- 64° 10' 35", 377	} En la parte inferior d. l. chimenea	Chapa
Manuel López.....	- 31° 26' 02", 582	- 64° 17' 48", 672	En el techo d. l. casa	Chapa
Palacio Crisol.....	- 31° 25' 55", 272	- 64° 11' 09", 287	} En el frente del edificio Mirador	Chapa
Luis Pruneda (J. Villalba).....	- 31° 25' 54", 960	- 64° 14' 07", 947	En el techo d. l. casa	Chapa
Manuel Gil.....	- 31° 25' 53", 658	- 64° 19' 58", 785	En el suelo	Mojón
San Vicente.....	- 31° 25' 53", 454	- 64° 08' 27", 408	} En la terraza d' mirador (antiguo Sud)	Chapa
Monte Piedad.....	- 31° 25' 56", 240	- 64° 11' 05", 545	En el suelo	Mojón
Observatorio.....	- 31° 25' 15", 450	- 64° 12' 05", 300	} En el techo corredizo casilla meridiana	Chapa
Domingo Salinas o Blanco....	- 31° 25' 11", 416	- 64° 16' 05", 249	En el suelo	Mojón
D. Bidon.....	- 31° 24' 52", 277	- 64° 14' 10", 275	En el parapeto d. l. casa	Chapa
Joel Revol.....	- 31° 24' 30", 806	- 64° 15' 15", 154	Sobre el techo d. l. casa	Chapa
Loma S. Martín.....	- 31° 24' 10", 065	- 64° 11' 45", 545	En el suelo	Mojón
Antigua Base O.....	- 31° 23' 59", 572	- 64° 10' 19", 279	En el suelo	Con mojón y estaca
F. C. Alta Córdoba.....	- 31° 23' 56", 975	- 64° 10' 56", 735	En el techo Est.	Chapa
Argañaz.....	- 31° 23' 53", 695	- 64° 13' 53", 776	En el suelo	Mojón
Loma Ea. Cañada Molina.....	- 31° 23' 42", 940	- 64° 19' 46", 170	En el suelo	Id. con letras I. G. M.
La Cárcel.....	- 31° 23' 52", 565	- 64° 11' 58", 549	Abajo d. asta d. l. bandera	Chapa
Cervecería Río 2°.....	- 31° 23' 26", 616	- 64° 11' 41", 706	En el eje vertical chimen.	Chapa
Martinoli o Soria.....	- 31° 23' 19", 250	- 64° 18' 40", 653	En el suelo	Mojón
Lorenzo Saldúa.....	- 31° 22' 52", 413	- 64° 13' 15", 325	En el suelo	Mojón
Cerro de San Pedro.....	- 31° 21' 48", 629	- 64° 19' 44", 650	En el suelo	Mojón
Silvano Funes.....	- 31° 20' 29", 442	- 64° 15' 25", 697	Sobre el mirador	Chapa
Antigua Base E.....	- 31° 23' 56", 715	- 64° 09' 06", 568	En el suelo	Mojón

ADRIAN RUIZ MORENO
Tte. Coronel-Ing° Geógrafo

“BANDERA HELIÓTROP A. RUIZ MORENO”

Objeto y descripción

Esta señal (Bandera Heliótropa), que en su parte esencial es una bandera de lonilla blanca y colorada con un espejo central, tiene por objeto facilitar los trabajos de triangulación, de reconocimientos y mensuras en general, tanto más si se opera en terrenos llanos y boscosos, como generalmente sucede en nuestro país. Siendo visible a cualquier distancia, sin inconveniente alguno, facilita la orientación, indica el punto vértice de un polígono, si en él se la coloca, denota la proximidad del punto si se la destina a este objeto, aún cuando el punto buscado quede oculto aparentemente por los accidentes del terreno, por condiciones atmosféricas o por la vegetación; subsanándose siempre tan serios inconvenientes con el empleo de esta señal, colocada en un asta que varía de 5 a 10 metros y que consta de varios cuerpos unidos a rosca y tornillo. (Fig. 1)

Su sencillísimo transporte se efectúa por un solo hombre y se dispone el todo como lo indica la figura 2; para el manejo de esta señal basta un solo hombre.

Modo de emplearla

Cuando se busca esta Bandera Heliótropa en el horizonte se destaca rápidamente, apareciendo en el campo del anteojo como una estrella de primera magnitud muy brillante, que aparece y desaparece continuamente, debido al haz luminoso que proyecta el espejo que se mueve constantemente al flamear la Bandera, aún con muy poco viento; es precisamente para obtener este resultado que la bandera es de género y se la deja flamear, pues si fuera rígida haría el efecto de una veleta y solo sería visible de algunas direcciones, mientras que con el dispositivo dicho, se ve de cualquier dirección.

Una vez visto el espejo y bandera, en seguida se percibe su asta, que es lo que se busca, pudiendo visarse en algunos casos la misma bandera, según la distancia, precisión del trabajo, condiciones de visibilidad, etc.

Colocando estas banderas, a distancias que variaron entre 5 y 20 km., se emplearon ventajosamente, presentando siempre excelentes condiciones de estabilidad y visibilidad, permitiendo encontrar inmediatamente el punto fijo buscado, no obstante presentarse los objetos del terreno poco visibles y difíciles de ser percibidos, ya por el mal estado del aire, condiciones atmosféricas, mucha vegetación u otros agentes, que sin la mencionada bandera no se distinguirían, ni aún con anteojos de gran poder.

Se puede emplear a distancias dobles y aún triples, presentando siempre la misma bondad, debiéndose en estos casos aumentar las dimensiones, lo mismo que el diámetro del espejo, y colocar la bandera a mayor altura, en razón de la esfericidad de la tierra (1).

Cuando hay mucho viento, o que estas banderas deben durar muchos días colocadas en el terreno, o se emplean astas largas, se ponen dobles, triples y cuádruples filas de viento, convenientemente espaciados a lo largo del asta, para mayor seguridad y estabilidad de la vertical, los cuales deben ser de preferencia de alambre, cables o fuertes hilos, dispuestos de una manera expeditiva.

Las dimensiones normales de la Bandera Heliótopa son las siguientes: largo 1.50 m. por 1 m. de ancho, llevando en su centro un doble espejo circular metálico, muy liviano, pulido, en sus dos caras, cuyo diámetro varía entre 0.10 y 0.12 mts. \pm , para trabajar a las distancias ordinarias; para emplearla a distancias mayores, el diámetro del espejo será dado de acuerdo a la fórmula especial (2).

(1) Ver "Señales Trigonómicas" por Adrían Ruiz Moreno, año 1915.

(2) Ver descripción detallada y fórmula en Metodología Parcial de Ingeniería aplicada a la Geodesia y Topografía del autor, año 1916.

Marcación de puntos

Se procede como indican las figuras 4 y 5.

La planilla B muestra las diferencias que ocasionan en tiempo y costo los trabajos de triangulación efectuados en campaña, empleando señales trigonométricas para estos trabajos y las comunes de madera o de hierro, etc., y empleando la “Bandera Heliótropa A. Ruíz Moreno”.

PLANILLA B (3)

*Empleando señales comunes de madera, hierro o mampostería
para triangular 100 kilómetros²*

Tiempo	Gasto para el personal y ganado	Gasto por 10 días para colocación de señales	Gasto por 6 señales
30 días	\$ 1410	\$ 470	\$ 480
Total General.....		\$ 2360	

Empleando las mismas señales para 400 kilómetros²

Tiempo	Gasto para el personal y ganado	Gasto por 40 días para colocación de señales	Gasto por 24 señales
120 días	\$ 5640	\$ 1880	\$ 1920
Total General.....		\$ 9440	

(3) Los precios consignados en esta planilla son los que regían en la época en que realicé la triangulación; hoy puede considerarse que las señales trigonométricas comunes, cuestan el 180 o/o más, mientras que las Banderas Heliótropas, solo han aumentado escasamente el 50 o/o.

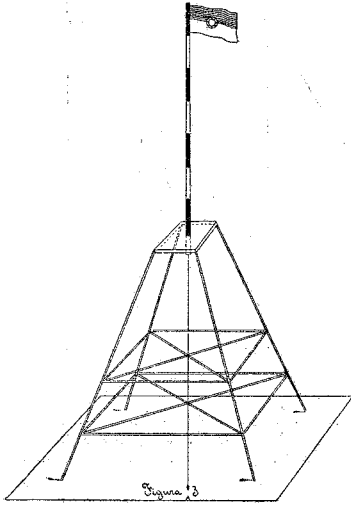


Figura 3
 Aparato que sirve para alinear la Bandera Poligráfica sobre los centros de las casas para marcar el punto trigonométrico (véase como se alinea en la página 10).

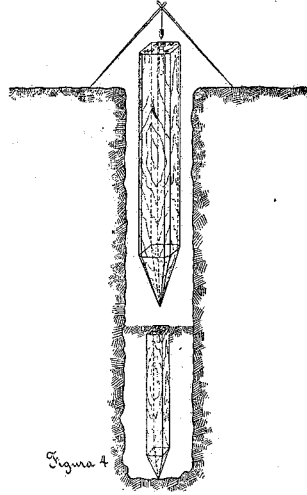


Figura 4
 Marcación de los puntos en el suelo (con alfileres de madera dura) empleando la Bandera Poligráfica.

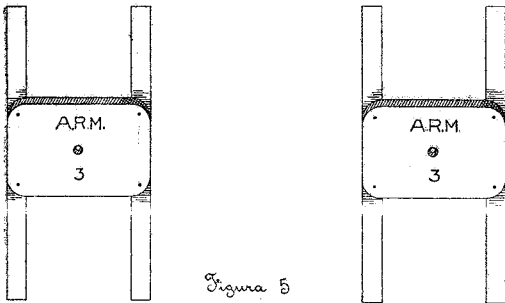


Figura 5

Chapas para marcación de los puntos trigonométricos sobre las casas o en muros.
 En el centro de la chapa pone una pequeña punta de acero indicando la plancha, y los pies de la chapa van embutidos en el muro.

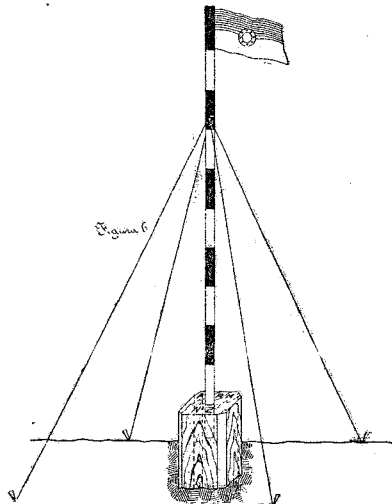
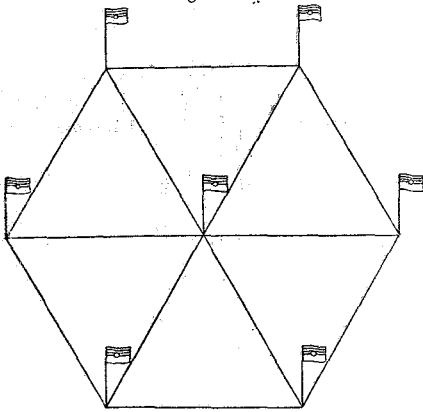


Figura 6

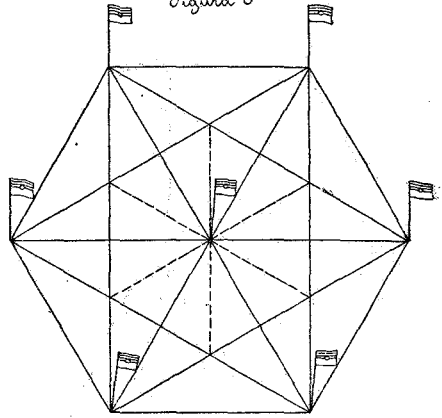
Monta el alfileres la Bandera Poligráfica en el punto trigonométrico indicado por el signo de madera, cuando se emplea como señal definitiva.

Figura 7.



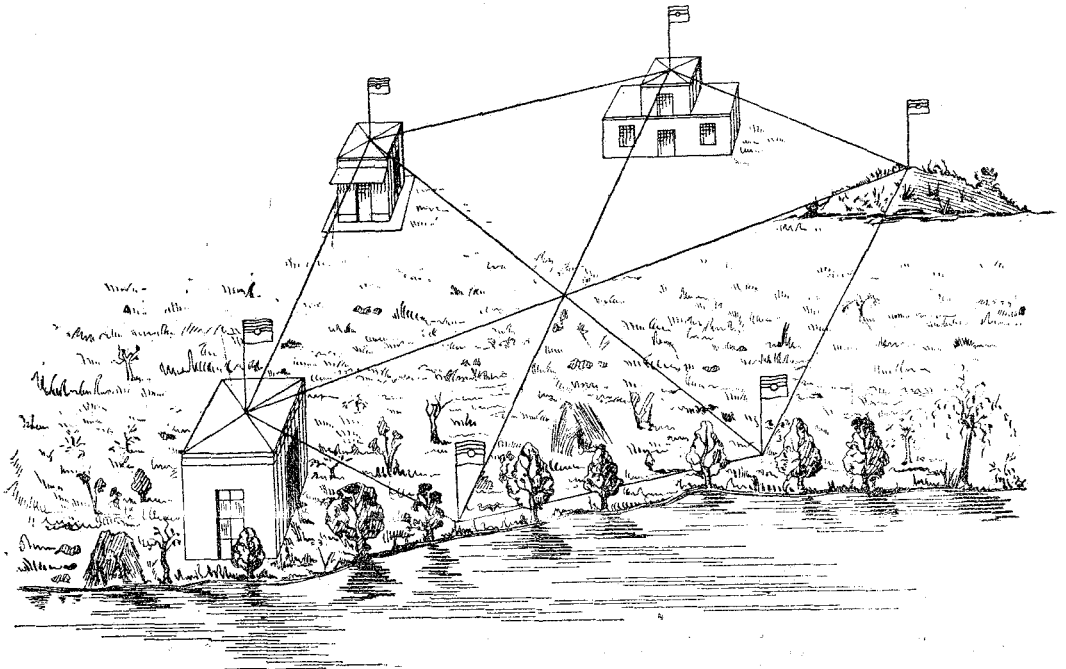
Indicación de la manera como se colocan las reales Banderas Heliótropas en la primera faz de un trabajo de forma regular, que permite una rápida prolongación.

Figura 8



Manera como debe hacerse el trabajo en un terreno que da una figura regular (casigo por ejemplo) cuando se trata de ampliar en tal forma el trabajo empleando las mismas señales (Bandera Heliótrofa).

Figura 9



Algunas de las distintas maneras en que pueden colocarse las Banderas Heliótropas según los accidentes del terreno para el trabajo, permitiendo su marcación, terminarlo con toda rapidez.

*Empleando la «Bandera Heliótropa A. Ruiz Moreno» para triangular
100 kilómetros²*

Tiempo	Gasto para el personal y ganado	Gasto por 10 días para colocación de señales	Gasto por 6 señales
12 días	\$ 564	\$ no hay	\$ 300
Total General.....		\$ 864	

Empleando la «Bandera Heliótropa A. Ruiz Moreno» para 400 kms.²

Tiempo	Gasto para el personal y ganado	Gasto por 48 días para colocación de señales	Gasto por 6 señales
48 días	\$ 2256	\$ no hay	\$ 300
Total General.....		\$ 2556	

Economía en tiempo y costo empleando la «Bandera Heliótropa A. Ruiz Moreno» en los 100 kilómetros cuadrados triangulados

Tiempo	Gasto para el personal y ganado	Gasto por 10 días para colocación de señales	Gasto por 6 señales
18 días	\$ 846	\$ 470	\$ 180
Total General.....		\$ 1496	

Economía en tiempo y costo empleando la «Bandera Heliótropa A. Ruiz Moreno» para los 400 kms²

Tiempo	Gasto para el personal y ganado	Gasto por 40 días para colocación de señales	Gasto por 6 señales
72 días	\$ 3584	\$ 1880	\$ 1620
Total General.....		\$ 6884	

Así se ve claramente las enormes ventajas, rapidez y economía que reporta en los trabajos de triangulación y lo mismo se demostraría para cualquier mensura de dimensiones regulares en que se trabajara empleando la Bandera Heliótropa, estando siempre en perfecta armonía estas ventajas con el grado de exactitud que su empleo da.

Observaciones importantes

Con este modelo de señal trigonométrica (Bandera Heliótropa) y la manera de fijar los puntos, queda resuelto en gran parte el problema a resolver en países como la República Argentina respecto a forma y naturaleza a dar a las señales para las triangulaciones de órdenes menores. Llegando a las siguientes e importantes conclusiones:

1º.—Gran economía de tiempo en el trabajo, pues en seguida se sabrá, al efectuar el reconocimiento, cuáles puntos son visibles y convienen en el terreno, teniendo además gran seguridad en la identificación, evitando confusiones con los objetos vecinos, dado que hacen destacarse los puntos buscados de todos los demás, facilitando enormemente el trabajo y haciéndolo adelantar rápidamente.

2º.—Economía en los gastos que demandan las comisiones de triangulación, pues ya no será preciso pasar días y aún semanas en cada punto difícil ni emplear varios operadores en la construcción y colocación de las señales.

3º.—Gran facilidad en su transporte; dado que el asta es armable y desarmable, (se desarman para el transporte los tres cuerpos de ella) conduciéndose con la misma facilidad que se lleva un juego de jalones; en cuanto a la bandera, espejos, cables, vientos y demás accesorios, ya hemos visto como se transportan en la caja que se lleva al efecto donde se acondicionan (según modelo, fig. 2); de modo que basta un solo hombre para transportar esta importante señal con toda comodidad y rapidez.

4°.—El precio de la bandera-señal es sumamente reducido y su duración es de varios años.

5°.—Estando el asta graduada en divisiones grandes de metro en metro y en otras más pequeñas de 0.25 en 0.25 mts., facilita en ciertas ocasiones medir directamente la altura del instrumento y efectuar cualquier otra medida que tenga que hacerse, cuando se carezca de cintas, cadenas, etc., por alguna circunstancia imprevista, pudiendo además emplearse como jalones los tres cuerpos del asta.

6°.—Da una buena precisión cuando se la utiliza como señal definitiva; y cuando como auxiliar denota inmediatamente la posición del punto buscado.

7°.—Considerable rapidez y exactitud se obtiene en el replanteo de las operaciones en campaña cuando ellas fueran interrumpidas por cualquier circunstancia.

8°.—Otra ventaja enorme que ofrece, es que si se quiere replantar el trabajo, por cualquier circunstancia en el terreno una vez colocado los mojones y sacadas las señales, no hay más que mandar colocar las Banderas Heliótopas en los agujeros centrales de la parte superior de tales mojones, si los puntos están en el suelo; y si sobre casas, muros, etc., colocarlas según el dispositivo indicado anteriormente, siguiendo el trabajo sin esperar más. Mientras que con las torres u otras señales se precisarían días y aún varias semanas para poder habilitar un punto si se hubieran sacado las torres, y que por alguna circunstancia fuera necesario servirse de tal punto.

ADRIAN RUIZ MORENO

Tte. Coronel-Ingeniero Geógrafo

Buenos Aires, julio de 1920.
