



TAQUIMETRIA

DE

DE PRECISION

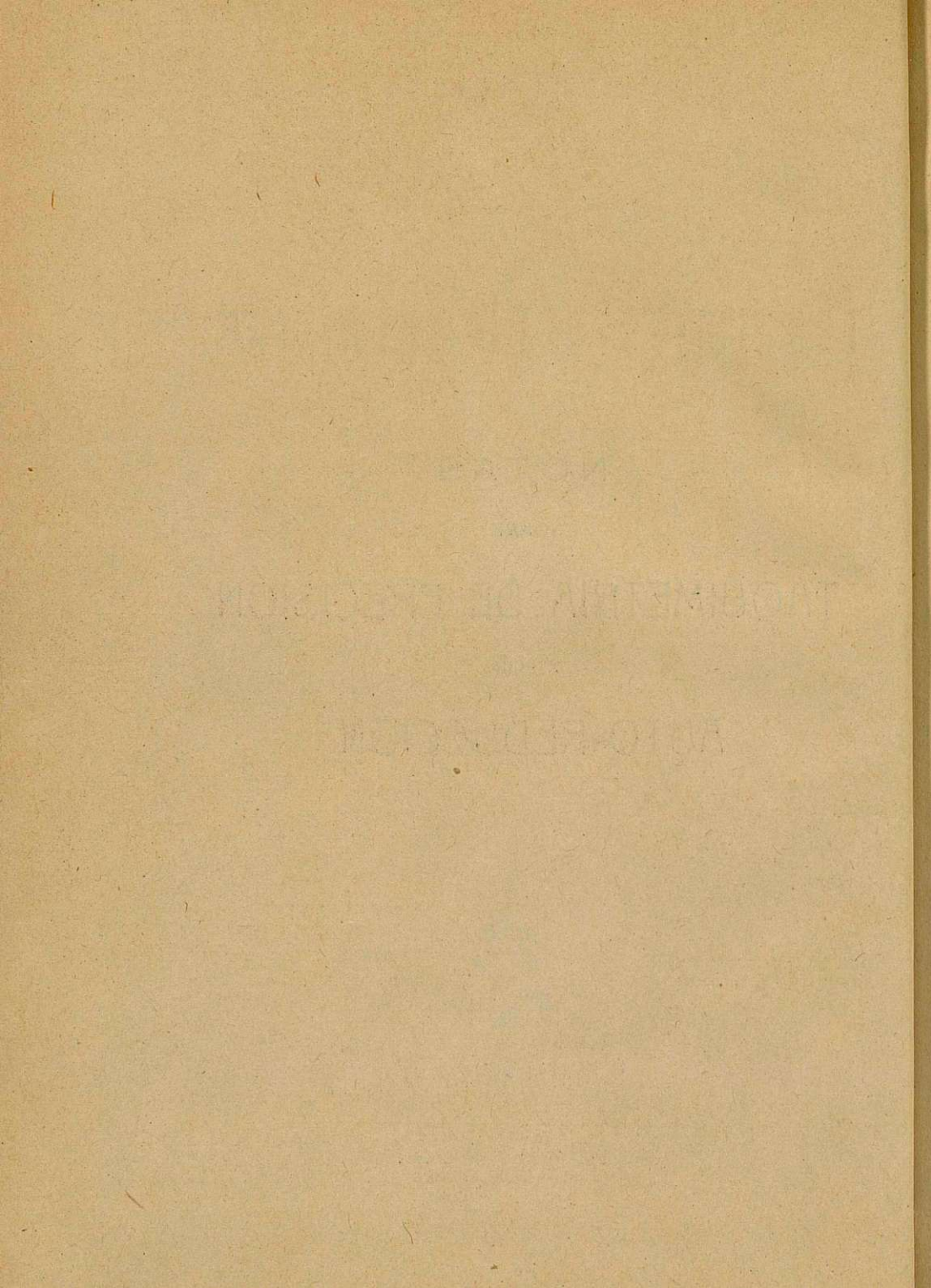


F.A.S.

195

NOTAS
SOBRE
TAQUIMETRIA DE PRECISIÓN
Y POR
AUTO-REDUCCIÓN





NOTAS

SOBRE

TAQUIMETRÍA DE PRECISIÓN

Y POR

AUTO-REDUCCIÓN

PRECIO: 10 PESETAS

SEGOVIA

Imp. de la Academia de Artillería

1927

Los pedidos a la Academia de Artillería o a su autor en Tetuán
(Africa).

BIBLIOGRAFIA

Ruiz Amado.—Tratado de Topografía moderna.

Suárez Inclán.—Tratado de Topografía.

Fernández Ferrer.—Comprobación, corrección y compensación de Aparatos Topográficos.

Gallego.—Lecciones de Topografía.

Elola.—Topografía.

Más y Zaldúa.—Taquímetros auto-reductores.

Salmoiraghi.—Guide du Geomètre Moderne.

Idem.—Taqueómetros.

Puller.—Aparatos auto-reductores.

Hammer-Fennel.—Nuevo Taquímetro auto-reductor.

Cuartero. }
Gascué... } Tablas taquimétricas.

Bárcenas.—Lecciones de Taquimetría.

Amsler.—Los nuevos Planímetros.

Windisch (Ing.^o).—Die Auwendimg des Wagner-Eennelschen Tachymeters.

Wilhelm Breithaupt.—Les Tacheometres a Projection.

Adolf Fennel.—Hammer-Fennels Tachymeters.

Dr. E. Hammer.—Der Hammer-Fennel'sche Tachymeters-Theodolit.

PRÓLOGO

La citación bibliográfica, que como vanguardia de estas *Notas* dejamos escrita, me evitaría decir que ninguna novedad pude yo, seguramente, incluir en sus páginas para quienes, buenos conocedores del Método Taquimétrico, llegaran a hojearlas. Escritas para nuestros Alumnos de la Academia de Artillería, o para quienes en un aprendizaje breve les facilite los conocimientos indispensables de la moderna Topografía de precisión y por auto-reducción, he buceado en los maestros que a mi me enseñaron y sólo pretendí entresacar, entre tanto bueno como en ellos puede aprenderse, las partes más aprovechables para los que dan sus primeros pasos en esa rama de la Topografía que han sabido sublimar Porro, Salmoiraghi, Elola, Más y Zaldúa, Ruiz Amado, el profesor Hammer... y tantos otros.

Recurrir a ellos para un absoluto dominio será el mejor consejo siempre; conformarse con las ideas fundamentales y prácticas que aquí se han recopilado, es pretensión muy modesta que me llevó a escribirlas para mis alumnos en tanto que, las necesidades o sus aficiones, no les pidan más extenso campo de estudio.

Segovia y Enero de 1926.

Tetuán y Marzo de 1927.

PRÓLOGO

Este libro es el resultado de un trabajo conjunto de varios autores, que han querido compartir con el lector los frutos de su investigación y de su experiencia en el campo de la literatura. El libro está dividido en tres partes: la primera, que trata de la historia de la literatura, la segunda, que trata de la crítica literaria, y la tercera, que trata de la teoría literaria. En cada una de estas partes, los autores han tratado de presentar una visión clara y objetiva de los temas que les han interesado, y de ofrecer al lector una serie de herramientas que le permitan comprender y analizar la literatura de una manera más profunda y crítica.

El primer capítulo, que trata de la historia de la literatura, comienza con una breve introducción a la historia de la literatura en general, y luego se divide en tres secciones: la primera, que trata de la literatura clásica, la segunda, que trata de la literatura medieval, y la tercera, que trata de la literatura renacentista. En cada una de estas secciones, los autores han tratado de presentar una visión clara y objetiva de los temas que les han interesado, y de ofrecer al lector una serie de herramientas que le permitan comprender y analizar la literatura de una manera más profunda y crítica.

El segundo capítulo, que trata de la crítica literaria, comienza con una breve introducción a la crítica literaria en general, y luego se divide en tres secciones: la primera, que trata de la crítica formalista, la segunda, que trata de la crítica estructuralista, y la tercera, que trata de la crítica marxista. En cada una de estas secciones, los autores han tratado de presentar una visión clara y objetiva de los temas que les han interesado, y de ofrecer al lector una serie de herramientas que le permitan comprender y analizar la literatura de una manera más profunda y crítica.

El tercer capítulo, que trata de la teoría literaria, comienza con una breve introducción a la teoría literaria en general, y luego se divide en tres secciones: la primera, que trata de la teoría de la narración, la segunda, que trata de la teoría del discurso, y la tercera, que trata de la teoría del texto. En cada una de estas secciones, los autores han tratado de presentar una visión clara y objetiva de los temas que les han interesado, y de ofrecer al lector una serie de herramientas que le permitan comprender y analizar la literatura de una manera más profunda y crítica.

TAQUIMETRÍA

1. **Definición y división.**—Taquimetría, Celerimensura ó Método taquimétrico es un caso de levantamientos topográficos en que le da nombre, no tan solo el aparato de que se sirve (Taquímetro), sino que con él ya sobrentiende el topógrafo el procedimiento a seguir, que es el de *Radiación*, bien desde una sola y única estación, vértice polar o centro de estrella, bien desde varios ligados entre sí, dentro del mismo método, por una o diferentes *poligonales*.

La comodidad, la rapidez y la exactitud tanto del método como de los aparatos, han hecho de la Taquimetría un caso tan generalizado y expedito que puede decirse es casi único para las zonas de mediana y pequeña extensión en que las circunstancias aconsejen, o fuercen, a no detenernos en redes trigonométricas ni aun topográficas; y si sacrificamos algo de la exactitud en gracia a la enorme rapidez que hoy puede obtenerse con los aparatos *autorreductores*, el sistema será en muchos casos de una resolución tan atrayente y feliz que alejará del operador el prejuicio de su empleo si llega a manejarlos bien asegurado de que las comprobaciones y correcciones, indispensables y escrupulosas, fueron hechas personalmente y le garantizan el levantamiento con unos límites de error, tan admisibles por su magnitud, como siempre el topógrafo debe exigir dado el punto de vista desde el cual enfoque el problema y las circunstancias del momento le obliguen.

Para el militar la Taquimetría en general ha de ser su método topográfico favorito, y la Taquimetría por autorreducción la que mayores rendimientos le dará si se aviene con fe a tener el autorreductor que use bien corregido previamente.

En nuestro estudio vamos pues a dividir el trabajo en dos partes:

- a) La Taquimetría de precisión.
 - b) La Taquimetría por autorreducción.
-

PRIMERA PARTE

TAQUIMETRÍA DE PRECISIÓN

LA TAQUIMETRÍA DE PRECISIÓN EN SUS FUNDAMENTOS

2. Exposición del método.—A la vista de la zona del terreno cuyo levantamiento topográfico deseamos, y según el aparato que hayamos de usar, explicaremos más adelante el *caso* que convenga seguir; pero en términos generales se comprende que si esa zona, que supongamos fuese la abarcada en la figura 1.^a, la imaginamos cubierta por *estrellas* desde cuyos centros A, B, C..., partieran sus rayos a cuantos puntos, 1, 2, 3, 4..., 11, 12, 13..., 21, 22, 23..., nos interesaran para el levantamiento del plano, si los datos tomados en el campo son todos los precisos para dibujar en el papel (como plano horizontal de la proyección) esas *estrellas* que imaginativamente suponemos en la zona, y no solamente para cuantos puntos intervienen de cada una, sino también aquellos otros datos que nos permitan ligar el dibujo fiel de unas a otras, al quedar luego como plano definitivo del levantamiento la situación de los puntos 1, 2, 3..., 11, 12, 13..., desapareciendo las formas estrelladas de la radiación, veríamos exactamente en nuestro trabajo de gabinete, completado con la técnica del dibujo topográfico, la reproduc-

ción que nos proporcionó la toma de datos por Taquimetría en los trabajos de campo.

3. Determinación de un punto en el espacio y coordenadas taquimétricas para que quede determinado en el plano topográfico. — La real y verdadera determinación de un punto no lo será más que estudiada con relación a otro

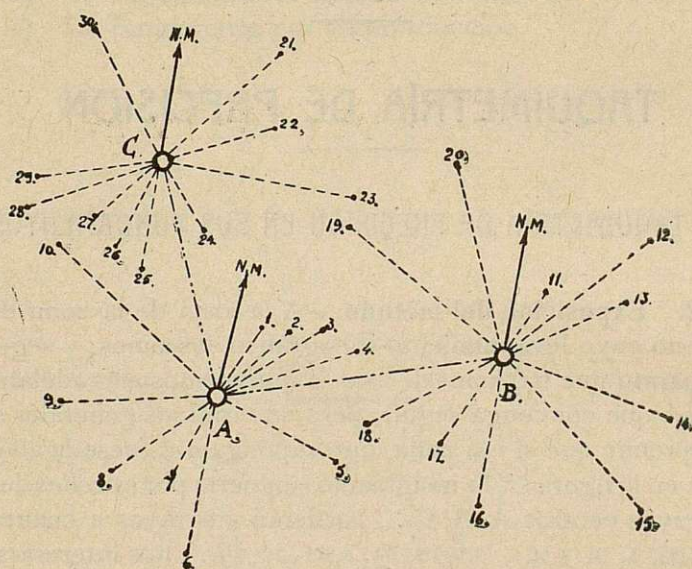


Fig. 1.^a

situado o elegido de antemano; y como en tal orden de consideraciones siempre llevaríamos el problema al *punto anterior*, es forzoso lógicamente arrancar de un origen que tendrá su existencia real en la zona de terreno sobre que operamos pero cuya representación planimétrica, en el dibujo de nuestro estudio, será arbitraria, y cuya altitud será ya conocida y la pondremos, o de no serlo, caso muy general en levantamientos pequeños, le señalaremos con la cota del plano de comparación que nos convenga y que en este

dos inconvenientes: el primero procede de que la situación del punto B queda fijada en el espacio pero no en el plano proyectante horizontal o de comparación que es donde en realidad habremos de dar señalado el punto y en donde se ha de precisar su valor y estudio topográfico; y el segundo nace de que para obtener D, distancia geométrica, es forzoso, pues que así lo sabemos por el fundamento del método de las estadias, situar la mira perpendicular al eje del anteojo que haga las lecturas en ella.

Estas dificultades se salvan prescindiendo del plano vertical Z — NM quedándonos tan solo con su traza A, NM, (meridiana magnética) que al girar alrededor de A cuanto sea el rumbo de AB, deja en el plano de comparación (plano del limbo azimutal) su dirección Ab' , y si ahora en B, y verticalmente, colocamos la mira y se dirige una visual para interceptar, con cualquier inclinación zenital V' , una magnitud de mira función del ángulo diastimométrico que del retículo empleemos, se tendrá con V' y $g = a - b$ (número generador) los elementos θ , V' , y g que darán las *coordenadas mixtas* para situar B, puesto que girando θ tenemos la longitud indefinida de la proyección de D, y con V' y g por las fórmulas conocidas de Topografía:

$$d = g \operatorname{sen}^2 V' \quad (1')$$

$$z = d \cot g V' + i - h = g \operatorname{sen} V' \cos V' + i - h \quad (2')$$

podremos tomar sobre Ab' la magnitud $Ab = d$ y sin necesidad de levantar la perpendicular bB para fijar B pondremos sobre b (proyección ortogonal de B) la cota z calculada.

5. En las fórmulas (1') y (2') una vez hecha la explicación teórica para la cual nos ha sido preciso emplear y distinguir los ángulos V (zenital de B) y V' (zenital de un punto cualquiera de la mira) las haremos de notación más

sencilla usando V en vez de V' sin olvidar en la práctica lo que nos quiere representar:

$$d = g \operatorname{sen}^2 V \quad (1)$$

$$z = d \cotg V + i - h = g \operatorname{sen} V \cos V + i - h \quad (2)$$

y en las que para g hay, como sabemos, que multiplicar $a-b$ diferencia de lecturas de la mira, por el factor numérico que corresponda al ángulo diastimométrico que del retículo se emplee, por ejemplo:

$$g = a - b, \quad g = 2(a - b), \quad g = 4(a - b) \dots$$

6. Todavía podemos, y es de necesidad absoluta al Topógrafo taquimetrista, estudiar unas nuevas coordenadas que nos lleven a la determinación del punto más exactamente, y que sirviendo para garantir la colocación en el plano de aquellos que por su importancia requieren más precisión en su planimetría, ayudarán siempre a comprobar los que ya estén determinados por las coordenadas mixtas cuando tales verificaciones puedan ser recomendables, que hoy lo serán casi siempre o mejor siempre, y sobre todo en los replanteos de trabajos hechos en épocas muy distantes o por personal sin conocidas garantías.

Las *coordenadas ortogonales* llenan tal cometido, y prescindiendo de su definición por harto conocidas, calcularemos sus valores en función de los datos θ , g y V que en el campo obtuvimos para cada punto.

En el triángulo rectángulo $A bb''$ (Fig. 3.^a) se saca que,

$$x = bb'' = d \operatorname{sen} (\pi - \theta) = d \operatorname{sen} \theta \quad (3)$$

$$y = Ab'' = d \cos (\pi - \theta) = d \cos \theta \quad (4)$$

valores absolutos de x e y , pues los signos que correspondan serán en cada caso función del valor gradual de θ que

para no incurrir en lamentable equivocación se aconseja el gráfico de los cuatro cuadrantes con los signos $+$ ó $-$ para cada uno, y para cada línea de las dos que juegan en dichas fórmulas.

7. También estas se podrían, como iniciábamos antes, escribirse en función directa de los datos de la libreta de campo, y si añadimos el valor de z ya obtenido, tendremos:

$$x = g \operatorname{sen}^2 V \operatorname{sen} \Theta \quad (5)$$

$$y = g \operatorname{sen}^2 V \cos \Theta \quad (6)$$

$$z = d \cotg V + i - h = g \operatorname{sen} V \cos V + i - h \quad (2)$$

8. Estas coordenadas ortogonales resuelven a su vez totalmente el problema de los *planos numéricos* en que por la precisión de los cálculos que para todos los puntos pue-

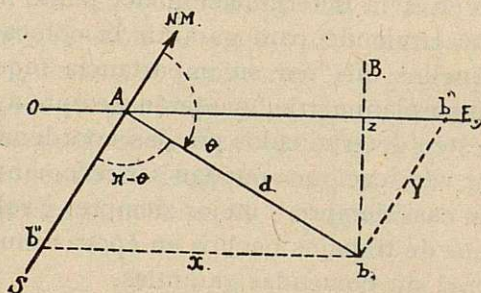


Fig. 3.^a

den emplearse, y el obtener la parte gráfica de cada uno merced a la intersección ortogonal de dos rectas, nos permiten una exactitud más recomendable que el método de las coordenadas mixtas; de aquí que en los llamados trabajos de alta precisión se prefiera el cálculo de tales coordenadas y sea luego una escrupulosidad, mucho más factible, la que sitúe en un sistema único de ejes rectangulares todos los puntos del levantamiento. Claro que para esto, y cuando los múltiples puntos calculados sean de diversos vertices-

estaciones, habrá que saber relacionar las coordenadas de los que pertenezcan a cada estación que tienen su sistema y su origen en aquélla, con el sistema único de ejes que se elija, y referirlos, primero en cálculo y luego en dibujo, a aquél definitivo sistema coordenado.

Para ello si tomamos dos estaciones taquimétricas A y B de una poligonal (Fig. 4.^a), y suponiendo que de todos los puntos de la estrella en B queremos, una vez calculadas sus

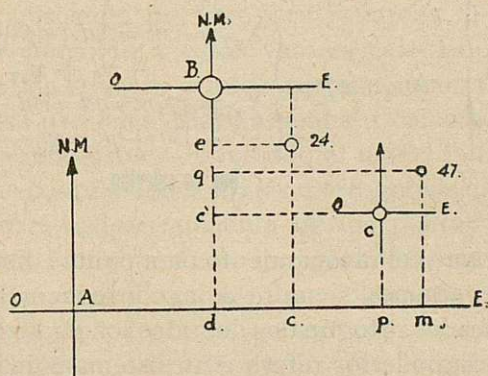


Fig. 4.^a

coordenadas ortogonales, hacer el cálculo de las también ortogonales que hubiera que emplear para referir esos mismos puntos al sistema que pasa por A, la figura nos hace ver que si B, como punto de la A, tiene por coordenadas ortogonales x_b é y_b y que el punto 24 de la estación B tiene en su sistema las coordenadas x_{24} é y_{24} , las ortogonales de este punto 24 referido al sistema de origen A al que queremos referirle serán:

	Sis- tema	Puntos	COORDENADAS
Y para un punto 47 de la estación C referido al sistema A:	B	24	$x_{24} \ y_{24}$
	A	B	$x_b \ y_b$
			Calculadas.
	A	24	$\left\{ \begin{array}{l} X_{24}=Ac=Ad+dc=x_b+x_{24} \\ Y_{24}=24,c=cd=Bd-Bc= \\ =y_b-y_{24} \end{array} \right\}$
			Que se calculan.
	B	C	$x_c \ y_c$
	C	47	$x_{47} \ y_{47}$
	A	B	$x_b \ y_b$
			Calculadas.
	A	47	$\left\{ \begin{array}{l} X_{47}=Am=Ad+dp+pm=x_b+ \\ +x_c+x_{47} \\ Y_{47}=47,m=qd=Bd-Bq=Bd- \\ -Bc'+qc'=y_b-y_c+y_{47} \end{array} \right\}$
			Que se calculan.

y si repitiéramos el razonamiento para puntos distintamente situados llegaríamos siempre a la consecuencia de, que: «las coordenadas ortogonales de todos los puntos del levantamiento para poderlos referir a un sistema único, teniendo previamente calculadas las relativas al sistema de ejes de cada vértice-estación a que ellos aisladamente pertenecen, se obtienen por la suma algébrica de las ya obtenidas para cada polo considerado como punto del anterior, y como último sumando las del punto que se trata de referir».

9. Las fórmulas en general serán para un punto m situado en el sistema de centro H y referidas al que pasa por A :

$$\left. \begin{array}{l} X_m = x_b \pm x_c \pm x_d \pm \dots x_h \pm x_m \\ Y_m = y_b \pm y_c \pm y_d \pm \dots y_h \pm y_m \\ Z_m = z_b \pm z_c \pm z_d \pm \dots z_h \pm z_m \end{array} \right\} \quad (7)$$

10. En la práctica se hará el cálculo de las cadenas constituidas por los vértices-estaciones, primero de dos,

luego de tres... etc. y a cada cálculo de cadena se añadirán las coordenadas de todos los puntos que sean del último eslabón (vértice). De modo que las fórmulas (7) podrían considerarse como las cadenas:

$$x_b \pm x_c \pm x_d \pm x_e \pm \dots \pm x_h$$

$$y_b \pm y_c \pm y_d \pm y_e \pm \dots \pm y_h$$

$$z_b \pm z_c \pm z_d \pm z_e \pm \dots \pm z_h$$

calculadas para el vértice H referido al sistema que pasa por A, y ahora para situar por coordenadas ortogonales todos los puntos del polo H, pero referidos al A, bastaría tan solo ir sumando a estos valores calculados: X, Y, Z, los: x, y, z, de cuantos puntos pertenecieran al H y cuyas coordenadas parciales estarían también calculadas.

11. Taquímetros.—Estudiado el modo de llegar a conseguir unas coordenadas, mixtas u ortogonales, que puedan conducirnos a la determinación de los puntos que nos interesen para el levantamiento topográfico de nuestro objeto, nos es conveniente al mejor orden en la exposición de estas *Notas*, reseñar los aparatos que en el campo den los elementos primarios de cada punto que luego, serán empleados en el cálculo de gabinete para la deducción de aquellas coordenadas que precisan a su fijación en el plano.

La multiplicidad de modelos haría tarea pesada pretender la descripción de todos, por lo que limitaremos nuestra revista a los que, o más usuales, o por mayores discrepancias de construcción, darán idea completa de esta gama que la competencia de las Casas nacionales y extranjeras ha llegado a constituir tan crecido número y relativa variedad en tales aparatos topográficos.

12. En líneas generales cualquier taquímetro precisa estar dotado de: un *trípode*, sostén del aparato; 3 *tornillos nivelantes* que buscando su asiento en la plataforma del trípode sean el apoyo nivelador del taquímetro; un *eje principal* que ha de ser por delicada construcción perpendicular

a los planos azimutales; un *limbo azimutal* dividido en grados centesimales para lectura de rumbos; una *declinatoria*, de pequeño campo generalmente, formando cuerpo con el limbo azimutal y teniendo con él, giros sobre el eje principal, y que pueden evitarse o reducirse mediante tornillos llamados de movimiento general y de coincidencia; una *placa* titulada de *nonios* o de *micrómetros*, según el modelo, y que superpuesta a la placa del limbo azimutal se hace solidaria a ella, o puede girar libremente, según la actuación de otros análogos tornillos de presión y coincidencia que también ha de llevar; un *anteojo estadimétrico* de los llamados astronómicos (imágenes invertidas) con el especial retículo para diversos ángulos diastimométricos y diferentes lecturas de mira por lo tanto; un *limbo vertical* constituyendo un eclímetro y que nos servirá para leer los ángulos zenitales; una *segunda placa de nonios* formando cuerpo con el anteojo y que se hará solidaria al limbo vertical o quedará libre por análogos tornillos a los ya nombrados; *niveles*, *pieza de unión*, *microscopios*, etc., etc.

13. Las características más salientes de los taquímetros son: la *declinatoria* ligada al limbo azimutal, con paralelismo de su línea de referencias al diámetro o — 200 de aquél; y ser centesimal la graduación de los limbos.

También pudiéramos añadir a estas dos la de buscar siempre los constructores y proyectistas los mayores detalles que puedan contribuir a una exactitud y garantía en las mediciones que hagan el «non plus ultra» del rigorismo topográfico.

14. **Taquímetro Normal, modelo Más y Zaldúa.** (Figura 5).—Este Taquímetro que construye la casa Amado Laguna, de Zaragoza, da una apreciación en sus limbos de 0,01 mediante nonios pareados sobre un diámetro; sus relaciones diastimométricas son de $\frac{1}{50}$ y $\frac{1}{100}$ y tiene *ocular movable* para el más claro y perfecto enfocamiento sobre el hilo del retículo que estemos visando y así leer más

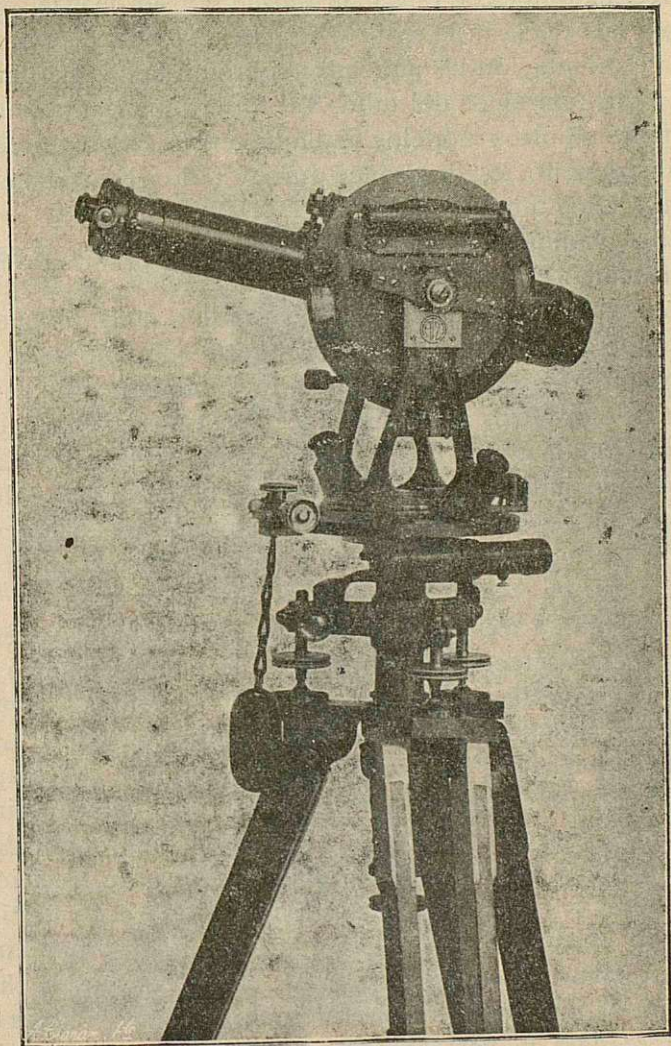


Fig. 5.^a

exactamente las unidades de mira que aquel hilo seccione. La declinatoria es de *tubo o de anteojo* por ser de esta forma la caja que encierra la aguja magnética, siendo sus referencias de orientación las marcadas sobre un talco que obtura uno de los extremos del tubo. Tal forma de orientadora es corriente en otros modelos de taquímetros. La mayor parte del instrumento es de bronce duro y todo el tornillaje de metal blanco inoxidable.

15. Taquímetros de F. W. Breithaupt Sohn, Cassel (Alemania).--Esta Casa fabrica varios modelos, uno de ellos el núm. 354 de su catálogo, Tránsito, de 9 ctms. (diámetro del limbo azimutal) es un tipo pequeño que solo pesa 3,5 kilogramos muy a propósito para levantamientos de zonas montañosas. Otros recomendables son tipos mayores con apreciación de 0^o,005 (50 segundos) y tienen la particularidad de que su declinatoria es susceptible de girar a voluntad, por un especial dispositivo, un ángulo igual a la declinación del lugar en que se opera para obtener azimutes astronómicos en vez de magnéticos; los diámetros de los limbos llegan a 160 y 195 milímetros el horizontal y vertical respectivamente. Sus anteojos, que pueden tener o no lente analítica, llegan hasta producir 30 aumentos.

16. Taquímetros de Cook, Troughton y Simms, Ltd. (Londres y York).—La antigua casa Troughton cuyos aparatos Teodolitos y Taquímetros, aparte otros muchos instrumentos de Topografía y Geodesia, son bien conocidos, construye hoy los modelos micrométricos de gran precisión. El antiguo de nonios, de la figura 6-A, hace ver es un tipo ajustado al inventario general de cualquier taquímetro, y tiene, como todos los de nonios, el defecto que muchos achacan de una falsa exactitud ante la dificultad práctica de una verdadera y justa apreciación al minuto, o al medio minuto, por las dudas, y tras las dudas los errores, de cual es el trazo del nonio que coincide con el del limbo; es tan frecuente, y más cuando el operador se siente fatigado, el

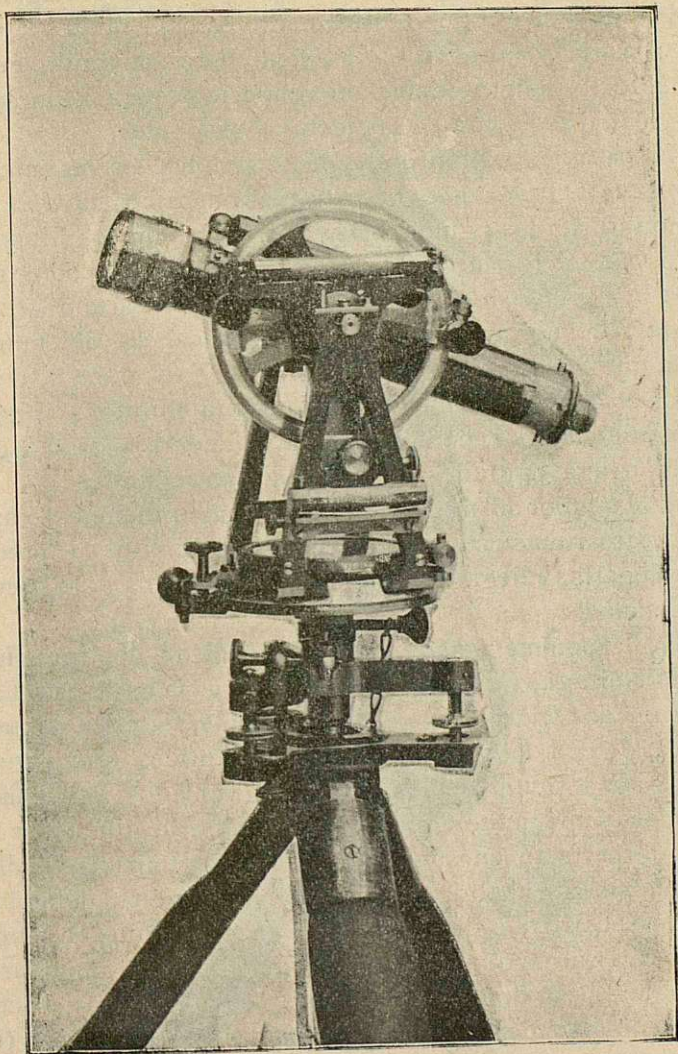


Fig. 6-A

llegar a dudar entre 5 y 6 trazos que parecen coincidentes, que la apreciación que teóricamente es tan grande, la titulen ilusoria y falsa en la práctica. Esto ha traído en su remedio los microscopios micrométricos para la mejor y más real apreciación de las lecturas graduales.

La casa Troughton entre otras, emplea en sus microscopios de lecturas unos retículos micrométricos móviles que como indican las figuras 6-B y 7, si a , b , son los hilos gemelos del micrómetro que según aparecen están colocados entre los $54^{\circ},60$ y los $54^{\circ},70$, para apreciar la parte $c - c'$ que queda por valorar giramos (Fig. 8) la cabeza del tambor hasta que encerrando entre los hilos a , b , el trazo c , podamos leer el desplazamiento de $0^{\circ},0450$ (4 minutos 50 segundos) en el tambor, con lo cual la verdadera y exacta graduación será 54 grados 64 minutos y 50 segundos.

Si el tambor del micrómetro tiene mayor diámetro, capaz para marcar en su superficie décimas de minuto, su apreciación llegaría, y llega en algunos modelos, a los 10 segundos centesimales.

17. Taquímetros de «La Filotécnica» del Ingeniero A. Salmoiraghi (Milán). — Son tipos especiales de esta Casa los llamados Ciclo-Cleps o Cleps solamente, cuya característica, dentro del grupo de los micrométricos, es la naturaleza y disposición de los círculos graduados, los cuales órganos, sumamente delicados y susceptibles de sufrir un fácil desperfecto en su graduación o centrado, se hallan completamente al abrigo de la acción atmosférica del polvo, la lluvia, corrosión de gases, etc., encerrándolos en verdaderas cajas a cuyo interior se lleva la luz para iluminar el lugar del sector donde debe leerse, y cuya lectura se efectúa por medio de microscopios colimadores de hilos fijos (Figura 9.^a).

Se consigue con estos aparatos, que el operador, al visar para dar el valor del ángulo que ha de anotarse en la libreta de campo, no sienta la amenaza del cansancio y las dudas

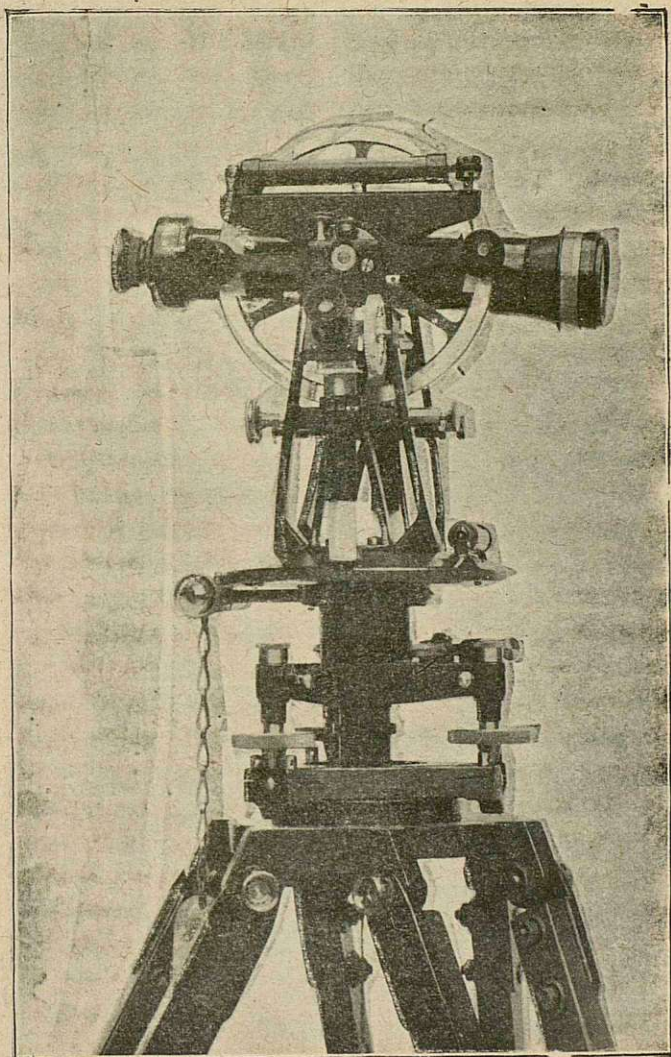
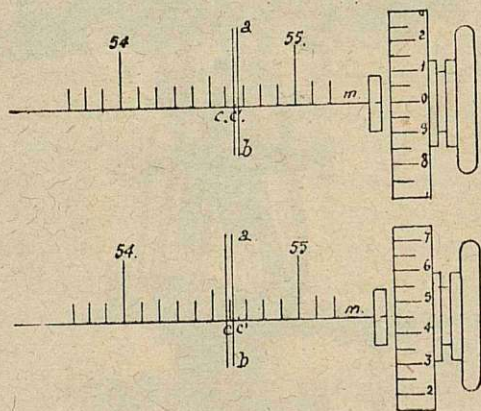


Fig. 6-B

que los nonios acarrear en la práctica, puesto que no llevan nonios, ni hay que complementar la lectura de aquella graduación como se hacía recurriendo a los tambores micrométricos de otros sistemas. Los círculos, que son relativamente de poco diámetro (70 milímetros, término medio de los diferentes tipos) tienen sus divisiones grabadas con máquinas de buril de diamante consiguiéndose 4000 inci-



Figs. 7.^a y 8.^a

siones que se observan con tal intervalo aparente como si el diámetro fuera de 3 a 4 metros; esta separación da posibilidad a que, de tres hilos grabados en el cristal del retículo, permita con el central, y al primer golpe de vista, dar por su colocación entre las dos incisiones del limbo en que aparezca situado, el valor gradual con error de un minuto centesimal, y aun menor si se leen con los dos laterales y se toma el promedio. (Fig. 10).

Con el <i>a</i> ...	31 ^c ,72	} 63 ^c ,43 » mitad 31 ^c ,7150
Con el <i>b</i> ...	31 ^c ,24	
Con el <i>c</i> ...	32 ^c ,19	

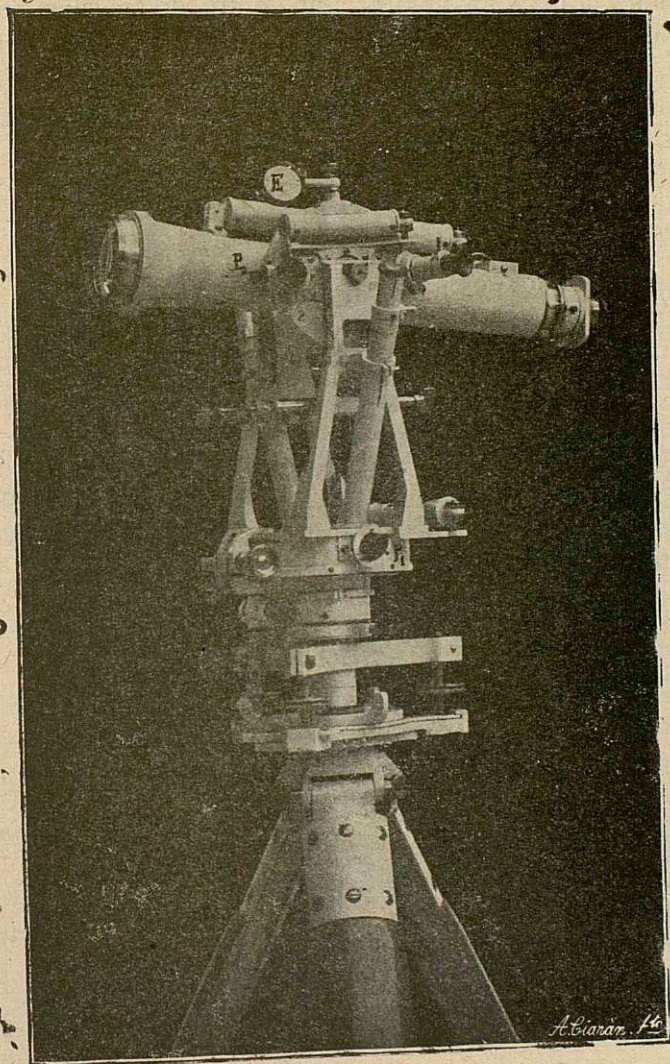


Fig. 9.

Para la máxima iluminación dentro de las cajas, están dispuestos unos prismas de reflexión total que se ven en $p_1 p_2 p_3$ de la figura 9.^a y en los cuales se hace incidir los rayos solares, o los de un foco luminoso, mediante un es-

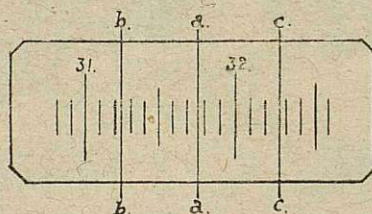


Fig. 10

pejito E el cual por sus giros combinados los recoge de su procedencia para su reflexión en aquellos prismas. En otros tipos existen rasgaduras cubiertas por cristales que zenital y lateralmente permiten el paso directo de la luz.

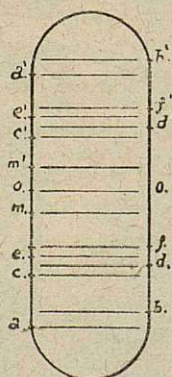


Fig. 11

18. Los oculares del anteojo estadimétrico son *Argos* o *múltiples* con dispositivo de varias lentes en una plaquita que permite enfocar, con la que corresponde, a los trazos del retículo que han de dar la lectura en la mira. El retículo

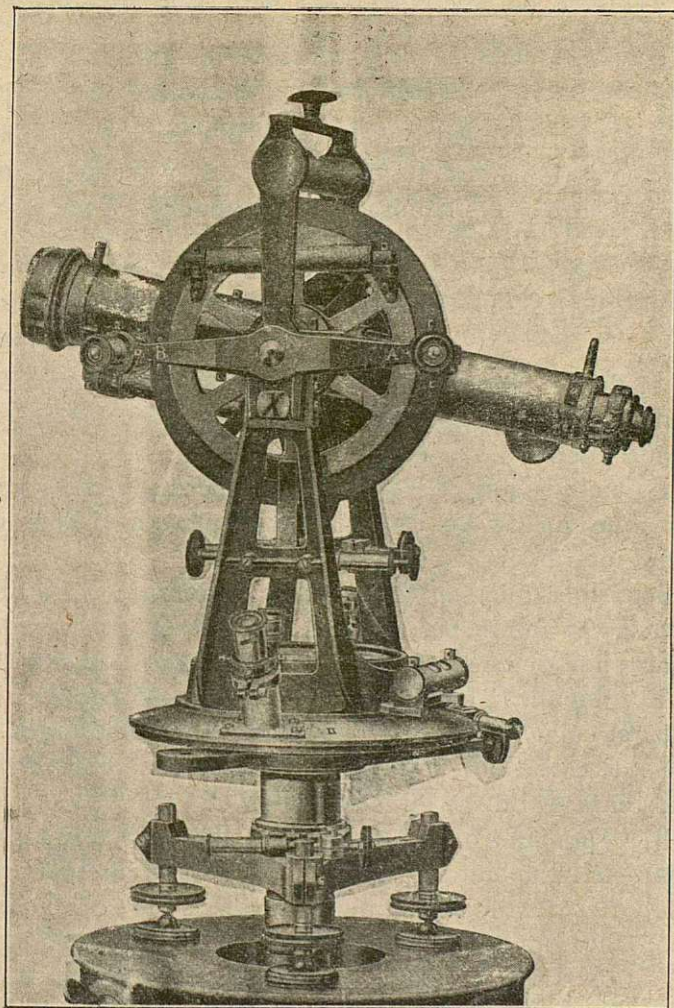


Fig. 12

(Fig. 11) tiene las combinaciones para diferentes ángulos diastimométricos que se expresan:

$$a - a' \text{ o } b - b'$$

para el de dos centímetros; la lente precisa (superior) enfoca-
rá sin aberración de esfericidad los $a' - b'$, y después con la
inferior leeremos en la mira los correspondientes a $a - b$;

$$\begin{aligned} c - c', d - d', \\ e - e', f - f', \end{aligned}$$

para el de centímetro con estas 4 combinaciones. Una
segunda lente superior enfoca c', d', e', f' y luego otra
segunda inferior los c, d, e, f .

La combinación de hilos $m - m'$ para 4 m/m es poco
usada, que con el $o - o'$ central del retículo son visados por
la lente intermedia.

La posible dificultad de visar sin equivocación los hilos
que cada vez interesen, se salva con una chapa corredera
en guías horizontales, que con varios taladros, se sitúa ha-
ciendo coincidir la lente que ha de emplearse con su ven-
tanilla circular, en cuyo momento quedan obturadas las
demás; de este modo solo con aquélla lente es posible bus-
car los enrase de sus hilos con la mira.

**19. Taquímetro de Otto Fennel Söhne, Cassel (Ale-
mania).**—Este aparato (Fig. 12) tiene brújula circular entre
los soportes del antejo el que a su vez puede ser o no ana-
lático; la lectura del limbo horizontal se efectúa con micros-
copios especiales que llevan grabados en cristal un nonio
(Fig. 13) permitiendo apreciar el medio minuto centesimal
pues, como se ve en el caso de la figura, por tener coinci-
dentes aparentemente la 6.^a y 7.^a incisión del nonio con
dos del limbo, habrá que dar como valor del ángulo 38 gra-
dos 46 minutos 50 segundos. Las lecturas en el limbo ver-
tical se verifican con microscopios de un solo hilo con apre-

ciación, por la claridad y magnitud del campo, de un minuto centesimal.

20. Puesta en estación de un Taquímetro y obtención práctica de los números generadores.—Elegido el aparato que hemos de manejar en el campo, si tal elección está en lo posible, o requerido el operador a emplear forzosamente uno determinado, habrá de preceder lógicamente un detenido estudio del taquímetro en cuestión, sobre todo si el modelo no es de los ya conocidos por el topógrafo, y otro tanto diremos de la mira del aparato en sus detalles si esta fuera especial. ⁽¹⁾

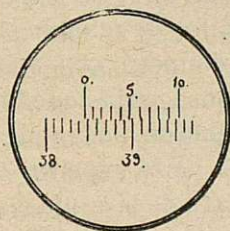


Fig. 13

Nunca será bastante recomendada una escrupulosa comprobación, y correcciones si hubiera lugar, de los principales elementos que le constituyen a menos que el Centro de que proceda nos lo garantice por reciente verificación o empleo en trabajos topográficos de precisión; y sin avanzar todavía ni entrar de lleno en el método taquimétrico, supongamos que queriendo referir un único punto a otro, ya determinado u originario, nos precisa conocer los números generadores de que hablamos en el número 4 para después con ellos situar ese punto en el plano del levantamiento.

(1) Un medio práctico y sencillo de estudiar el valor de los ángulos diastimométricos y sus relaciones con el número de unidades de mira que cada uno abarca, es: situar el aparato y la mira distanciados en terreno sensiblemente horizontal un centenar de metros bien medidos con la cinta, las visuales y lecturas que con los diferentes hilos del retículo hagamos y los diferentes valores que para $a-b$ saquemos, nos dirán los factores que habrán de emplearse para obtener g .

21. Procedamos a colocar el taquímetro en *estación* sobre ese punto origen, o punto de estación, que así le nombraremos, y para ello se abre y asienta el trípode en forma tal que la plomada de su eje vertical (eje del aparato) caiga lo más fielmente sobre el piquete, banderola o señal que determine aquel punto, y procurando a su plataforma una aparente horizontalidad para que luego, al buscarla exactamente para el limbo de rumbos mediante los tornillos nivelantes, no puedan agotarse sus pasos de rosca por descuido de muy marcado desnivel. Centrado y nivelado, medida después la altura *i* a que sobre el terreno se encuentra el eje de muñones del anteojo, se hace la coincidencia del *cero* de los nonios o hilos de referencia de los micrómetros, con los extremos del diámetro $0^{\circ} - 200^{\circ}$ del limbo azimutal, apretando, una vez conseguida aquélla, el tornillo de unión de los dos platos; se afloja después el de movimiento general, y se hace girar toda la parte superior del taquímetro hasta que el extremo pavonado de la aguja magnética en completo reposo, y libre en cuanto sea posible de extrañas influencias, coincida con el *cero* del limbo de la brújula o declinatoria, en cuyo caso se aprieta el tornillo de movimiento general para conservar durante toda la operación la coincidencia del $0^{\circ} - 200^{\circ}$ con la meridiana magnética del punto de estación que será nuestro origen de ángulos horizontales.

Si fuera conocida la meridiana geográfica de aquel punto y se deseara fuera esta alineación el origen de rumbos, el movimiento giratorio antedicho se haría hasta que la visual que dirijamos por el anteojo coincidiera con la referencia bien señalada en el extremo de una alineación que habría que establecer materializando aquella meridiana, asegurando entonces la inmovilidad con el tornillo general del aparato con lo que el diámetro $0^{\circ} - 200^{\circ}$ coincidirá con tal dirección; entonces se tomaría nota del rumbo que señalara la aguja, el cual sería su declinación, cuyo valor gradual habríamos de sumar o restar a los rumbos que des-

pués se midieran si se deseara volver a los magnéticos en vez de los geográficos; pero como es algo molesto tener en cuenta tal diferencia, si la brújula es declinable (Taquímetro de F. W. Breithaupt, párrafo 15) se hará la oportuna corrección desde luego quedando la punta pavonada sobre el cero de su arco, cuya posición vuelve a actuar de *testigo* en las sucesivas operaciones.

Colocada después la mira bien vertical y frente al aparato en el punto, que ahora suponemos único, que queremos situar, aflojando el tornillo de unión de los dos platos se la dirige la visual enfocando con todo cuidado hasta ver muy clara su figura en el plano de la imagen del retículo, y su línea de fe superpuesta con el filar vertical de aquél, (tornillos de presión y coincidencia), en cuyo momento se asegura la fijeza del ángulo azimutal.

Hecho el enfocamiento se cabecea el anteojo con movimientos suaves, y por último con los lentos del tornillo de coincidencia, hasta conseguir asegurarnos entre qué hilos, de los diferentes ángulos diastimométricos, queda abarcada una parte de mira; esto lo obtendremos más fácilmente si se hace enrasar con aquellos movimientos el hilo central del retículo con la división media de la mira (por ejemplo la de los dos metros si tuviera 4) lo cual tiene, no sólo la comodidad de elegir con absoluta certeza el ángulo diastimométrico que más convenga o facilite las operaciones posteriores, y dar medio para nuevas lecturas de comprobación con otros hilos, sino que evita el cálculo del elemento que representamos con la letra h (altura de mira) que valdria

$\frac{a+b}{2}$ y que ahora le podemos dar directamente y anotar en la libreta. Claro, que si alguna depresión en la situación del punto, o el no ser despejado y abierto el terreno en que se opere ocultara la parte inferior de la mira que no es por lo tanto aprovechable, debemos sobrentender como mitad de la mira para su enrase con el hilo central, la mitad aproxi-

madamente de la cantidad de mira descubierta desde la estación, pero siempre es aprovechable la recomendación de que este enrase sea con un número exacto de decímetros que dará en un número cómodo y práctico el valor de h .

Ahora se leen y dictan las graduaciones coincidentes con los hilos extremos elegidos, sin olvidar el dato del factor que se utilizará después, según el ángulo diastimométrico que estemos empleando; ⁽¹⁾ el operador leerá en los limbos azimutal y zenital los ángulos que aquéllos estarán marcando, evitando hasta entonces cualquier trepidación o choque por nimio que parezca, para lo cual debe tomarse el hábito de cruzar las manos atrás tan pronto como se

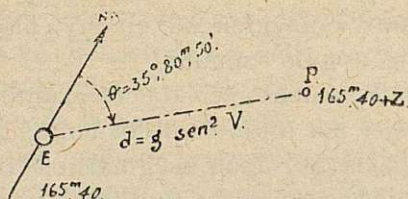


Fig. 14

han hecho los giros necesarios hasta enfocar la mira de manera precisa.

22. Si un segundo topógrafo, o un auxiliar conocedor de estos trabajos, lleva la libreta de campo ⁽²⁾ y asentara en las casillas correspondientes los datos que recibe con arreglo al formulario que expresamos, y del que sólo damos cuenta en lo necesario al único punto que queremos situar, veríamos que en las casillas (I), (II) y (III) están los números generadores que dijimos (4) eran precisos para el cálculo de las fórmulas:

$$d = g \operatorname{sen}^2 V \quad (I) \quad \text{y} \quad z = d \cotg V + i - h \quad (2)$$

(1) 1, 2 ó 5 para el Troughton.

(2) Los Registros prácticos y definitivos que han de constituir las páginas de las Libretas de Campo, se exponen completos y a todo detalle en los párrafos que más adelante tratan de «La Taquimetría de precisión llevada a la práctica de los levantamientos» (52).

Estación..... E.

Cota o Altitud..... 165^m,40.

Altura del instrumento 1^m,55.

Punto visado	ANGULOS		LECTURAS		Número generador (g)	Reducida (d)	Diferencia nivel (d N)	Cotas
	Azimutal (θ)	Zenital (V)	Estadimétrica	h				
P	35 ^c ,8050 (I)	88 ^c ,12 (II)	a ... 362 b ... 38	× I 2,00	324 (III)			

con cuyos valores puede quedar situado el punto P por coordenadas polares mixtas (Fig. 14). Prescindimos ahora de los procedimientos para el cálculo, numérico-gráfico, que explicaremos más adelante, y si las fórmulas a calcular fuesen las:

$$d = g \operatorname{sen}^2 V \quad (1)$$

$$z = d \cotg V + i - h \quad (2)$$

$$x = d \operatorname{sen} \Theta \quad (3)$$

$$y = d \cos \Theta \quad (4)$$

que sacamos en los párrafos 5 y 6, siempre a base de los valores de Θ , V y g , números generadores que nos ha dado el taquímetro para P, le situaríamos por coordenadas rectangulares (Fig. 15) con la ventaja de evitarnos el uso del transportador que nunca podrá darnos la precisión de los 50 segundos de este ejemplo, aun siendo de precisión, y

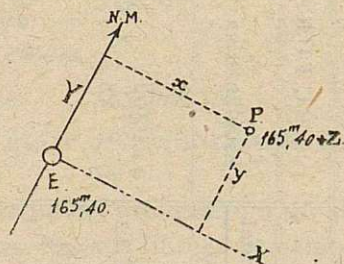


Fig. 15

poder, siempre que lo necesitemos, servirnos de comprobación y garantía del otro método.

23. Práctica del método taquimétrico en los diferentes casos.—*Procedimientos.* Explicada la teoría y relatada la práctica con el conocimiento de los taquímetros para saber como podemos llegar a tener los datos que nos conduzcan a referir y determinar un punto, en su relación con otro ya situado, tratemos ahora de presentar los diferentes procedimientos que pueden seguirse al llevar al campo la

Taquimetria, y tomar en él los datos de cuantos puntos nos sean precisos a la mejor y más fiel representación del levantamiento que en cada caso particular pretendamos.

Primer caso. La extensión de la zona, lo despejado de toda ella y su topografía poco variada, hacen posible establecer una sola estación o centro de estrella.

Segundo caso. Modificadas en parte algunas de aquellas condiciones, son precisas dos estaciones y la distancia entre ambas no rebasa de la que es necesaria al anteojo del aparato para claras lecturas en la mira.

Tercer caso. Aumentada la extensión de la zona pero pudiendo no pasar de dos las estrellas que han de cubrirla (dos estaciones), se llega hasta duplicar su separación (doble del alcance eficaz del anteojo).

Cuarto caso. En que la extensión de la zona, en todos sentidos obliga a cubrirla con varias estrellas en los vértices de un polígono, o de una poligonal, siendo por lo tanto varios los puntos de estación.

Quinto caso. La extensión es tan considerable y la topografía tan accidentada, o varia, que es indispensable hacer, primero una triangulación y luego apoyada en dicha red emplear la Taquimetria.

Caso especial. En que el terreno objeto del plano es una zona larga y estrecha (vías de comunicación, canales, divisorias....).

24. Procedimiento a seguir en el primer caso.—Si cuanto hemos razonado en el número 21 para toma de datos desde una estación E (Figs. 14 y 15) para situar en el plano el punto P, lo repetimos tantas veces como puntos creamos preciso situar, será comprendido este primer caso, que no requiere del topógrafo más cuidado que una constante vigilancia de la aguja magnética para tener la seguridad que tomamos siempre los verdaderos rumbos de las visuales a cuantos puntos observemos en el contorno de toma de datos; como comprobación final debe dirigirse, al comple-

tar la vuelta, la visual al primer punto u a otro llamado de *Referencia* elegido muy distante y bien observado en alguna de sus partes inconfundibles, (veleta o pico de un campanario, castillo...), ya visado al principio de la operación y con sus datos anotados en el Registro para ver que ahora, al final, produce idénticos valores para aquéllos *datos*, o una

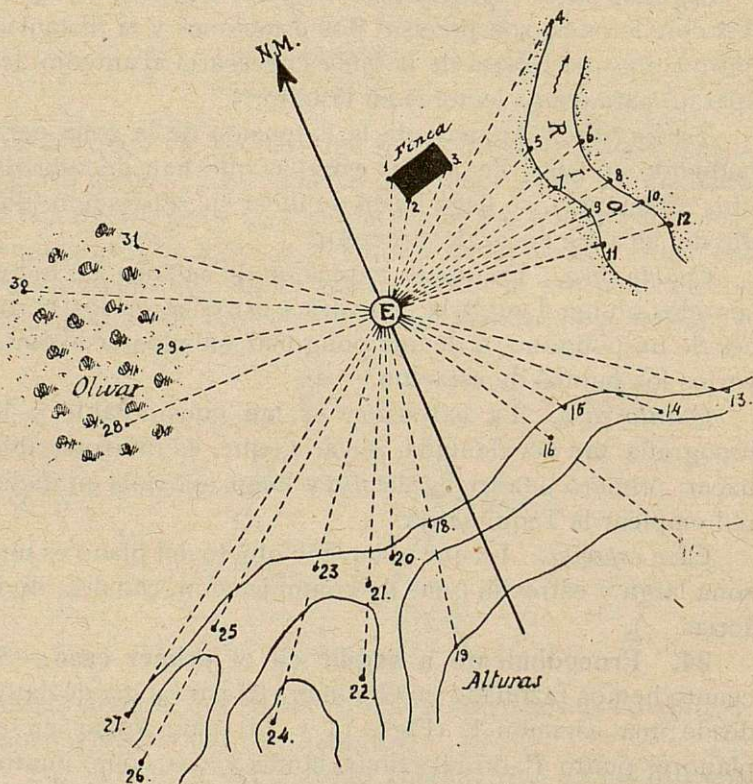


Fig. 16

diferencia tolerable, que ya más adelante estudiaremos su cuantía y modo de repartirla. Los errores que pudiera haber en los ángulos zenitales y valores de g , g' , g'' ..., son las precauciones en la toma de datos las que deben garantizar sean

los mínimos tolerables, pero como no son arrastrados estos errores al pasar de un punto a otro, su importancia es más relativa que la de los ángulos azimutales.

Para unos y otros, según sea la distancia desde la estación a los puntos que se visen, así habrá de ser la tolerancia y el grado de exactitud que para el plano obtengamos, y siendo esto función obligada de la potencia del anteojo, estado de la atmósfera, sensibilidad óptica del operador, accidentes del terreno que alarguen o acorten la elección de puntos, etc., etc., no es posible fijar números que encierran la extensión de la zona, que podrá tal vez llegar a 60.000 m.² y hasta no pasar de los 10.000. La figura 16 representa una zona en que, para las necesidades del levantamiento que se supone, sería bastante una sola estación en E y la estrella taquimétrica de 29 radiales para otros tantos puntos que consideramos, hipotéticamente, suficientes al plano que nos piden. El registro sería llevado en idéntica forma al del número 22.

25. Segundo caso. Procedimiento.—La necesidad de hacer dos estaciones para que sus dos estrellas taquimétricas permitan cubrir la zona al completo de datos para el levantamiento de ella, requiere conocer el procedimiento que ha de seguirse para una perfecta ligazón de ambas que evite la posible desorientación de la una con respecto a la otra, cuyos efectos en el plano serían harto perjudiciales como fácilmente se comprende.

Supongamos que las dos estaciones sean la A y la B. Al estacionar el taquímetro en A y tomar los datos (números generadores) de cuantos puntos le contorneen, como en el primer caso ya expuesto, se considerará a B como un punto más de aquélla estrella, procurando un mayor esmero y escurpulosidad, si es posible dar tal recomendación, en el rumbo de A — B así como en todos los datos que al punto B se refieran. Al trasladarnos para hacer estación en B, cuando se de por terminado el trabajo en A, empezaremos

por conseguir esa perfecta orientación de que hacíamos mención para que la recta, origen de los ángulos azimutales que en B han de tomarse, sea una paralela a la NM — S (norte-sur magnética) que en la anterior estación nos sirvió para medida de aquellos rumbos.

Si ahora, como antes, nos sirviéramos de la aguja magnética situándola en sus referencias y apretando después el tornillo de movimiento general para así tener el origen de ángulos azimutales, podría muy frecuentemente ocurrirnos que al llegar en la vuelta del taquímetro a visar el punto A, se obtuviese un valor gradual para rumbo de B — A que discrepase como tal inverso en un error, que si aceptable como tal error magnético, 6 a 8 minutos, (y hasta 50 por otras influencias que en rumbo inverso podrían producirse), sería forzoso llevar su corrección $d\theta$, en más o en menos, a todos los ángulos anotados ya, y a los que aún faltasen por llevar al registro de campo, para salvar la desorientación de esta parte del levantamiento en su relación con la primera, operación esta de gabinete y que sería enojosa, y aun más, pensando que si el taquímetro usado fué de nonios y no micrométrico, hubimos de invertir un tiempo y un esmero grande en leer los ángulos que después precisaba corregir en el valor $d\theta$.

La orientación que perseguimos para el taquímetro la lograremos más sencillamente estacionándonos en B, y una vez centrado y nivelado el aparato, se mueve la placa de nonios o microscopios para que se lea en el limbo el ángulo del azimut A — B más 200 grados, que será el valor del rumbo inverso B — A sin la perturbación magnética; se visa entonces la estación A poniendo flojo el tornillo de movimiento general, y cuando se logra un perfecto enfocamiento de la mira, según ya sabemos, el diámetro $0^\circ - 200^\circ$ del aparato azimutal será paralelo a la NM — S, y por lo tanto al $0^\circ - 200^\circ$ del taquímetro (limbo horizontal) cuando le tuvimos en A.

26. Como cabría la duda de tal exactitud si un error de lectura o de preparación del taquímetro existiera y no la percibiésemos, se observará, después de visar a A, si la aguja de la declinatoria está en sus referencias, o que sin estarlo es este desvío, por su magnitud, aceptable como error de perturbación, y tendremos sobre el método anterior la ventaja de no precisar corrección los rumbos que ahora se lean y pasen a la libreta como definitivos, aparte el error de cierre de que ya hablaremos.

Si la desviación que observamos pasa del límite que puede aceptarse, y desde luego si la apreciamos grande (mayor de 10 minutos), nos acusará error de operaciones en A o en B y habrá que repetir los trabajos, cosa que tampoco se evitaría en el otro método si al calcular la desviación o perturbación magnética nos diera un valor inaceptable.

27. El primer método orientando en la segunda estación con la aguja magnética, calculando el valor $d\theta$ y llevando después tal corrección a los rumbos de B, es el seguido por el ingeniero italiano Porro y se llama *Método directo* o también de Moinot, elegante pero poco práctico; el segundo procedimiento se llama *indirecto*, lógico y sencillo a la vez, recomendándole entre otros el ingeniero de Montes y sabio topógrafo Ruiz Amado.

28. Como la disposición y extensión de la zona ha permitido (Fig. 17) que con las dos estaciones A y B, situadas con separación máxima del alcance útil del anteojo capaz de leer con toda claridad las graduaciones de la mira, basten al levantamiento, habrá una parte de zona A C B D de cuyos puntos, P por ejemplo, pueden ser tomados sus datos desde A y desde B; de ocurrir esto porque la topografía del terreno no impida las vistas desde ambas estaciones para tales puntos, solo se tomaran desde una de ellas, y solamente por comprobación de alguno, que pudiera por su importancia interesar, se tomaría desde ambas.

Registro general taquimétrico

Plano de:..... Estaciones: A — B. Taquímetro: Más Zaldúa, n.º

Estación: A, (descripción)..... Cota..... Altura del instrumento: i =

Fecha:..... Operador:.....

Puntos visados	ANGULOS		LECTURAS			Reducida (d)	Dif. ^a de nivel (z)	Cota	Observaciones
	Azimutales	Zenitales	Mira	h	g				
Ref. ^a	13 — 78	85 — 08							
1	58 — 63	101 — 10	$\frac{291}{109} \times 2$	2,00	364				Remate campanario X.
2									
3									
.									
B	132 — 16	97 — 02	$\frac{325}{63}$	2,00	262				2. ^a estación.
.									
.									
16	304 — 70	104 — 30	$\frac{398}{202}$	3,00	196				Del cruce con la vía

Registro general de Taquimetría

Plano de..... Estaciones: A—B. Taquímetro: (características).

Estación: B, (descripción) Cota: (la que resulte) . i =.....

Fecha:..... Operador:.....

Puntos visados	ANGULOS		LECTURAS		Reducida (d)	Dif. ^a de nivel (z)	Cota	Observaciones
	Azimutales	Zenitales	Mira	h	g			
Ref. ^a	39—89	84—56						Remate campanario X.
101	17—25	102—40	$\frac{360}{280} \times 2$	3,20	160			
102								
.								
.								
A	332—11	104—80	$\frac{312}{88}$	2,00	224			1. ^a estación.
124								

30. Tercer caso.—Procedimiento.—La configuración del terreno cuidadosamente estudiada podría aconsejarnos no pasar de dos estaciones como en el caso anterior, pero rebasando la separación entre ambas, que podrá llegar al doble del alcance del antejo capaz para leer las graduaciones de la mira, y por consiguiente aun viéndose, no serían posible sus lecturas. Ciertamente no será este caso muy frecuente tal y como el problema se plantea, pues como la figura 18 nos indica, no habríamos de tener necesidad,

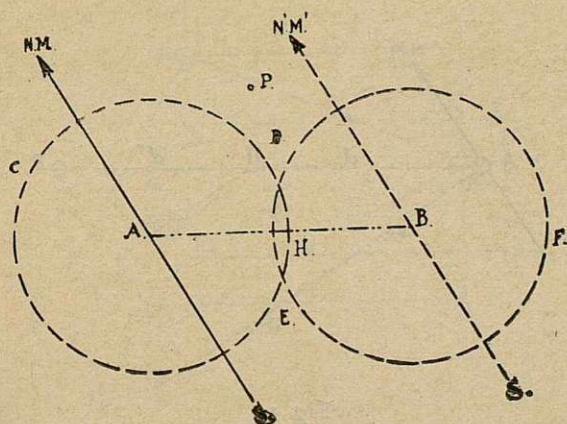


Fig. 18

para el plano, de situar puntos que salieran del área de estos círculos que por ser casi tangentes dan una estructura de la zona para su planimetría realmente extraña. Cualquier punto como el P distando de A y de B más del alcance preciso para leer y deducir el número generador g , no podría tomarse este dato, y naturalmente quedaba sin determinar. Convencidos de lo raro del caso le hemos considerado y le razonamos puesto que el *cuarto* que le sigue, serán combinaciones del 2.º y 3.º, y ya entonces sí, será práctico su conocimiento porque a la simple cotejación de

del anteojo para lecturas de mira, se pueden tomar los datos g y V desde ambas estaciones relativos a este punto H , lo que nos permitirá luego calcular las reducidas $A - H$ y $H - B$, y con ellas las dobles coordenadas z e y que sumadas geoméricamente, o mejor restadas algebricamente, darán las x e y de B en el sistema de centro A .

También con más sencillez, hubieran podido sumarse los valores $A - H$ y $H - B$ obtenidos, con lo cual se cono-

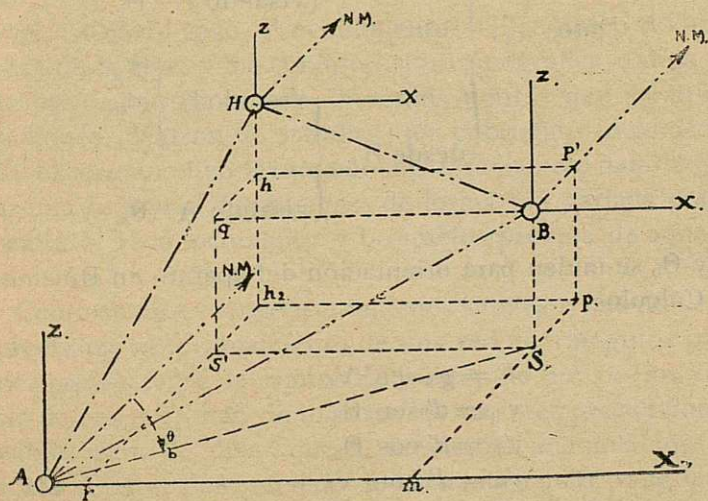


Fig. 20

cería la reducida $d = AB$ sin haber pasado por el conocimiento de g , y luego con las fórmulas $x = d \sin \theta$ e $y = d \cos \theta$ sacar esas dos coordenadas, que unidas a la tercera z por la diferencia algebrica $z' - z''$, resolverían el problema de situar el punto B .

31. A este método, llamado italiano, tan racional, pudiera presentársele la dificultad de poder coger el punto H en la alineación $A - B$ en las condiciones que se precisa, pero no es necesario que le busquemos en tal alineación pues que si está fuera de ella (Fig 20) vemos que, lo mismo

que antes, siguen siendo las coordenadas rectangulares de B con respecto a A la diferencia algébrica de las coordenadas para H con respecto a los orígenes A y B:

$$\text{Datos} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{desde A} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{visando H} \left\{ \begin{array}{l} \Theta_h \\ g_h \\ V_h \end{array} \right. \\ \text{visando B} \dots \Theta_b \end{array} \right. \\ \text{desde B} \dots \left\{ \begin{array}{l} \text{visando H} \left\{ \begin{array}{l} \Theta'_h \\ g'_h \\ V'_h \end{array} \right. \\ \text{visando A} \dots \Theta_a \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Θ_a y Θ_b se miden para orientación del aparato en B.
Cálculos:

$$\begin{aligned} d' &= g_h \operatorname{sen}^2 V_h \\ x'_h &= d' \operatorname{sen} \Theta_h \\ y'_h &= d' \cos \Theta_h \\ z'_h &= d' \cotg V_h + i - h \\ d'' &= g'_h \operatorname{sen}^2 V'_h \\ x''_h &= d'' \operatorname{sen} \Theta'_h \\ y''_h &= d'' \cos \Theta'_h \\ z''_h &= d'' \cotg V'_h + i - h \end{aligned}$$

Y veremos que:

$$\begin{aligned} X_b = A m = A r + r m &= x'_h - p h_2 = x'_h + p' h_1 = \\ &= x'_h + x''_h = x'_h - (-x''_h) \end{aligned}$$

$$Y_b = s m = h_2 r - h_2 s' = y'_h - h_1 q = y'_h - y''_h$$

$$Z_b = B s = h_1 h_2 = H h_2 - H h_1 = z'_h - z''_h$$

Que reducidas, serán para este caso:

$$X_{b_i} = x'_h - (-x''_h)$$

$$Y_b = y'_h - y''_h$$

$$Z_b = z'_h - z''_h$$

y en general:

$$x = x' - x''$$

$$y = y' - y''$$

$$z = z' - z''$$

32. Cuarto caso. Procedimiento.—El número de hectáreas de la zona y su configuración topográfica obliga en este caso a buscar en ella diferentes puntos que serán las estaciones, centros de estrellas que cubriendo idealmente todo el terreno cuyo levantamiento estudiamos, han de formar una *poligonal de estaciones* de forma tan variada como lo exija el reconocimiento y bosquejos previos de aquella extensión.

Como en este cuarto caso tenemos supuesto que no llega a precisarse el levantamiento de una red de triángulos para tener previamente determinados puntos de apoyo (los vértices de esa red), han de tomarse las mayores precauciones posibles para no dejar que la inevitable acumulación de errores al pasar por esa serie de estaciones de la poligonal, se llegue al final del plano sin alguna comprobación que garantice los trabajos. Ciertamente, que si la poligonal fuese pequeña, y que más que la extensión haya sido la estructura del terreno la que obligó a pasar de dos estaciones sin exceder mucho de este número, un gran cuidado en la toma de datos y en los cálculos posteriores, bien pudieran bastar a finalizar con éxito el levantamiento, pero obligados a pensar en un caso general en que por ser grande aquella poligonal convenga estudiar el procedimiento de comprobación a seguir, le consideraremos a continuación.

Imagínese que parte de la poligonal de estaciones es la A—B—C—D—... (Fig. 21) en que cada una de estas

estaciones, con respecto a la anterior y la siguiente, es el problema presentado en los casos 2.^o o 3.^o. Estacionados en A se tomarán con el taquímetro los números generadores de los puntos que le contornean, y, como ya se tiene dicho, los de la estación B, pero además pensemos que hay que cerrar la parte de poligonal A—B—C—D—... por una *base de comprobación*, que aquí será la A—E, y a tal objeto

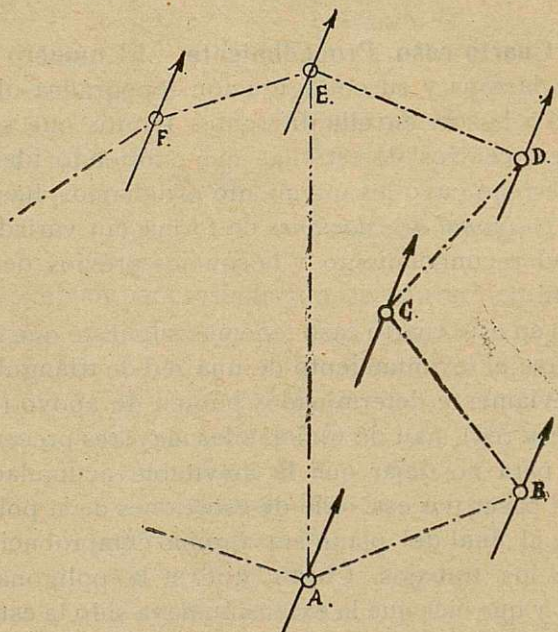


Fig.^a 2I

es nuestro método buscar por dos caminos los datos para aquella estación E, y comprobar o remediar los errores que al llegar a E se pudieran haber cometido fuera de la tolerancia en armonía con la precisión con que operemos. Por esto, cuando estemos en A, visaremos a E para medir el rumbo con la mayor precisión posible, y dirigiendo el ante-ojo bien a una niveleta de la mira, bien al extremo de su lon-

gitud o a una esfera en que remate una pértiga o banderola colocada verticalmente en E, se anota también el ángulo V , la altura del jalón o mira, y como siempre, la altura del instrumento (i); es decir que conoceremos para E desde la estación A : θ_e , V_e , i , y h , datos en los que falta g_e y por lo tanto d_e (reducida de A — E) para que aquél quedase por completo determinado.

33. Lleno el Registro general taquimétrico como se dijo en el número 29, que tendrá aquí tantas partes como vértices o estaciones constituyan la poligonal, vaciaremos a otro, llamado «*Registro de las coordenadas de estaciones*», los datos calculados para ellas y cuya estructura es como sigue:

Registro de coordenadas de estaciones

Plano de.....

Estaciones calculadas.....

Operador.....

Datos de la Libreta n.º..... páginas

Direcciones	Azimutes	Reducidas	Estaciones	COORDENADAS			COORDENADAS AL ORIGEN		
				$x = d \sin \theta$	$y = d \cos \theta$	$z = d \cotg V + i - h$	X	Y	Z
A — B	27—45	180,20	B	+	+	—			
				75,3	163,7				
B — C	61—45	270,40	C	222,3	153,9				
C — D	95—60	218,10	D	217,6	15,1				
D — E	144—37	159,40	E	115,3	332,7	96,5			
				630,5	236,2				

de este Registro sacaremos por suma algébrica, como vimos en el número 10 las coordenadas ortogonales de E con respecto al origen A que aquí son:

$$X = 630^m,50 \quad \text{e} \quad Y = 236^m,20$$

y si ahora efectuamos el cociente $\frac{Y}{X} = 0,3746$, y vemos cual es el ángulo cuya cotangente vale este cociente, tendremos el valor de θ_e (téngase en cuenta que, dado el origen de ángulos, aunque en trigonometría la ordenada dividida por el radio es la tangente, aquí θ es en realidad el complementario cuya línea sería la cotangente); valor de θ_e como decíamos, y que debe ser el medido directamente como rumbo de A — E, o uno que difiera de él la tolerancia aceptable; pero si así no ocurriera habremos de revisar, cálculos primero y trabajos taquimétricos después, hasta salvar la falta donde se halle.

El valor de la reducida de A — E se obtiene por una de las fórmulas:

$$\begin{aligned} x &= d \sin \theta \\ y &= d \cos \theta \end{aligned} \left(\begin{array}{l} \text{de donde} \\ \text{sacaremos} \end{array} \right. \begin{cases} d_e = \frac{x}{\sin \theta_e} = \frac{630,50}{0,93644} = 673,30 \text{ m.} \\ d_e = \frac{y}{\cos \theta_e} = \frac{236,20}{0,35083} = 673,30 \text{ m.} \end{cases}$$

que sería el dato que unido a θ serviría a situar E por coordenadas polares en comprobación de las rectangulares ya calculadas, y además con este valor de d_e , ahora sacado, con V, i y h que ya teníamos para el punto E desde A, veríamos si la fórmula

$$dN = d \cotg V + i - h$$

producía un valor que solo discrepase en el error tolerable al compararle con el obtenido para dicho punto E como perteneciente a la poligonal de estaciones y ya calculado desde D.

Con este método en que la poligonal total puede ser comprobada parcialmente una, dos o más veces si fuese muy extensa, evitamos que después de improbas y largas jornadas de trabajos se precisara no darlos por válidos si la comprobación de cierre era falsa, o que por no ser cerrada la poligonal lleváramos al plano, sin garantías, un cúmulo enorme de datos y trabajos que ahora ya hemos visto son contrastados por la, o las *bases de comprobación*.

34. Quinto caso. — Procedimiento. — La enunciación que se hizo al considerar este caso, hace clara la manera de seguirle en la práctica. Si la zona es considerable y su topografía obliga también a multiplicar las estaciones taquimétricas de la poligonal o poligonales que se utilicen, ya no sería bastante el método de bases de comprobación y hay que entrar de lleno en los métodos topográficos de precisión arrancando nuestros trabajos en el levantamiento de una red que será de 1.º, 2.º o 3.º orden según el caso de Topografía en que nos halláramos, y ya en cualquiera de ellos, siempre serían sus vértices puntos de paso obligado de las poligonales taquimétricas con la natural comprobación al llegar a ellos en los trabajos de taquimetría que es el objetivo de nuestro estudio. La poligonal

C — 1 — 2 — A — 3 — 4 — 5 — 6 — 7 — 8 — D

podiera ser un ejemplo de este caso en que vemos está apoyada en C, A y D, vértices de una triangulación previa de la zona. Se ve también con la figura 22 que dado el número de estaciones entre los apoyos A y B, pudo utilizarse la base de comprobación A — 6 que garantiza una buena parte de los trabajos antes de llegar al fin de ellos.

35. Caso especial. — Procedimiento. — Los estudios de vías de comunicación, fluviales o terrestres, el trazado de canalizaciones para conducción de aguas, las divisorias de propiedades, límites de predios, zonas de cultivos, etc., en

que la configuración del terreno para el levantamiento sea una zona larga y estrecha, requiere, como método taquimétrico, la aplicación continua y ordenada de lo explicado en en el cuarto caso, es decir que la longitud total la consideraremos dividida en trozos rectificados de unos 400 a 600 metros que serán las *bases de comprobación*, y entre cada

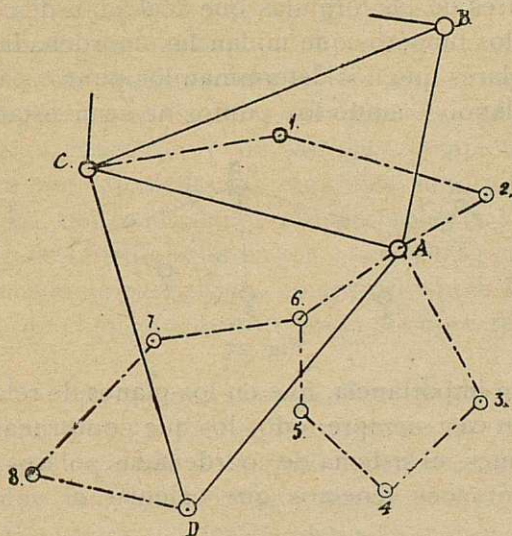


Fig. 22

dos estaciones de esta poligonal de bases, situaremos otras, con poca separación entre ellas (100 a 150 metros) para que el gran número de puntos, todos muy próximos, de la zona estrecha que nos interesa queden tomados con la mayor precisión. Al conjunto total de estaciones ligadas entre sí se le llama *base de operaciones* que en la figura 23 sería la poligonal

$$A - 1 - 2 - 3 - B - 4 - 5 - C \dots,$$

así como la base de comprobación sería la $A - B - C \dots$.

Los trabajos son en un todo idénticos a los del caso cuarto por lo que no se repiten.

36. Procedimientos y medios para el cálculo de las fórmulas taquimétricas.—En todo lo estudiado hasta ahora vemos que el problema taquimétrico está pendiente en su fundamento y resolución, aparte de los detalles prácticos que luego veremos, de hacer sencilla y rápida la obtención de los valores de las fórmulas que acabamos de conocer, y que serán los números que midan las coordenadas polares o rectangulares que nos determinan los puntos para situarlos en el plano. Cuando los puntos no sean estaciones, ni

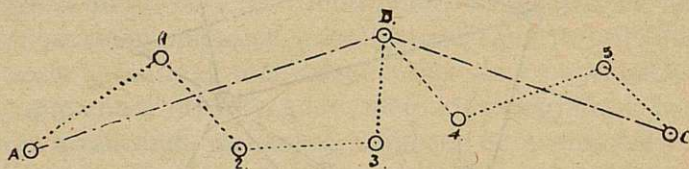


Fig. 23

de una gran importancia, que en los planos de relativa precisión serán casi siempre todos los que contornean a aquellas estaciones, el sistema de coordenadas polares será suficiente y entonces tenemos que calcular el valor de las fórmulas:

$$d = g \operatorname{sen}^2 V \qquad z = d \cotg V + i - h.$$

Si el plano es *numérico* (párrafo 8), o son las estaciones taquimétricas de la poligonal los puntos que queremos situar, serán las coordenadas rectangulares las que tengamos que calcular, y entonces las fórmulas serán:

$$\begin{aligned} d &= g \operatorname{sen}^2 V \\ x &= d \operatorname{sen} \theta \\ y &= d \cos \theta \\ z &= d \cotg V + i - h \end{aligned}$$

según ya tenemos dicho.

Los procedimientos y medios de que podemos valernos para con los datos leídos en el campo, y asentados en los Registros llegar con pocas operaciones, y desde luego con gran rapidez, a sacar las coordenadas de cada punto y acabar de llenar esos Registros, pueden ser:

Con tablas taquimétricas.

Con cuadros gráficos.

Con reglas de cálculo y escalas gráficas.

Con aparatos especiales.

37. Tablas taquimétricas.—Solo nos ocuparemos en estas *Notas* de las de Cuartero y Gasqué. Las primeras son de una gran precisión y de las más completas y sencillas que se han calculado; las segundas son un tipo de tan fácil manejo, tan reducidas y transportables (tamaño de un cuadernito de bolsillo) que en los casos de Taquimetría de menos precisión o para alguna comprobación de trabajos de campo, sobre el mismo terreno, serán siempre recomendables.

Las de Cuartero, como su autor dice, teniendo en cuenta que entre los 0° y 30° los senos cuatrados de dos ángulos consecutivos, variando de minuto en minuto, solo se diferencian a lo más en 0,0001, y por lo tanto sus respectivos productos por 100 (caso medio de puntos situados a 100 metros de la estación) solo difieren en 0,01; si se toma para valor de $d = 1 \cdot \text{sen}^2 V$ de un ángulo V cualquiera de los comprendidos en dichos límites, no su valor exacto, sino el de otro que le exceda o le sea inferior en $6'$, el error máximo que se cometerá, cuando g sea igual o menor que 100, no excederá de 0,06.

Fundada en esta observación se hallan calculados en cada número de páginas (16) que abarcan un grado, los valores de d para los de V de 13 en 13 minutos, desde los 100 a los 115 grados, o sus iguales en senos de 85 a 100 grados; y de 10 en 10 minutos, para mayor seguridad de que no se sobrepasa aquel pequeñísimo error, cuando los ángulos V que

intervienen están entre los 115 y 130 grados, o sus iguales en senos entre los 85 y los 70.

Estos valores de d colocados en una columna inmediata a la que lleva los de g , son *valores comunes a todos los ángulos en aquella página contenidos*, que serán 13 o 10 con diferencia de un minuto. Se ve, que siendo este valor lateral el que realmente corresponde al ángulo que ocupa el lugar intermedio de los de cada página, el error cometido, por exceso o por defecto, será como máximo de 0,06, o menos si el valor gradual se aproxima más al central.

De este modo se ha conseguido reducir a casi la mitad el volumen de las Tablas, y disponer del espacio necesario para los valores de z que se encuentran en cada columna de minuto en minuto y calculados con error menor 0,005 para todos los de g de metro en metro.

En una última parte de estas Tablas están contenidos los valores de los senos y cosenos naturales de todos los ángulos de 0° a 50 grados de minuto en minuto para el cálculo de las coordenadas x e y en las cuales intervienen estos factores trigonométricos.

38. Entrando en la descripción y manejo de las tablas de Cuartero y presentando reproducida una parte con el dispositivo de sus páginas, será bien fácil la resolución del problema taquimétrico en su misión calculatoria.

Son de doble entrada, y en su primera parte están los valores de:

$$d = g \operatorname{sen}^2 V \quad \text{y} \quad z = d \cotg V$$

para los ángulos V de minuto en minuto desde los 85 a los 115 grados, y en la 2.^a los de 70 a 85 o 115 a 130 grados. La disposición en aquella 1.^a parte, como se ve por la copia reproducida, tiene 15 columnas por página, la de g de metro en metro desde 1 a 50 en la de la izquierda (páginas pares), y de 51 a 100 en las derechas (nones) a más de los valores

100, 200 y 300 repetidos en ambas; la segunda columna encabezada con D es la de reducidas que nosotros llamamos *d*, y las trece restantes son valores de minutos, de uno en uno, para añadir al número de grados con que la página esté encabezada en su margen, o bien pueden buscarse igualmente los grados y minutos por la parte inferior que serán ángulos V para pendientes descendentes, pero de igual valor en sus senos y cotangentes, y naturalmente, con el mismo valor en su reducida e igual valor absoluto para *z*.

Como cada grado centesimal precisaría 100 columnas y este número no es divisible por 13, para igual composición de todas las páginas van repetidas la de 0 minutos (que es la de 100 minutos de la anterior) y las de 25, 50 y 75 minutos de cada grado, con lo cual resultan 104 columnas para 8 páginas de a 13 cada una.

Estas columnas a que nos venimos refiriendo son las rellenas con las diferencias de nivel, o valores de *z*, para los graduales en que se encuentren colocadas.

Supongamos que:

$$V = 108,09 \text{ (grados)}$$

$$a - b = 104 \text{ (. 2) } g = 208 \text{ (páginas 130 y 131)}$$

$$d \dots \text{(de 200)} \dots\dots 196,80$$

$$d \dots \text{(de 8)} \dots\dots \underline{7,87}$$

$$d = 204,67$$

$$z \dots \text{(de 200)} \dots\dots 25,12$$

$$z \dots \text{(de 4,6)} \dots\dots \underline{0,578}$$

$$z \dots \text{(de 0,07)} \dots \underline{0,088}$$

$$z = 25,786 \text{ o } 25,79$$

$$dN = 25,79 + i - h$$

39. La segunda parte tiene la siguiente disposición: cada grado ocupa solo dos páginas puesto que los valores

g	D	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'
1	0,98	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
2	1,97	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
3	2,95	37	37	37	37	37	38	38	38	38	38	38	38	38
4	3,94	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
5	4,92	62	62	62	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63
6	5,90	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76
7	6,89	87	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	88	88
8	7,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01
9	8,86	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13	13	13	14
10	9,84	24	25	25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26

50	49,20	6,22	6,23	6,23	6,23	6,24	6,25	6,25	6,26	6,27	6,28	6,29	6,30	6,31
100	98,40	12,43	12,45	12,46	12,48	12,50	12,51	12,53	12,53	12,54	12,56	12,57	12,60	12,61
200	196,80	24,86	24,90	24,92	24,96	25,00	25,02	25,06	25,06	25,08	25,12	25,14	25,20	25,22
300	295,20	37,29	37,35	37,38	37,44	37,50	37,53	37,59	37,59	37,62	37,68	37,71	37,80	37,83
g	D	100'	99'	98'	97'	96'	95'	94'	93'	92'	91'	90'	89'	88'

de g solo alcanzan del 1 al 9 por cuyo motivo los cálculos serían algo más largos al tener que descomponer los valores que para g nos den, en mayor número de sumandos, pero si tenemos en cuenta que los valores graduales que esta parte abarca (85 a 70 y 115 a 130 grados) serán mucho menos usados que los otros, el pequeño aumento en el cálculo no se presentará muchas veces.

Cada página da hueco a cinco cuadros como el expuesto en la página siguiente.

Ejercicio:

$$\text{Si } V = 119,53 \text{ (grados)}$$

$$g = 375 \text{ (página 255)}$$

$$d \dots (\text{para } 300) \dots 272,59$$

$$d \dots (\text{para } 70) \dots 63,60$$

$$d \dots (\text{para } 5) \dots \underline{4,543}$$

$$d = 340,733$$

$$z \dots (\text{para } 300) \dots 86,37$$

$$z \dots (\text{para } 40) \dots 11,52$$

$$z \dots (\text{para } 0,7) \dots 0,2015$$

$$z \dots (\text{para } 0,03) \dots \underline{0,08637}$$

$$z = 98,187$$

y

$$dN = -98,187 + i - h$$

40. La tercera parte de estas Tablas, o Apéndice, no ofrece duda su comprensión y empleo. Si queremos hallar las coordenadas ortogonales de un punto cuyos datos fueron:

$$\theta = 79,54 \text{ (grados)}$$

$$V = 108,09 \quad \text{id.}$$

$$g = 208$$

255

119°

g	D	51'	52'	53'	54'	55'	56'	57'	58'	59'	60'
1	0,9086	0,2876	0,2878	0,2879	0,2880	0,2881	0,2883	0,2884	0,2885	0,2887	0,2888
2	1,8172	5752	5755	5758	5759	5762	5765	5768	5770	5773	5776
3	2,7259	8628	8633	8637	8639	8644	8648	8653	8655	8660	8664
4	3,634	1,150	1,151	1,152	1,152	1,152	1,153	1,154	1,154	1,155	1,155
5	4,543	438	439	440	440	441	441	442	443	443	444
6	5,452	726	727	727	728	729	730	731	731	732	733
7	6,360	2,013	2,014	2,015	2,016	2,017	2,018	2,019	2,020	2,021	2,022
8	7,269	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
9	8,178	588	590	591	592	593	594	596	597	598	599
g	D	49'	48'	47'	46'	45'	44'	43'	42'	41'	40'

80°

La primera parte de las Tablas nos daría:

$$d = 204,67$$

$$z = 25,79$$

y ahora (página 289)

$$x = d \operatorname{sen} \Theta = 204,67 \times 0,9488 = 194,191 \text{ m.}$$

$$y = d \cos \Theta = 204,67 \times 0,31588 = 64,651 \text{ m.}$$

41. Las Tablitas taquimétricas de Gascué solo dan los valores de d y z para valores de V de $\frac{1}{4}$ en $\frac{1}{4}$ de grado desde 0° a 45 grados, o de 0° a 50 grados según hubiera sido sexagesimal o centesimal la graduación empleada.

Cada página contiene 4 pequeños cuadros que son los pertenecientes a un grado, y las tres columnas de cada uno son los valores de g , d (que está allí representada por H) y

56

Centesimal

8°			$8 \frac{1}{4}^\circ$		
G	$H (d)$	$V (z)$	G	$H (d)$	$V (z)$
10	9,842	1,243	10	9,832	1,281
20	19,684	2,486	20	19,654	2,562
30	29,526	3,729	30	29,496	3,843
40	39,368	4,972	40	39,328	5,124
50	49,210	6,215	50	49,160	6,405
60	59,052	7,458	60	58,992	7,686
70	68,894	8,700	70	68,824	8,967
80	78,736	9,944	80	78,656	10,240
90	88,578	11,187	90	88,488	11,529
$8 \frac{1}{2}^\circ$			$8 \frac{3}{4}^\circ$		
10	9,822	1,319	10	9,812	1,357
20	19,644	2,638	20	19,624	2,714

z (que el autor pone V); los valores de g son decenas de 10 a 90.

Si los datos fueran como en el número 37: $V = 108,09$ (grados centesimales) y $g = 208$, como aquel valor gradual es igual a suponer una pendiente descendente de 8,09 (grados C.) buscaremos en la página 56 el cuadro de los 8 grados que es por defecto el que más se aproxima, calculando como antes, encontramos: $d = 204,714$ y $z = 25,45$ (metros)

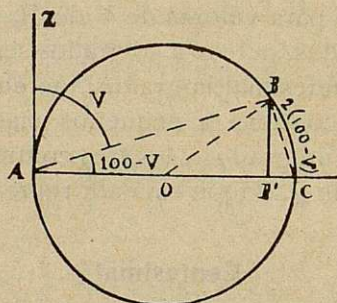


Fig. 24

y si buscando los resultados en el cuadro de los $8\frac{1}{4}$ halláramos la media aritmética de ambos, tendríamos:

$$\text{para } 8\frac{1}{4} \begin{cases} d = 204,506 \\ z = 26,20 \end{cases} \quad \text{y la media de ambos} \begin{cases} d = 204,61 \text{ m.} \\ z = 25,82 \text{ m.} \end{cases}$$

cuyos valores para levantamientos menos exactos, o más rápidos, son aceptables.

42. Gráficos taquimétricos.—El ilustrado Jefe de E. M. señor Más y Zaldúa tiene un modelo de estos gráficos cuyo fundamento es el siguiente:

Si A fuese la estación y B el punto que se quiere situar en el plano por coordenadas polares, sabemos que, a más de θ , azimut de la proyección de A — B, hay que calcular la reducida A — B' y la diferencia de nivel B — B'.

La figura 24 hace ver que si sobre un círculo de centro

por diámetros las longitudes que contadas a partir del origen O van terminando en las decenas de las escalas MN ; estos arcos se detienen en la recta OA cuyo valor del ángulo $AO N$ es de 50 grados, si bien los arcos $M - 60$, $M - 70$, $M - 80 \dots 100 - A$ son cuadrantes de sus respectivas circunferencias. Al extremo de los radios $O \alpha$, $O \beta \dots$ se ven escritos los ángulos en grados con apreciación clara de décimas, grabados en el último arco $100 - A$ limite del gráfico, y para materializar los radios en todos los valores de V , (que por no hacer confuso el Cuadro están sin grabar), lleva un cordón muy fino, de seda, que sujeto en O se temple a mano con el asidero de madera P , sobreponiéndole a la graduación precisa de V . Una regla R , en cuyo resalte corren formando escuadra las escalas EE' , permite situar el borde de estas pasando por el cruce del arco que arranque de g , tomado en MN , con el tensor que tengamos fijo señalando el ángulo V .

Con tal maniobra se ha formado la figura teórica que vimos en el fundamento del gráfico, pues si con $OH = g$ describiéramos un arco (el HH) y en O se dibujase el ángulo $HO D = V$, se tendría en $O d$ la reducida d (que leeremos en la escala), y en $d D$ el valor de z que también en EE' queda medida. Como g se buscará sobre MH , en una u otra graduación, según sea ella menor o mayor que 300, también d y z se deberán leer en la que corresponda según el caso.

Falta decir, aunque se sobreentiende, que para la división en grados y décimas de grado del arco $100 - A$, hay que suponer descrita una circunferencia con centro en O y radio $OA' = O - 100$ y llevar a ella, previamente graduada, las rectas $O \alpha$, $O \beta$, $O \delta \dots$ que formarán con $O - 100$ al cortar al arco $100 - A$ los ángulos desde 0° a 50 grados, puesto que ese arco es el de un cuadrante y valdría 100 grados. También podría dividirse tal cuadrante, sin olvidar entonces poner números mitades en sus incisiones. El fundamento de este Cuadro gráfico nos hace comprender tal advertencia.

43. Reglas de cálculo.—Las fórmulas que en taquimetría hay que resolver son, como sabemos, ejercicios de multiplicación en que intervienen dos factores, y esquematizadas todas ellas pueden escribirse en una sola: $A = b \times c$ en la cual si tomamos logaritmos tendríamos:

$$\log A = \log a + \log b$$

expresión que permite utilizar el empleo de las Reglas de cálculo en su parte más elemental de hallar un valor numérico por la suma de dos vectores que representan los logaritmos de los factores que integran aquel número que buscamos. En su consecuencia, si sobre una recta, que materializa una regla, y a partir de un punto considerado como origen se lleva con el compás una magnitud igual, o proporcional mejor para reducir dimensiones, a uno de los logaritmos que se tratan de sumar, y a partir del extremo que nos resulte y en el mismo sentido, vuelve el compás a situarnos el segundo vector representativo del otro sumando, es claro que el segmento total será una longitud que nos dará la representación material de la suma pretendida. Es tan conocida esta teoría en que se fundamenta toda regla logarítmica que no hemos de insistir en más detalles generales que podrían ampliarse a operaciones diferentes como: divisiones, potencias, raíces...

En nuestro exclusivo objeto del cálculo taquimétrico, y todo lo sucintamente que para una buena comprensión nos evite largos razonamientos de detalle, estudiaremos los indispensables que para la práctica son precisos.

44. La regla se compone de: *Regla y Reglilla*, de unos 45 cms. de longitud y 4 de ancho, encajando la segunda en la primera por unas guías a corredera, y que un perfecto ajuste garantiza su exacta colocación en cada posición relativa y necesaria, mediante suaves desplazamientos dados a mano.

Estas reglas se construyen de metal, marfil o boj. Las diferentes escalas que en ellas van grabadas obedecen a la resolución de nuestros problemas de hallar: d , z , x , e y , por lo que estudiando aisladamente la resolución de cada uno, en él se irá dando cuenta de las escalas que intervienen.

Determinación de d .—La fórmula como sabemos es: $d = g \operatorname{sen}^2 V$ y tomando logaritmos:

$$\log d = \log g + \log \operatorname{sen}^2 V,$$

luego en realidad la escala de g llevará magnitudes lineales que serán proporcionales a los logaritmos de este número generador, y como en taquimetría los límites 10 y 1000 son aceptables para g , lleva la Regla (Fig. 26), en los bordes de su cajera, dos escalas idénticas cuyas longitudes a partir del origen son representativas de los logaritmos de los números desde 10 hasta 1000 poniendo en ellas, como en toda regla logarítmica, no estos logaritmos, sino los números a que pertenecen. De tal suerte podrán siempre leerse los antilogaritmos, y los problemas quedan terminados con una sola operación.

La escala para $\log \operatorname{sen}^2 V$ va en la Reglilla (Fig. 27), y aunque bien pudiera haberse construido en forma análoga para los diferentes valores de V , se ha preferido utilizar la siguiente transformación teniendo en cuenta que los senos se aceptan como de una circunferencia en que el radio fuese 10^{10} , que si mucho mayor que el de la tierra (a la que realmente nos deberíamos referir) facilita los cálculos enormemente:

$$d = g \frac{\operatorname{sen}^2 V}{R^2} \quad \text{»} \quad \log d = \log g + \log \operatorname{sen}^2 V - \log R^2 = \\ = \log g + 2 \log \operatorname{sen} V - 2 \log R = \log g - 2 (10 - \log \operatorname{sen} V)$$

queda transformada la suma en resta con más facilidades en la operación práctica, y como el vector representativo de $2 (10 - \log \operatorname{sen} V)$ sería siempre más reducido logarit-

micamente que el cuadrado del seno que antes teníamos, se medirán en la Reglilla las magnitudes de aquellos logaritmos para los diferentes valores de V , dando la construcción las dos escalas D que se encabezan con la palabra sen^2 para facilitar su busca, y leyéndose en ellas los valores graduales del ángulo zenital.

Como nunca tendremos para V valores menores de 40 grados ni mayores de 160, estas escalillas solo abarcan los

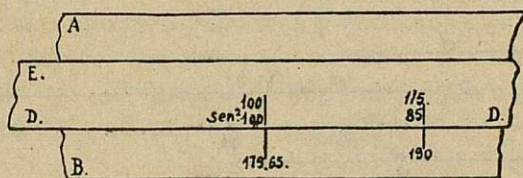


Fig. 28

valores entre tales limites y cada incisión aparece con doble número por escribirse también el suplementario.

45. Ejercicios.—Datos: $g = 190$ $V = 85$ grados.

La Reglilla por su cara ED se desplaza en sus correderas hasta que el 85° de la DD coincida con el 190 de la escala

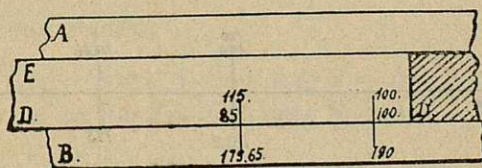
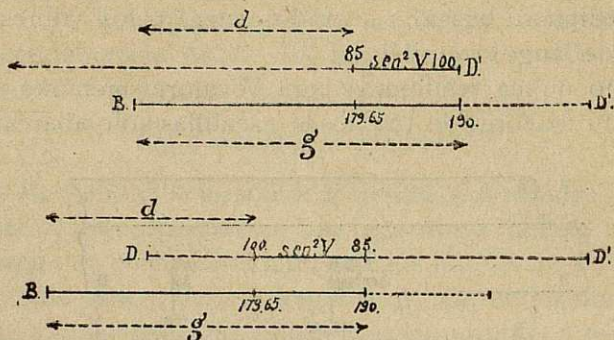


Fig. 29

B , y buscando que valor numérico en la misma B cae debajo de los 100° de éste ($179,65$) será el valor de la reducida d de este ejercicio (Fig. 28).

Este mismo caso pudo resolverse utilizando la 2.^a escala de los sen^2 pero entonces como el origen de ella está invertido se superpondría este origen (100°) sobre el número 190 , valor de g (Fig. 29), y leyendo el que quedase bajo los

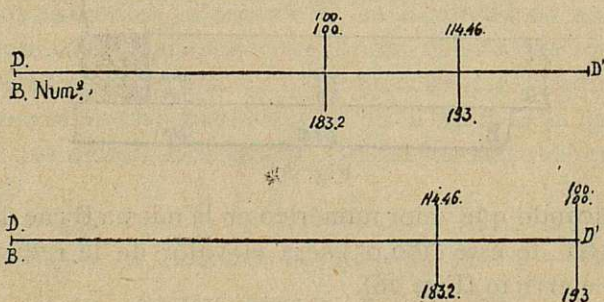
85° volverá a ser el 179,65 y ésta será la reducida. La diferencia de una a otra disposición la explican esquemáticamente las figuras 30 y 31.



Figs. 30 y 31

Datos: $g = 193$. $V = 114,46$.

Repitiendo lo dicho, obtendríamos, vista la posición de la figura 32, que $d = 183,20$ o en la figura 33 con el mismo resultado.



Figs. 32 y 33

46. Determinación de z .—Esta coordenada tenemos dicho, viene calculada por la expresión $z = d \cotg V$ y

poniendo de manifiesto el radio de la circunferencia como hicimos en el valor de d , se tendrá:

$$z = d \frac{\cotg V}{R}$$

y tomando logaritmos:

$$\log z = \log d + \log \cotg V - \log R = \log d + \log \cotg V - 10.$$

Si en esta expresión sumamos y restamos el valor de la cotangente de otro ángulo, que por variar esta línea entre $+\infty$ y $-\infty$ siempre puede suponerse para nuestro objeto que sea de 9 u 8 unidades, se tendrá:

$$\begin{aligned} \log z &= \log d + (\log \cotg V - 9) - 1 = \log z' - 1 = \log z' - \log 10 \\ \log z &= \log d + (\log \cotg V - 8) - 2 = \log z'' - 2 = \log z'' - \log 100 \end{aligned}$$

expresiones que vistas en sus primeros y últimos términos nos dicen después de pasar a los antilogaritmos, que:

$$z = \frac{z'}{10} \quad (\alpha) \qquad \text{o} \qquad z = \frac{z''}{100} \quad (\beta)$$

es decir que calculando:

$$\begin{aligned} z' &= \log d + (\log \cotg V - 9) \\ \text{o} \qquad z'' &= \log d + (\log \cotg V - 8) \end{aligned}$$

habremos de dividirlos por 10 o por 100 y será el valor de la coordenada z que buscamos.

Las fórmulas de z' y z'' requieren dos escalas en la regla taquimétrica, una la A, de los números de 10 a 1000 y en la cual ya vimos teníamos hallado el valor de d , y otra en que estén los logaritmos de las cotangentes de V , pero siendo preciso restar a estos logaritmos 8 o 9 unidades será preciso que sus características valgan por lo menos 8 en el primer caso y 9 en el segundo, con lo cual se facilitarán las opera-

ciones hasta el máximo, toda vez que de ese modo con prescindir de tales características quedan hechas las restas que esa parte de las fórmulas exige.

La escala EE' (Fig. 27) comprende los logaritmos de las tangentes desde $0^\circ 638$, cuya característica es 8, hasta los 50° , en que vale 10, y las de 50° a $99^\circ 363$ en sentido inverso a la anterior que por resultar sus complementarios da igual utilizar la tangente o la cotangente. Faltan los ángulos desde 0° a $0^\circ 638$ y los comprendidos entre $99^\circ 363$ y los 100 grados, que llevan las características de sus cotangentes 5, 6 o 7, números que tratábamos de huir para facilidad y rapidez de los cálculos, a más del alargamiento de esta escala; y teniendo en cuenta que en estos ángulos tan pequeños, puede admitirse la proporcionalidad entre las longitudes de arco y sus tangentes, cuando se nos presente el caso de valores de V dentro de estos límites, se les multiplica por 10 o 100 y caerán ya en los valores de la escala, sin olvidar tomar la décima o centésima del resultado.

A la vista de la figura 27 vemos pues que tal escala EE' de la Reglilla se encabeza con la abreviatura de tangente (Tang) y bajo ella la de característica (Caract) comenzando como se ha dicho por el ángulo $0^\circ 638$, con 8 de característica; al llegar a los $6^\circ 35$ está la cifra 9, y terminan al fin las graduaciones en los 50 grados en que ya no precisa poner la cifra 10; después, y en sentido inverso, se llega de nuevo al arranque con $99^\circ 363$, todo conforme se ha razonado.

47. Ejercicios. — Datos: $g = 190$ $V = 85^\circ$ que como son los datos del número 44 resuelto ya para sacar d , utilizaremos desde luego el valor hallado $d = 179,65$ m. cuyo valor tomaremos en la escala A , y para añadirle ahora la longitud proporcional a la mantisa del logaritmo de cotangente de V , buscamos el 85 en la escala EE' (Fig. 34) y tenemos para suma, otra vez en la A , el número 431 que habrá que dividir por 10 por haber utilizado la parte de

escala en que está el 9 de característica según la fórmula (a), resultando $z = 43,1$ m.

Datos: d (supuesta ya calculada) = 97, $V = 102^{\circ}30'$; este valor de V hay que suponerle como si valiera $2^{\circ}30'$ que es el complementario del simétrico con respecto al de 100° ; como si ahora empleásemos la característica 9 quedaría el

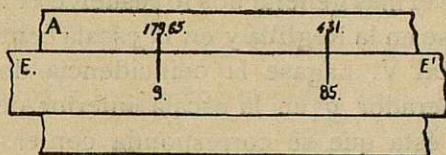


Fig. 34

ángulo ($2^{\circ}30'$) a la izquierda, produciéndose resta de logaritmos en vez de la suma de la fórmula, se arranca de la característica 8 en que está el origen del ángulo que hemos de emplear, y después se divide por 100, conforme con la fórmula (3). La figura 35 hace ver que:

$$z'' = 350,8 \quad \text{y} \quad z = -3,508 \text{ m.}$$

por ser la pendiente descendente.

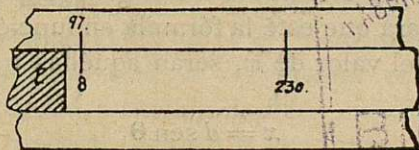


Fig. 35

Al verificar la operación mecánica para el cálculo de d se ha visto que el 100 de la escala DD de los *sen* (escala izquierda), y que es la que en la Regla B nos marca el valor de la reducida, está en correspondencia con la característica 9 de la escala EE' de tangentes, y que esta división nos

señala en la escala A (idéntica a la B) el mismo valor, naturalmente, para d , pero como en tal disposición tenemos colocada convenientemente la Reglilla para el cálculo mecánico de z según acabamos de explicar, resulta, que cuando se vaya a emplear aquella característica 9, conviene empezar utilizando para d la escala central de sen^2 con lo cual de una vez puede leerse: primero d y luego z ; este caso que es seguramente el más general nos lo resuelve la regla siguiente: «Búsquese en la Reglilla y en la escala central de sen^2 el ángulo zenital V , hágase la coincidencia de éste con el número generador g en la escala inferior de la Regla, la división de ésta que se corresponda con el núm. 100 de aquélla, nos dará el valor de d . Sin mover la Reglilla véase en la escala de tangentes el mismo ángulo V , y el número correspondiente en la escala superior de la Regla, dividido por 10, será el valor de z ».

48. Determinación de las coordenadas x e y .—Las fórmulas a resolver para estos valores en el caso de situar los puntos por coordenadas rectangulares, son:

$$x = d \text{ sen } \theta \quad \text{e} \quad y = d \text{ cos } \theta$$

y como esta segunda podemos ponerla en función del coseno del suplementario, dado que sólo nos interesa el valor absoluto, y a su vez este nuevo valor gradual pasarle al complementario para que esté la fórmula en función de un seno lo mismo que el valor de x , serán aquéllas transformadas:

$$x = d \text{ sen } \theta$$

$$y = d \text{ sen } (100 - \theta) \quad \text{o} \quad y = d \text{ sen } (\theta - 100) \quad \text{según} \quad \theta \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} 100^\circ.$$

Si el valor de θ que los datos nos diesen fuesen ángulos del 3.º o 4.º cuadrante empezaríamos por pasarlos al 1.º o 2.º restándoles 200° con lo cual siempre, las fórmulas que ahora estamos calculando, vendrían en función de los senos

de 0° a 200° y solo estos valores nos serán precisos tener en cuenta en la Regla taquimétrica.

Con idéntica explicación a la dada en el número 45 llegaríamos a:

$$\begin{aligned} \log x &= \log d + (\log \text{sen } \theta - 9) - 1 \\ \text{o} \quad \log x &= \log d + (\log \text{sen } \theta - 8) - 2 \end{aligned}$$

y simplificándolas:

$$\log x = \log x' - 1 = \log x' - \log 10 = \log \frac{x'}{10}$$

$$\log x = \log x'' - 2 = \log x'' - \log 100 = \log \frac{x''}{100}$$

y tomando antilogaritmos:

$$x = \frac{x'}{10}$$

$$\text{o} \quad x = \frac{x''}{100}$$

De esto deducimos que nos son precisas dos escalas, una en la que estén las longitudes proporcionales a los logaritmos de d , que ya la tenemos conocida (las A y B de la Regla) y otra de *senos*, para lo cual en la cara posterior de la Reglilla está grabada (Fig. 36, F F') y encabezada con la palabra *senos*, y bajo ésta la abreviatura de característica (*Caract*), por idéntica razón a la dada cuando hablamos de la escala de tangentes no están los valores graduales que abarcan los límites 0°—0°638 y 199°363—200°, es decir, que cuando θ sea uno de éstos que excluimos, le multiplicaremos por 10 para luego dividir su resultado por este mismo número.

La escala F F' de senos, y de izquierda a derecha, empieza en 0°638 (con característica 8), llega a 6°38 (en que es 9) y termina en 100° (característica 10), y en sentido contrario

van apareciendo grabados debajo de aquellos números los de sus ángulos suplementarios, llegando de nuevo al origen con $199^{\circ}363$.

No obstante las dos fórmulas deducidas para x (y lo mismo por lo tanto para y) todavía nos resultaría más cómodo, y será por lo tanto el caso general del que daremos la regla: «utilizar la característica 10, en vez de las 8 ó 9, y claro que entonces el valor obtenido habría que dividirlo por 1, es decir que serán desde luego x e y los que se saquen para x''' e y''' ».

Cuando θ quedara fuera de la Regla por la izquierda, no

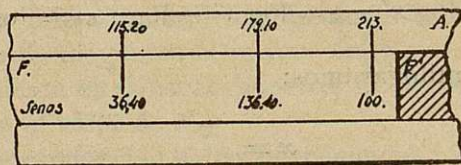


Fig. 37

podría utilizarse la característica 9, y si saliera por la derecha no se emplearía ni la 8 ni la 9.

49. Ejercicios.—Datos: d (ya calculada) = 213, $\theta = 136^{\circ}40$.

Para hallar x nos lo indica la figura 37 habiendo buscado la coincidencia de d en la escala A con el 100° (característica 10) de la FF' de senos y viendo el número que cae sobre el valor $136^{\circ}40$, que era θ , tendremos otra vez en A el 179,10 que es la coordenada x . Sin mover la Reglilla y restando 100° a θ buscaremos nuevamente en la escala de senos el $36^{\circ}40$ que se corresponde con el 115,20 de A y este será el valor absoluto de y , pero como con un rumbo de $136^{\circ}40$ ha de quedar situado el punto en el $2.^{\circ}$ cuadrante, serán sus coordenadas:

$$x = + 179,10 \text{ m.} \quad \text{e} \quad y = - 115,20 \text{ m.}$$

(Recuérdese para el número de los cuadrantes que el origen de ángulos es el norte magnético y que van de izquierda a derecha).

Datos: $d = 180$. $\theta = 242^{\circ}30$. Por ser un punto situado en el 3.^{er} cuadrante ya sabemos que sus coordenadas serán negativas y para obtener sus valores absolutos restaremos 200° con lo cual los datos serán: $d = 180$, $\theta = 42^{\circ}30$. Para hallar x , como antes, superpondríamos el 100 de FF' con el 180 de A y leeríamos el número 111 sobre el 42,30 (Fig. 38);

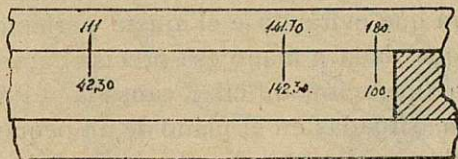


Fig. 38

para obtener y sumaremos 100° y se lee el número 141,70 sobre los $142^{\circ}30$ de la escala de senos. Las coordenadas serían:

$$x = - 111 \text{ m.} \quad y = - 141,70 \text{ m.}$$

Regla: «Hágase coincidir d , buscada en la escala de los *Números*, con el 100 de la escala de *Senos* y el número que corresponda en la Regla al ángulo θ será el valor de x . Sin variar la anterior colocación, y para hallar y , léase otra vez en la escala de los *Números* el que coincida con el valor de θ aumentado o disminuido en 100° según sea él $< 100^{\circ}$ o $> 100^{\circ}$. Si es θ mayor de 200° hay que empezar por restarle 200° y luego seguir esta Regla. El signo de x e y lo dirá el cuadrante en que venga a resultar el punto por el valor del rumbo (θ)».

La escala HH' con iniciales P E (partes iguales, en francés) es la unidad que el constructor empleó en la Regla que fué de 20 ctms. y como está dividida en 1000 partes puede servir cómodamente para las escalas $\frac{1}{5000}$ o $\frac{1}{500}$.

50. Escalas gráficas.—Dentro del grupo de Reglas Taquimétricas podemos citar las escalas gráficas que también resuelven el problema de dar los valores de las fórmulas, cuyos cálculos directos nos queremos evitar, con el mismo fundamento que en los párrafos anteriores dejamos expuesto el de la Regla, o sea el de las escalas logarítmicas, sin apenas más variación que la de una disposición ingeniosa para que evitándose el ajuste perfecto que aquélla exigía y que dada a mano esa precisa coincidencia podrían achacar operación difícil y cansada, están ya estas *escalas gráficas* situadas en el plano de un pequeño tablero, y en forma tal, que al cortar dos de esas escalas (las de los elementos que integran las fórmulas) por una recta móvil en los dos puntos que ellas contengan los datos de cada problema, la intersección con una tercera escala da la solución que se pretendía al leer en ella lo que resulte en cada caso.

El ingenio, como decíamos antes, es el mayor valor en este sistema, y si bien es mayor también la claridad en las escalas, es a costa de menor exactitud, sin que dejen de producir cansancio las lecturas que no siempre están en las condiciones más favorables para conseguir las bien.

Como en la práctica no han llegado a tomar campo de recomendación para el uso, omitimos su detalle y dibujos.

51. Aparatos especiales.—Aunque en realidad se trata también de Reglas logarítmicas en su aplicación al cálculo taquimétrico, la forma y los detalles que los autores dan a estos mecanismos calculadores en que desde luego se pierde la forma de Regla, da motivo a incluirlos en otro grupo que es el ahora considerado.

Describiremos el modelo español «Ruiz Amado» cuyo aparato titula su autor «Círculo logarítmico y doble trans-

portador» y como puede observarse, siguiendo el estudio en líneas generales, tiene un fundamento similar al de aquella Regla.

Constituyen el *Círculo* un tablero de forma cuadrada de 41 cms. de lado, en el que sobre cartulina se ven perfectamente dibujadas una serie de coronas circulares concéntricas en las que por el diferente colorido dado a sus fondos se presenta un claro contraste para ayudar a la no confusión de unas escalas con otras. De esta serie de coronas hay

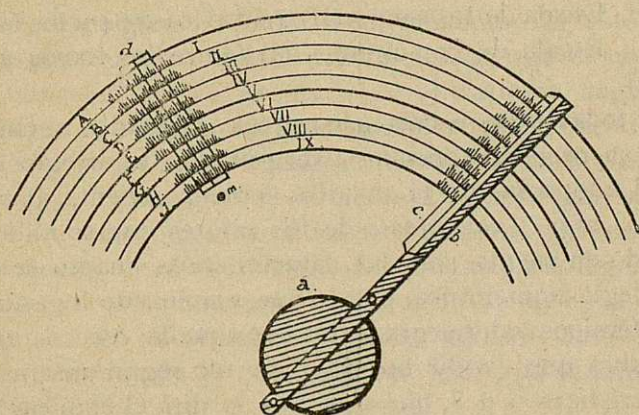


Fig. 39

un grupo *fijo* y otro *móvil* y ya se comprende que con la posición que se de en cada caso a las móviles en sus relaciones con las fijas, preparánse los arcos resultantes en los que se leerán por tal mecanismo, análogo al de la *Regla*, los valores finales del cálculo logarítmico.

Las coronas circulares fijas son en su orden, de fuera a dentro: (Fig. 39).

- I. Escalas de senos cuadrados. (A).
- II. Transportador centesimal. (B).
- III. Transportador sexagesimal. (C).
- IV. Escala de los números. (D) (de 100 a 1000).

Las coronas móviles aparecen sobre un disco, giratorio alrededor de un centro de metal que atraviesa el tablero, y de radio (145 m/m.) igual al interior de la corona D, con lo cual, y a la vista, no existe solución de continuidad de las coronas fijas a las móviles.

Estas son:

V. Escala de los números (E), igual a la (D).

VI. Escala de los senos (F) (entre los $6^{\circ}37$ y los 100°).

VII. Escala de cotangentes (G) (entre los $106^{\circ}35$ y los 150°).

VIII. Escala de los senos (H) (entre los $0^{\circ}64$ y los $6^{\circ}37$).

IX. Escala de cotangentes (J) (entre los $100^{\circ}64$ y los $106^{\circ}34$).

En todas estas escalas, los arcos graduados a contar desde su origen expresan la magnitud, con arreglo a la unidad adoptada, de la mantisa correspondiente al *sen*², *número*, *seno* o *cotangente* de los valores que se indican, teniendo en cuenta para las características cuanto se dijo en la Regla taquimétrica, puesto que, empleando logaritmos para idénticos valores graduales que aquélla, recordaremos que habrá que dividir por 10 o por 100 según usemos las características 9 u 8, que aquí nos lo dirá el emplear una corona u otra, y por lo mismo dicho allí, que no repetiremos, si el valor gradual que nos den cayera fuera de los límites del aparato, se le multiplicaría para luego dividir el resultado; así como con los valores de *d* o *g* menores que 100 se operará con idéntica precaución.

Al disco portador de estas coronas móviles está unido otro de metal (*a*), de 40 m/m de radio, al que por medio de dos mordazas, y tornillos con roldanas, se puede fijar una alidada metálica también (*b*), a la que se añade un cuchillo de talco (*c*) en el que va trazado un radio de estas circunferencias concéntricas que termina en la periferia de la última.

En el origen de todas las coronas del disco móvil, va

fijo un rectángulo de talco (d) en que aparece otro radio, el cual sobrepasa a éstas, para señalar sobre las coronas fijas la parte recorrida por el disco móvil en cada operación.

Para con este aparato resolver el problema de hallar la reducida d , y a la vista de la fórmula logarítmica que hemos venido empleando:

$$\log d = \log g + \log \text{sen } V - 10$$

se hace girar el disco móvil mediante un botón (m) que le unía al talco rectangular (d), hasta que el radio de este talco señale en la escala I (A) el valor del ángulo V ; sujetando con la mano izquierda esta posición, se acciona con la derecha sobre la alidada (b) hasta que el otro radio de este segundo talco marque fielmente el valor de g en la escala IV (D), y como la I era de los *senos cuadrados* y esta IV es de *números*, tenemos sumados en un arco ambos logaritmos cuya suma se lee con este mismo radio de (c) en la escala V (E) también de números, teniendo cuidado de la definitiva colocación de la coma decimal como ya se tiene advertido.

Las otras fórmulas para z , x o y que en forma logarítmica ya vimos eran:

$$\log z = \log d + \log \text{cotg } V - 10$$

$$\log x = \log d + \log \text{sen } \theta - 10$$

$$\log y = \log d + \log \text{sen } \theta - 10$$

servirán como en la *regla taquimétrica* para guiarnos en lo que habrá de hacerse, siguiendo, respecto a los valores de θ , idéntica regla si pasara de 200° , y respecto a y la transformación del mismo θ según sea $\begin{matrix} > \\ < \end{matrix} 100^\circ$, restándole o sumándole aquellos 100 grados.

Aún tiene este «Círculo logarítmico» mayor número de aplicaciones tales como: hallar equivalencias entre grados centesimales y sexagesimales para amoldar los aparatos de limbos antiguos a los cálculos modernos; multiplicaciones, divisiones, raíces, etc.

La bondad de este aparato, una vez vencidas con la práctica alguna pequeña dificultad o titubeo que los principiantes hallarán siempre, le hace recomendable en alto grado.

LA TAQUIMETRÍA DE PRECISIÓN LLEVADA A LA PRÁCTICA DE LOS LEVANTAMIENTOS

52. Trabajos que comprende.—Conocidos los fundamentos del método taquimétrico, los aparatos con los cuales es posible conseguir los datos que teóricamente se consideran indispensables, y los medios de que la Taquimetría se vale para la resolución de sus fórmulas, hay que entrar de lleno en el problema práctico de los levantamientos para que tengan aplicación real cuantos conocimientos hayan podido adquirirse, y algunos más, que como detalle complementario queden por exponer.

El personal que ha de componer las *brigadas* que a los levantamientos se dediquen, puede ser el mismo para la totalidad del trabajo desde sus preparativos, que así pudiéramos llamarlos, hasta la entrega definitiva del plano, o bien que la *campana* sea hecha por una brigada y los *trabajos para el plano* los lleve a cabo personal distinto; lo mas general es que el sistema sea mixto, puesto que, si bien los facultativos pueden y hasta deben, no cambiarse, los auxiliares, dados los cometidos que en el campo y en oficinas han de tener, es tan distinto, que no entrarán seguramente los mismos a su total realización.

53. De cualquier modo estos trabajos abarcan tres fases:

- a) Trabajos preparatorios.
- b) Trabajos de campo.
- c) Trabajos de gabinete.

54. a) Trabajos preparatorios. — Su importancia es máxima y nunca será bastante subrayada la recomendación para que los topógrafos dediquen a esa fase su mayor interés. Ella abarca las comprobaciones y correcciones del Taquímetro que haya de emplearse; el acopio de datos que bien pudieran tenerse de trabajos anteriores y que tengan alguna relación con la zona del levantamiento; preparación de libretas para Registros y Croquis, así como el empaque de cuanto constituya los elementos de trabajo, y reunión previa del personal de la brigada de trabajos si se formara con elementos que no hubiesen hecho juntos otros levantamientos taquimétricos. Todavía puede añadirse en este grupo preparatorio la enseñanza o prueba del personal auxiliar que ha de intervenir, sobre todo si es eventual.

Una pequeña detención en el estudio de este índice nos hace fácilmente comprender su gran importancia; de nada habrían de servir los conocimientos teóricos y aún la escrupulosidad que al llevarlos a la práctica se exagerara, si los detalles que por parecer nimios quedasen descuidados y fallasen los resultados por tal abandono que no se pensó y remedió a tiempo.

La decisiva influencia que la comprobación de aparatos tiene en la bondad del plano que se construya, obligaría a detenernos con calma en tal estudio para tener la seguridad de que, al comenzar a operar con el Taquímetro, la garantía de los resultados era absoluta, pero como en el trabajo de conjunto este corte, forzosamente largo, apartaría la imaginación de nuestra marcha, preferimos al fin de estas *Notas* indicar tales comprobaciones y correcciones.

Si con anterioridad al levantamiento que se pretende, algún otro Centro o Dependencia, oficial o particular, o tal

vez la misma de quien el Topógrafo dependa, tuviese en su archivo cartográfico trabajos con garantía, que fuesen aprovechables, para marchar a la zona que se va a estudiar con buenos conocimientos de parte de ella o de sus inmediaciones, o que ya contuviesen puntos topográficos o geodésicos perfectamente determinados, es lógico que se aprovechen, puesto que será labor vencida o por lo menos buenísimos medios de ayuda y comprobaciones.

La preparación de libretas para llevar al campo, unas con los Registros que allí se llenarán, y otras con los modelos de Croquis para efectuar bosquejos, es desde luego un elemento imprescindible, y aunque en pequeños detalles pueden variar las que emplean unos u otros Centros, se resumirá lo más importante respecto a este punto, diciendo que: desde luego hay que desechar el tener que hacerlas a mano por la enorme molestia y gran pérdida de tiempo; el comercio los expende y hay siempre para elegir los tipos que más parezcan apropiados a las costumbres de trabajos de las brigadas; como hay libretas hasta de muy pocos pliegos, o pueden sueltos coserse en el número, que según la extensión de cada trabajo se necesitan, se acepta que en una misma libreta no se mezclaran dos trabajos, aunque sí puede, y desde luego ocurrirá con frecuencia, que uno solo llene varias, para que evitando un gran número de hojas, se hagan poco manejables, se deterioren con un largo período en uso, o que los trabajos posteriores, una vez llenas en el campo, no puedan seguirse por no estar fraccionadas, haciendo más lentos los posibles cálculos y desde luego los trabajos de gabinete.

55. En la cara exterior de cada libreta se detallará: número, Centro que efectúa la toma de datos, Provincia, Partido o Término Municipal en que se halle enclavado el terreno de la zona o estudio, el título de los Registros que en ella se llevan, los vértices que comprende y el año en que se efectúan los trabajos. Así por ejemplo:

Jefactura del servicio de

Libreta núm.

Estudio de la cacera de Trozo 3.º

Provincia de, en el Término de

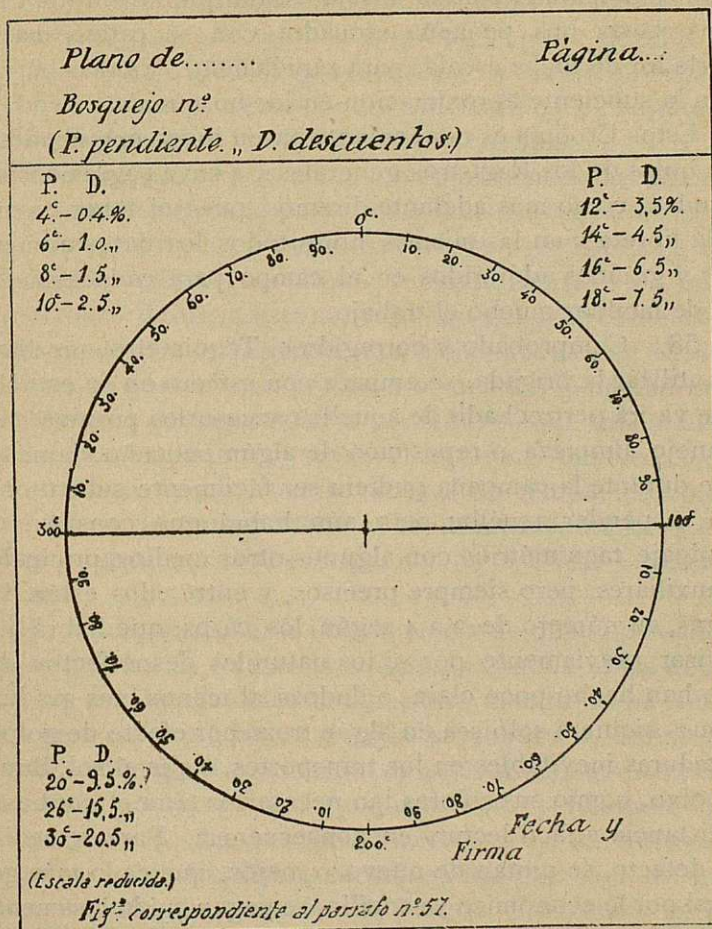
Registro General de Taquimetría.

Vértices

Año de

Los casilleros que lleva cada hoja en su interior pueden ser parecidos al que ahora se pone como ejemplo:

57. Cuando la libreta sea para Croquis, dada la necesidad de hacer bosquejos desde cada estación, puede servir de modelo el que ahora se menciona que ya es cono-



cido por Topografía y en el que se pueden añadir unas tablas de aproximaciones para que al tomar las distancias horizontales, vayan en el bosquejo con la reducción muy aproximada a la que oblige el ángulo de pendiente.

Será no obstante más práctico, agregar, encarpetándolo con la documentación, un gráfico similar al Más Zaldúa descrito en el párrafo 41, y que hecho a mano con algún cuidado y preparado para la misma escala que lleven los Croquis, basta una pequeña escuadra con su cateto mayor portador de dicha escala, para rápidamente conocer d y z con la suficiente aproximación en los bosquejos.

Estos Croquis es conveniente pasen luego engomados a las hojas de los Registros generales y a cuya página correspondan, como más adelante diremos, pues el tener en una sola libreta y en las mismas hojas todos los datos numéricos y gráficos adquiridos en el campo para cada estación ha de facilitar mucho el trabajo.

58. Comprobado y corregido el Taquímetro que haya de utilizar la brigada, se empaça con esmero en su estuche que ya irá pertrechado de aquellos accesorios propios a su manejo, limpieza, o reposición de algún pequeño elemento que durante la campaña pudiera ser fácilmente sustituible sin suspender aquélla; pero aún habrá que constituir el equipaje taquimétrico con algunos otros medios, principales o auxiliares, pero siempre precisos, y entre ellos están: las miras, en número de 2 a 4 según los casos, que habrá que revisar previamente por si los naturales desperfectos del uso han hecho poco clara, o dudosa al menos, sus graduaciones siquiera solo sea en algún trozo por efecto de golpe, rozaduras inevitables en los transportes, o que el sol, lluvia o polvo, comió sus colores tan necesarios para el contraste a distancia y fácil lectura en consecuencia. Para remediar tal defecto, se pintan de nuevo o mejor, que es lo más general por lo económico y sencillo, se pegan cuidadosamente otras cintas de papel, preparadas en el comercio, de idéntico modelo al de la mira que se vaya a emplear, y que será evidentemente la del taquímetro de la brigada; si estas miras no tuvieran nivelitos de verticalidad habrá que acompañar a cada una de su plomada; piquetes y banderolas en número

que no puede precisarse pero que han de servir para marcar los puntos de estación, algunos muy importantes del relleno y la alineación de la meridiana, si conviniera.

Como esto último pudiese aumentar muy voluminosamente el equipaje, se suprime una buena parte de ello si hay alguna seguridad de proveerse en el campo de cañas, bambúes o varales rectos, que adosándoles el banderín quedan supliendo a las banderolas corrientes.

Rodetes de 2, 10 y 20 metros, bien para medir las alturas del instrumento en cada puesta en estación, bien para medir tramos cortos; un buen barómetro pudiera ser conveniente y debe llevarse; y por último: bocinas, portavoces para correcciones desde la estación a los portamiras, cornetas o pitos-sirenas para inteligencia rápida en los avisos de éstos a aquéllas, un parasol que preserve al aparato y operadores de la estación del rigor solar y sus reflejos, que dificultaría las lecturas en limbos y nonios, haciendo también molesto el dibujo de los croquis; carteras de campo, silla plegable, uno o dos transportadores centesimales, dobles decímetros y tubos con lápices negros y de colores, y gomas de borrar.

59. Huelga razonar la conveniencia de que el personal técnico que ha de formar la brigada se reúna antes de la fecha en que dé comienzo la campaña; cuanto se ha estudiado para que culmine el método taquimétrico, habrá de ejecutarse con igual orientación de procedimientos, teorías idénticas o muy homólogas, y ajustamiento perfecto en los detalles por todos los que han de intervenir en los trabajos. Sin perjuicio, como ahora se prevendrá, que uno de los facultativos tenga el carácter de jefe de la brigada y dé la pauta que guíe la marcha de los procedimientos en todo instante, como único responsable de cuanto se ha de ejecutar, es de una gran conveniencia un intercambio de conocimientos para unificarlos, lo cual dará bondad y rapidez a los trabajos, primero en el campo, y luego en el gabinete.

60. Añadíamos en el índice del párrafo 53 que el personal auxiliar o *de trabajos* era preciso educarle o contrastarle en sus conocimientos, y además se necesita tener convenido un pequeño código de señales para que no resulte de una gran complicación la mutua inteligencia entre el personal *técnico* que ordena desde la estación, y el de *trabajos* que con miras, jalones o banderolas ha de ejecutar lo que en cada caso convenga para la buena colocación de esos elementos. Si este personal es fijo, como seguramente lo será en pequeña parte, nada se tendrá que prevenir, pero como el resto será eventual por la economía que pueda representar contratarle entre los jornaleros que en cada lugar de trabajos se solicite, se les instruirá en la verticalidad de miras, presentación de su cara graduada bien frente al operador que vise desde el aparato, y puntos posibles en que deberán situarse, sin perjuicio de que su definitiva señalación habrá que ordenarla. Siendo varios los portamiras puede desde luego numerarse cada mira: I, II, III, etcétera; y su peón cada vez que instalado en el punto que corresponda vea, por el nivelito o la plomada, que está vertical, tocará con el pito o corneta el número de puntos que señale el de su mira, con cuya contraseña sabrá el topógrafo de la estación está aquélla en condiciones de ser visada para tomar sobre aquel punto los datos, y tan pronto se pasen al registro, es el peón de la estación el que en igual forma repite la señal y podrá el portamira trasladarse a otro punto. Si al visar la cara graduada de la mira, se la observara oblicua o con falsa verticalidad, los avisos de corrección pueden darse, o con el portavoz, o con señales semafóricas de los brazos: extensión de uno u otro brazo en sentido horizontal, enderezamiento por el lado que se marque; elevación de brazos, giro de la mira sin perder su verticalidad para rectificar la oblicuidad de la cara graduada por el lado de la extensión del brazo.

Cada vez que el portamira se instale en un nuevo punto

comenzará por reconocer su terreno inmediato para que las ramas o matojos que pueda haber quitando vistas a la mira, se arranquen o abatan.

Cumplidas estas prevenciones que como *trabajos preparatorios* hemos consignado, que sino son siempre para seguir al pie de la letra dan una norma que distará poco de ser la que convenga en cada caso, está la brigada en condiciones de dar principio a los:

61. Trabajos de campo.—La brigada que los va a efectuar no siempre estará constituida por el mismo personal técnico, casos hay en que un solo topógrafo se ha de bastar para ello, bien por ser pequeño el trabajo que se encomienda, lo que no es razón bastante a tal extremo de reducción, o porque no siempre hay personal disponible para que las brigadas salgan *completas*.

Aceptándolas así, se supondrán compuestas de:

Un topógrafo jefe.

Dos ayudantes.

Un escribiente.

Dos ordenanzas.

Portamiras y peones (variable).

Cuando las zonas son de una gran extensión ha de resultar de un gran adelanto en los trabajos emplear una brigada, llamada *principal* o *de bases*, que solamente se ocupa de la elección de los vértices de las poligonales y llevar a cabo todos los trabajos de campo para la determinación de esos puntos, y de las bases de comprobación o de operaciones cuando éstas sean precisas; y las *detallistas* que van tomando los datos de los puntos de estrellas, estacionándose en los que eligió la principal para el contorno de la zona que rodea a aquéllos.

En el párrafo **23** expusimos los casos en que podríamos considerar estarían siempre comprendidos los trabajos de levantamientos taquimétricos y, claro es, que siendo la extensión y la topografía de la zona la que ha de llevarnos

a uno de aquellos casos, no será idéntica, como allí se estudió, la marcha del método, ni por consiguiente los tanteos preparatorios que la brigada ha de ejecutar hasta tener el terreno jalonado y en condiciones de que la toma de datos taquimétricos dé principio.

62. El reconocimiento general o global de la zona, sobre todo si ésta fuese poco o nada conocida por el personal técnico de la brigada, es asunto capital y del que no puede prescindirse para tener una idea del plan a seguir en el señalamiento de las poligonales, pero como el mayor detalle en un segundo reconocimiento requiere tiempo y es enojoso, hay veces que los Jefes renuncian a él, o por agovios de los Centros; aceleramientos en los estudios, y más si éstos son de índole particular, que no gustan demorar el comienzo de los trabajos efectivos; o porque entienden no hay compensación a las molestias que ciertamente se originan al hacer tan detenido estudio de la zona con señalamiento material de los vértices, de las bases de comprobación y hasta el total de los puntos de estación. Entendemos que un sistema mixto será el más llevadero ya que no el mejor, es decir, que una primera jornada puede dedicarse a tener buscados, elegidos y materializados un número de puntos de estación que estén ligados por una base. Huelga decir que si la extensión es pequeña, de terreno muy abierto, o ambas cosas a la vez, no precisan estas consideraciones que estamos exponiendo, y que si hay brigada principal y otras detallistas, la misión propia de cada una deslinda los cometidos y tampoco ha lugar a ellas.

En las jornadas sucesivas se llevarán a cabo la toma de datos desde las estaciones que se marcaron, hasta que agotadas, nuevamente precise otra jornada para repetir la elección de otras nuevas y así continuamente.

63. Expuesto lo que referente a *Reconocimientos* puede servir de norma, es inútil pretender un caudal más o menos grande de reglas para que un jefe de brigada taquimétrica

ateniéndose a ellas pueda bosquejar los certeros puntos de las bases y poligonales que mejor y más rápidamente sirvan al levantamiento que se persigue; es tan varia la topografía de la corteza terrestre, son tan diversos los objetivos que pueden perseguirse en el estudio de las zonas, y pueden producir tan diferentes sensaciones, y aun sorpresas, los accidentes naturales o artificiales del panorama que a buen seguro las reglas que se buscaran para un caso no servirían en otros. «Pensar cual es la principal finalidad del plano que se pretende; asegurarse bien que no quedarán fuera del radio de las estrellas taquimétricas objetivos que interesen o que se produzcan lagunas por falta de datos cogidos en el campo, y que el número de estaciones, siendo el mínimo, tenga buenas bases de comprobación», esto será en esqueleto cuanto, unido a una gran práctica, pueda asegurar el éxito.

Tenemos pues, imaginativa o realmente, en un Croquis todos los vértices que en la zona han de ser estaciones de taquimetría y, como indica la figura 40, puede suponerse la zona $MM'M''$ que es la del ejemplo que caprichosamente presentamos, encintada primeramente por una poligonal A, B, C, ... que formarán su lados las futuras bases de comprobación y cuyo número de lados nunca será grande (4 o 5 a lo más) para que su cierre, si es cerrado como aquí, o sus últimos vértices no arrastren más errores que los tolerables y admisibles, pues si la extensión lo requiriera, otra u otras más, serían estas poligonales. Se aprovechará como ya dijimos, y aquí lo suponemos, el hacerla pasar por algún punto que de otro levantamiento anterior, vértice topográfico o hito geodésico, se tuviera dentro de la zona y que es aquí el A. Entre cada par de puntos base AB, BC y CA, se suponen elegidas otras poligonales, tales como:

A, I, II, III, B; B, IV, V, VI, C; y C, VII, VIII, A;

cuyos lados no excederán generalmente de 200 metros. Y

por último hemos supuesto que desde cada estación taquimétrica, ya por la única brigada que trabaje o por las deta-

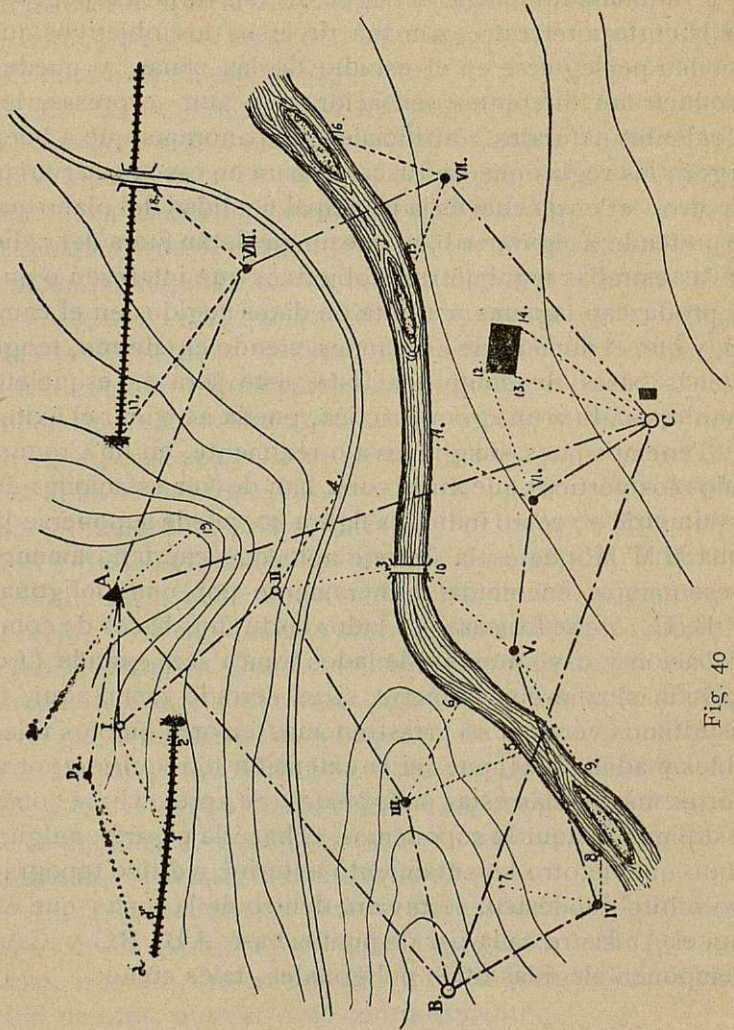


Fig. 40

llistas si las hubiera, se han tomado los datos para cuantos

puntos pueden dar la más completa representación de la zona, y que para no hacer confusa la figura, se han esquemático las estrellas a solo dos radiales cada una para visar los puntos 1, 2, 3,... 7, 8, 9,... 18, 19,... etc. etc., que bien se comprende serían muchísimos más.

Se presenta en todo esto la necesidad de repartir razonablemente el trabajo para que cada uno de los que componen la brigada tenga su peculiar cometido, que llevado con orden en todo momento ha de ser la garantía de la máxima precisión en los trabajos de campo y una gran rapidez en su ejecución, que no es el factor de cuantía menor.

64. Cometidos del Jefe deben ser: comprobar y corregir los aparatos que han de usarse, lo mismo en los trabajos preparatorios como cualquier verificación que en el campo se considerase precisa; elegir en definitiva los vértices en que se han de poner en estación los aparatos, incluso, si fuera necesario para completar la toma de datos, buscar una estación destacada como la D_a de la figura 40; dar las instrucciones a los portamiras para que éstos vayan ocupando los puntos en que han de dar frente al operador del taquímetro, rectificando aquellas posiciones hasta la perfecta situación que él así considere; bosquejar las pequeñas zonas que contorneen a cada vértice de la poligonal de base y buscar buenas referencias que dejen bien determinado cada uno de estos puntos, a más de reseñarlos en el respaldo de sus bosquejos, para que todo ello contribuya a facilitar su busca a medida que se vaya avanzando en los trabajos y sea necesario situar un peón con banderola sobre la estaca, piedra o medio que lo tuviera materializado.

Será también misión del Jefe, comprobar la buena ligazón de los bosquejos que los ayudantes vayan dibujando en cada estación taquimétrica, lo cual efectuará al remate de cada día para si hallara discrepancias que acusen error por esa falta de ajuste de cada uno con los inmediatos, subsanar en la jornada del día siguiente el defecto que su-

ponemos. Como muy conveniente se recomienda que el mismo Jefe vaya dibujando un bosquejo general con los parciales de sus ayudantes; una vez comprobados éstos, pues que ello será el mejor medio para darse cuenta, va quedando cubierta, sin soluciones de continuidad, por las estrellas taquimétricas, la zona total del levantamiento. Si tal bosquejo acusara lagunas por falta de toma de datos de ciertas partes de la zona, serán remediadas oportunamente antes que la brigada dé por terminada la campaña, bien situándose de nuevo en estación en alguno de los vértices ya conocidos, o bien eligiendo uno nuevo (estación destacada) que ligado a uno ya establecido se pueda desde él acopiar los datos de la parte cuyo vacío fué observado en el bosquejo general.

Como el Jefe ha de ser en cualquier momento el responsable técnico de todo el trabajo, habrá de extender su radio de acción a cuanto se haga por él y por sus auxiliares, por lo cual, su inteligencia, su actividad y su celo han de ser los centinelas sin descanso de la obra toda de la brigada.

65. El cometido de los dos ayudantes que ha de haber, supuesta la brigada completa, es idéntico, turnan en su labor por estaciones, por tiempo o como el Jefe disponga, para que no llegando a un cansancio inevitable que una fijeza excesiva en el mismo trabajo pudiera ocasionar, se pueda tener la certeza de que el cometido que cada uno está desempeñando lo realiza en las mejores condiciones para los más seguros resultados.

Así pues, en tanto que el ayudante núm. 1 trabaja como operador en el taquímetro, es el núm. 2 quien va llenando el Registro y haciendo el bosquejo en la libreta de Croquis. La mecánica de este trabajo será así: el núm. 1 estaciona el aparato (párrafo 21), mide su altura hasta el eje del anteojo con el rodete de 2 metros (p. e.) y canta este número; que una vez escrito por el núm. 2 en el lugar apropiado del Registro lo repite para garantizar no hay error; por cada punto

que se visa el núm. 1 cantará: la indicación del punto visado, («de la margen izquierda del río» p. e.), después, «28» (que hace referencia al hilo superior del retículo de los dos que formen el ángulo diastimométrico que esté empleando), sigue, «372» (con referencia al inferior), luego, «central 200» (que será el valor de h) y a continuación, «por tantos» (que será el factor del ángulo para luego sacar el verdadero valor de g). Sin quitarse del ocular espera que el ayudante núm. 2 diga: «28» «372» «central 200» «por tantos» lo cual comprobado como exacto deja ya de observar a la mira para leer en los limbos y cantar: «29 grados 39 minutos» (p. e.) «98 grados 10 minutos», con los que se refiere al rumbo y al ángulo zenital; y de nuevo escribe y repite después el ayudante núm. 2 «29,39» «98,10» que comprueba sobre los limbos el núm. 1. Si durante estas repeticiones de contraste se advirtiera error, se comienzan nuevamente las observaciones por el núm. 1 hasta que ambos ayudantes queden acordes. Desde luego se comprende que si teniendo dos nonios cada limbo, hubiera que leer los dos, el canto de valores graduales sería doble, añadiéndose el número del nonio que hace la lectura, por ejemplo: «29,39 núm. 1» y «229,43 núm. 2» y si el ayudante núm. 2 sobre el Registro y con ambos números ya escritos en sus casillas respectivas saca una diferencia de $200^\circ \pm \epsilon$ siendo ϵ la tolerancia estudiada y aceptada por el Jefe, no dice más al repetir los grados, pero en caso contrario añade «rectificación» hasta nuevamente quedar conformes.

Como desde este momento ya hay que pasar a otro punto, el peón de la estación avisa con la bocina o silbato utilizando la contraseña, para que aquel portamira cambie de sitio y se estacione en otro según las instrucciones o indicaciones que el Jefe le haya dado o le ordene.

66. El ayudante núm. 1 ha de ir a buscar con el ante-ojo una segunda mira que por el aviso, con la corneta o pito, del peón que la llevó, está ya en condiciones de observa-

ción y da comienzo a su buen enfocamiento y rectificaciones en la posición de esa mira según se dijo en el párrafo 59, si esto fuera preciso, y como todo ello absorbe algún tiempo es el que aprovecha el núm. 2 para situar en el Croquis el punto anterior mediante los datos que en el Registro tiene y modifica (párrafo 56) para la mayor exactitud posible en el bosquejo que ha de ir dibujando, es decir, que con los números hipotéticos que antes hemos supuesto sacaría, y pondría en la casilla del número generador g «344» si el factor fuese la unidad, y como V valía $98^{\circ}10'$ no habría que hacer modificación para d si se emplea la tablita que el mismo modelo de Croquis llevará, o si utilizando el gráfico de Más Zaldúa se toman los datos en él, ya por la posición de la escuadra leería el valor de dicha reducida, así que, procederá a buscar en el Croquis un radio que forme los $29^{\circ}39'$ (29 y medio buscará) y en él, y con arreglo a la escala en que dibuje, los 344 m. a partir del centro, lo que nos facilitará las numeraciones de las circunferencias concéntricas ya hechas en tal escala; sobre el punto que resulte pondrá la misma notación que ya usó para determinarle en el Registro (el 76, p. e.).

67. Cuando el número de puntos señalados le permita dar forma topográfica al terreno en cada uno de sus elementos que, naturales o artificiales, se vayan constituyendo, empleará la técnica del dibujo topográfico y dará así en el bosquejo que irá resultando, una muy fiel representación de la parte de zona, cuyo levantamiento efectuamos. Si hay puntos que pertenecen a las dos márgenes de un río, podrán unirse para tener el cauce en esa parte; si varios puntos aislados fueron tomados como interesantes para la altimetría, pueden, sin precisarse una gran habilidad, servir para que dibujando unas curvas de nivel y teniendo a la vista la forma de salientes o entrantes del terreno, dar al bosquejo una buena sensación de realidad topográfica. Las líneas férreas, los caminos, perímetros globales de edificaciones

o terrenos parcelarios..., todo, en fin, puede aparecer con muy aprovechable fidelidad.

68. Con idéntica pauta seguirán el trabajo ambos ayudantes, en tanto no cambien ellos entre sí de cometido, y cuando esto se realice, quedan invertidos los papeles, con la natural ventaja de que el operador del anteojo que efectuaba el trabajo más penoso, queda aliviado en su nueva labor y es relevado en aquélla por el núm. 2 que tiene ahora la vista sin cansancio.

En este contorno de toma de datos recordamos, que no sólo se tomarán los que pertenezcan a la estación siguiente si que también a la anterior establecida y que según se empleen uno u otro de los dos métodos que para ligazón de estaciones explicamos en el párrafo **25**, así se procederá al estacionar el taquímetro y habrá o no que tener en cuenta y anotar en el Registro el valor de $d\theta$ (tolerable hasta $0^{\circ}50'$) para la corrección de rumbos si hubiera lugar a ello.

69. La misión del auxiliar escribiente será la peculiar que su nombre hace presumir; los Registros, bloques de reseñas, anotaciones, notas útiles... etc. que llenos y muy manoseados en el campo, acabarían sembrando dudas y titubeos en tan interesante documentación, deberá ser pasada a limpio de unas jornadas a otras; pero no es solamente éste su cometido si las circunstancias lo requieren, pues que familiarizado seguramente con una pequeña parte de los cometidos técnicos pudiera ser un eficaz auxiliar si un accidente, o motivo imprevisto, mermara a la brigada en alguno de sus elementos (Topógrafos). La confianza, que para tal substitución y en tales casos, sea estimada por el Jefe, le aconsejará hacerle o no aprovechable.

Los ordenanzas, portamiras y peones serán empleados en los menesteres que su designación nos releva de tallar.

70. Trabajos de gabinete.—Como preliminar al estudio de estos *trabajos*, expondremos brevemente cuanto a

tolerancias en los errores y su repartición nos es preciso conocer.

Las poligonales de estaciones pueden constituir:

a). *Polígonos cerrados* en que el último vértice se confunde con el primero y en los que, si así no ocurriera, esta separación será el *error de cierre*.

b). *Poligonales abiertas desarrolladas entre dos puntos previamente reconocidos y determinados en el plano*, con antelación ésto a nuestro trabajo taquimétrico, siendo el *error de cierre* la distancia a que resulte el último punto de la poligonal del segundo de los dos que decíamos tener en el plano.

c). *Poligonales abiertas que acaban en puntos no determinados* y serán poligonales *sin cierre* para las cuales se emplean como medio de garantía las *bases de comprobación*.

Esto que decimos para el caso (c) no es desechar en los otros tan buen método de seguridad como hemos razonado son las bases de comprobación, sino que, sin perjuicio de su empleo si las poligonales son grandes, pueden ellas asegurarnos llegar al fin de los trabajos con un *error de cierre* que, siendo admisible, se pueda repartir para la más perfecta representación del plano.

Casos (a) y (b). —Realmente son uno solo para nuestro objeto por eso los englobamos haciendo idéntico estudio de tolerancias y correcciones que para ambos es aplicable en igual forma.

Si nuestro último vértice del polígono o poligonal de estaciones quedase situado en P' (Fig. 41) en vez de serlo en P, precisa corregir PP' que es el *error de cierre* y su valor lo da

$$\varepsilon_c = \sqrt{(x' - x)^2 + (y' - y)^2} = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2}$$

pero como este error PP' acumula los dos que pueden existir en la medición de los ángulos de la poligonal y en los

valores longitudinales de las coordenadas planimétricas, como el valor de las x y de las y no es proporcional al de los ángulos o rumbos, y sí a las distancias, se han de separar en la compensación de los errores repartiéndose los de los ángulos, si son tolerables, para calcular después las coordenadas que ya sólo habrán de compensarse proporcionalmente a las distancias.

72. Tolerancia y corrección de ángulos. — Aunque

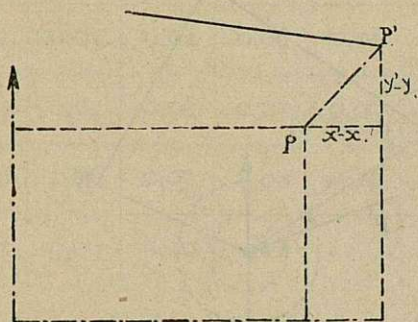


Fig. 41

autores muy diferentes y de muy diversa nacionalidad han hecho estudios conducentes a fórmulas y sistemas variados, como el exponerlos haría la cuestión más compleja y confusa seguramente, hemos entendido preferible dar al asunto simplicidad eligiendo una sola fórmula y por lo tanto un solo método que nos haga ver el error, la tolerancia y la corrección.

Llamando n al número de rumbos medidos en toda la poligonal, la tolerancia aceptada es: $t = 0^{\circ}03 \times \sqrt{n}$, es decir, que si los ángulos fueran 4 (p. e.);

$$t = 0^{\circ}03 \times 2 = 0^{\circ}06 \text{ (6 minutos)}$$

que llevado al caso de las figuras 42 y 43, según fuese poli-

dadero punto de cierre), darían por diferencia ϵ_x y ϵ_y que llevados a la fórmula $\epsilon_c = \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2}$ nos daría definitivamente el *error de cierre*; falta ver si es o no tolerable, y para ello empezaremos por conocerle valiéndonos de otro cuadro previamente calculado que puede ser una pequeña tabla de doble entrada en la cual tomando ϵ_x y ϵ_y se obtenga por

$E_y \backslash E_x$	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10...
0,02	0,03	0,04	0,06	0,08	
0,04	0,04	0,06	0,07	0,09	...
0,06	0,06	0,07	0,08	0,10	..
0,08	0,09	0,10	0,11		.

cruce el valor de ϵ_c ; el valor obtenido por la fórmula o tabla ha de ser igual o menor que la tolerancia que da la fórmula: $t = 0,1 - 0,001 \cdot d$ en la que d representa la suma de los valores absolutos de las coordenadas planimétricas de todos los vértices con respecto al primero tomado como origen.

Si por ejemplo

$$d = x + x' + x'' + y + y' + y'' + \dots$$

fuese igual a 300 metros, se tendría que la tolerancia era de 0m4, y si

$$\epsilon_c = \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2} = 0,5$$

resultaba el error mayor que la tolerancia, por lo cual no era repartible, pero en caso contrario, hay que rectificar los valores de x e y de todos los vértices, repartiendo y pro-

porcionalmente a aquellas coordenadas con lo cual P' ha de quedar definitivamente situado sobre P y por lo tanto conseguido el cierre. Gráficamente puede hacerse esta corrección dividiendo la diagonal PP' del rectángulo de errores en partes proporcionales a las longitudes de los lados de la poligonal y trazando por los demás vértices otras diagonales paralelas a la PP' y de longitud igual a la suma de aquellas partes que por su longitud y orden les corresponde, que darán situados los nuevos vértices para el cierre de P' sobre P .

De este modo en la figura 44, $A B' C' P'$ se ha llevado a la situación de cierre $A B C P$.

Caso c).—En el párrafo 33, explicábamos el empleo y garantía que nos proporcionaba el utilizar las bases de comprobación, ello nos evita ahora nuevos razonamientos que

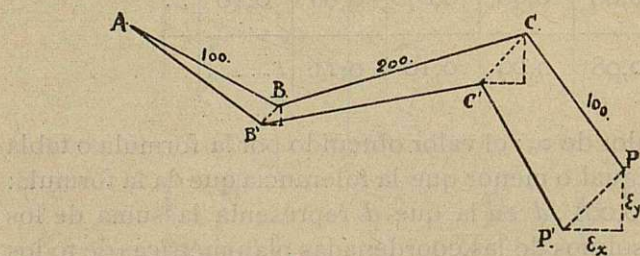


Fig. 44

nos hicieran ver, como en este caso en el cual carecíamos de datos para situar en el plano una poligonal sin error de cierre, puesto que el cierre no existía, se los damos nosotros con la repetida base de comprobación puesto que llegamos al último punto de la poligonal, con datos dobles para garantía de tal término. El ejercicio que exponemos más adelante, de un trabajo taquimétrico, está dentro de este caso y se ve la comprobación que el método proporciona.

75. Respecto a los errores que pudieran cometerse en el cálculo de las cotas, son siempre conocidos y fácil su

repartición. Como al estacionarnos en cada vértice de la poligonal se toman los datos con el eclímetro del aparato tanto con referencia a la estación anterior como para la siguiente, habrá datos para obtener dos veces la diferencia de nivel entre cada dos estaciones, con cuyos cálculos tenemos en seguida el error en el sentido del eje de la Z que según fórmulas y estudios diversos, que nosotros en la idea de simplificación omitimos, pueden valorarse en 0^{mo}3 por cada 100 metros, y el valor total del error que en los cierres se obtenga, si es admisible, se repartirá proporcionalmente a la longitud de los lados sobre cada vértice.

Pueden también irse corrigiendo las cotas a medida que los cálculos nos las van produciendo, tomando la media aritmética de cada dos consecutivas, y luego ya, muy amonorado el error de cierre, hacer el repartimiento sobre todos los puntos. Si la poligonal fuese abierta sin determinación del último vértice (*caso c*), hay que proceder desde luego, por las medias aritméticas.

76. Entrando ya en la nueva fase de trabajos, y conociendo los medios para que los cálculos taquimétricos sean fácilmente resueltos, por Tablas, Regla, Gráfico, etc., expliquemos en líneas generales el orden que para estos *Trabajos de gabinete* es conveniente seguir.

Los planos pueden ser: *Gráfico-numéricos o numéricos*, y dentro de esta clasificación podrán quedar *acotados* en sus puntos característicos, o estar completada su topografía con *curvas de nivel*.

Los *gráfico-numéricos* dan a entender planos en que sólo se han calculado las coordenadas planimétricas para los puntos vértices de las poligonales dejando para la determinación de los puntos de relleno el método de coordenadas polares; y son *numéricos*, como en el comienzo de estas *notas* se dijo, cuando la totalidad de los puntos del plano se sitúan mediante coordenadas ortogonales, que es preciso calcular, y referirlas todas a un origen común.

El tener o no los planos curvas de nivel, obligará a un diverso trabajo para su graficismo, y bien se comprende que un plano *numérico con curvas de nivel*, dará la más exacta representación del terreno cuyo levantamiento se desea.

Ateniéndonos a este caso, pues que más sencillamente iríamos a los otros, la labor total de gabinete abarca dos partes, una que se ocupa de completar los Registros y llenar otros nuevos, o sea la que efectúa los cálculos; y otra que es la gráfica, para el dibujo del plano. Se comenzará por reunir y ordenar toda la documentación que se empleó en los trabajos de campo y en la que constarán cuantos datos numéricos y gráficos se tomaron en ellos, los que revisados detenidamente por el Jefe de la brigada le harán afluir a su imaginación los detalles de la zona levantada y encomendar al personal subalterno el trabajo que, por la distribución que mejor le sugiera ha de ir efectuando cada uno. De este modo cada Topógrafo auxiliar podrá seguramente dedicarse a completar el relleno de las casillas del Registro general taquimétrico pertenecientes a una poligonal, calculando los valores de $d = g \operatorname{sen}^2 V$, $z = d \cotang V$, la diferencia $i - h$ y el resultado de la fórmula $dN = d \cotang V + i - h$ que a cada punto con su signo corresponda en principio, sin llegar todavía al valor de las cotas o altitudes que podrían sufrir variación al repartir errores.

En estos cálculos se tendrán a la vista los bosquejos puesto que ellos irán asegurando, por la mutua armonía que el operador debe encontrar, la buena marcha de los trabajos.

77. Terminada esta parte calculatoria en la que se habrán empleado alguno de los medios que se citaron en el párrafo 35, pero idéntico para todos los auxiliares que trabajen en el mismo plano y que el Jefe habrá elegido, se pasa a la rectificación de los valores de θ y diferencias de nivel de los puntos de estación (vértices de las poligonales)

que como tenemos doubles datos para ellos en los Registros (párrafo 29) y ya en el campo vimos eran valores que caían dentro de las tolerancias, hay ahora que tomar los valores definitivos. En los de θ si el método seguido es el indirecto (párrafo 27) no habrá lugar a rectificación puesto que ya el taquímetro se orientó en la 2.^a estación leyendo previamente con sus nonios o micrómetros el ángulo $200^\circ + \theta$, pero si el método empleado fué el italiano o directo, hay que anotar el valor de $d\theta$ para la corrección general de rumbos; seguimos aconsejando el primero y una continua vigilancia en la desviación de la aguja imantada que será el vigía de la invariabilidad del aparato en cada estación, por una desorientación magnética fija durante todo el tiempo que en cada estación permanezcamos operando.

Las diferencias de nivel se corregirán tomando la media aritmética de ambas y anotando valores iguales pero de signos contrarios. Si la poligonal es cerrada o apoyada en puntos conocidos y determinados (casos *a* y *b* del párrafo 69) ya dijimos allí como puede verse el error de cierre, y si le hubiera, se comienza por el reparto del error angular con lo cual hay que sentar los nuevos valores de θ que por tal circunstancia resulten para los vértices. Si fuera poligonal sin cierre (caso *c*) ya veremos otra vez en el ejercicio práctico lo que tenemos dicho debe hacerse para garantir las operaciones.

78. Hay ahora que pasar al Registro de coordenadas de estaciones (párrafo 33) y empiézase por vaciar en él los valores de θ y d que para cada lado de poligonal se tiene en el Registro general ya corregido, y con estos datos y las fórmulas: $x = d \sin \theta$, $y = d \cos \theta$, se calculan las coordenadas ortogonales planimétricas de los vértices, que no serán las definitivas pues que, sino hubo cierre, habrá que calcular la formula $\epsilon_c = \sqrt{\epsilon_x^2 + \epsilon_y^2}$, o buscar su valor en el cuadro, y si es el tolerable de la expresión $t = 0,1 - 0,01 \cdot d$ llevar la corrección, numérica o gráficamente como allí se

dijo (párrafo 73), pero mejor numéricamente, y así podremos anotar en las casillas de x e y de este Registro de coordenadas de estaciones los definitivos valores que se obtengan.

Si al tomar la media aritmética en las cotas finales de cierre éste no fuera exacto, pero si dentro de la tolerancia (0,3 por 100 metros) habrá que repartirle también entre los valores de z de todos los vértices, y los que resulten con tal corrección serán los que se anoten en la tercera casilla del grupo de *coordenadas*.

79. Se pasa en el orden de trabajos al grupo de *coordenadas al origen*, del mismo Registro, y para ello hay que buscar este origen planimétrico toda vez que el de cotas o altitudes nos lo ha de dar la cota o altitud de la 1.^a estación que, o la conocemos o tomamos un plano de comparación arbitrario pero conveniente para no obtener nunca cotas negativas. Respecto al origen para la planimetría solo habrá de tenerse en cuenta que con arreglo a la escala en que se trabaje quede luego todo el dibujo del plano dentro del primer cuadrante que forman la dirección que ha de ser la meridiana magnética y su perpendicular, que resultarán los ejes de un sistema ortogonal con abscisas y ordenadas siempre positivas. Con tal idea y a tal fin, se escribirán en el encabezamiento de este Registro las coordenadas X , Y , Z , del primer vértice de la poligonal que serán la base para el cálculo del encadenamiento de los vértices siguientes y cuyas sumas algébricas pasan a llenar las tres columnas de las *coordenadas al origen*.

Los valores de Z que figuran para estos vértices se pasan ahora al Registro general taquimétrico, cuya casilla de cotas (o altitudes) teníamos aún en blanco, y se copian en los renglones que a dichos vértices pertenecen y ellas serán los valores de partida para el cálculo, por suma algébrica también, de las cotas pertenecientes a la totalidad de puntos del Registro.

80. En la hipótesis de que el plano ha de ser *numérico*

hay que calcular valores para un nuevo Registro que se titulará *Registro de coordenadas de los puntos de relleno* de idéntica forma al de coordenadas de estaciones y con igual método a seguir, lo que nos aconseja no insistir nuevamente.

81. Terminadas las operaciones calculatorias para conocer de cada punto del plano sus tres coordenadas ortogonales, están los trabajos a la altura precisa para comenzar su dibujo, y para ello habrá de emplearse el papel cuadriculado del comercio, con preferencia el que lo está al milímetro con tonalidades diferentes para que se destaquen las cuadrículas de un centímetro de lado y las decimétricas; para las escalas más usuales y corrientes, resultan estos cuadriculados muy cómodos, pues evitan el tomar toda clase de medidas, cierto sí, que alguna imperfección en el trazado de fabricación, alguna rugosidad, las deformaciones que la humedad o fuertes temperaturas llegan a producir en los rollos, serían causa al emplearlos para el dibujo, de un evidente error por confiar el valor de las coordenadas y la perpendicularidad de ellas a sus cuadrículas y que la exquisita precisión que algunos trabajos requieren no habría de tolerar; algunos Centros disponen de *cuadradores* para efectuar en el gabinete sobre papel-tela y con rigurosa exactitud aquellas cuadrículas, no creemos preciso entrar en detalles que salen de nuestro modesto alcance, y aceptando y procurando que el papel elegido tenga el marchamo de buena fábrica, y con la precaución de tener los rollos y las minutas de planos ya hechos en tubos de zinc que les preserve, entendemos muy suficientemente evitados buena parte de los riesgos a que aludimos.

82. Tanteada por la forma planimétrica del terreno con el auxilio de los bosquejos, la más conveniente situación de los ejes, en cuyo primer cuadrante ha de quedar situada la totalidad del dibujo, se procede a señalar el origen y los terminales de aquellos ejes, para cuya seguridad de encaje

solo bastará repasar los registros de coordenadas y tomar nota de la x y la y que resulten las mayores en los cálculos para que la cantidad de papel que en aquel cuadrante resulte dé cabida a la situación de todos los puntos del levantamiento.

La operación de situarlos uno a uno, fácilmente se sobreentiende, también hoy los fabricantes de instrumentos de dibujo de precisión ofrecen y son bien estimables, medios que facilitan y aceleran por consiguiente, la coordinación de los puntos; a la vista de ellos, cuando la ocasión los brinde, pronto se dará cuenta el operador de su manejo.

Si por haber sido el carácter del plano el de los *gráfico-numéricos* y hubieran de situarse los puntos de relleno por sus coordenadas mixtas θ , d y z , se hará uso del transportador, con preferencia el de precisión, y no se necesitaría el Registro, ni por lo tanto el cálculo que requiere para conocer las coordenadas ortogonales de aquellos puntos.

83. Para completar el gráfico del plano con el dibujo de las curvas de nivel, habrá que hacer uso de los conocimientos de Acotaciones en que se nos dan los procedimientos para el trazado de tales curvas. Como recordatorio de uno de los métodos más sencillos y que evitan nuevos dibujos, señalamos el siguiente: Con papel cuadriculado igual al del plano y que para mayor consistencia puede engomarse en una cartulina, se recorta un rectángulo proporcionado a su empleo, según se va a decir, siguiendo su lado mayor la dirección de una de las rectas que forman las cuadrículas grandes (las de decímetro o centímetro); se apoya este rectángulo sobre el plano, y de tal forma, que aquel borde se apoye en los dos puntos acotados, y entre los cuales queremos señalar los valores de cotas enteras con la equidistancia a que han de quedar dibujadas las curvas de nivel; de modo que si suponemos (Fig. 45) que $a_{(5,2)}$ y $b_{(10,8)}$ son los puntos en el plano, y la cartulina C se situó pasando su borde AB por ellos, y de ser posible coincidiendo dos

perpendiculares del cuadrículado con tales puntos, sobre ellas se cuenta en la escala de cuadrículas (y análoga a la del dibujo) 5,2 en una y 10,8 en otra, produciéndose los puntos en a' y b' que no precisa señalar, sino adosar sobre ellos, uniéndolos, una regla R que con gran cuidado se mantiene inmóvil con algún sobrepeso, ahora se buscan con la vista los puntos 6', 7', 8', 9' y 10', si la equidistancia la suponemos de un metro y la escala así los representa, y uno a uno se les traslada siguiendo las rectas del cuadrículado a 6'', 7''... y por último bajándolos a 6, 7, 8, 9 y 10 que ahora

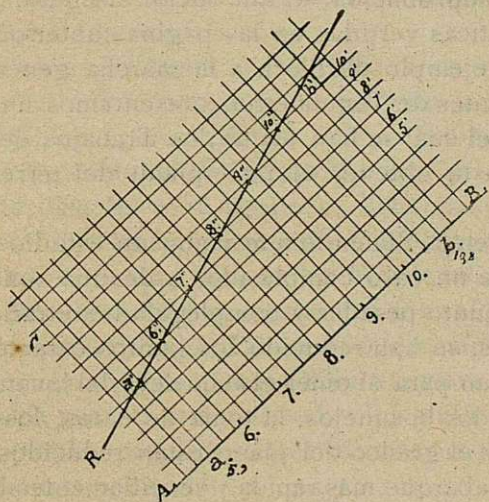


Fig. 45

se puntúan en el plano y se les da su cota. En igual forma se van señalando los que correspondan como intermedios entre cada dos puntos acotados del plano, teniendo cuidado de que solo se unan los que nos aseguren ser de pendientes sensiblemente uniformes por el conocimiento que del terreno ha de tenerse, bien cierto a estas alturas del trabajo, y con la ayuda siempre de los bosquejos. La unión continuada de los de cota igual producirá como sabemos las curvas de nivel.

84. Si del plano, cuyo dibujo se completaría utilizando para la representación de sus detalles los convenios ya establecidos del Dibujo Topográfico, se quieren sacar copias, ampliaciones o reducciones, lo que cae ya fuera de estos Trabajos y que es labor de la Sección de Delineantes y copistas, el uso del papel vegetal, papel tela, papel ferroprusiato, papel fotográfico, el empleo de cuadriculados de diferente escala y el manejo de los Pantógrafos sobre todo, llenarán en cada caso su cometido a tales fines.

85. **Ejercicio de un levantamiento taquimétrico con base de comprobación.**—Para mejor asegurar las ideas teórico-prácticas vertidas en las páginas anteriores, y que un sencillo ejemplo dé fijeza a la marcha general en los casos corrientes de Taquimetría, presentamos uno a continuación y del cual se han hecho los Trabajos de campo y gabinete hasta obtener el fácil plano del terreno representado.

Empezaremos diciendo que como un estudio profundo y extenso de un caso complicado, o de una zona grande, daría al conjunto pesadez y complejidad contraria a lo que pretendemos, se han reducido los puntos característicos a los que bastan para obtener el esqueleto del levantamiento, con lo cual, los bosquejos, la toma de datos, los cálculos, los errores y el gráfico del plano están reducidos al límite para que se abarque más rápida y sencillamente el conjunto del trabajo.

Con un fin cualquiera, para cultivo, por ejemplo, se precisa el levantamiento de la zona comprendida entre el río Cuevas y la carretera y ferrocarril a Campanario en la parte llamada del Oteruelo. Un reconocimiento previo de esa zona y un bosquejo después de ella (lámina I) nos ha llevado a elegir y situar los vértices de la poligonal de estaciones A-B-C-D que arranca del vértice A de una triangulación hecha en otra ocasión, y que marcado con un hito de piedra conocemos de él su altitud (563^m,20), pero como

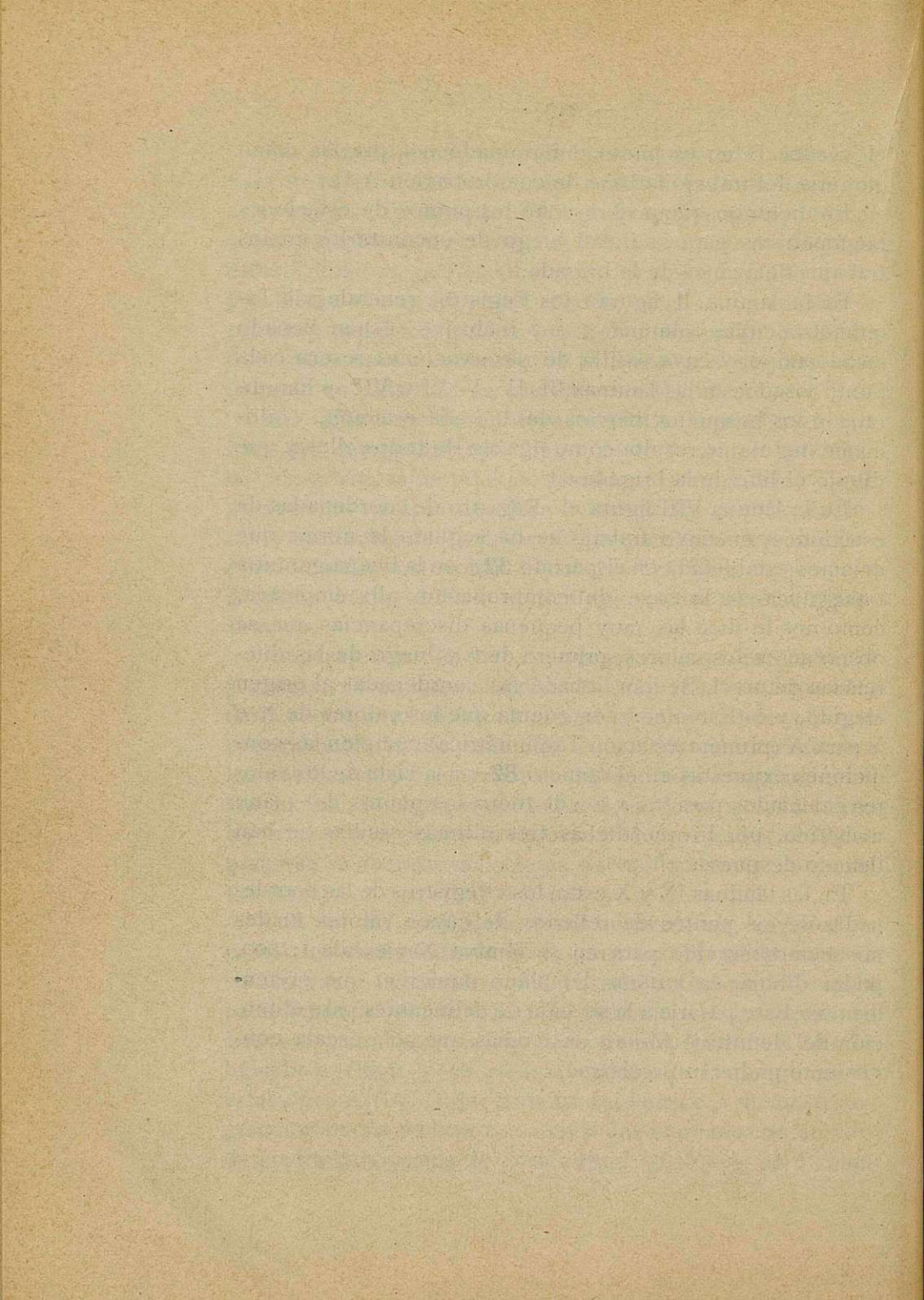
el vértice D no es punto determinado nos precisa como garantía del trabajo la base de comprobación A-D.

En dicho bosquejo se reseñan los puntos de estaciones taquimétricas para facilidad luego de encontrarlos en los trabajos de avance de la brigada.

En la lámina II figuran los Registros generales de Taquimetría cuyas columnas 1 a 7 inclusive se han llenado en el campo, y cuya casilla de observaciones reseña cada punto visado; en las láminas III, IV, V, VI y VII se han dibujado los bosquejos hechos desde cada estación, y últimamente, el que resulta como ligazón de todos ellos y que dibujó el Jefe de la brigada.

En la lámina VIII figura el «Registro de coordenadas de estaciones» en cuyo trabajo se ha seguido la norma que dejamos establecida en el párrafo 32, con la buena garantía topográfica de la base de comprobación allí empleada, como nos lo dice las muy pequeñas discrepancias que se observan en los valores, primero de θ y luego de las diferencias de nivel. Se han llevado las coordenadas al origen elegido, y éste, teniendo en cuenta que los valores de X e Y para A (primera estación Taquimétrica) cumplen las condiciones expuestas en el número 82 y a la vista de los valores calculados para las x e y de todos los puntos del plano numérico, por lo que dichas tres últimas casillas se han llenado después.

En las láminas IX y X están los «Registros de las coordenadas de los puntos de relleno» de cuyos valores finales nos hemos servido para en la lámina X y escala 1:2000, poder dibujar la *minuta* del plano numérico que pretendíamos. Este pasaría a la sección de delineantes para obtención del definitivo *plano* y las copias que a la escala conveniente pudieran precisarse.



SEGUNDA PARTE

TAQUIMETRIA POR AUTO-REDUCCION

86. **Consideraciones del método.**--Desde muy antiguo datan los trabajos en que el ingenio y la inventiva de los topógrafos y constructores pretendían que el aparato empleado en los levantamientos, *lo hiciera todo o casi todo*, es decir, que lo enojoso, lento y origen muy frecuente de errores por equivocaciones materiales, como las operaciones de gabinete pueden ser realmente, quedasen, o suprimidas o tan aminoradas como fuera posible en evitación de aquellos inconvenientes que los paladines de la auto-reducción han llegado a exagerarlos para que bien brillase la gran ventaja de las invenciones más o menos felices.

La idea realmente no admite objeción, y buena prueba de ello, el gran número de proyectos que con muy diferentes fundamentos han caído en el campo de la topografía queriendo absorber cada uno el éxito definitivo, y por ende, que todos los trabajos taquimétricos fuesen hechos en lo sucesivo con el taquímetro que al fin era portador seguro de la exactitud y rapidez codiciada.

Los buenos deseos y los afanes comerciales no eran argumento bastante para el triunfo, y éste no llegó tan defi-

nitivo que suplantase al seguro y concienzudo método de la Taquimetría de precisión con los antiguos aparatos, que siguieron y siguen utilizándose, pero hay que conceder en justicia que ya los pasos por el camino de la auto-reducción son más seguros, y que, sino está hoy día casi totalmente generalizada en muchos casos de levantamientos, no son pocas razones el existir mucho personal de Centros sin familiarizarse con los nuevos modelos, y que la substitución de material es siempre lenta por lo costosa, sin que también los prejuicios de las evoluciones no tengan su tanto de parte en ello.

87. Para que los trabajos de gabinete quedasen reducidos a una simplificación y sencillez pasmosa, era necesario que las coordenadas precisas a la determinación de los puntos en el plano, o las diera totalmente el aparato, o que operaciones numéricas mucho más cortas que el empleo de tablas, cuadros gráficos, reglas, etc., resolviesen el problema con las naturales economías de tiempo y de posibles equivocaciones; estas dos tendencias trajeron los aparatos *reductores* en que las operaciones se aminoraban, y los *auto-reductores* en que puede decirse que totalmente las suprimen.

Prevendremos sin embargo, que la representación topográfica del terreno por medio de los *planos numéricos* en que todos los puntos se determinaban por coordenadas ortogonales, no ha sido abordado hasta la fecha en la auto-reducción y es por lo tanto preciso su cálculo como ya se ha explicado en la primera parte de estas **Notas**; y diremos también que estando ya hoy suficientemente vencida esta auto-reducción por taquímetros especiales de diferentes tipos, algunos verdaderamente notables, no nos ocuparemos de los reductores, ya que éstos irán siempre en segundo término de aquéllos.

88. Los taquímetros auto-reductores que vamos a estudiar nos darán de cada punto visado sus coordenadas pola-

res, pues que, una triple lectura en los ingeniosos mecanismos que los constituyen nos darán: ángulo azimutal o rumbo de la visual, reducida de la distancia geométrica de la estación al punto, y la cota o altitud del mencionado punto visado. Todavía, el minucioso detalle en la construcción de algunos, está complementada con un elemento más que a modo de plancheta o tablero de dibujo, va automáticamente dejando situados los puntos del levantamiento que contornean a cada estación sobre un papel o cartulina, siendo perfectos bosquejos que nos evitarán con bien claras ventajas el dibujo de estos indispensables auxiliares de los trabajos topográficos.

Entresacando algunos modelos para darlos a conocer en estas notas nos ocuparemos de los taquímetros de proyección Wagner-Fennel y Puller-Breithaupt, y los de Más Zaldúa (taquígrafómetro y auto-reductor-numérico) y el de Hammer-Fennel que emplean diagramas en sus fundamentos.

89. Taquímetro Wagner-Fennel.—Empleando taquímetros provistos de limbo azimutal y clisímetros, sabemos que con los números generadores Θ , g y V , que con tales aparatos obteníamos, se llegaba mediante el empleo de las fórmulas (5) y el uso para su cálculo de los medios citados en el número 36, a la obtención de la distancia horizontal, la altura del punto con referencia a la estación y situación radial en la estrella taquimétrica. El mismo resultado se consigue con el taquímetro Wagner-Fennel, pero con la gran ventaja de que se ha suprimido todo cálculo, pues el aparato de proyección permite leer directa e inmediatamente en el mismo instrumento la distancia horizontal (reducida) y la cota o altitud del punto en que se coloca la mira, a más del rumbo como en los taquímetros ordinarios.

En lo esencial el aparato que estudiamos (Fig. 46) se compone de tres reglas graduadas en milímetros, una $B B'$ que sin movimiento absoluto será por construcción horizontal cuando coloquemos el taquímetro en estación; otra

A A' paralela al borde del anteojo y que unida a éste lo acompaña en sus movimientos de cabeceo. y una tercera

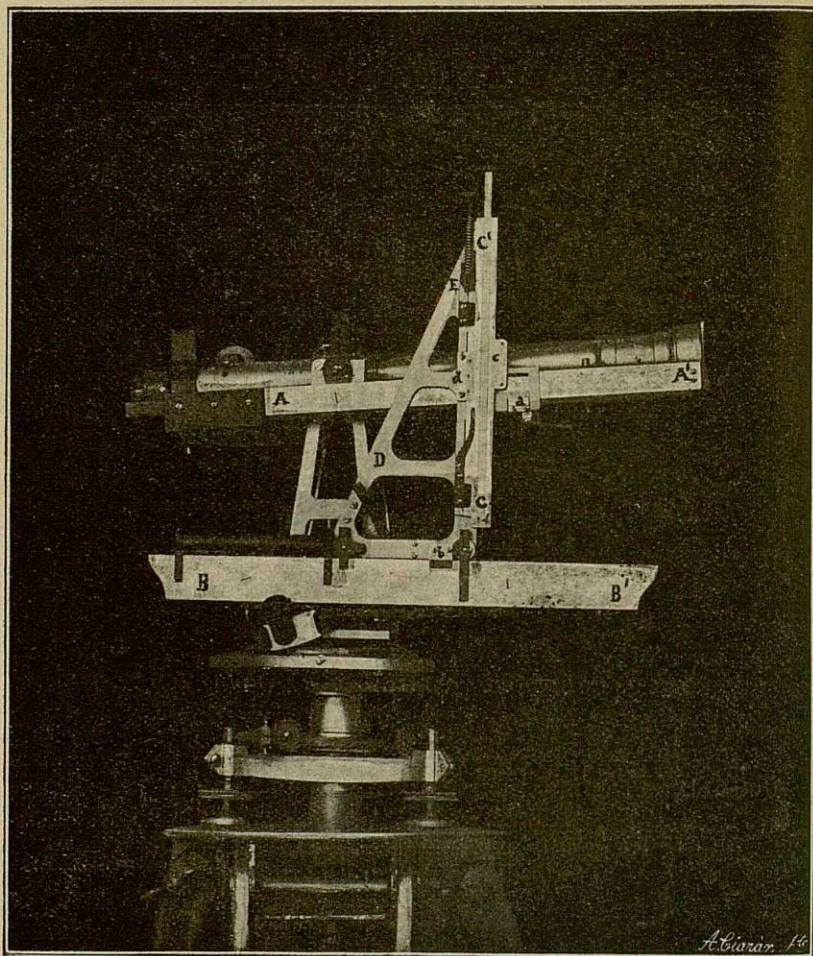


Fig. 46

C C' perpendicular a la B B' y vertical por lo tanto en la estación, y con movimientos según se explicará, pero sin

perder su verticalidad. La regla del anteojo lleva una corredera con dos nonios, uno a que desplazándose por la dicha $A A'$ sirve para mediciones en ella, y otro c que por cabeceos en la pieza corredera que los transporta, se colocará en cada operación verticalmente al apoyarse en su borde la regla $C C'$. Esta última forma el cateto mayor de una armadura D en escuadra, de bronce, y que mediante rodillos en su cateto menor corre a voluntad sobre la arista de la regla horizontal $B B'$. Un tercer nonio b fijo en la escuadra permite apreciar las lecturas en aquélla.

Del taquímetro forma parte una mira especial que tiene su cero 1,50 m. de su apoyo en tierra y está provista de un aparato de puntería para conseguir su colocación perpendicular a las visuales.

90. Las fórmulas que resuelve el citado aparato de proyección tienen su fundamento en las siguientes consideraciones (Fig. 47).

Si oo' es la posición del eje del anteojo al visar un determinado punto, y $A B'$ la posición de la regla unida a él, se tiene en $P B$ la reducida de la distancia geométrica; subiendo en esta figura teórica la regla horizontal a esta posición, su valor sería:

$$d = P B = P A + A B,$$

pero

$$P A = O A \operatorname{sen} \alpha$$

$O A = S$, distancia del eje de giro hasta el borde de la regla

$$A B = A B' \cos \alpha,$$

y como:

$$A B' = O M = O O' + O'M$$

cuyos sumandos valen;

$OO' =$ constante del aparato (c) supuesto no es de analatismo central, y en que O' es el vértice del ángulo diastimométrico.

$O'M =$ distancia geométrica hasta la mira, llevada en escala al aparato, y que vale $C.L$, L longitud de mira y C coeficiente diastimométrico $= \frac{I}{2 \tan \frac{1}{2} \omega}$; llegaríamos por substituciones al siguiente valor de la reducida:

$$d = S \sin \alpha + (c + C.L) \cos \alpha.$$

Si el anteojo estuviera horizontal sería $PA = 0$, y si la

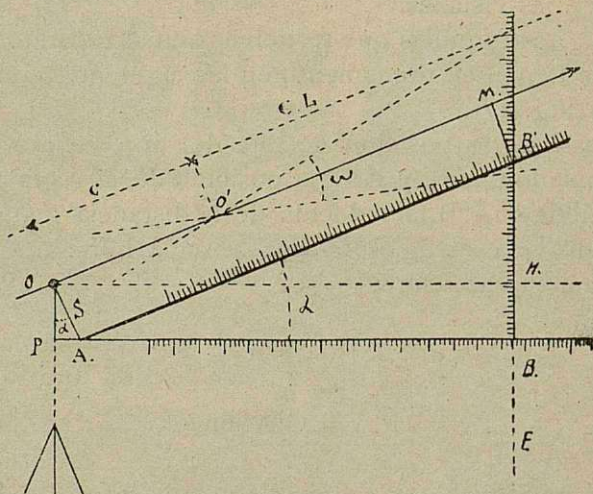


Fig. 47

pendiente es descendente, pasa A al otro lado de P , y el término $S \sin \alpha$ sería negativo, de modo que la fórmula que resuelve el aparato es en resumen:

$$d = (C.L + c) \cos \alpha \pm S \sin \alpha \quad (p)$$

91. Para las cotas o altitudes tendremos:

$$Z = EH + BB' - HB$$

en la que:

$EH = \text{Cota estación} + (\text{diferencia entre la altura del cero de la mira, } 1^m50, \text{ y la altura del aparato}) = A + J.$

$$\begin{aligned} BB' &= Ab. \text{tang. } \alpha = AB' \cos \alpha. \text{tang } \alpha = (C.L + c) \cos \alpha \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \\ &= (C.L + c) \sin \alpha \end{aligned}$$

$$HB = OP = S \cos \alpha$$

luego:

$$Z = A + J + (C.L + c) \sin \alpha - S \cos \alpha \quad (\rho')$$

ecuaciones (ρ) y (ρ') que resuelve el taquímetro.

92. La primera lo consigue mediante la estudiada disposición de los ceros orígenes de las reglas AA' y BB' pues si $\alpha = 0^\circ$ sería $d = C.L + c$ y entonces marcando con el nonio a en la regla AA' (como veremos luego en el manejo del aparato) la lectura de mira que se observe $(C.L)$, los ceros estarían (Fig. 48): el de AA' distante de A la magnitud c , y en la proyección de OA el cero de la BB' , pues de este modo $OM' = c + C.L = d^{(1)}$.

Todavía sufren algunos desplazamientos estos orígenes, pues, teniendo en cuenta la forzosa situación de los nonios a y b en el mecanismo del aparato, vemos que, leyéndose M más a la derecha (Fig. 49), en M' , tendrá que correrse el

(1) Si el aparato estuviera dotado de anteojo de analatismo central en que, como se sabe, sitúa el constructor el vértice del ángulo diastimométrico en el punto de giro del anteojo (vertical de la estación), el valor de c es nulo y no habría de tenerse en cuenta en la colocación del cero de la escala AA' .

ceros de $A A'$ desde O' a O , y en cambio como M' pasa a M'_1 el cero de $B B'$ también en sentido contrario habrá de trasladarse desde O'_1 a O_1 .

93. Respecto a la segunda fórmula (ρ') que da el valor

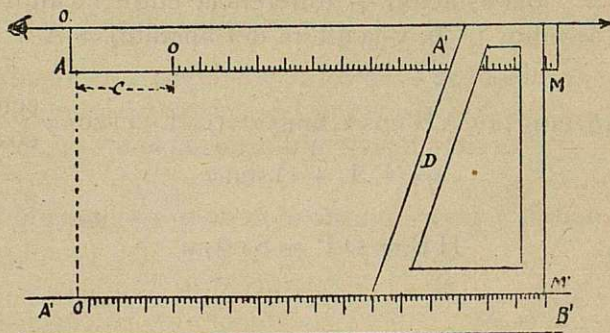


Fig. 48

de Z , es decir, la cota o altitud del punto visado, queda resuelta en el aparato del modo siguiente: La regla CC' en

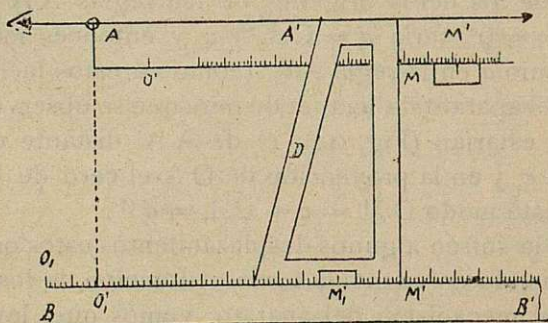


Fig. 49

cuyas graduaciones ha de quedar medido este valor, si tiene las incisiones hechas, pero a falta de números que canten el valor de sus longitudes verticales, estos se seña-

lan con lápiz sobre una tira de hueso o marfil que a cola de milano entra y queda ocupando el centro de la cara de dicha regla, y que al pasar de una a otra estación habrán de escribirse nuevamente borrando aquéllos, que tal vez no sirvan ya ni aún resbalando en su cajera la cinta de hueso que los contiene si la diferencia de nivel fuese mucha; como los primeros elementos de la fórmula (ρ') son $A + J$ deberemos tener en una escala vertical el vector que represente esta suma algébrica, pero como, sea altitud o sea cota sobre un plano de comparación lo que de la estación se tenga, es completamente innecesario y además no podríamos conseguir hacer que el aparato transportara ese vector, solo debemos hacer que la visual horizontal del anteojo produzca el plano de nivel con tal cota $A + J$ que mediante el nonio c deberá leerse sobre la escala CC' ; para conseguir esto bastará escribir en la pizarra de hueso, y correspondiéndose con las incisiones de 10 en 10 y de 5 en 5, los números enteros que terminados en 0 y en 5 hagan, que al leer con el nonio de la escuadra d en la izquierda de dicha escala, se tenga para tal lectura el valor $A + J$, todo lo cual se aclarará después con un ejemplo, pero como el último término de (ρ') es $-S \cos \alpha$ que para $\alpha = 0^\circ$, horizontalidad de la visual, se convierte en $-S$, habrá de ponerse el nonio sobre la escuadra de bronce, y por lo tanto el cero, no en la misma horizontal del eje del visor sino bajándole el ancho S de la regla AA' con lo cual se tiene automáticamente hecha la resta $(A + J) - S$ o $(A + J) - S \cos \alpha$ según sea α igual o diferente de cero grados. Con tal dispositivo solo faltará sumar $(C.L + c) \sin \alpha$ que es el valor del cateto BB' (Fig. 47) y que estando en la misma vertical de la escala y con la numeración continuada permitirá que la lectura del nonio c acuse la totalidad de la fórmula (ρ') y por lo tanto la cota o altitud del punto visado.

94. Aclaremos esto antes de seguir adelante con un ejercicio del que solo tomaremos los datos precisos para

utilizar únicamente esta parte del mecanismo que da Z. Sea A (cota de la estación) igual a $327^m,85$ y que medida la altura del instrumento desde el eje de giro del anteojo al suelo de $1^m,35$, será entonces

$$A - J = 327^m,85 - 1^m,50 - 1^m,35 = 327^m,70$$

luego, el cero del nonio d ha de estar marcando sobre la escala vertical este número $327^m,70$; para conseguirlo escri-

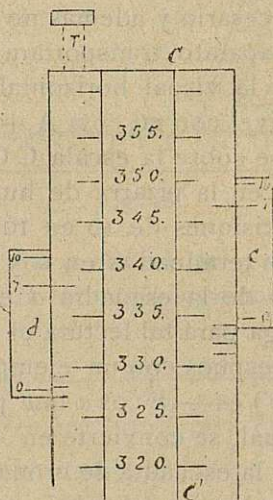


Fig. 50

bimos con lápiz en la cinta de hueso los números 320, 325, 330, 335... etc., a la altura de las incisiones de la escala $C C'$ (Fig. 50) y de tal modo que el cero de d caiga entre los números 325 y 330 para que después, actuando sobre el botón T, se desplace verticalmente la escala hasta que aquel cero situándose entre las incisiones 327 y 328 se consiga que la 7.^a división del nonio quede en coincidencia con la más inmediata de la regla, con lo cual la vertical $P P'$ es la representación del vector cuya cota será los

327^m,70 y si ahora el nonio *c* estuviera como la figura indica, se leería para *Z* el valor 334^m,70 que es la cota del punto visado.

95. Para completar la descripción de este taquímetro y a la vista de su figura (46) diremos que contiene un limbo horizontal con nonios para apreciaciones de los rumbos en menos de un minuto, una declinatoria, dos niveles y los tornillos de movimiento general, presión y coincidencia que ya conocemos.

96. Las instrucciones y marcha en el manejo del auto-reductor que nos ocupa serán:

1. Como en cualquier taquímetro, se centra, nivela y orienta con la meridiana magnética sobre la estaca que señale el primer punto de estación o primer vértice de la poligonal, y se colocará la mira en la 2.^a estación.

2. Se anota la altura sobre el nivel del mar de esa primera estación, o su cota redonda sobre el plano de comparación que se imagine (*A*).

3. Se mide la altura del instrumento y se deduce y anota el valor diferencia entre la altura del cero de la mira (1,50) y aquella medida (*J*).

4. Se saca el valor de $A - J$, se apunta y se hace que el nonio *d* señale en la escala *C C'* aquel resultado conforme se ha dicho (94).

5. Se dirige el anteojo a la mira haciendo coincidir el hilo superior con el cero de aquélla, se asegura la inmovilidad del anteojo, y leyendo luego con el inferior la graduación de mira que resulte interceptada, se apunta el número obtenido y haremos que el nonio *a* le señale sobre la regla *AA'*.

6. Se corre la escuadra de proyección hasta que el borde de *CC'* ajuste con el canto del nonio *c* mediante el juego de este último, y entonces se lee con el nonio *a* el valor de la reducida, y con el *c* la cota de la segunda estación, se anotan ambos resultados; y

7. Se lee y escribe también el ángulo azimutal que su limbo nos marque.

Para los demás puntos que contorneen a la primera estación y que sean interesantes al levantamiento, se repetirán las mismas operaciones, prescindiendo naturalmente de las señaladas con los números 1, 2, 3 y 4, que sólo al estacionarnos en otro vértice de la poligonal habrá que tener en cuenta.

97. La forma de llevar la libreta de campo sería la siguiente:

Taquímetro auto-reductor Wagner-Fennel

Número.....

Libreta de Campo

Plano de.....
Fecha.....
Operador.....

Estaciones	Puntos visados	Lecturas de mira	Reducida	Cota	Angulo horizontal		OBSERVACIONES
					Grados	Minutos	
I A = 327 ^m 85 i = 1,35 J = 0,15 A - J = 327,70	II	1,734	171 ^m 80	334 ^m 70	255	33	En el vértice marcado con la piedra semi-enterrada (I). 2. ^a estación. Cruce camino con carretera. Del arroyo. De la altura de la viña. De la torrentera.
	I	0,856	84 ^m 35	331 ^m 25	250	05	
	2	1,235	120 ^m 90	342 ^m 85	243	30	
	3	0,931	92 ^m 80	336 ^m 00	301	55	
	.	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	.	
II A = 334 ^m 70 i = 1 ^m 37 J = 0,13 A - J = 334 ^m 57	I	1,734	171,85	327 ^m 85	50	50	Cruce camino con carretera. Piedra señalada con I. Meseta del altozano (3. ^a estación). Del arroyo. De la viña.
	III	1,361	135,75	338 ^m 10	34	09	
	42	1,141	112,20	331 ^m 25	36	45	
	43	0,973	95,45	347 ^m 35	48	00	
	.	.	.	.	.	.	
	.	.	.	.	.	.	

Los errores cometidos fueron:
En las reducidas I - II y II - I... 0^m 05. En los rumbos... 17 minutos. En las cotas... 0^m 15.

98. El fundamento de este auto-reductor estima necesario que la mira se coloque perpendicular a la visual del anteojo y esto lo soluciona la casa constructora con un sencillo dispositivo en la mira especial del aparato que, como indica la figura 51, lo forman tres tacos de madera $E E' E''$ los que formando cajera y dejando sin cubrir la cara graduada se ajustan en la mira y quedan fijos en aquélla por las maniguetas $m m'$ que se roscan en sus costados y son el

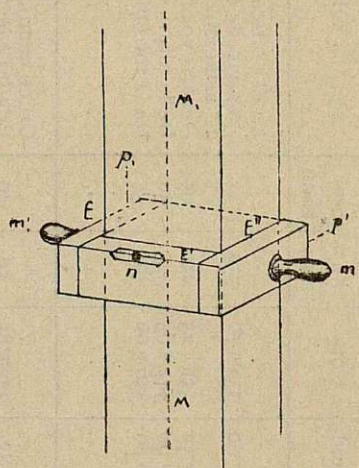


Fig. 51

asidero que utiliza el peón que la maneja al sentarla sobre el punto del terreno que interesa visar. Los planos de las caras superiores E o E'' están pintados de blanco, y las $p p'$ que son las que enfrentan a la estación en que tenemos el aparato se pintan de rojo o negro para que el operador del taquímetro observando a la mira pueda, por señales convenidas, hacer variar la inclinación de aquélla hasta que no percibiendo el contraste de los dos colores comprenda, al ver solo el rojo o negro, que son perpendiculares su visual a la línea de fe de la mira. Como pudiera ser falsa esta

posición, por inclinación a la derecha o a la izquierda, está incrustado en el taco central E' un pequeño nivel cilíndrico que observado por el peón para verle siempre calado dará a la mira con estos movimientos la buena posición que el fundamento requiere (1).

99. Pudiera evitarse esta enojosa inteligencia entre el operador y el peón para que éste sólo instalase la mira como se pretende, si, como vemos en la figura 52, se adaptase una pequeña alidada de pinulas $a a'$, que pudiera ser una línea

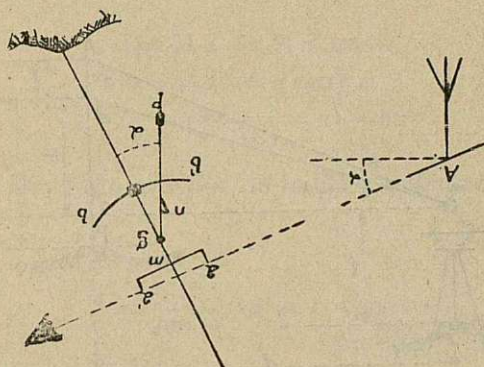


Fig. 52

de puntería, sobre un taco unido perpendicularmente al costado derecho de la mira y con un perpendicular p con giro libre en g ; al inclinar la mira para visar por la alidada al sitio A donde está el aparato, el perpendicular habría de girar buscando siempre la vertical, y si un botón inmovilizara el corto arco $b b'$ una vez visado A ya el peón sólo habría de prestar atención a que un nivel esférico n prendido al perpendicular se mantuviera calado, con lo cual evidentemente la mira está inclinada como se pretendía.

(1) Otra comprobación de la perpendicularidad que se reclama es que el topógrafo ha de ver interceptada por los hilos central y cada uno de los extremos igual cantidad de mira.

Un par de maniguetas en *m* seguirían facilitando el manejo.

100. Taquímetro auto-reductor Puller-Breithaupt.—

El ingeniero Puller aplica la taquimetría de proyección para una posición vertical de la mira parlante, y con tales principios y naturales ventajas construye la casa F. W. Breithaupt y Sohn, en Cassel (Alemania), dos taquímetros que vamos a describir estudiando al propio tiempo su fundamento y manejo. Ambos dan sobre una plataforma o plancheta en círculo, el dibujo de los puntos que se toman, con lo cual se va teniendo el levantamiento de la zona en cada

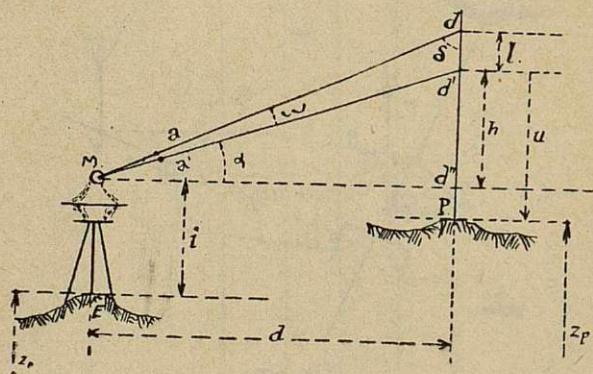


Fig. 53

centro de estrella o punto de estación; el primero de estos aparatos se utiliza para planos en escala 1:1000 y el segundo de ellos los produce en la de 1:2500.

Si haciendo estación en E y colocando verticalmente una mira en P se dirige por los hilos *d d'* de un antejo estadimétrico M (Fig. 53) las visuales a la mira, se tiene en el triángulo *M d d'* que por conocidas relaciones trigonométricas se puede escribir:

$$\frac{d d'}{M d'} = \frac{\text{sen } \omega}{\text{sen } \delta} \quad (I)$$

pero en el $M d d''$

$$\delta = 100^\circ - (\alpha + \omega) \quad \text{y} \quad \text{sen } \delta = \cos (\alpha + \omega)$$

substituyendo en la (1):

$$\frac{l}{M d'} = \frac{\text{sen } \omega}{\cos (\alpha + \omega)} \quad \text{o} \quad M d' = \frac{l}{\text{sen } \omega} \cos (\alpha + \omega) \quad (2)$$

la misma figura nos dice:

$$d = M d' = M d' \cos \alpha$$

$$h = d' d'' = d \text{ tang } \alpha$$

$$Z_p = (z_e + i - u) + h$$

en las que llevando el valor de la (2) y substituyendo unas en otras:

$$d = \frac{l}{\text{sen } \omega} \cos (\alpha + \omega) \cos \alpha \quad (3)$$

$$h = \frac{l}{\text{sen } \omega} \cos (\alpha + \omega) \text{sen } \alpha \quad (4)$$

$$Z_p = (z_e + i - u) + \frac{l}{\text{sen } \omega} \cos (\alpha + \omega) \text{sen } \alpha \quad (5)$$

todo esto en la hipótesis de ser el anteojo de analatismo central, pues si no, y como ya sabemos, habría que introducir en estas fórmulas el valor de la constante c , distancia entre el vértice del ángulo ω (diastimométrico) y el punto M de giro del anteojo o vertical de la estación.

Si ahora esquematizando el aparato (Fig. 54) que luego en sus detalles describiremos, nos fijamos en ciertos valores y relaciones que entre sus líneas existe, sabiendo que

rentes longitudes de mira l que puedan abarcarse con el ángulo diastimométrico al visar cada punto; y segundo, consiguiendo que la figura que hemos esquematizado la de siempre formada el taquímetro para cada uno de esos puntos que queremos determinar.

101. El auto-redactor para escala 1:1000 lo constituye

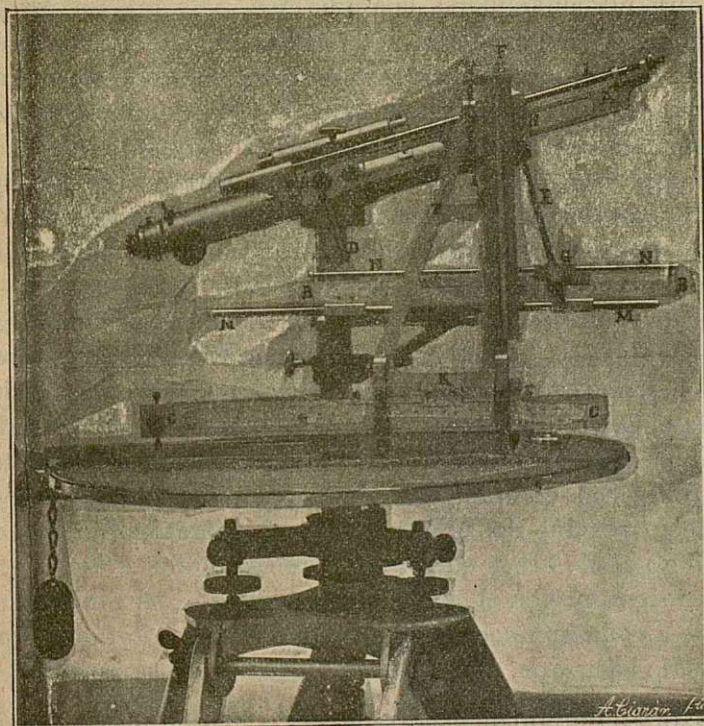


Fig. 55

un anteojo, con objetivo de 34 mm. de abertura, y retículo con su estadia grabada en vidrio; un aparato de proyección formado por tres reglas: (Fig. 55) la A A ligada siempre por paralelismo al eje del anteojo; la B B graduada, que puede

resbalar muy suavemente sobre la barra de acero MM y que está inclinada con respecto a la horizontal (supuesto nivelado el aparato) el valor del ángulo ω ⁽¹⁾, y la CC, también graduada, que está ligada al eje del taquímetro y por construcción perpendicular a él. Por encima de la regla AA se encuentra otra barra de acero L sobre la que resbala una corredera F a la cual se liga otra nueva barra E que es siempre perpendicular a la regla AA, y sobre un pivote prendido a la corredera va un nonio H con giro para el ajuste como luego se verá. Otra corredera en G con cuadradillo en quien enchufa la barra E, y también con nonio, se puede desplazar sobre la barra NN que está unida a la regla graduada BB, y por último, una barreta más, D, fija en O y paralela a la E, enchufa en otro cuadradillo unido a BB y consigue, a cada inclinación del anteojo, la conducción de esta regla en su guía MM.

Una escuadra vaciada P se traslada mediante roldanas por la regla CC, la cual escuadra es portadora de dos nonios K e I, para las más aproximadas mediciones en la dicha regla CC, y en la parte graduada del cateto mayor a donde también ha de acoplarse el nonio H que antes se mencionó.

102. Sin completar la descripción vemos ya que el trapecio rectángulo AFGD, que el aparato produce, es análogo al MGBA que se formó en la figura teórica 54, y como siempre por el mecanismo explicado se tendrá formado a cada inclinación del anteojo su trapecio fundamental, solo basta que, como se dijo, se tomen en la regla BB y mediante el nonio de la corredera G la magnitud $\frac{l}{\sin \omega}$ para lo cual ya por construcción vienen las graduaciones en

(1) Como el ángulo diastimométrico ω es tal que a 100 m. abarca un metro en la estadia, a 200 m. abarcará dos metros, luego en la escala en que el aparato está construido (1:1000) los 200 m. serán 200 mm., es decir, que si la regla BB llega hasta los 200 m. (200 mm. de longitud), la diferencia AA' — BB' (Fig. 54) será de dos milímetros para que el ángulo de caída de aquella regla sea el valor de ω .

escala 1:1000 de los valores de l que nos dé la mira en cada caso, divididos por la cantidad constante $\sin \omega$; así también la regla CC y mediante el nonio K acusará al leer sus graduaciones el valor de la reducida habiendo previamente llevado la escuadra P hasta la posición de proyección conveniente, que será la de ajuste de su cateto mayor con el nonio H.

Así pues; si suponemos aflojados los tornillos de movimiento general del aparato y el de cabeceo del anteojo hasta lograr el perfecto enfocamiento de éste sobre la mira que hayamos colocado en el punto a determinar, hasta que el hilo inferior (que se verá como superior por ser astronómico) enrase con una graduación convenida y fija de aquella mira (la de los 2 metros, p. e.) e inmovilizando el visor con su tornillo, leemos la graduación de enrase del otro hilo, esta longitud de mira l si suponemos vale 1,254 (125,4) será la que llevaremos a ser marcada en la regla BB por el nonio G lo cual se conseguirá rápidamente, primero, haciendo resbalar a mano las correderas F y G por sus guías L y N, y lentamente después por un tornillo micrométrico que accionado desde el botón S nos permite dar la exacta situación del nonio. Corremos luego, mediante sus roldanas, la escuadra, y cuando se consigue el ajuste con el nonio H puede leerse en CC el valor de la reducida que en nuestro ejemplo sería 120^m50. Falta conseguir la cota del punto, y para ello y en forma muy semejante a lo hecho en el auto-reductor Wagner-Fennel, marcamos con el nonio I el sumando $(Z_e + i - u)$ para luego leer en el nonio H la suma efectuada de $(Z_e + i - u) + h = Z_p$ de modo que si imaginamos sea: de 105^m 42 la cota del punto de estación, que la altura del instrumento es de $i = 1^m$ 38, y que es 2 m. el valor u (enrase del hilo inferior) será: $Z_e + i - u = 104^m$ 8 que haremos marque I, y la lectura de 130^m 5 que el H nos da será la cota final del punto visado.

Para observaciones sucesivas desde la misma estación

no será ya preciso alterar la colocación del nonio I en la graduación del cateto mayor de la escuadra por ser $Z_e + i - u$ constante, al menos que algún accidente quitando la vista de los 2 m. de la mira (valor de u), obligase a cambiarle y ya $Z_e + i - u$ habría de sufrir corrección.

103. Una comprobación de garantía del aparato debe ser que horizontalizado con su nivel el anteojo, cualquier posición que adoptemos para marcar sobre BB un arbitrario valor, ha de leerse con los nonios G y K idénticos números en la BB que en la CC, pues que siendo $\alpha = 0^\circ$ las fórmulas (2) y (3) del número **100** son así mismo idénticas.

104. Complementa el aparato una plancheta circular de

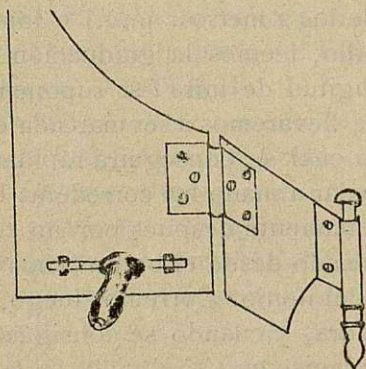


Fig 56

magnalio de 0,425 m. de diámetro, con limbo graduado y apreciación de un minuto, sobre la cual gira todo el mecanismo de proyección descrito; a este círculo se fija con pinzas de fleje un disco de papel transparente que es renovado al pasar de una a otra estación y en el cual van quedando marcados los puntos del levantamiento mediante un punzón que cosido a un brazo, que transporta la escuadra P, queda automáticamente colocado distante del centro de giro (vértice de la estación) el valor de la reducida que nos da el nonio K, así pues, sólo habrá necesidad de punzar al termi-

nar de situar aquella escuadra en la observación de cada punto de la zona, habiendo previamente descorrido el cerrojo y girada la charnela que soporta aquel punzón (Fig. 56), para salvar la excentricidad del mecanismo. La cota leída en H se escribirá junto al punto que señalaremos con un número, y en la libreta con todos los datos, como siempre, el nombre del accidente topográfico, natural o artificial, a qué ese número pertenezca para poder completar la repre-

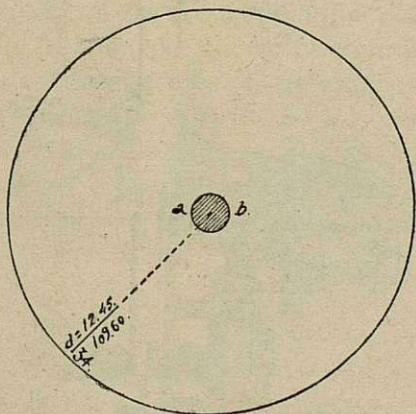


Fig. 57

sentación de dibujo a la vista de tales notas, lo mismo que se dijo en el párrafo 67 al hablar de los bosquejos. Cuando los puntos hubieran de quedar situados dentro del pequeño círculo *a b* vaciado en el papel transparente, para paso del eje del aparato, (Fig. 57) p. e. el 34, y cuya distancia al centro será menor de 15 m. por ser de 30 m/m de diámetro el vaciado del disco, se sacan cerca de la periferia marcando con lápiz la radial que lo conduciría a dicho centro y en la foma que la figura indica se anota sobre el papel el número, reducida y cota ⁽¹⁾.

(1) La verdadera relación de magnitudes entre el disco, que aquí está muy reducido, y las acotaciones numéricas, aquí muy amplificadas, suprimirían la aparente deformación de la figura 57.

Cuando siendo varias las estaciones, por tener establecida una poligonal, se hayan de obtener diferentes bosquejos se situará en cada uno la posición de la estación anterior y la siguiente, para que ligados unos a otros, y fijos sucesivamente en un tablero, puedan pasarse todos ellos a un bosquejo general del levantamiento.

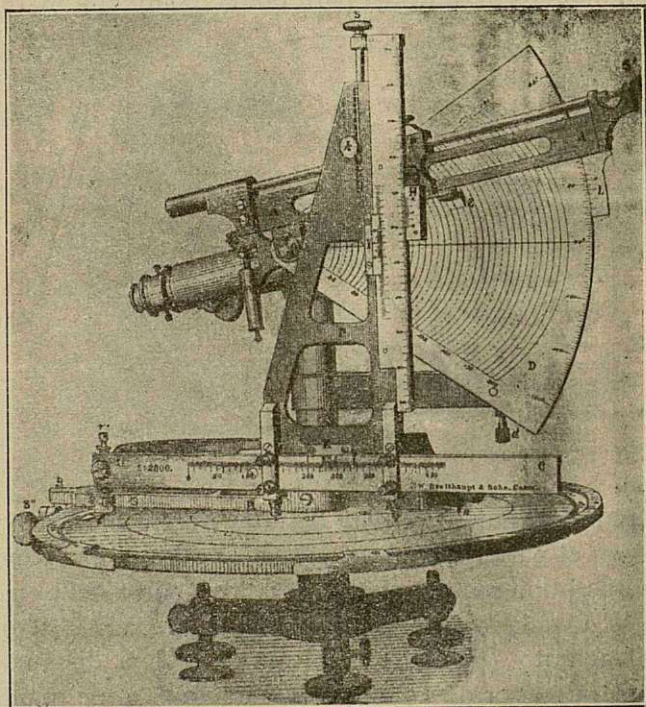


Fig. 58

105. El modelo para la escala 1:2500 (Fig. 58), tiene su única diferencia esencial al compararle con el anterior descrito, en la substitución de la regla BB por un sector circular de latón D, en el cual hay marcados una serie de arcos con-

céntricos, y que numerados hasta 200 servirán para que un índice z ligado a la corredera F señale el valor de l sobre el arco que corresponda. Dada la menor escala que ahora emplea el aparato, y pudiendo llegar con el mismo error de apreciación a distancias de 400 m. (dobles que en el anterior modelo), emplea como coeficiente diastimométrico el 200 en vez del 100 para no aumentar las dimensiones del auto-reductor, resultando que la regla CC, que llega a la división de los 400 m. es igual a la misma del primer modelo que solo alcanzaba a los 200 m., pero como esto haría en la BB, si la tuviese, dada su longitud mitad, de muy defectuosa apreciación, está substituida por los círculos que con radios de mayor longitud que los valores que en la BB fijarian la escuadra, producen más claramente el mismo resultado; es decir, que si P (Fig. 59) ha de llegar a b para marcar sobre

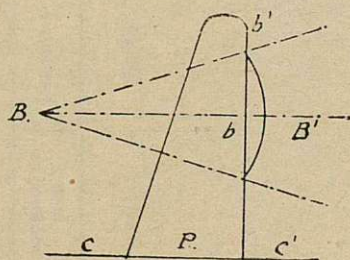


Fig. 59

la regla BB (si existiera) la longitud Bb valor de l , será más seguro, por la mayor claridad, buscar ese valor no en Bb , sino en una recta más larga Bb' con lo cual la escuadra ocupará, sin embargo, igual posición.

Para que este auto-reductor pueda aprovecharse, si se desea, como taquímetro ordinario, tiene al borde del sector de latón una graduación que va de 30° a -30° con apreciación de 1 minuto por la mediación de un nonio que corre

con el anteojo, produciéndose así los números generadores θ , V y g como en otro taquímetro cualquiera.

No detenemos más la explicación en este modelo pues que su fundamento y semejanza al anterior, a más del estudio que facilita la figura, completarán su conocimiento y manejo.

Los registros para libretas de campo se preparan igual para ambos con arreglo al siguiente modelo:

Taquímetro Auto-reductor Puller-Breithaupt

Núm.....

LIBRETA DE CAMPO

Fecha..... Plano de.....

Operator.....

ESTACIONES	Puntos visados	Longitud de mira	Reducidas	Cotas	Rumbos		OBSERVACIONES
					C	S	
I ($z_e = \text{Cota} = 187^m44$ $i = 1^m35$ $u = 2^m$ $z_e + i - u = 186^m32$)	II 1 2 3 .	165'7 . . .	161m8 . . .	212m35 . . .	115 . . .	71 . . .	(2.ª estación de la poligonal)

106. Taquímetros auto-reductores de Más y Zaldúa.—

Con fundamento totalmente diferente a los anteriormente descritos, existe el grupo de aquéllos que empleando un ángulo diastimométrico variable han logrado presentar en el campo del anteojo unos diagramas que abarcando en cada caso una cantidad de mira, función de la distancia y del ángulo de pendiente, dan rápidamente, por las lecturas de aquellas unidades de mira, la reducida y diferencia de nivel del punto visado en relación con el vértice de estación en que el aparato se coloque.

Haciendo referencia al Taquigrafómetro y auto-reductor numéricos del esclarecido topógrafo señor Más y Zaldúa, estudiaremos su fundamento común, descripción y empleo de ambos.

107. Fundamento para la construcción del diagrama de reducidas al horizonte:

Supuesto un taquímetro ordinario en E (Fig. 60) y su mira verticalmente estacionada en P, sabemos por Topografía que según sea horizontal o inclinada la visual a la mira por estar el punto P en el mismo o diferente plano de nivel que E, la distancia geométrica, igual a la reducida en el primer caso, está dada por la fórmula:

$$D = d = A B \frac{I}{2 \tan^{1/2} \omega} S' K \quad (1)$$

y en el segundo se tendría:

$$D = A' B' \frac{I}{2 \tan^{1/2} \omega} \cos \alpha = S K \cos \alpha$$

y

$$d = S K \cos \alpha \times \cos \alpha = S K \cos^2 \alpha \quad (2)$$

supongamos que pudiera disminuirse el ángulo diastimométrico ω para que la cantidad de mira A" B" abarcada por este

segundo ángulo ω' fuese igual a S' (AB) del caso de visual horizontal, es evidente que ahora la simple lectura de esta longitud de mira multiplicada por el coeficiente K que suele

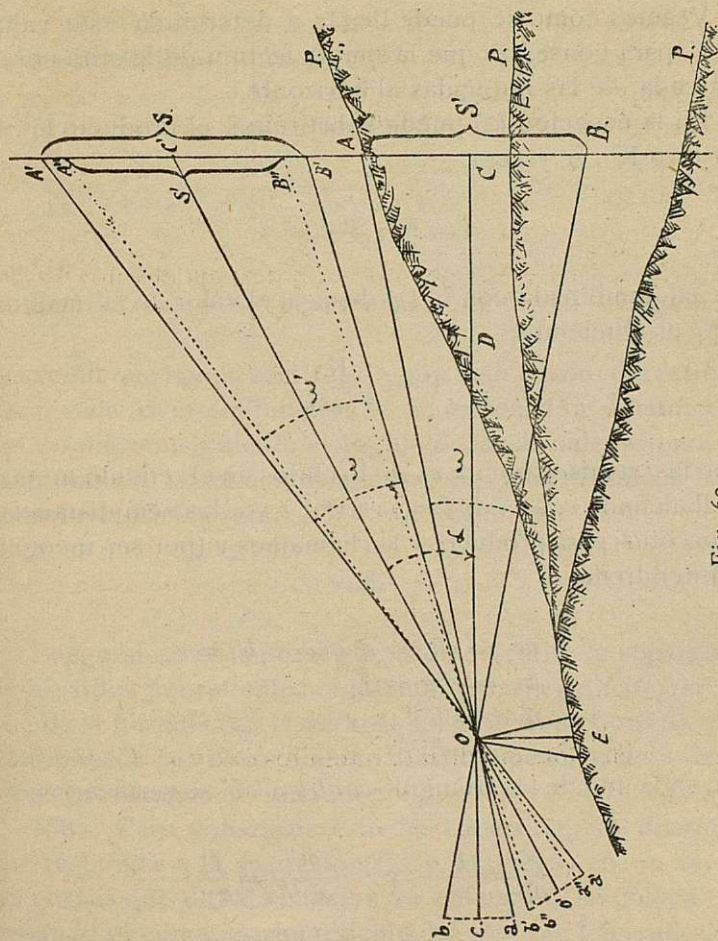


Fig. 60

valer 200, 100 o 50, sería la distancia horizontal (reducida) de E a P, pues que, independientemente de la inclinación del anteojo que la configuración topográfica obligue a dar

según haya elevación o depresión de P con respecto a E, la reducida sería siempre la misma que si P y E estuvieran en una horizontal y se leyera la cantidad AB de mira del primer caso.

Veamos cómo se puede llegar a determinar este valor de ω' para conseguir que la simple lectura de la mira por él abarcada, dé las reducidas al horizonte.

En la ecuación (2) puede substituirse el producto $K \cdot S$ por otro $K' \cdot S'$ y será:

$$d = K' \cdot S' \cos^2 \alpha$$

la cual combinada con la (1) despeja el valor de la incógnita K' produciendo:

$$K' = \frac{K}{\cos^2 \alpha} \quad (3)$$

Si a las semiseparaciones de los hilos en el retículo normal las llamamos r , a la distancia focal f y a las semidistancias de los hilos para producir ω' las llamamos y (por ser incógnitas), tendremos:

$$\begin{aligned} ac &= cb = a'c' = c'b' = r \\ ca &= c'o = f \\ a''c' &= b''c' = y \end{aligned}$$

y en cada uno de los triángulos aob y $a''ob''$ se verificaría que:

$$\frac{oc}{ab} = \frac{f}{2r} \quad \text{y} \quad \frac{oc'}{a''b''} = \frac{f}{2y}$$

que por el método estadimétrico sabemos son las relaciones

$$\frac{1}{2 \tan \frac{1}{2} \omega} \quad \text{y} \quad \frac{1}{2 \tan \frac{1}{2} \omega'}$$

que hemos llamado K y K' luego:

$$K = \frac{f}{2r} \quad \text{y} \quad K' = \frac{f}{2y}$$

cuyos valores en (3) darán:

$$\frac{f}{2y} = \frac{K}{\cos^2 \alpha} = \frac{\frac{f}{2r}}{\cos^2 \alpha} = \frac{f}{2r \cos^2 \alpha} \quad \text{y} \quad 2y = 2r \cos^2 \alpha$$

o

$$y = r \cos^2 \alpha \quad (4)$$

ecuación que liga la semiseparación de los hilos del retículo para cada caso en función de la inclinación del anteojo, dando por consiguiente el ángulo de las visuales α' para interceptar en la mira la magnitud S' , y la distancia horizontal o reducida será:

$$d = K \cdot S'$$

Luego si en el taquímetro hacemos variar la separación de los hilos del retículo, siguiendo esta separación la ley que dá la fórmula (4), la diferencia entre las lecturas de mira multiplicada por el coeficiente diastimométrico, dará desde luego la reducida al horizonte.

108. Para conseguir esto se construye un diagrama que responda a la expresión (4) y grabando en un cristal las curvas que de tal ecuación se obtengan, se coloca éste llenando el cometido del retículo del anteojo, haciendo que por un desplazamiento automático del vidrio, en sentido perpendicular al eje del anteojo, se presenten en el centro del campo los dos puntos precisos del diagrama, para según la inclinación dada al visor y la distancia a la mira, dejar

interceptada por esos puntos una magnitud de ésta, capaz de dar la reducida por una facilísima multiplicación.

La construcción del diagrama de reducidas, toma la forma de la figura 61 en que sobre un trazo AB, que será el central horizontal del retículo, se toman a partir de un origen, que serán los 0°, y según una ley de progresión (que luego sabremos) elementos longitudinales que sean la representación de los valores de α , y en cada extremo de ellos se levantan ordenadas que valdrán los valores que correspondan a $y = r \cos^2 \alpha$ (4) no pasando de los 40° pues no se rebasarán nunca estas pendientes.

Si el diagrama así obtenido se desplaza como decíamos de modo que el trazo central se mueva sobre sí mismo, al enfilarse una mira situada verticalmente, si se coloca mediante aquel desplazamiento el elemento gradual que corresponda a la inclinación del anteojo, coincidiendo su ordenada móvil con el hilo vertical fijo, la diferencia de lecturas en aquella mira producidas por los trazos de las curvas CD y EF en aquella ordenada, dará la reducida al horizonte previa la multiplicación por K.

Dejemos para después de terminada la exposición de los fundamentos teóricos, explicar los medios prácticos para lograr cuanto se desea.

109. Fundamento para la construcción del diagrama de las diferencias de nivel:

Si en la figura 60 sacamos el valor de CC' como diferencia de nivel entre la horizontal del centro de giro del anteojo y la que pasa por el corte de la visual, de inclinación α , con la mira, tendremos:

$$CC' = z' = d \operatorname{tang} \alpha$$

y si utilizamos el diagrama de reducidas antes expuesto, es evidente que para la inclinación α se abarcaría con aquel

diagrama un valor en la mira que produciría para reducida $d = K \cdot S'$ como ya sabemos, luego:

$$z' = K \cdot S' \tan \alpha \quad (5)$$

Esta fórmula prueba, que, si disponemos en el anterior diagrama de reducidas un par de trazos equidistantes del central (Fig. 61) de tal modo que su separación fuese la que

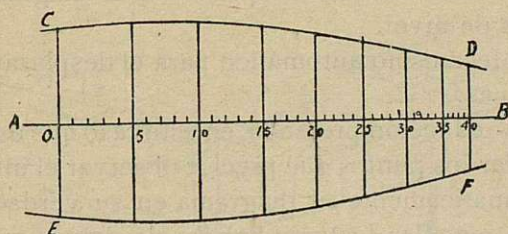


Fig. 61

en la mira interceptase la magnitud $S' \tan \alpha$, ésta porción de mira, multiplicada como antes por K , nos daría la diferencia de nivel.

Para ello si llamamos $2y'$ la separación de tales trazos, vamos a demostrar que si fuese $y' = y \tan \alpha$ se conseguiría lo que en el párrafo anterior se desea. Si nombramos por S'' el segmento de mira que comprendiesen aquellos trazos de separación $2y'$, como $2y$ comprenden S' se verificaría:

$$\begin{aligned} y' &= y \tan \alpha \text{ (ecuación condicional)} \\ 2y' &= 2y \tan \alpha \end{aligned}$$

y como

$$2y = a'' b'' = S' \quad \gg \quad S'' = S' \tan \alpha$$

substituyendo en (5):

$$z' = K \cdot S'' \quad (6)$$

luego si se cumple que $y' = y \operatorname{tang} \alpha$ llegamos a $z' = K \cdot S''$ es decir, que la cantidad de mira abarcada con tal separación de trazos será la diferencia de nivel previa la multiplicación por K .

Dada la forma como se construyó el diagrama de las reducidas horizontales, vemos que si sobre aquellas ordenadas que dió la ecuación $y = r \cos^2 \alpha$ (4) se toman a partir del trazo central AB los valores de la ecuación condicional $y' = y \operatorname{tang} \alpha$ por encima y por debajo, se obtendrán los puntos de otras dos curvas que serán el diagrama de las diferencias de nivel.

110. Mecanismo automático para el desplazamiento de los diagramas.

La auto-reducción pretende, en este caso que estudiamos, que al enfilar los puntos que precise observar el instrumento sitúe automáticamente el diagrama en su verdadera posición y dos sencillas lecturas habrán de darnos ya la reducida al horizonte y la diferencia de nivel.

Sea (Fig. 62) $E E'$ una posición del eje de figura del anteojo de un taquímetro ordinario del cual es $m m'$ su eje de muñones y T el trípode. Si d es el cristal de los diagramas solicitado dentro de un marco M por dos muelles fijos en $a a'$ a desplazarse en el sentido de la flecha f , veamos de limitar estos desplazamientos por mediación de una varillatope v , que la plantilla p guía⁽¹⁾ con sus movimientos alternativos $f' f''$, y si además, esta plantilla que acciona la palanca cb es función en sus movimientos de la inclinación del anteojo, ya «grosso modo» podemos imaginarnos como por los cabeceos del visor se llegan a producir los desplazamientos del diagrama dentro del campo de aquél.

Las horquillas gemelas $h h'$ que abrazan al anteojo, están unidas mediante la palanca articulada cb , y como el punto

(1) Corrijase en la figura 62 el dibujo de la varilla v que no debe quedar cortada, sino continuarse por delante de la plantilla p .

ideal O no varía, como fijas son también la articulación b y las magnitudes cb y OO' , existe idealmente formado el paralelogramo articulado $OO'cb$ que por los giros del anteojo alrededor de mm cabeceará igualmente aquél, apoyado siempre en Ob y produciendo un cambio de situación del punto c que se traduce para nuestro objeto en impulsos o atracciones de la plantilla p , como marcan las flechas $f' f''$, y siguiendo el enlace del mecanismo, como ya antes se

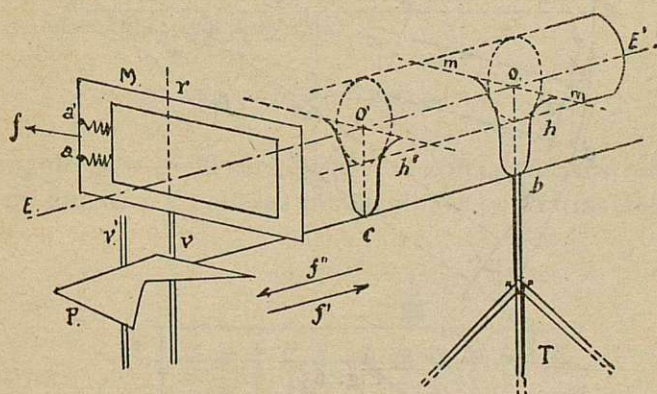


Fig. 62

expuso, la forma especial de esta plantilla-tope encajada entre v' y v , siendo v' fija, alejará o acercará la v y por lo tanto, el cristal del diagrama, que venciendo la acción de los muelles o solicitada por ellos, se desplazará dentro del marco M presentando frente al hilo fijo vertical r del retículo los trazos de las curvas de aquel diagrama que según la inclinación dada al anteojo serán unos u otros, pero desde luego, y como vamos a ver por la rigurosa construcción de la plantilla, los precisos a interceptar en la mira unos segmentos que darán la reducida y la diferencia de nivel.

La figura 63 supone diferentes posiciones del paraleló-

gramo articulado $O O' c b$ (que ahora es rectángulo por ser la visual horizontal) y que al cabecear el anteojo los ángulos $\alpha' \alpha''$, se forman las figuras $O O' c' b$, $O O'' c'' b...$, y si prolongamos estas figuras produciendo un corte en el plano de los diagramas, los cuadriláteros serían:

$O E a b$, $O E' a' b$, $O E'' a'' b$, rectángulo también en el

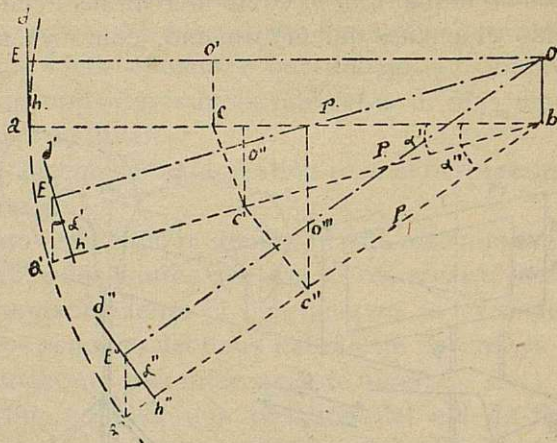


Fig. 63

primer caso y paralelogramo en los demás, siendo $d h$, $d' h'$, $d'' h''$, las posiciones en corte del cristal de diagramas, y las magnitudes $a' h'$, $a'' h''$, lo que se separa el extremo de la palanca p con relación a dicho diagrama (1), magnitudes que, llamándolas α , vendrían dadas por la fórmula:

$$\alpha = a' E \sin \alpha' = a'' E'' \sin \alpha'' = \dots = c \cdot \sin \alpha$$

(1) Ahora ya, más aclarados los movimientos relativos que en este mecanismo tienen lugar, dejaremos la explicación en su verdadero punto diciendo que en realidad es el extremo inferior del plano de diagramas el que se acerca o separa del extremo de la palanca al cabecear el anteojo, y no ésta la que empuja o tira de aquél, pero como a los efectos de comprensión en los principios del razonamiento era más sencillo, con el mismo resultado, imaginar invertida la relatividad de movimientos, así lo dijimos.

cuya ecuación determina, para cada inclinación del antejo la cantidad que se mueve con relación a la posición horizontal un punto cualquiera de la palanca p , (cb).

Para labrar la forma en que termine esta palanca guiando al tope-varilla del plano de diagramas, sobre la recta AB (Fig. 64), como eje de las XX y a partir de un origen O^c , se tomarán abscisas que respondan a la fórmula $x = c \cdot \sin \alpha$ dando los segmentos $O - 10$, $O - 20$, ..., si ahora tomamos ordenadas $10 - m = O - 10 \gg 20 - m' = O - 20$..., los puntos O , m , m' ... estarán en línea recta, y por ser rectángulos isósceles los triángulos

$$O - 10 - m \gg O - 20 - m' \gg \dots$$

el ángulo $40 - O - M$ será de 50° ; si con igual construcción, o por simetría, y para las inclinaciones contrarias del ante-

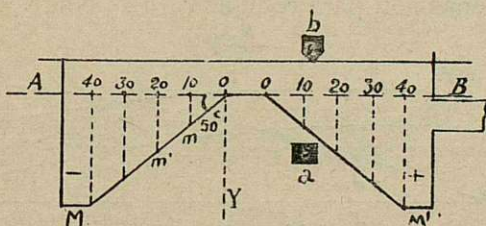


Fig. 64

ojo, dibujamos la recta $O^c - M'$, dejando un espacio $O - O$ para el grueso del cuadradillo a , tendremos la plantilla de la planchuela en que terminará la palanca que va a producir los desplazamientos del diagrama.

Enlazando estas consideraciones con las hechas en el fundamento del diagrama de reducidas y diferencias de nivel, se puntualiza ahora que la ley, arbitraria entonces, para tomar los trazos a los 5 grados, 10° , 15° (Fig. 61), habrá de ser precisamente con iguales abscisas a las toma-

das para la plantilla de la palanca, $x = c \cdot \text{sen } \alpha$, y de este modo a cada resbalamiento del cuadradillo por un cabeceo α del anteojo se habrá desplazado el diagrama igual magnitud $x = c \cdot \text{sen } \alpha$ y estará coincidiendo con el filar vertical del campo del visor la ordenada que responda a las ecuaciones

$$y = r \cdot \cos^2 \alpha \quad (4) \quad \text{e} \quad y' = y \tan \alpha$$

para idénticos valores de α , teniendo cortada la mira por esos puntos del diagrama que cantarán la reducida y la diferencia de nivel después de multiplicadas por K.

El autor ha construido, por razones fáciles de comprender, dos diagramas dobles, combinando en uno los valores de K, 50 y 100 para las reducidas al horizonte, y los 25 y 50 para diferencias de nivel, y otro en que la combinación es 50 y 250, con 25 y 50 para las mismas curvas. La figura 65 representa la forma aproximada al primero de ellos en que las líneas llenas son para reducidas, $a a'$, con $K = 50$ y $b b'$,

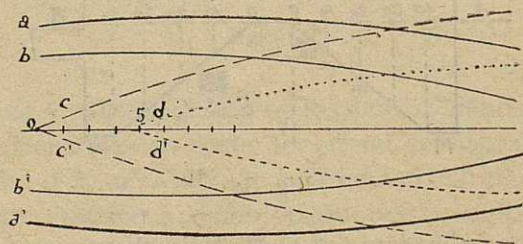


Fig. 65

con $K = 100$, y las punteadas y rayadas para diferencias de nivel con $K = 50$ para las $d d'$, y $K = 25$ para las $c c'$.

111. La figura 66 y su leyenda dan buena idea, sin más extensión, del Taquigrafómetro o auto-reductor numérico-gráfico Más y Zaldúa, uno de los dos del mismo autor, cuyos fundamentos acabamos de estudiar.

Leyenda:

G' G'—Envuelta del limbo azimutal, que es a su vez soporte del anteojo y demás elementos que se ven en la figura, y placa de nonios.

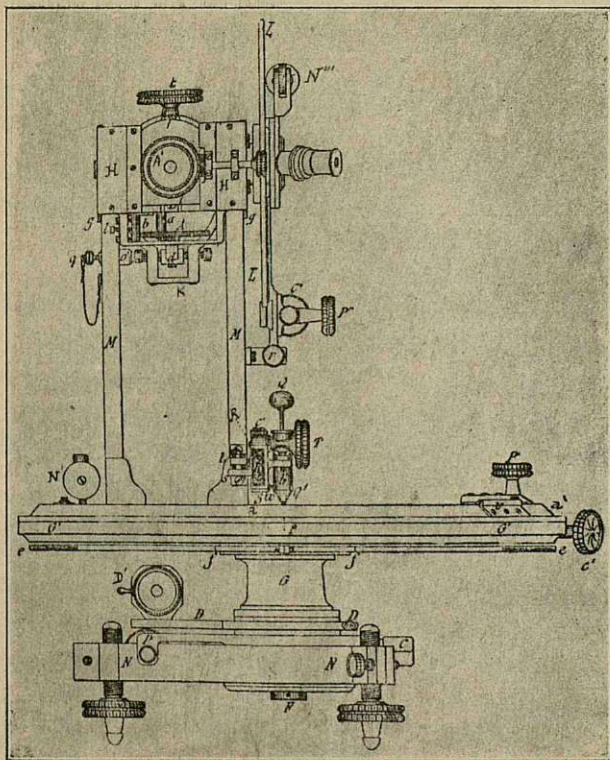


Fig 66

D'—Declinatoria de tubo.

N'—(y N'' que no se ve en la figura), Niveles en direcciones perpendiculares.

P' y C'—Tornillos de presión y coincidencia.

P y C—Tornillos para movimientos generales de orientación.

e y *e'*—Palancas unidas al collarín *ff* para enchufar dos microscopios de lecturas.

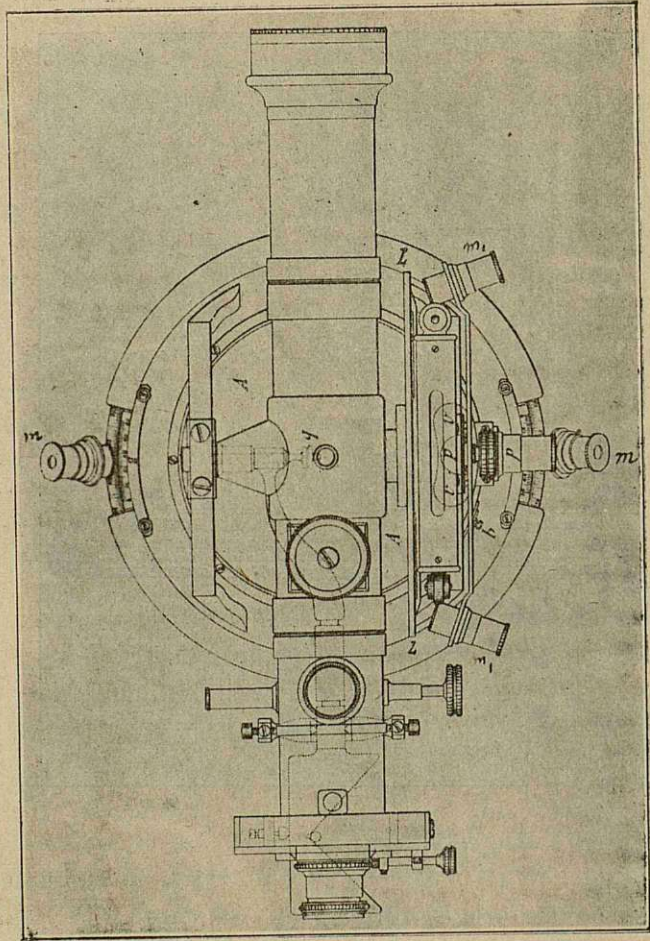


Fig. 67

v—Ventanilla de observación para colocación de la cartulina del gráfico.

a, a'—Parte de la envuelta $G' G'$ que tiene un semicírculo vaciado en toda su cara superior para dejar descubierta la mitad de la cartulina en que se dibuja, y por cuyo vaciado se introduce ésta al poner el aparato en estación.

p—Indicación del punzón que en el centro del limbo azimutal sirve para fijar en el gráfico el vértice de estación.

M M—Montantes excéntricos que se apoyan y giran con la envuelta $G' G'$, y soportan el anteojo, limbo zenital y aparato de proyección.

A'—Ocular del anteojo.

t—Tornillo de enfocamiento.

H H—Caja que encierra el diagrama de curvas.

A—Planchuela cuya forma se ha estudiado y que al extremo de la palanca *d* hace desplazar el diagrama.

a—Rodillo-tope del marco del diagrama que resbala por los planos de la planchuela *A*.

b—Cuchilla-guía de la planchuela.

l—Tornillo micrométrico para corrección de la situación de *b*.

K—Horquilla anterior de la palanca.

q—Pasador roscado que bajo el eje de muñones del anteojo hace al papel de la horquilla posterior (1).

i i—Tornillos para rectificación de la verticalidad del hilo central.

L L—Limbo zenital.

N'''—Nivel.

(1) Este pasador puede soltarse dejando sin funcionamiento la palanca de diagramas para dejar el aparato en condiciones de utilizarle como taquímetro ordinario, capaz de dar, como éstos, los números generadores θ , g y V .

Tal inmovilidad del diagrama por desprendimiento del pasador, deberá realizarse cuando el anteojo esté horizontal, en cuya posición el hilo vertical fijo del retículo, seccionará las curvas del diagrama por los 0° y estarán los trazos (ya inmóviles) de aquéllas, como los hilos de un retículo ordinario con el coeficiente *K* que les pertenezca,

C" P"—Tornillos de presión y coincidencia para los cabeceos del anteojo.

R—Regla graduada paralela a la proyección de las visuales del anteojo para con un nonio montado en c' y tornillo de coincidencia T, situar la punta Q' de un punzón Q a una distancia de p igual al valor de la reducida que se lee en el diagrama.

112. La figura 67 con su leyenda, en cuanto pueda ser diferente del Taquigrafómetro anterior, nos formará claro concepto del segundo aparato titulado *auto-reductor numérico*.

Leyenda:

A A—Brújula de limbo móvil encerrada en un estuche que en su cara superior tiene la ventana con cristal $v v$ para lectura de rumbos.

p —Microscopio con prisma de reflexión total y un índice que permite leer las graduaciones de la brújula.

$m-m$ —Microscopios del limbo azimutal del aparato cuyas lecturas son contrastadas con las de la brújula para garantía de los rumbos.

L L—Limbo zenital con sus microscopios $m - m$, para lecturas.

q —Pasador roscado para giro posterior del paralelogramo de la palanca de diagramas (todo igual que en el Taquigrafómetro).

Este aparato como se ve no es de anteojo excéntrico ni lleva mecanismo para proyectar los puntos sobre la cartulina, pudiendo con la misma facilidad que el anterior, ser convertido y utilizado como taquímetro ordinario.

113. Los registros que se llenarán con cualquiera de ambos aparatos podrán ser de esta forma:

Taquémetro Auto-reductor Más Zaldúa

Núm.....

Operador.....
 Auxiliares.....
 Fecha.....

Plano de.....
 Poligonal.....
 Estación.....
 $i = 1,41$.. Cota = 203^m63

Puntos	Azimutes		REDUCIDAS			COTAS						OBSERVACIONES
	c	m	Lectura de hilos	Longitud de mira	d	Lectura de hilos	Longitud de mira	Altura de mira h	i-h	d N	Cota	
47	16	21	$\frac{340}{61}$ (100)	2'79	279 ^m	$\frac{211}{180}$ (50)	2'31=62	2'	-0'59	-61'41	265 ^m 04	Del Olivar.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

114. Taquímetro auto-reductor Hammer-Fennel. — El profesor alemán Hammer, ideó, y la Casa Otto Fennel construye, un modelo de taquímetro auto-reductor que es, a nuestro juicio, el aparato topográfico que más sencilla y rápidamente toma los datos en el campo y ejecuta por automatismo los cálculos de Gabinete, que quedan, también como venimos diciendo, suprimidos.

El fundamento en que se asienta su teoría podemos esquematizarla para su más fácil comprensión de la siguiente manera. Recordemos una vez más que las fórmulas para

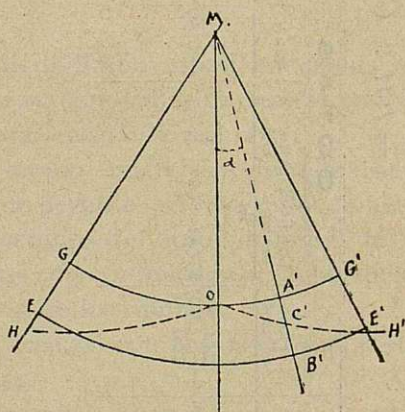


Fig. 68

reducida y diferencia de nivel desde el punto de estación hasta aquél en que, por interesarnos llevarle al plano, colocamos la mira, son:

$$d = lK \cos^2 \alpha \quad \text{y} \quad dN = d \tan \alpha = lK \sin \alpha \cos \alpha$$

en el que K es el factor dependiente del ángulo diastimométrico, l la magnitud de mira abarcada, y α el ángulo dependiente complemento del zenital.

Si en una placa perfectamente transparente (de cristal),

grabamos un diagrama representado en la figura 68 (del que luego diremos su construcción) y en el cual EE' sea la curva de distancias y HH' las de alturas, si este diagrama se desplazara en movimiento pendular alrededor de M , un valor gradual α , para que en el campo del anteojo quedase superpuesto con el filar vertical un radio, tal como el $A' B' C'$ correspondiente al ángulo α que fuese el de inclinación

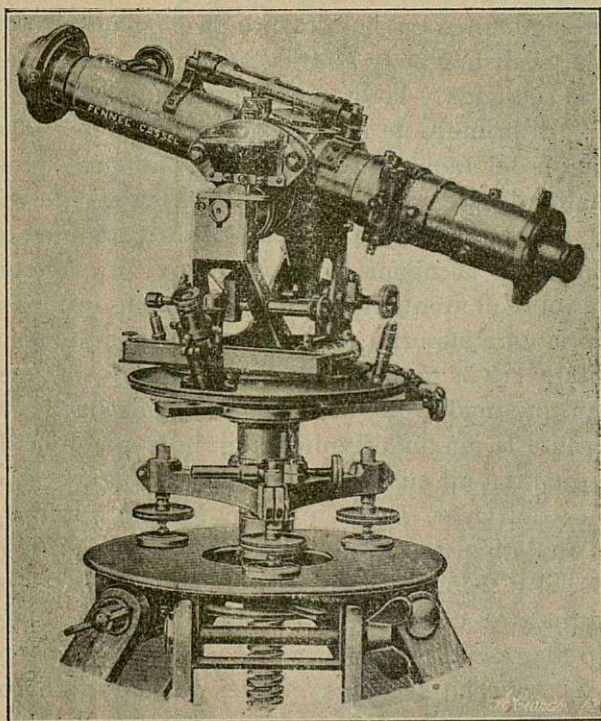


Fig. 69

precisa del anteojo para visar el punto, se podría tener al observar la mira por transparencia, abarcadas en ella dos longitudes $A' B'$ y $A' C'$ que multiplicadas por los coeficientes diastimométricos producirían la reducida y la dife-

rencia de nivel por haber sido las curvas $E E'$ y H o H' las que por el cálculo del diagrama, aun no visto, se titularon de distancias y alturas respectivamente.

115. Hay que estudiar pues, en este auto-reductor, dos problemas: el de la presentación automática ante el filar vertical del campo del anteojo, del radio del diagrama que señale el ángulo α de la pendiente en cada caso, y el problema de calcular y construir ese diagrama en forma que la intersección de segmentos en la mira por la *curva base* o *de ceros* $G G'$ y la de distancias y alturas, sean magnitudes que produzcan la reducida y la diferencia de nivel para cada punto.

116. El primero de estos problemas nos lo explicará la descripción del taquimetro (Fig. 69), pudiendo prescindir del detalle de su parte inferior hasta el eje de giro del anteojo, que es en todo idéntica a la de cualquier aparato ordinario como la misma figura descubre. En A y en posición fija sobre el montante izquierdo del anteojo, existe una caja con la cara superior de cristal para dejar entrada a la luz zenital y cuyos rayos luminosos reflejados totalmente en un espejo inclinado, que la forma de la caja hace comprender, permite la máxima iluminación de la plaquita del diagrama que inmóvil en esa cajera tiene su plano paralelo al eje óptico del visor. En el interior de este anteojo, largo anteojo analítico, se encuentran dos prismas $P P'$ (Fig. 70), situados, el P frente al diagrama dejando el paso, por una escotadura a la que se asoma, a los rayos e imagen del repetido diagrama; el segundo prisma P' lo está cerca del ocular y la marcha de rayos a través de ambos medios ópticos por el interior del anteojo (prescindiendo de otros detalles), hacen que el operador mirando por el ocular vea aquella imagen del diagrama, ocupando la mitad izquierda del campo del visor y exactamente limitada en el diámetro vertical de aquel campo por la colocación que tienen los prismas, como en la figura se ve; corte de imagen y campo que substituye al hilo vertical del retículo.

La imagen del diagrama en la posición ab del prisma P

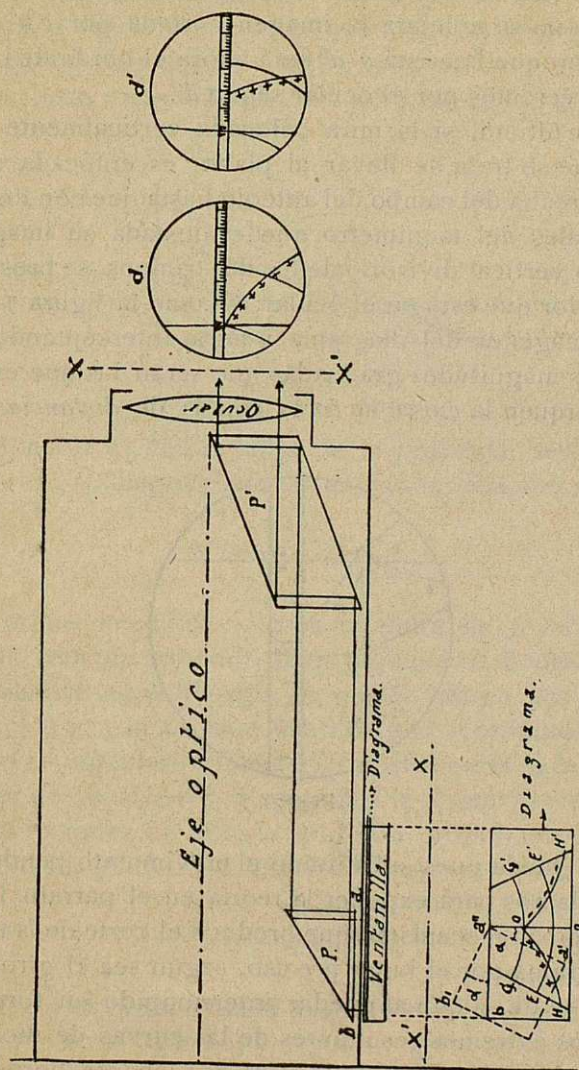
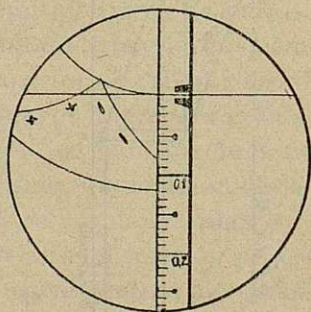


Fig. 70

(proyección vertical de la figura) que es el caso de horizontalidad del anteojo, se ve abatida en d . Si un cabeceo α del

visor hace girar con él al prisma P pasando de ab a $a'b'$, con idéntico giro de α° , como el diagrama en su plaquita no se movió no se reflejará la imagen cortada por aa'' como antes, sino que la arista $a'a''$ será ahora el borde de la imagen que veremos por el ocular según d' .

Y por último, si la mira colocada verticalmente en el punto que se trata de llevar al plano, es enfocada con la mitad derecha del campo del anteojo hasta que con los giros horizontales del taquímetro quede ajustada su imagen al diámetro vertical divisorio de los dos campos, se presentará al operador que está en el ocular, y como la figura 71 indica, las imágenes del diagrama y mira, interceptándose en ésta unas magnitudes graduadas que serán las que en cada caso abarquen la *curva de ceros* con la de *distancias* y de



117. Abordemos el segundo problema de la construcción del diagrama. Escribimos antes que $d = K l \cos^2 \alpha$, y si ahora lo que se pretende es que al leer una magnitud de mira, para cada valor de α , entre la curva base y la de distancias, sean estas unidades de mira las que multiplicadas

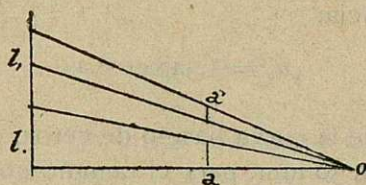


Fig. 72

por un factor C_1 den el valor de la reducida, será preciso que $d = C_1 l_1$, luego igualando ambas expresiones se tendrá

$$K l \cos^2 \alpha = C_1 l_1.$$

El primer miembro, y para un valor de separación de hilos del retículo ordinario de un taquímetro, podría hacerse como sucede en el Troughton, que K valiese 100 para una separación a , y si C_1 vale también 100 (constante que ha tomado el ingeniero Hammer) transformaría la expresión anterior en $l \cos^2 \alpha = l_1$ y como por la figura 72 vemos que las separaciones de hilos a' y a son proporcionales a las longitudes l_1 y l de mira, escribiríamos:

$$a' = a \cos^2 \alpha$$

en la que a es la separación normal de hilos en el caso de $\alpha = 0^\circ$ que en el aparato, y según la figura 73 vale:

$$\frac{AB}{DO} = \frac{ab}{dO}$$

si queremos que A B sea la centésima parte de la distancia (K = 100) tendrá que ser $a b$ la centésima de $d O$ (distancia focal), es decir:

$$a b = a = \frac{F}{100} = \frac{334,78}{100} = 3,348 \text{ mm.}$$

y en consecuencia:

$$a' = 3,348 \cos^2 \alpha \quad (\beta)$$

luego a partir de la curva base o de ceros, que se describe con un radio de 30 mm. para el tamaño conveniente de la

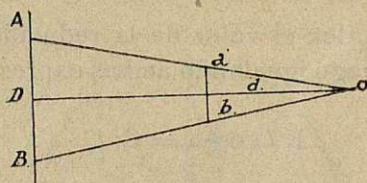


Fig. 73

placa, prismas, etc., se trazan las partes de radio en un sector de $+ 30^\circ$ y $- 30^\circ$ y en esas partes se van tomando las longitudes que arroje la fórmula (3) para los valores de α en cuyos segmentos de radio se han de tomar, quedando dibujada la figura 08, a falta de las curvas H, H' o de alturas.

Para el trazado de ellas y repitiendo la fórmula de la diferencia de nivel para un taquímetro corriente, diríamos:

$$d N = d \tan \alpha,$$

pero d en el auto-reductor ya hemos dicho va a valer:

$$C_1 l_1 = 100 l_1$$

luego,

$$d N = 100 l_1 \tan \alpha$$

y como nuestro objeto es que al leer una cantidad de mira abarcada entre la curva de ceros y la de alturas sea este número, multiplicado por un factor, el que dé sin más cálculo la diferencia de nivel, ha de poderse escribir:

$$dN = C_2 l_2$$

y por igualación:

$$100 l_1 \operatorname{tang} \alpha = C_2 l_2$$

que si ponemos $C_2 = 20$ que es el factor adoptado por el proyectista, vendremos a:

$$5 l_1 \operatorname{tang} \alpha = l_2$$

y por la proporcionalidad

$$\frac{h}{a_1} = \frac{l_2}{l_1}$$

sale:

$$h = 5 \times a' \operatorname{tang} \alpha = 5 \times 3,348 \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha = \\ = 5/2 \times 3,348 \times \operatorname{sen} 2\alpha = 8,37 \times \operatorname{sen} 2\alpha \text{ (mm.)} \quad (\beta')$$

es decir que sobre las mismas partes de radio que antes se tomaron los valores de a' se tomarán ahora los segmentos que dé la fórmula (β') para los diferentes de α entre $+30^\circ$ y -30° ; claro que siendo para $\alpha = 0^\circ$, $h = 0$ arrancarán las curvas H y H' del punto O centro de la curva base. El diagrama total será ya como aquella figura 68 representaba.

118. Para operar con este auto-reductor, se utiliza una mira especial que tiene su cero a 1^m 40 del extremo que se apoya en tierra (altura aproximada del aparato al ponerle en estación), y cuya graduación apropiada nos la muestra la figura 74.

El anteojo se coloca de manera que la curva base o curva de ceros (la superior en la imagen invertida del diagrama) coincida con el cero de la mira, entonces la distancia horizontal entre la vertical del instrumento y el pie de la mira se obtendrá multiplicando por 100 la lectura que acusa la curva de distancias. La diferencia de alturas se

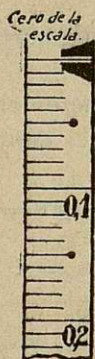


Fig. 74

obtendrá multiplicando por 20 la lectura que veamos señala la curva de su nombre, que será positiva o negativa, según sea la rama H o H' la que efectúe el señalamiento y que por los signos $+$ o $-$ en ellas grabado se decidirá en el instante mismo de la lectura.

La cota del plano de nivel, base de las cotas finales de cada punto visado, será como siempre $Z + i - h$ que aquí es $Z + i - 1,40$.

119. Los registros para llenar en el campo serán con arreglo al siguiente modelo:

Taquémetro Auto-reductor Hammer-Fennel

Núm.....

Operador..... Plano de.....

Fecha..... Estación.....

$$z + i - 1,40 = 327^m43 + 1^m33 - 1^m40 = 347^m30$$

Puntos observados	Limbo		Lectura de la		Reducida $d \times 100$	Diferencia de nivel $z \times 20$	Cota	Croquis
	c	m	curva de distancias d	curva de alturas z				
1	92	16	1'20	-0'33	120	-6,6	340 ^m 7	
2	97	3	0'92	-0,11	92	-2'2	345 ^m 1	
3	104	17	0'88	-0,05	88	-1'0	348 ^m 3	

120. No vemos inconveniente en que la mira tuviera dos escalas, una en negro, la de la izquierda, con las unidades ya multiplicadas por 100, que sería la de reducidas, y la de la derecha en rojo y ya multiplicadas por 20 (Fig. 75) para

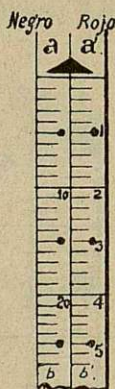


Fig. 75

las diferencias de nivel. Una pequeña desviación azimutal después de haber escrito en la segunda casilla del Registro el rumbo verdadero de la visual, nos trasladaría de ab a $a'b'$ para leer primero el definitivo valor de las reducidas y después la diferencia de cotas sin precisar las multiplicaciones que exige el aparato. La ventaja sería no pequeña, pues si bien la multiplicación por 100 es sencillísima, no lo es tanto, y puede acarrear equivocación posible, la de por 20, aparte de que la interpretación decimal de las unidades de mira actuales es más enojosa, sin duda, a la que resultaría con esta sencilla variación en que los números son más manejables.

TERCERA PARTE

COMPROBACIÓN Y CORRECCIÓN DE TAQUÍMETROS

121. Su necesidad.—La gran precisión con que se construyen hoy los aparatos topográficos pudiera parecer eximirles de comprobaciones por ser suficiente garantía ese perfecto ajuste y detenidísimo estudio que dan a las partes, y al todo, sus fabricantes y proyectistas; pero cierto también que si las muy variadas causas y accidentes que hicieran perturbar aquellas garantías pasaran inadvertidas al topógrafo, llegaríamos a la fatal consecuencia de que planos levantados con excelentes taquímetros y siguiendo rigurosamente los métodos y detalles para cuantos trabajos se realicen, no habrían de responder a la exactitud con que se supusieron efectuados, con la natural y desagradable sorpresa para el operador que pensó por aquellas razones en la bondad final de su obra.

Bueno es añadir también para que los noveles en trabajos topográficos no pongan nunca al margen de ellos cuanto a comprobaciones y correcciones se refiere, que siempre será preferible un aparato antiguo y muy en uso pero bien comprobado, que el más moderno taquímetro del que se ignore la garantía de cuantos datos con él tomase el operador; y digamos por último que no es admisible la desidia

o pereza encubierta, con la disculpa de que poco habrá de influir en el resultado final las pequeñas faltas sin corregir que un aparato pudiera acusar si le comprobásemos, pero que en fin de cuentas no se comprueba y ya las titulamos pequeñas. Debe ser norma para el topógrafo no pasar ningún error que esté en su mano corregir, y que si el defecto requiere el envío del aparato al taller por no entrar su arreglo o compensación en los medios topográficos, no se hará uso de él hasta que el taller no le reintegre a completa satisfacción del operador.

Los taquímetros ordinarios que para la Taquimetria de precisión hemos estudiado en la primera parte de estas *Notas* estando constituidos en líneas generales por los mismos elementos, tendrán comprobaciones y sistemas de corrección muy análogos, en cambio los auto-reductores por la independencia y diversidad de medios y teorías en que fundamentan su construcción y sistema operatorio, requieren cada uno su estudio especial para verificarlos y corregirlos, que ya las instrucciones que acompañan a cada tipo explican convenientemente.

122. Comprobación de taquímetros ordinarios.—Sabemos que un aparato topográfico en el análisis de apreciación de sus elementos componentes ha de pasar en todos ellos por la *comprobación*, y que la consecuencia de ésta ha de ser una de las siguientes: *corrección del defecto*, si se hallara; *anulación del error*, por el sistema operatorio sin la corrección del defecto, o *envío del aparato al taller*, por no ser posible ninguna de las dos anteriores.

Esto nos hace ver que hay un medio que nos permite en muchos casos abreviar, en no poco, el estudio de los taquímetros pues que si el sistema operatorio puede anular ciertos errores, si los hubiera, es lógico saltar por su comprobación ignorando si existen, ni tratar de corregirlos puesto que se anularán en la operación topográfica que ha de emplearse.

También debe pensarse que, si despreciando esta abreviación en las comprobaciones de un taquímetro, se llevaran a cabo aisladamente las de cuantos aparatos auxiliares integran su total composición, no serán nunca bastantes a poder decir está corregido el taquímetro por estarlo cada una de sus partes, es tal vez de mucha mayor importancia el estudio de las relaciones que han de guardar entre sí unos con otros elementos, y que el comprobarlas es de una necesidad absoluta si el método operatorio no las evita; así por ejemplo: puede tenerse comprobado y corregido aisladamente el anteojo del eclímetro como tal anteojo, y bien verificado su limbo zenital como tal círculo graduado, y sin embargo el conjunto (eclímetro) no podría sustraerse a la comprobación de que los ángulos zenitales que forme la línea de colimación son los que su nonio señale; en cambio con el sistema de visual a la derecha y a la izquierda tomando la media de ambas lecturas hará innecesarias aquellas comprobaciones y hasta la corrección, que ya veremos puede desde luego efectuarse.

123. Los aparatos que integran un taquímetro son: *Limbos*, *Nonios* o *Micrómetros*, *Niveles*, *Declinatoria* y *Anteojo*; y las relaciones de dependencia que deben asegurarse las siguientes:

a) Que el eje general del aparato sea perpendicular a los planos del limbo azimutal y de nonios.

b) Que estacionado el taquímetro, el eje óptico del anteojo o línea de colimación describa planos verticales en los cabeceos que haya de dársele, cualesquiera que sea su rumbo, y que estos planos pasen por el centro del aparato, si es concéntrico, o resulten paralelos al que pasa por la línea de nonios si es excéntrico.

c) Que el eclímetro nos asegure medir con sus nonios el ángulo zenital, o de pendiente, que la línea de colimación del visor forme realmente.

124. Limbos.—Aunque la bondad y extrema precisión

de las máquinas de dividir, hacen actualmente casi imposible la existencia de error por estar los limbos mal graduados, puede utilizarse el mismo nonio para tal comprobación haciendo el papel de compás micrométrico. Para ello, visto por la apreciación de dicho nonio cuantas divisiones del limbo han sido tomadas para construir aquél, se hace el cálculo de las que han de resultar abarcadas entre el *cero* del nonio y su última incisión para que, llevado el nonio sobre el limbo, cuantas veces se desee y por muy diferentes sectores, quede comprobado se toman siempre del limbo y con precisión absoluta igual número de graduaciones, por ejemplo: supongamos un limbo y su nonio en que por ser un cuarto de grado la menor división de aquél, y contener el nonio 25 divisiones, aprecia con error menor de un minuto; teniendo 25 divisiones el nonio indica se habrán cogido 24 del limbo y será por lo tanto su amplitud de arco de 24 cuartos de grado, (6 grados); así pues, cada vez que llevemos el *cero* del nonio a coincidir fielmente con una incisión cualquiera del limbo contaremos 6 grados y en su final se tendrá que observar el enrase perfecto con la incisión 25 del nonio.

Si el aparato tuviera micrómetros en vez de nonios, siendo diferentes los modelos de este sistema de apreciación no pueden abarcarse todos en un procedimiento único de comprobaciones, pero la natural sencillez de cada caso hará comprender el medio de que el operador ha de valerse.

Por ejemplo: El micrómetro móvil de las figuras 7.^a y 8.^a en que una revolución completa del tambor será el recorrido de una décima de grado y cada grado del limbo, por lo tanto, 10 revoluciones exactamente, nos dice el modo de verificarle.

Si se tratara de micrómetros como el de la figura 10, una vez vista la aproximación de lecturas hechas con los hilos extremos en su comparación con la del hilo o incisión central, debe obtenerse idéntica valoración de error en cualquier posición que nos detengamos para comprobación del limbo.

El caso de la figura 13 es análogo al de limbos con nonios puesto que el micrómetro aquí ha de abarcar siempre 9 décimas de grado entre sus referencias extremas o — 10.

125. Limbos y nonios.—Aunque la teoría exige que la

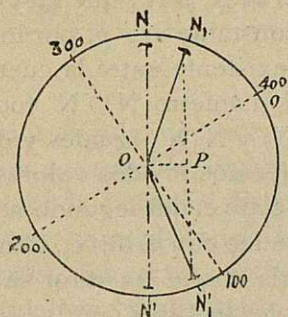


Fig. 76

línea de nonios sea una recta que pase por el centro del limbo (diámetro de este círculo), vamos a ver que aun existiendo *desviado* (línea angular con vértice en el centro,

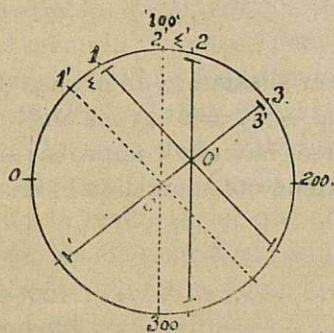


Fig. 77

Fig. 76) o *descentrado* (recta de nonios que gira en un punto que no es el del centro del limbo, Fig. 77), no es precisa la

corrección del aparato, que además no estaría al alcance del topógrafo, sino que el procedimiento operatorio en cada caso de estos dos diferentes, compensa el error. En el caso de *desviado* (figura 76) están los nonios $N' - N'_1$ en los lados del ángulo con vértice en O, centro del limbo, y como montados en la cuerda $N_1 p N'_1$ que gira con ellos separada de O la magnitud constante $o - p$, por lo cual, y como esta separación sería la existente entre la cuerda (falsa posición de los nonios) y el diámetro $NO N'$ (posición sin error), habrá dos arcos NN_1 y $N'N'_1$ iguales y de sentidos contrarios, por lo cual si leemos los dos valores angulares falsos, y después de modificado el del segundo nonio N'_1 en $= 200^\circ$ para hacerle homogéneo con el de N_1 , tomamos el promedio de valores, se tendría el que sin error se apreciaría con el nonio N. Por ejemplo, lecturas con:

N_1	371° 35
N'_1	171° 05

ángulos modificados ($\bar{N}$ homogeneizados)

$\bar{N}_1$	371° 35
$\bar{N}'_1$	371° 05

Empecemos por ver si estamos en el caso de error que estudiamos. Como $\bar{N}_1 - \bar{N}'_1 = 0^\circ 25$ es más de la tolerancia que puede admitirse, hay que comprobar si con otro rumbo del anteojo se obtiene constancia en el error; se gira a voluntad y leemos:

N_1	120° 64
N'_1	320° 88

modificados:

$\bar{N}_1$	120° 64
$\bar{N}'_1$	120° 88

como $\bar{N}_1 - \bar{N}'_1 = 0^\circ 24$ que aun no siendo igual a la diferencia anterior, sí cae, dentro de la tolerancia, comprendemos es caso de diferencia constante de error, luego hay *desviado*, y tomando

$$\frac{\bar{N}_1 + \bar{N}'_1}{2} = \frac{371,35 + 371,05}{2} = 371^\circ 20 = N$$

es el verdadero valor angular que se anotaría en el registro.

126. Si hubiera *descentrado* (Fig. 77), por girar la cuerda de nonios alrededor del punto O' distinto del centro O del limbo, resultarían ser, la cuerda (posición falsa) y el diámetro (posición sin error), dos rectas paralelas que moviéndose sin perder este paralelismo y alrededor de centros propios fijos, ocurrirá lo que marca la figura, es decir, que con las posiciones 1 — 1' el error es ϵ , con las 2 — 2' es ϵ' menor que el anterior, y que al llegar a la 3 — 3' en que la cuerda pasa a ser diámetro, ambas líneas están superpuestas y el error es nulo; de haber seguido en el mismo sentido los errores, volverían a reproducirse. Esto nos dice que el error ahora es de magnitud variable, característica que se aprovecha, como luego en el ejemplo veremos, para saber estamos en caso de descentrado, y que no hay desviado, en que vimos antes era constante el error, muy interesante la distinción pues que si bien la regla dada anteriormente salvaría el error de descentrado como en el caso de desviado, hay que tener presente que la regla Bessel que ahora vamos a dar (bien conocida de los Topógrafos), anulando su empleo otros errores de los Taquímetros, como luego estudiaremos, es de una generalidad bien estimada pero que en el caso de *desviado* no es aprovechable, y por esto se ha dado allí diferente método operatorio al que ahora diremos.

Si la línea de nonios N — N' (Fig. 78), por la que va la línea de colimación para visar el punto A, estuviera descen-

trada en $N_1 - N'_1$, el ángulo verdadero α es suplantado por el α' que leemos, cuyo valor es:

$$\alpha' = \alpha + \varepsilon$$

si ahora se da un giro azimutal de 200° hasta que la línea de colimación se invierta sobre sí misma, la falsa de nonios irá

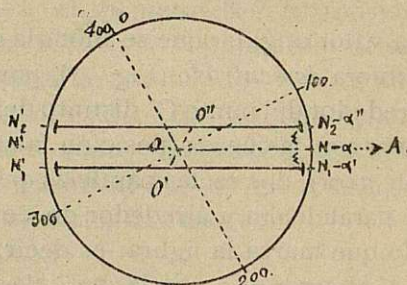


Fig. 78

a $N_2 - N'_2$ y, previa una rotación del visor para dejar el ocular del lado del operador, leeremos ahora un nuevo ángulo, con error también:

$$\alpha'' = \alpha - \varepsilon$$

habiendo puesto en ambas igual magnitud de error por ser arcos de limbo interceptados por paralelas equidistantes, luego:

$$\frac{\alpha' + \alpha''}{2} = \alpha$$

que es el valor gradual que tomaremos como verdadero por haber resultado salvado el defecto sin tener necesidad de corregir el aparato, reparación que sería forzosamente de taller,

Ejemplo: Lecturas con los nonios:

$$\left. \begin{array}{l} N_1 \dots 119^\circ 14 \\ N'_1 \dots 318^\circ 88 \end{array} \right\} \text{ modificados: } \left\{ \begin{array}{l} \bar{N}_1 \dots 119^\circ 44 \\ \bar{N}'_1 \dots 118^\circ 88 \end{array} \right\} \bar{N}_1 - \bar{N}'_1 = 0^\circ 56$$

error que no es tolerable, pero desconocemos si es desviado o descentrado.

Demos nuevo rumbo a la línea de nonios y en segundas lecturas tenemos:

$$\left. \begin{array}{l} N_1 \dots 263^\circ 20 \\ N'_1 \dots 63^\circ 35 \end{array} \right\} \text{ modificados: } \left\{ \begin{array}{l} \bar{N}_1 \dots 263^\circ 20 \\ \bar{N}'_1 \dots 263^\circ 35 \end{array} \right\} \bar{N}_1 - \bar{N}'_1 = 0^\circ 14$$

que ni es tolerable ni es igual al anterior, luego hay descentrado; busquemos en uno de estos ejemplos el valor sin error.

$$\text{Primeras lecturas: } \left\{ \begin{array}{l} N_1 \dots 119^\circ 14 \\ N'_1 \dots 318^\circ 88 \end{array} \right\} \text{ segundas lecturas previo}$$

el giro azimutal e inversión del visor según la regla Bessel:

$$\left. \begin{array}{l} N_2 \dots 118^\circ 86 \\ N'_2 \dots 319^\circ 16 \end{array} \right\} \text{ y las modificadas: } \left\{ \begin{array}{l} \bar{N}_1 \dots 119^\circ 14 \\ \bar{N}'_1 \dots 118^\circ 88 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \bar{N}_2 \dots 118^\circ 88 \\ N'_2 \dots 119^\circ 16 \end{array} \right\}$$

Con las $\bar{N}_1$ y $\bar{N}_2$ sacamos para

$$\alpha_1 = \frac{119,14 + 118,86}{2} = 119^\circ 00$$

Con las $\bar{N}'_1$ y $\bar{N}'_2$ sacamos para

$$\alpha_2 = \frac{118,88 + 119,16}{2} = 119^\circ 03$$

y por último:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = 119^\circ 0150$$

pues que diferenciándose los α_1 y α_2 en un error tolerable, son válidas para tomar la media aritmética y una mayor exactitud.

127. Todavía pudiera presentarse el caso de tener el aparato los defectos de desviado y descentrado a la vez, y es evidente, que teniendo que corregir ambos y no sirviendo la Regla Bessel para el primer error, pero sí la dada en éste, para el descentrado, utilizaremos el procedimiento operativo de leer con ambos nonios los valores graduales, y después de modificados se toma la semisuma de ambos.

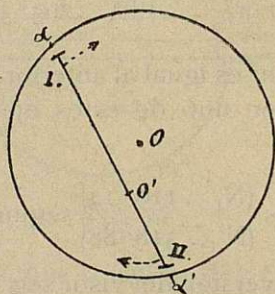


Fig. 79

De como hemos de valernos para saber si el Taquímetro tiene ambos defectos reunidos lo soluciona el siguiente método práctico que ampliaremos para resumir los casos: que tenga los dos errores, que tenga uno solo, y dentro de éste cual fuese de ellos.

Tomada nota de las lecturas de los nonios en una posición cualquiera y hallada su diferencia, si ésta no discrepa de 200° un valor tolerable, hay: desviado, descentrado o ambos defectos. Se gira la placa de nonios (Fig. 79), hasta que con el II se lea el mismo valor gradual α que teníamos antes en el I, si con esta inversión se leyera con el I idéntico valor α' al que tuvo el II probará que habiendo coincidido la semirecta $O' - I$ con la $O' - II$ están los nonios en una

cuerda y en ella el centro de giro, luego hay *descentrado* solamente. Si, no ocurriendo esto, la diferencia de valores graduales que ahora se observe es igual a la de antes del giro azimutal, hay sólo *desviado*, y por último si esta diferencia ha variado, hay *desviado y descentrado*. (1)

128. Niveles.—Si el Taquímetro sólo dispone de un nivel para la horizontalidad del plano azimutal es completamente innecesario su previa comprobación y corrección aislada pues que el procedimiento para corregir la falta de horizontalidad ya evita los errores que el nivel acarree.

Este método topográfico, que recordaremos, es: póngase orientado el aparato de modo que el eje de dicho único nivel esté en la dirección de dos tornillos nivelantes del trípode y con ellos se hace llegar la burbuja a sus referencias; si mediante un giro total de 200° vemos que la burbuja sigue calada, es prueba de tener horizontal una recta del plano del limbo, en la dirección de aquellos tornillos, pero si a la burbuja se la aprecia desplazada, ni aquella línea es horizontal ni el nivel está falto de error. De haber sido horizontal aquella línea, nunca debió de acusarlo la primera vez un nivel que estaba sin corregir, y de haber sido bueno el nivel y aquella línea inclinada, no debió calarse la burbuja; y ambas circunstancias (bueno el nivel y horizontal la recta), no puede admitirse, toda vez que en un giro de 200° acusa la burbuja existencia de error.

Sabemos por Topografía que esta desviación observada se corrige a partes iguales por los tornillos nivelantes del aparato y por los particulares de corrección del nivel; el no permitir la longitud reducida del nivel un total desplazamiento a la burbuja en casos de más fuerte error, nos hace tomar como mitades de tal desviación magnitudes menores

(1) Como decíamos que la regla Bessel ha de anular otros errores de los Taquímetros, es interesante averiguar si el aparato que se va a emplear pudiera tener tan solo error de descentrado (caso de los tres el más posible) y así aquella regla salvaría este error al propio tiempo que evitará otros, con lo cual se percibe la mayor sencillez operatoria.

que las reales y por ello ha de repetirse generalmente el tanteo.

Un giro de 100° para que este mismo nivel se sitúe frente al tercer tornillo nivelante que ha de calarle nuevamente, nos dará la segunda horizontal del plano del limbo para conseguir su completa nivelación.

129. Si el Taquímetro dispusiera de dos niveles azimutales ya situados en ángulo recto para evitar el último giro de 100° , no hay garantía de que, aun calando con el tercer tornillo nivelante aquel segundo nivel, esté horizontal el limbo en tal momento de la operación, pues que si la directriz de este nivel (que no hemos corregido) no fuese paralela al plano de apoyo, plano del limbo, podríamos haber puesto horizontal aquella directriz al calar la burbuja y no serlo la línea de contacto con el limbo que es la interesante y precisa para la nivelación azimutal. Por esto aconsejamos que aun teniendo dos niveles, sólo se emplee en la operación de horizontalizar uno de ellos, y únicamente después, en los casos que se compruebe, aceptar la garantía del segundo para nuevas puestas en estación si esta garantía no se hubiera perdido.

De querer comprobar aisladamente los niveles azimutales en la relación de paralelismo de la directriz con la recta de sus apoyos sobre el plano del limbo, bastará marcar el extremo de la burbuja en una posición muy próxima a la horizontal para no agotar el recorrido de aquélla, y haciendo una inversión sobre sí mismo se corregirá, mediante su propio tornillo de rectificación, la mitad de la diferencia que de los dos desplazamientos se observe.

130. Declinatoria. - Como el método taquimétrico toma su fundamento en la medición de unos ángulos azimutales que tienen por origen el diámetro $0 - 200^{\circ}$ situado en la dirección de la meridiana magnética mediante el giro total del Taquímetro, hasta que la aguja de la declinatoria se sitúe sobre las referencias de sus sectores graduados, es

decir, que son rumbos medidos sobre un limbo azimutal, y como esto pudiera llevarnos a comprobar el paralelismo del diámetro 0 — 200° y el diámetro de las referencias de la declinatoria, observaremos, que si bien por construcción tal paralelismo seguramente existirá, no hay error, ni por lo tanto requiere comprobación buscar la misma perfecta orientación para tales rectas.

La pequeña desviación que encontráramos, sólo arrastraría para todos los puntos que formasen la estrella de cada estación una desorientación y en igual sentido. Recordaremos a este fin lo dicho en el párrafo 77 de ser el papel de la aguja magnética el de un vigia que nos garantiza no sufrir el aparato desvíos que pudiesen alterar la bondad de los datos que se tomaron desde cada estación.

Las pérdidas de imanación, el desgaste o algún otro deterioro en el eje de giro o su ágata de apoyo, son observadas como en cualquier brújula por la pereza e irregularidades en las oscilaciones de la aguja al acercar y retirar después cualquier imán u objeto metálico.

131. Anteojos.—El anteojo del Taquímetro debe estudiarse para sus comprobaciones y correcciones: 1.º Como instrumento óptico considerado aisladamente: 2.º Como estadía que nos ha de dar la medición indirecta de las distancias.

Su estudio como medio óptico nos es preciso llevarle a garantir que el eje de figura y la línea de colimación están confundidos en una recta ideal para que los ángulos que aquella línea forme al moverle en las diversas operaciones que se ejecutan con el instrumento sean, los que el eje de figura nos ha de dar medidos en los limbos. Para probar tal coincidencia se visa con el anteojo una referencia muy bien definida y se anotan los ángulos azimutales y zenitales que hubieran sido precisos dar al Taquímetro para visar tal referencia. Se gira 200° el anteojo sobre sí mismo, si fuera de collares, o si es de tránsito se le hace dar una vuelta de

campana y luego se invierte todo el Taquímetro para tener el ocular del lado del operador (ambos métodos producen, como se comprende, idéntico resultado); si al visar nuevamente la referencia con los valores graduales azimutal y zenital escritos anteriormente, el enrase con la cruz filar es perfecto, hay coincidencia del eje de figura y línea de colimación. De no ocurrir esto, se procede a su enfoque preciso variándose los ángulos; si ahora tomásemos el promedio quedaría salvado el error de aquella falta de coincidencia, es decir, que cada vez que con tal Taquímetro visemos un punto podríamos tener salvado el error, por el defecto que tratamos, tomando aquellos pares de valores graduales para sentar su media aritmética como valores sin error.

Pero si el anteojo es susceptible de corrección en los hilos de su cruz filar, es preferible hacer que los nonios de ambos limbos marquen aquella media aritmética del caso de prueba y, moviendo los hilos de la cruz, llegar al enrase perfecto de la referencia, con lo cual está corregido el anteojo.

132. Para comprobar el visor como estadia, en un terreno próximamente horizontal se mide cuidadosamente una distancia de 100 o 200 metros dejándola bien señalada con piquetes; si el anteojo no es de analatismo central habrá que prolongar esta alineación por uno de los extremos en el pequeño valor de centímetros que para la constante del anteojo se tenga, y estacionando el aparato de tal modo que la vertical de la plomada caiga sobre el piquete del extremo o sobre el piquete del añadido, según los casos, se coloca verticalmente en el otro una mira graduada, por ejemplo en centímetros, se enfoca el ocular con relación a la imagen del retículo y el objetivo con respecto a la de la mira, y haciendo coincidir el hilo central con una división exacta y promediada en la total longitud de mira, que supongamos es la 200, observaremos ahora qué enrases se producen con los hilos horizontales que constituyen un

determinado ángulo diastimométrico del retículo. Si estos fueran: para el hilo inferior 250 y para el superior 150 (recuérdese que son imágenes invertidas) nos indicaría que cada centímetro de mira es un metro en el terreno si la longitud medida directamente fueron 100 metros, siendo *uno* el coeficiente a emplear cuando se intercepten las magnitudes de mira con este ángulo. Si la longitud que se midió fué de 200 metros, el factor habría sido 2 y con él operaríamos al usar tal ángulo.

Pudiera ocurrir que no dieran los enrase el número de unidades de mira que nos llevaran a un factor lógico para su empleo cómodo y entonces hay dos caminos para remediar este defecto, o dividir aquella longitud de mira en un número de partes, función sencilla del número de metros medidos, por ejemplo: 100 partes si fueron 100 metros la distancia del aparato a la mira, o también 50 partes si aquellas resultaban muy pequeñas y así los factores serían: *uno* o *dos*; claro que esa mira en ese tamaño de unidades dividida, que no serían centímetros ni dobles centímetros ni tal vez submúltiplos exactos del metro, tropezaría con la dificultad de realizar en ella tal división, por eso es más expeditivo cuando los retículos son de hilos movibles, colocar éstos en la posición exacta para que con referencia al hilo central o axial abarcando igual número de unidades de mira por encima y por debajo, resulte un total de aquéllas que den la sencilla relación que ha de existir para el paso rápido de unidades a metros.

133. Relaciones de dependencia que debe comprobarse existen entre los elementos del Taquímetro.—Dijimos en la (a) del párrafo 123 que el eje general del aparato ha de ser perpendicular a los planos del limbo azimutal y de nonios, y para comprobarlo se nivela el Taquímetro teniendo en cuenta lo dicho en el número 128 y aún extremaremos la verticalidad del eje utilizando el nivel del eclímetro después de los azimutales, si ahora ligamos la placa de nonios

al limbo y se afloja el tornillo de movimiento general, han de permanecer caladas las burbujas de los niveles al girar lenta y continuadamente todo el aparato sobre su eje en una revolución completa. Si fijamos el plato del limbo al eje y aflojamos después el de nonios para que éste efectúe otro giro de 400° debe la burbuja del eclímetro seguir igualmente calada.

Evidentemente, si todo esto no ocurriera así es señal de que el eje del aparato cuando éste se horizontalizó no quedó vertical, y por ello en los giros de comprobación, no obstante la posición horizontal que con los niveles se obtuvo, fué perdida tan pronto comenzó la rotación alrededor de

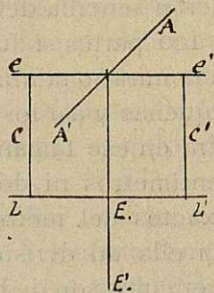


Fig. 80

un eje que no tenía la verticalidad que se creía, y por lo tanto no son perpendiculares a él los planos de limbo y nonios. Este defecto sólo es corregible en el taller.

134. La relación (b) pide, que estacionado el aparato, la línea de colimación del anteojo en sus cabeceos engendre planos verticales, y que estos planos pasen por el centro del aparato si es concéntrico, o resultan paralelos al que pasa por la línea de nonios si es excéntrico.

Si AA' (Fig. 80), línea de colimación, es perpendicular al eje ee' de rotación del anteojo, en los cabeceos del visor engendrará un plano perpendicular a dicho eje; por otro

lado, si ee' es perpendicular a EE' , eje principal del Taquímetro, cuando este eje esté colocado vertical por la nivelación del aparato, ee' será una horizontal y el plano que engendre $A A'$ será vertical. De aquí deducimos que será preciso comprobar: 1.º La perpendicularidad de la línea de colimación al eje de giro del anteojo: 2.º Igual perpendicularidad entre el eje ee' de giro del anteojo y el general EE' del Taquímetro.

Para probar lo primero nivélase el aparato y enfilese con el anteojo horizontal a una referencia bien determinada y se anota la graduación del limbo azimutal en aquel momento. Se hace girar el anteojo con una vuelta de campana, si es de tránsito, o se invierte sobre sus collares si es de esta clase, de tal modo, que por uno u otro medio quede la generatriz superior donde estaba la inferior y como el ocular y el objetivo resultarán invertidos, se da un giro azimutal al anteojo y nonios del aparato, hasta visar nuevamente la referencia; si el valor gradual ahora leído sobre el limbo, previa corrección de 200° , es el mismo de antes no ha lugar a modificación ni arreglo en el Taquímetro, pero si es valor distinto, se toma el promedio, se hace girar el anteojo hasta que los nonios marquen este valor resultante, y como se habrá perdido la referencia por desvío o caída de la cruz filar, se levanta mediante la actuación sobre el tornillo que corrige la posición de uno de los collares en sentido perpendicular a la recta que los une, o se lleva la cruz de hilos sobre la referencia moviendo éstos por sus tornillos si el Taquímetro es de tránsito.

Este defecto que estamos estudiando, cuando lo tenga el aparato, queda compensado con la Regla Bessel que en realidad hemos seguido, para con ella conseguir la corrección, es decir, que es otro nuevo caso en que, de emplearla y tomando como en el párrafo 126 la media de los valores angulares azimutales queda hecha la compensación y no es por lo tanto preciso corregir el Taquímetro.

Para probar lo segundo, y nivelado igualmente el aparato, se hace pasar la cruz filar por un punto de una referencia bien definida y vertical, como arista de edificio o plomada sin oscilaciones, y claro que si al cabecear el visor no sale la cruz de hilos de esta referencia, describirá un plano vertical la línea de colimación, cosa que debiera ocurrir cuando el eje de rotación sea perpendicular al del Taquímetro que siendo vertical, aquél lo será horizontal.

Si el retículo perdiera su enrase con aquella vertical visada por dejarla a la derecha o a la izquierda, también se podría, modificando la altura de collares, rectificar la falta

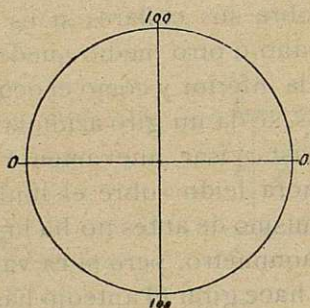


Fig. 81

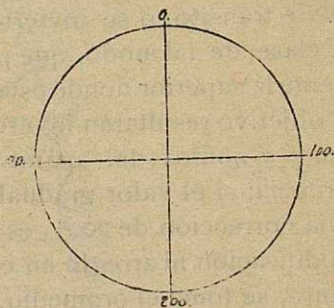


Fig. 82

de horizontalidad del eje de rotación del anteojo, y falta de perpendicularidad, por lo tanto, al general del Taquímetro, pero como si hiciéramos la inversión del visor seguido de un giro azimutal había de ocurrir que la desviación de la cruz del retículo con relación a la verticalidad de la referencia estaría también invertida, las lecturas angulares azimutales siguiendo la regla de Bessel darían la compensación del defecto que no es necesario corregir.

135. La relación de dependencia que decíamos en *c* (párrafo 123), obligaba a comprobar que el eclímetro efectúa la medición con sus nonios del ángulo zenital o de pendiente que la línea de colimación del visor forma realmente. Para

ello, y dado que la graduación de los limbos verticales puede estar preparada para aquellas dos clases de ángulos, y aparte de que dentro de cada una pueden los constructores adoptar formas varias por cuadrantes, semicírculos o totalmente graduada desde 0° a 400° , limitemos nuestro estudio a los dos casos generales que indican las figuras 81 y 82, la primera para los ángulos de pendiente y para los zenitales la segunda. El que los nonios del eclimetro puedan no dar con sus lecturas los verdaderos ángulos que la línea de colimación al visar un punto forma con la horizontal o vertical, según los limbos, es consecuencia de uno de estos casos (o de los dos a la vez): que la línea de nonios no sea paralela

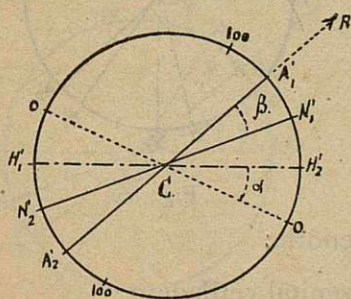


Fig. 83

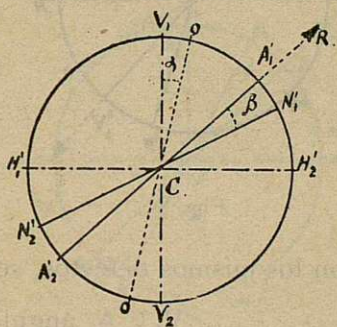


Fig. 84

a la de colimación; que la línea $O^\circ - O^\circ$, o $100^\circ - 100^\circ$, no sea una horizontal cuando el aparato esté en estación (eje general vertical). Y como cualquiera de ambos defectos van a producir errores que han de corregirse o compensarse de igual modo, sin que nos sea necesario el análisis ni la cuantía de cada uno aisladamente, supongamos que existen ambos reunidos.

$H_1 H_2$ es el verdadero diámetro horizontal del limbo, $O - O$ es el diámetro de los O° con defecto de inclinación de α grados (Fig. 83), $N_1 N_2$ es la posición del diámetro de

los nonios al dirigir por $A_1 A_2$ (línea de colimación) la visual a una referencia R , que sufre un error de falta de paralelismo de β grados. El verdadero ángulo que debería medir el eclímetro es $A_1 C H_1$ y el que se lee el $N_1 C O$, con lo cual:

$$\widehat{N_1 C O} = \widehat{A_1 C H_1} + \beta - \alpha. \quad (1)$$

Si el limbo fuera para distancias zenitales (Fig. 84) y

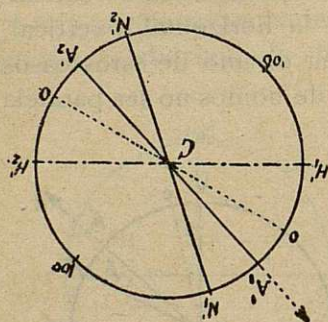


Fig. 85

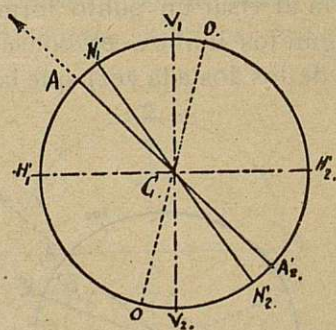


Fig. 86

con los mismos defectos, se tendría:

$V_1 C A_1$ ángulo zenital verdadero
 $O C N_1$ » » medido,

y por lo tanto:

$$\widehat{O C N_1} = \widehat{V_1 C A_1} + \alpha - \beta. \quad (2)$$

Si en ambos eclímetros se diera un giro azimutal de 200° al Taquímetro de que forman parte los limbos, con su anteojo, quedarían en la forma que indican las figuras 85 y 86 y como ahora los anteojos no pueden visar la referencia será

(1) Se comprende que tanto el caso de la figura 83 como el de la 84, podrían tener α y β unas veces el signo *más* y otras el *menos*, según los sentidos del defecto que sufriera el eclímetro.

preciso girarlos con sus nonios, hasta que tomando la posición de las figuras 87 y 88 tengamos:

Fig. 87 $\left\{ \begin{array}{l} A_1'CH_2' \dots \text{ángulo de pendiente verdadero.} \\ N_1'CO \dots \text{ángulo que se mide,} \end{array} \right.$

y

$$\widehat{N_1'CO} = \widehat{A_1'CH_2'} + \alpha - \beta \quad (3)$$

Fig. 88 $\left\{ \begin{array}{l} V_1CA_1' \dots \text{ángulo zenital verdadero} \\ OCN_1' \dots \text{ángulo que se mide,} \end{array} \right.$

y

$$\widehat{OCN_1'} = \widehat{V_1CA_1'} - \alpha + \beta \quad (4)$$

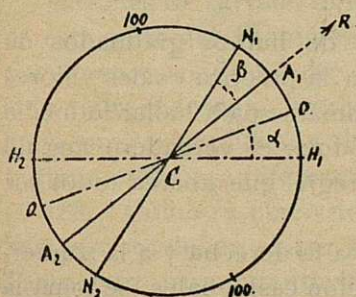


Fig. 87

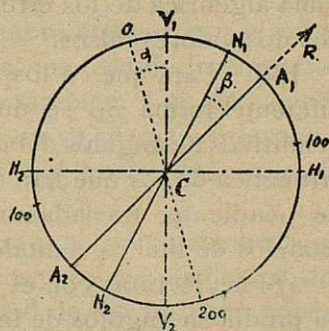


Fig. 88

que combinando por suma la (1) y (3) y la (2) y (4) resultará:

$$\left. \begin{array}{l} \widehat{N_1CO} + \widehat{N_1'CO} = \widehat{A_1CH_1} + \widehat{A_1'CH_1'} \\ \widehat{OCN_1} + \widehat{OCN_1'} = \widehat{V_1CA_1} + \widehat{V_1CA_1'} \end{array} \right\}$$

y como $\left\{ \begin{array}{l} \widehat{A_1CH_1} = \widehat{A_1'CH_2'} \\ \widehat{V_1CA_1} = \widehat{V_1CA_1'} \end{array} \right.$

por ser en cada limbo los verdaderos ángulos de pendiente o zenitales al visar la misma referencia R, podremos tomar sus mitades y escribir:

$$\frac{\widehat{N_1CO} + \widehat{N'_1CO}}{2} = \text{ángulo de pendiente verdadero,}$$

$$\frac{\widehat{OCN_1} + \widehat{OCN'_1}}{2} \text{ ángulo zenital verdadero,}$$

es decir, que la semisuma de los dos valores falsos que se lean con este método operatorio dan el verdadero valor.

También sacaríamos combinándolos por resta, que la suma algébrica de los errores es la semidiferencia de aquellos dos valores falsos.

136. Para que en los casos de limbos graduados de diferente forma no se dude en la práctica cuáles valores definitivos de ángulos deberán tomarse para hallar la media aritmética de los que han de producir el verdadero ángulo de pendiente, trasladamos la regla que abarca todos los modelos de limbos zenitales:

«Si las lecturas con el limbo a la derecha y a la izquierda producen ángulos de inclinación casi iguales, se toma la media aritmética.

Si son muy diferentes, se halla la semidiferencia de sus valores y ella se acepta para ángulo corregido, si su valor resultase muy próximo al leído con el limbo y anteojo a la derecha.

Si entre aquellas semidiferencias y este primer valor normal (anteojo a la derecha) hay mucha diferencia, se busca su aproximación añadiendo 100° o 200° para con el resultado tener conseguido el valor sin error en la pendiente o distancia zenital».

137. Esto prueba que sin corregir los defectos que pudiera tener el eclímetro hay compensación por el método

operatorio (regla de Bessel), pero también es posible la corrección del aparato que variará según esté construido.

Siendo de limbo fijo y los tornillos de presión y coincidencia ajustados a él, se hará que los nonios marquen la graduación verdadera que por la regla anterior sacamos, y como se habría perdido la perfecta puntería de la referencia se rectifica ésta moviendo el conjunto de limbo, anteojo y nonios mediante el *tornillo de movimiento general del eclímetro* que daría a éste la posición corregida.

Si el eclímetro tuviera sus tornillos de presión y coincidencia no ligados al limbo, sino a uno de los montantes, no precisaría operar perdiendo la puntería a la referencia, sino mover solamente el limbo hasta leer con los nonios el valor gradual calculado previamente.

Después de salvado el error habrá que corregir el nivel de esta parte del Taquímetro para que cuando le tengamos puesto en estación resulte calado también, y si fuera montado sobre el anteojo, corregirle a su vez para que al marcar los nonios la graduación de la visual horizontal, caiga la burbuja entre sus referencias.

138. Como resumen del estudio de las relaciones que hemos visto deben existir entre los diversos elementos del Taquímetro para garantir la bondad de los trabajos operatorios, resulta la gran ventaja que siempre será para el topógrafo acostumbrarse a un continuado empleo de la Regla de Bessel, porque ella ha de compensar, si los hubiera: el error de colimación horizontal y vertical, el error de horizontalidad, del eje en que gira el anteojo y la excentricidad (si el Taquímetro fuera excéntrico).

CUARTA PARTE

AGRIMENSURA

APLICACIÓN DE LOS DATOS DEL LEVANTAMIENTO TAQUIMÉTRICO A LA AGRIMENSURA Y UTILIZACIÓN DE APARATOS INTEGRADORES

139. Cuando para fines catastrales, de cultivos, repartimientos, etc. etc. precisa el conocimiento de las áreas de ciertas partes de la zona cuyo levantamiento topográfico se tenga efectuado, se puede sin necesidad de nuevos datos valorar la superficie de los polígonos de parcelamiento que interesan, en cualquiera de los casos siguientes:

1.º Superficies cuyos vértices del contorno hayan sido puntos situados en el plano por el método *numérico* (abscisas y ordenadas ortogonales).

2.º Áreas encerradas en polígonos cuyos vértices estén ya situados en el plano taquimétrico por el método *gráfico* (coordenadas polares mixtas).

3.º Valoración de zonas superficiales que se limitan en el plano y de cuyos puntos de contorno no tenemos datos en los Registros por no haber sido puntos del levantamiento.

140. Caso 1.º.—El polígono cuya área se necesita, será

siempre un caso análogo al del 1, 2, 3, 4, 5, 1 de la figura 89, situado en el cuadrante de los ejes ortogonales determinados por la meridiana magnética y su perpendicular, y constituyendo las ordenadas y el eje de abscisas con los lados de tal polígono una serie de trapezios rectangulares

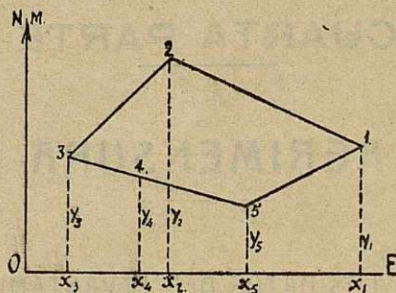


Fig. 89

que combinados por suma y resta llegarán a dar sus áreas las del polígono cuya superficie nos interesa.

Es decir, que:

$$(1-2-x_2-x_1) + (2-3-x_3-x_2) - (4-3-x_3-x_4) - (5-4-x_4-x_5) - (1-5-x_5-x_1) = \text{Area polígono}$$

$$(1-2-3-4-5-1)$$

y si en lugar de los perímetros que encierran estas áreas ponemos las fórmulas geométricas de sus valores (semi-suma de las bases por la altura) tendríamos:

$$\text{Area} = \frac{1}{2} [(y_1 + y_2)(x_1 - x_2) + (y_2 + y_3)(x_2 - x_3) - (y_3 + y_4)(x_3 - x_4) - (y_4 + y_5)(x_4 - x_5) - (y_5 + y_1)(x_5 - x_1)]$$

en cuya expresión siempre habrán de salir los signos que corresponden a cada área parcial sin que la figura o el

plano tengan que intervenir a ello, toda vez, que como aquí ocurre, habrá factores que siendo negativos harán cambiar el signo al producto, es decir, que habrá que restar el área parcial del trapecio a que se refieran. En nuestro ejemplo

$$x_3 - x_4, \quad x_4 - x_5 \quad \text{y} \quad x_5 - x_1$$

darian resultados negativos por los valores de las abscisas del registro de Taquimetria de acuerdo con la necesidad de que sean sustraendos las áreas de los trapecios en que intervienen.

Como los datos que esta expresión del área requiere, los tenemos en las coordenadas al origen que de cada punto hay calculadas en los registros del plano numérico, sólo bastará vaciarlas ordenadamente en otros «Registros de Agrimensura» que han de dar con sencillos cálculos y sin peligro a posibles equivocaciones el área pedida.

141. Modelo del «Registro de Agrimensura».

Agrimensura

Plano de.....	
Area de las parcelas comprendidas por los puntos....	$\left. \begin{array}{l} 12, 24, 27, 102, 51, 12, \\ \text{y } 67, 78, 120, 18, 60, 89, 67. \end{array} \right\}$
Datos de las librelas números.....	Páginas.....
Operador:	

[illegible]

142. Debe tenerse la precaución de situar los puntos en su casilla por el orden que a partir de uno cualquiera, sigan en el perímetro cuya área se pretende, puesto que las sumas o diferencias que multiplicadas entre si han de dar las áreas parciales, aditivas o sustractivas, son de abscisas y ordenadas de vértices consecutivos, y de tal modo y con ese orden colocados en el Registro, van produciéndose sin titubeo las áreas de los trapecios sucesivos para luego sumados los productos de la casilla + y los de la - se obtendrá, por diferencia de ambas columnas, el área doble y en otra columna siguiente el área final de cada polígono; todo como en el ejercicio del Registro se muestra.

Caso de desear comprobación para una mayor garantía, pueden efectuarse los productos de diferencia de ordenadas por el de suma de abscisas que sería imaginar los trapecios apoyados en el eje de las YY (norte magnético) y operando con números diferentes habrá de llegarse a idénticos resultados o con una diferencia tolerable que se reduciría en una mitad tomando la media aritmética.

143. Caso 2.º— Cuando los puntos vértices de la superficie poligonal que se trata de valorar han sido determinados en el plano como puntos del levantamiento perteneciendo a un centro de estación, se tendrá calculado en los registros de Taquimetría sus distancias reducidas y los rumbos de estos lados, con cuyos datos se han situado gráficamente en el plano (coordenadas polares mixtas), y como entonces el área que se busca es integrada por las áreas parciales de los triángulos que teniendo como vértice común el centro de la estrella, son dos de sus lados cada par de reducidas consecutivas con el ángulo comprendido diferencia de los rumbos, la fórmula trigonométrica

$$A = \frac{1}{2} a \cdot b \cdot \text{sen } C$$

dá medio para llegar al cálculo del área total.

Como la superficie del polígono puede dejar la estación taquimétrica dentro o fuera de su perímetro, deberemos decir que si cae en el interior, todas las áreas parciales de los triángulos son aditivas (Fig. 90)

$$A = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 = \frac{1}{2} [d_1 d_2 \text{ sen } (\theta_2 - \theta_1) + d_2 d_3 \text{ sen } (\theta_3 - \theta_2) + \dots + d_5 d_1 \text{ sen } (400^\circ + \theta_1 - \theta_5)]$$

y que si resultase exterior (Fig. 91) habría triángulos con áreas aditivas y otros, como el E—3—4 y el E—1—4,

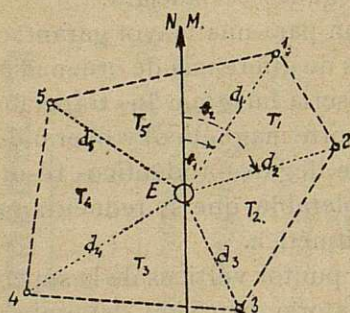


Fig. 90

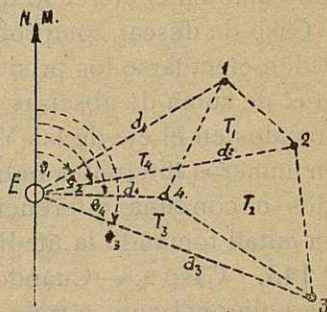


Fig. 91

que entrarían como sustraendos en la fórmula general

$$A = \frac{1}{2} [d_1 d_2 \text{ sen } (\theta_2 - \theta_1) + d_2 d_3 \text{ sen } (\theta_3 - \theta_2) - d_3 d_4 \text{ sen } (\theta_3 - \theta_4) - d_4 d_1 \text{ sen } (\theta_4 - \theta_1)]$$

sin que haya de ser la figura ni el plano quien ponga de manifiesto estos signos *menos*, pues que siguiendo el orden natural que las diferencias deben guardar de: segundo rumbo menos el primero, se llegaría en este ejemplo a $\theta_4 - \theta_3$ y $\theta_1 - \theta_4$ que producirían resultados negativos para ellos y para sus senos, y ya la fórmula tendría sus términos con el signo que a cada uno corresponde.

144. Igual prevención que en el caso 1.º, haremos aquí para llenar el «Registro de Agrimensura» al vaciar en él los datos que busquemos en las Libretas Taquimétricas; la columna de *Puntos* irá recibiendo los vértices que constituyen el polígono cuya área se pide empezando por uno cualquiera, pero siguiendo ya el orden natural, bien de izquierda a derecha si el Taquímetro fué normal o inversamente si era de limbo con graduación anormal.

145. Caso 3.º—Si dibujado el plano hay precisión de calcular el área de zonas o parcelas cuyos perímetros no son puntos de los calculados para el levantamiento, hay que considerar dentro de este caso que aquel perímetro afecte la forma poligonal o que sea tan sinuosa y variada la línea que contornea aquel área que no sea posible sin grave error, ni desde luego práctico, el suponer inscrito en aquella línea otra poligonal.

Si la zona está envuelta por una línea quebrada puede llevarse este caso a cualquiera de los dos anteriores sin más que medir en el plano las coordenadas ortogonales que para cada punto-vértice resultasen si empleásemos la fórmula del caso 1.º o imaginar ligados a un centro de estación taquimétrica de los que en el plano figuren, aquellos vértices de la poligonal y medir las distancias reducidas y los ángulos de cada dos, para cuando se quiere emplear la fórmula del 2.º caso. Se llenan los «Registros de Agrimensura» con aquellos datos pasando a la escala del terreno las longitudes y de modo idéntico a lo dicho en los párrafos 142 y 144 se llegaría a tener la superficie medida.

146. **Planímetros.**— Cuando no pueda o no deba considerarse poligonal el contorno, estamos ya fuera de los medios que facilita el método taquímetro para la Agrimensura y encontraremos a nuestro alcance, a tal fin, los métodos geométricos de todos conocidos por lo que solo nos vamos a ocupar del estudio y práctica de mediciones con los instrumentos integradores llamados *Planímetros* que dan

Agrimensura

Plano de.....

Area de las parcelas 19, 20, 37, 61, 62, 19
y 101, 102, 135, 140, 141 142. 101

Datos de las Libretas números.....

Operador:.....

[illegible]

en todos los casos el procedimiento más rápido, y de aceptable garantía para valoración de superficies cualquiera que sea la forma del perímetro que las envuelva.

Corradi y Amsler tienen diferentes tipos y por ser de muy parecidos fundamentos y no tener además importancia detallar todos, daremos la explicación básica de uno de los

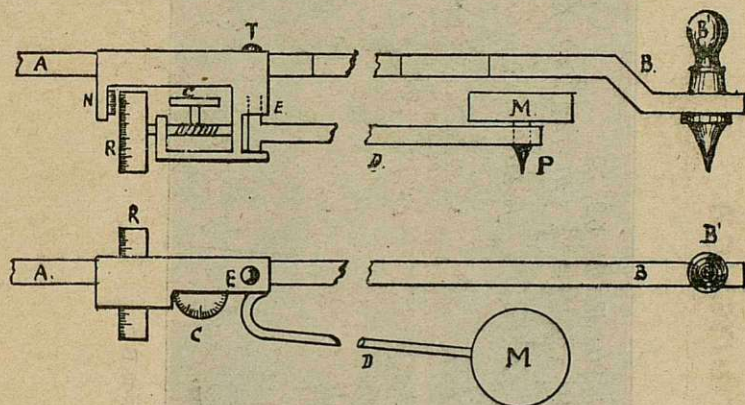


Fig. 92 A

Amsler que construye, entre otras, la Casa Salmoiraghi en Milano (Italia).

El instrumento (Figs. 92 A y 92 B) lo constituyen:

A B.— Brazo del Planímetro.

R.— Rueda integradora.

C.— Rueda contadora.

N.— Nonio.

D.— Varilla o radio polar.

E.— Eje de giro del radio polar.

P.— Punzón polo.

B'.— Punzón de contornos.

M.— Cilindro-contrapeso.

T.— Tornillo de presión para alargamiento del brazo.

147. El funcionamiento en líneas generales será: el punzón polo P se fija al papel en el cual está el dibujo cuya

área encerrada en un perímetro SS' trátase de valorar, y mediante los giros combinados alrededor de P y de E se hace que el punzón de contornos B' vaya siguiendo la

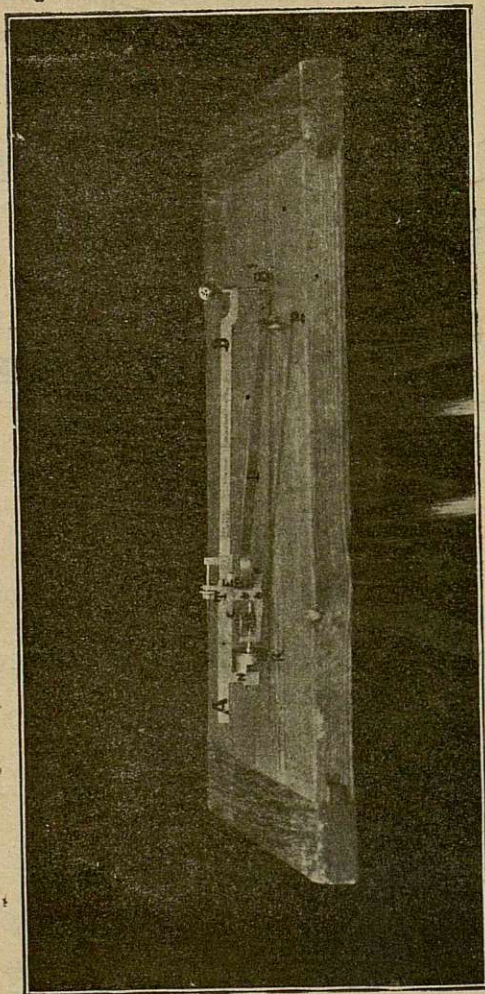


Fig. 92 B

figura del área que se calcula. La rueda integradora durante estos movimientos efectuará rotaciones y resbalamientos

según el sentido de las traslaciones del aparato sobre el tablero del dibujo y al final del recorrido debe leerse un número tal de unidades entre la rueda contadora, la integradora y el nonio, que nos acusen el área pretendida.

Para llegar a esto (Fig. 93) imaginemos dos posiciones

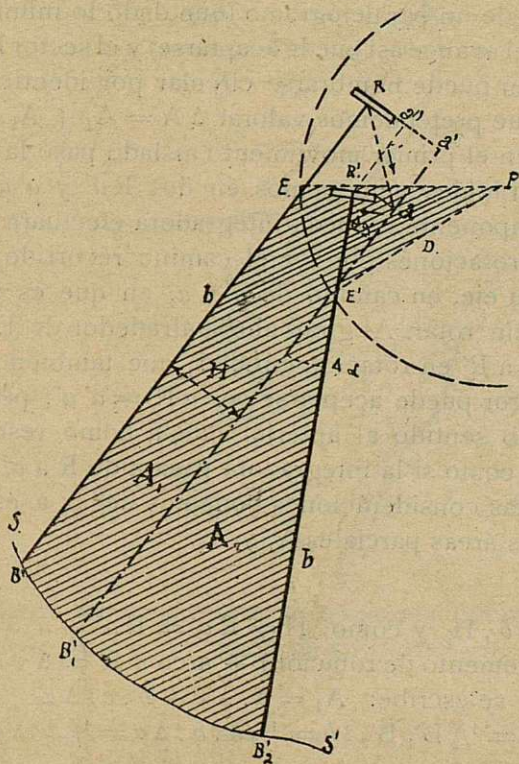


Fig. 93

infinitamente próximas del planímetro, $P E R B'$ y la $P E' R' B'_2$ como resultado de llevar el punzón de B' a B'_2 .

De la una a la otra puede suponerse hemos llegado haciendo independientes los movimientos de giro, primero como si girando solo alrededor de P fuera $a B'_1$ la situación

del brazo del planímetro, y después como si inmovilizado el radio polar girase el brazo hasta tomar la posición $R' B'_2$; el elemento diferencial del área o superficie que el planímetro ha cubierto o recorrido es la $P E B' B'_2 E' P$ (parte rayada) y prescindiendo por ahora del sector circular $P E E'$, sólo quedará por valorar la figura mixtilínea $E B'_1 B'_2 E'$ compuesta de un paralelógramo (que dado lo infinitamente pequeño del avance así puede aceptarse) y el sector $E B'_1 B'_2$, que también puede nombrarse circular por idéntica razón, es decir, que pretendemos valorar $\Delta A = A_1 + A_2$.

Como en el primer movimiento aislado pasó la rueda R a a ($\rightarrow$) si le descomponemos en dos $R a'$ y $a' a$, por el primer componente la rueda integradora efectuará sencillamente sus rotaciones por ser el camino recorrido perpendicular a su eje, en cambio de a' a a , en que es paralelo, resbalará sin rotar. Al girar ahora alrededor de E' pasa la rueda de a a R' en rotación circular, que también sin perceptible error puede aceptarse ser $a R' = a' a''$, pero como es contrario sentido al anterior queda como resumen de rotaciones como si la integradora pasara de R a a'' .

Con estas consideraciones podemos llegar a escribir el valor de las áreas parciales A_1 y A_2 .

Así:

$$A_1 = b \cdot H \text{ y como } H = R a' = R a'' + a' a' = \\ = \Delta v \text{ (incremento de rotación) } + \text{ arco } a R' = \Delta v = c \Delta \alpha, \\ \text{se escribe: } A_1 = b \cdot \Delta v + b \cdot c \cdot \Delta \alpha \\ A_2 = \frac{1}{2} B'_1 B'_2 \cdot b = \frac{1}{2} b \cdot b \cdot \Delta \alpha = \frac{1}{2} b^2 \Delta \alpha$$

y sumando:

$$\Delta A = A_1 + A_2 = b \cdot \Delta v + (b \cdot c + \frac{1}{2} b^2) \Delta \alpha$$

pasando ahora de los incrementos infinitamente pequeños a las diferenciales

$$dA = b \cdot dv + (b \cdot c + \frac{1}{2} b^2) d\alpha$$

Si para considerar el valor de un área cualquiera pasamos de las diferenciales a las integrales, los límites para éstas serán los de las variables v y α que llamándolas v_0 y α_0

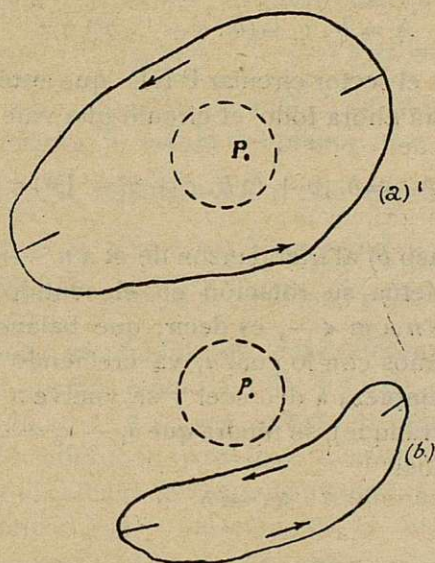


Fig. 94

en el momento de reposo antes de empezar a operar, y v_1 y α_1 al detener de nuevo el punzón de contornos, se escribiría:

$$\int dA = b \int_{v_0}^{v_1} dv + (b \cdot c + \frac{1}{2} b^2) \int_{\alpha_0}^{\alpha_1} d\alpha$$

o bien

$$A = b(v_1 - v_0) + (b \cdot c + \frac{1}{2} b^2) (\alpha_1 - \alpha_0)$$

Estudiando el valor definitivo de esta fórmula, según que el polo P le hayamos situado interior al área o exterior a su perímetro (Fig. 94 (a) y (b)), resultará que en el primer caso (a) si el punzón, y por lo tanto el brazo del planímetro

partido de las referencias de las ruedas en cero no habría que hacer la resta de las dos lecturas).

Ejemplos:

1.^a lectura.... 2518

2.^a id. 8306

$v = 5788 \gg e = 1:500$ (Fig. 95)

$A = 5788 \cdot 2 \text{ m.}^2 = 11.576 \text{ m.}^2$

La cifra 8 de la rueda contadora (8.^o millar) puede aparecer para formar el primer número de aquella segunda lectura en una primera rotación de aquella rueda, como en

2. □	M. 1:500.
50. □	M. 1:2500.

Fig. 95

el ejemplo anterior se supone, o bien después de pasar su *cero* por la referencia una, dos, tres... veces, en este caso, y atento el operador a ello, se añadirá a tal lectura final, 8306, tantas veces 10.000 como veces se vió pasar el *cero*, por ejemplo:

1.^a lectura.... 2518

2.^a id. 8306 (pasando el *cero* 2 veces):

pondríamos

$$\left. \begin{array}{l} 1.^a lectura..... 2518 \\ 2.^a id. 28306 \\ \text{Diferencia } 25.788 \times 2 \end{array} \right\} A = 51.576 \text{ m.}^2$$

Pero todo esto es cuando la rueda integradora se mueva avanzando, porque si el 8306 aparece por ir del 2 al 1, del

I al 0, del 0 al 9 y del 9 al 8, la rueda contadora, como los sentidos de las rotaciones que dan la 1.^a y 2.^a lectura son contrarios, habrá que figurar una inversión de rotación en la 1.^a añadiéndola 10.000 unidades, y en el mismo ejemplo se leería:

$$\left. \begin{array}{l} 1.^a \text{ lectura} \dots\dots 12.518 \\ 2.^a \text{ id.} \dots\dots 8.306 \end{array} \right\} A = 4212 \times 2 \text{ m.}^2 = 8424 \text{ m.}^2$$

149. En el caso de que la extensión del área que se va a medir en el plano, u otra razón, obligue a elegir el polo en su interior, ya la fórmula (1) del párrafo 147 nos dice que a $b.v$ (que se seguirá obteniendo como hasta aquí se ha explicado) hay que añadir el valor de la expresión

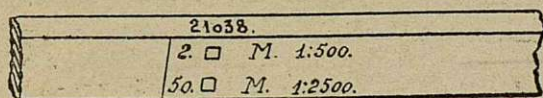


Fig. 96

$(2b.c + b^2 + D^2)$ que es función de la única variable b , pero como ya para sacar $b.v$ se ha puesto una longitud de brazo del planímetro con arreglo a la escala del plano, es indudable que aquella expresión que hay que sumar al valor $b.v$ puede tenerse conocida y así los constructores la presentan grabada sobre cada señal-referencia y en la cara superior del brazo (Fig. 96) el valor de aquel sumando que a la longitud de b que estemos empleando corresponda así por ejemplo:

$$\begin{array}{rcl} \text{constante del aparato} \dots\dots & 21038 & \\ 2.^a \text{ lectura} \dots\dots & 4139 & \\ & \hline & 25177 & \\ 1.^a \text{ lectura} \dots\dots & 5227 & \\ \text{diferencia} \dots\dots & 19950 & \end{array}$$

$$\text{Area} = 19950 \times 2 \text{ m.}^2 = 39900 \text{ m.}^2$$

150. Otro modelo de planímetro es el llamado «Planímetro de disco» (Fig. 97); la disposición de su mecanismo le hace más sencillo en su manejo y sobre todo más perfecto por efectuarse la rotación de la rueda integradora R sobre un disco de superficie plana D, pero que teniendo adherido un círculo de cartón de estructura granular, facilita la rotación sin posibilidad de resbalamientos y errores en la medición.

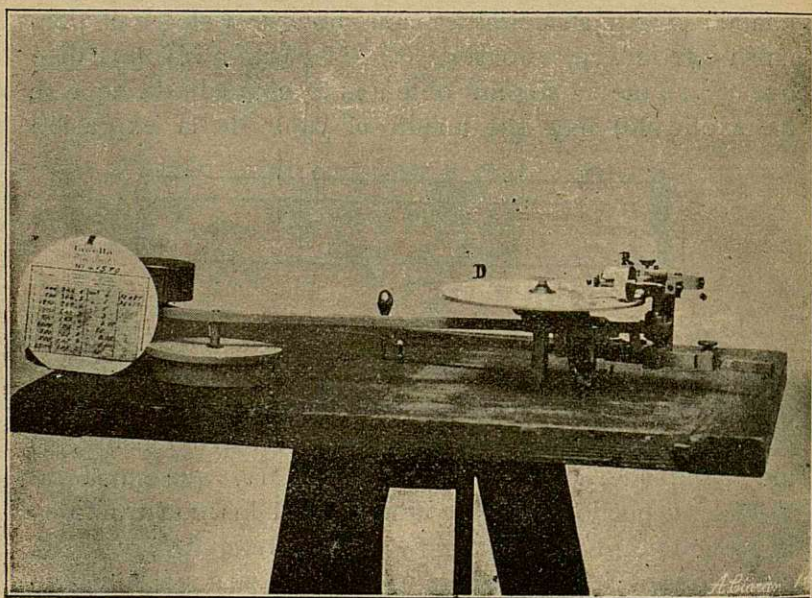


Fig. 97

Sobre el dibujo del plano actúa una primera roldana R' de bronce con llanta de superficie áspera para el mejor contacto y seguridad de rotación; un engranaje muy fino, tronco-cónico, labrado en ella, transmite aquellas rotaciones al disco D que da nombre al Planímetro, y éste, mediante la adherencia del cartón granular, a la integradora

que sobre él descansa, que es la que en último término recibe el movimiento rotatorio.

Todo lo demás referente a fundamento y modo de operar es tan análogo que no ha lugar a mayor insistencia. El brazo del Planímetro adquiere su longitud mediante una graduación que en una de sus caras va, y el nonio de su cajera hará más exacta su colocación según la escala del plano. Con cada aparato se acompaña una tabla en la que para diferentes escalas va expresada la longitud que ha de darse al brazo del Planímetro, el valor de la unidad superficial por cada unidad de la rueda integradora y la *constante* que debe emplearse cuando el polo es interior al área que se mide.

En muchos Planímetros, éste de disco uno de ellos, se incluye en su estuche una «Superficie de control» que permite asegurar al operador el buen funcionamiento del aparato haciendo previamente una medición de esta superficie-tipo.

En otra Tabla se ponen de manifiesto los números que arrojará el Planímetro al seguir el contorno del rectángulo o círculo de control, y el valor de sus áreas según las diferentes escalas en que se imagine construido y con arreglo a las cuales se habrá, en cada prueba de contraste, colocado la longitud del brazo.

INDICE DE MATERIAS

	<u>Páginas</u>
Bibliografía.....	7
Prólogo.....	8

TAQUIMETRIA

1.—Definición y división.....	9
-------------------------------	---

PRIMERA PARTE

TAQUIMETRÍA DE PRECISIÓN LA TAQUIMETRÍA DE PRECISIÓN EN SUS FUNDAMENTOS

2.—Exposición del método.....	11
3.—Determinación de un punto en el espacio y coordenadas taquimétricas para que quede determinado en el plano to- pográfico.....	12
4.—Taquímetros.....	19
20.—Puesta en estación de un taquímetro y obtención práctica de los números generadores.....	31
23.—Práctica del método taquimétrico en los diferentes casos.	36
36.—Procedimientos y medios para el cálculo de las fórmulas taquimétricas.....	56
37.—Tablas Taquimétricas.....	57
42.—Gráficos Taquimétricos.....	64
43.—Reglas de cálculo.....	67
50.—Escala gráfica.....	78
51.—Aparatos especiales.....	78

LA TAQUIMETRIA DE PRECISION LLEVADA A LA PRACTICA DE LOS LEVANTAMIENTOS

54.—Trabajos preparatorios.....	83
61.—Trabajos de campo.....	91
70.—Trabajos de gabinete.....	99
72.—Tolerancias en los errores y su repartición.....	101
83.—Ejercicio de un levantamiento con base de comprobación.....	112

SEGUNDA PARTE

TAQUIMETRÍA POR AUTO-REDUCCIÓN

86.—Consideraciones del método.....	115
89.—Taquímetro Wagner-Fennel.....	117
100.—Taquímetro Puller-Breithaupt.....	130
105.—Otro modelo para escala 1:2500.....	138
106.—Taquímetros auto-reductores Más y Zaldúa.....	142
111.—Taquígrafómetro.....	152
112.—Auto-reductor numérico.....	156
114.—Taquímetro auto-reductor Hammer-Fennel.....	158

TERCERA PARTE

COMPROBACION Y CORRECCION DE TAQUIMETROS

124.—Limbo.....	171
125.—Limbo y nonios.....	172
128.—Niveles.....	179
130.—Declinatoria.....	180
131.—Anteojos.....	181
133.—Relaciones de dependencia que debe comprobarse existen entre los elementos del taquímetro.....	183

CUARTA PARTE

AGRIMENSURA

139.—Aplicación de los datos del levantamiento taquimétrico a la Agrimensura.....	193
146.—Planímetros.....	199

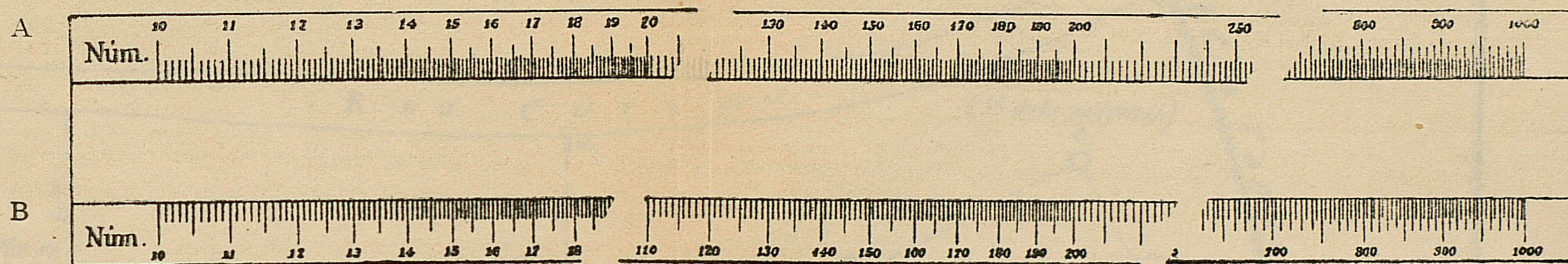


Fig. 26

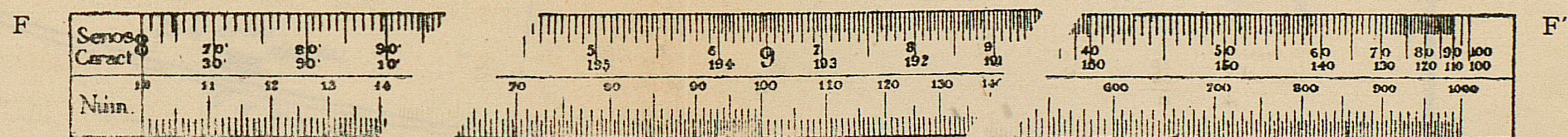


Fig. 36

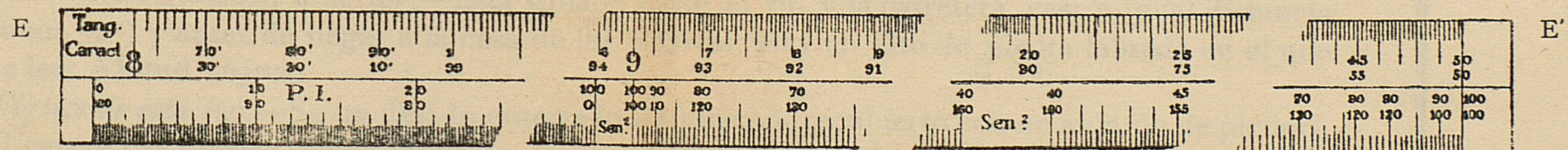
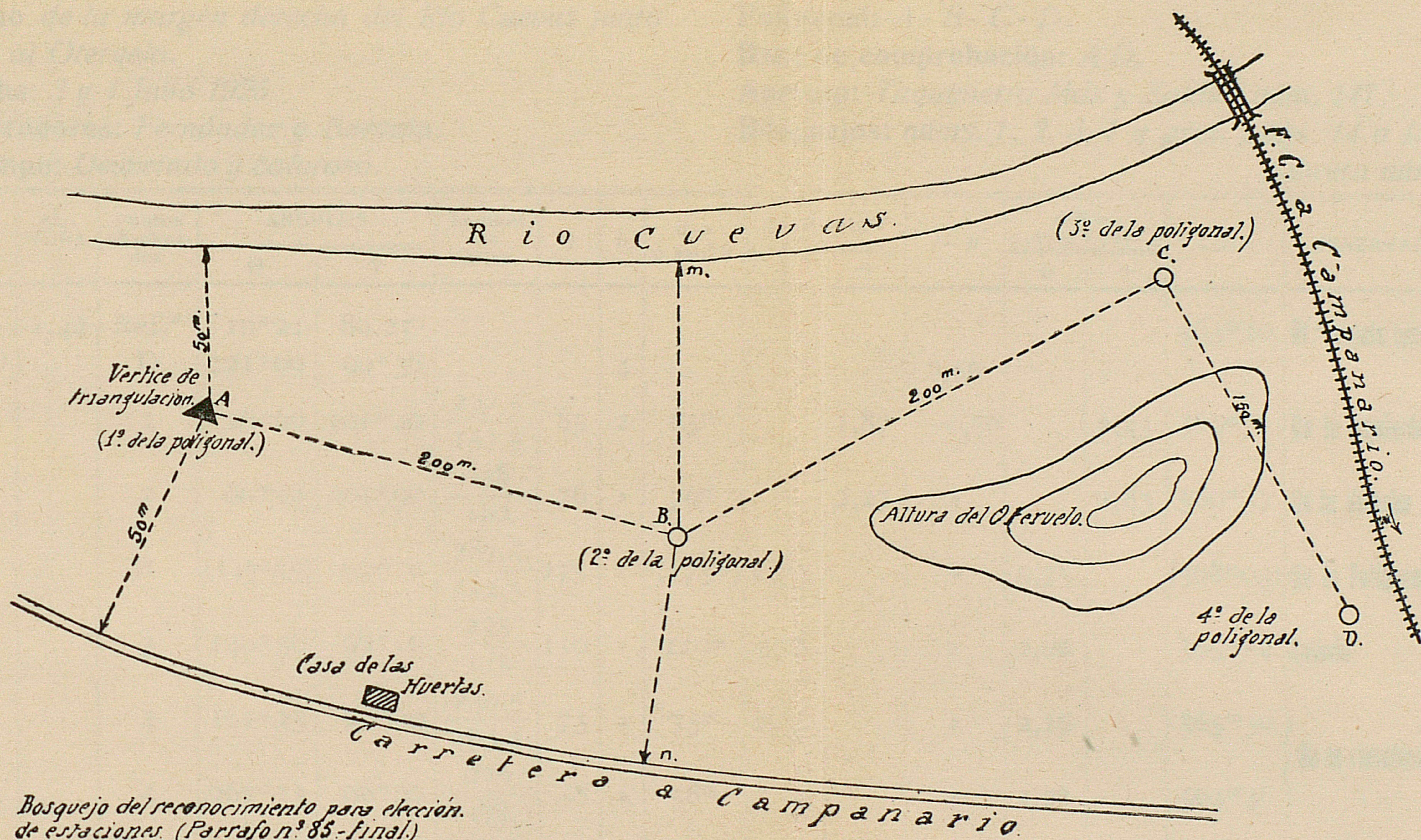


Fig. 27



RESEÑA DE VÉRTICES

- A. . . . *Vértice de triangulación anterior.*—Está situado entre el río y la carretera, casi a igual distancia (unos 50^m) y antes de llegar a la casa de las Huertas. Hay un hito de piedra labrada en el que se lee: Altitud 563^m20.
- B. . . . 2.º *Vértice de estación.*—Se ha dejado enterrado un estacón, recubierto con un montón de piedras, al centro del lindero donde terminan las parcelas de huertas (*m* — *n*).
- C. . . . 3.º *Vértice de estación.*—Está en la llanada entre el Oteruelo, el río Cuevas y el ferro-carril. Se ha dejado marcándole, un jalón pequeño y tapándole una piedra a manera de losa grande.
- D. . . . 4.º *Vértice de estación.*—En la caída S — E del Oteruelo, entre el ferro-carril y la carretera, aparentemente en la bisectriz del ángulo que forman ambas vías y a unos 40^m del cruce. Hay una piedra rectangular semienterrada (la única en aquellos contornos), que sirve de señal.

Plano de la margen derecha del Río Cuevas junto al Oteruelo.

Fecha: 3 y 4 Julio 1925.

Operadores: Fernández y Barcala.

Tiempo: Despejado y caluroso.

Poligonal: A - B - C - D.

Base de comprobación: A D.

Aparato: Taquímetro Más y Zaldúa núm. 147.

Bosquejos: núms. 1, 2, 3, 4 y gral. págs. 14 a 18.

Libreta núm. 8.

ESTACIONES	ALTURA i	Puntos observados	ANGULOS		Lectura de hilos	g	h	$d = g \cdot \text{sen}^2 V$	$z = d \cdot \cotg V$		$i - h$	$d N = d \cdot \cotg V + i - h$		COTA	OBSERVACIONES
			θ	V					+	-		+	-		
A (563 ^m 20)	1,44	Ref. ^a	10° 21	89,27										563 ^m 20	Rf. ^a veleta torre Abrantes
		D	121° 09	99° 38			4				2,56				
		I	16° 90	101° 40	242,5 157,5	85	2	85 ^m		1,87	-0,56		2,43	560 ^m 77	De la izquierda del río
		2	66° 12	101° 90	238 162	76	»	76 ^m		2,27	»		2,83	560 ^m 37	De la derecha del río
		B	(117° 55)	97° 00	287,5 112,5	175	»	(175 ^m)	6,31		»	5,75	(568 ^m 95)		De la Poligonal
		3	140° 36	98° 16	255 145	110	»	110 ^m	3,18		»	2,62		565 ^m 82	Caserío
		4	161° 25	97° 60	236,5 163,5	73	»	73 ^m	2,75		»	2,19		565 ^m 39	De la carretera
		5	267° 13	98° 00	229 171	58	»	58 ^m	1,82		»	1,26		564 ^m 46	
		Ref. ^a	10° 20	89° 29											
		Ref. ^a	370° 45	90° 01										568 ^m 95	Igual Ref. ^a
B (568 ^m 95)	1,52	C	(44° 12)	102° 56	275 125	150	»	(150 ^m)		6,02	-0,48		6,50	(562 ^m 45)	De la Poligonal
		6	50° 06	98° 48	252 148	104	»	104 ^m	2,49		»	2,01		570 ^m 96	Del Oteruelo
		7	75° 60	94° 83	242 158	84	»	82 ^m 45	6,67		»	6,19		575 ^m 14	
		8	131° 82	99° 41	243,5 156,5	87	»	87 ^m	0,81		»	0,33		569 ^m 28	De la carretera
		9	272° 91	98° 12	240 160	80	»	80 ^m	2,36		»	1,88		570 ^m 83	
		A	(317° 55)	101° 92	287,5 112,5	175	»	(175 ^m)		5,30	»		5,78	(563 ^m 17)	De la Poligonal

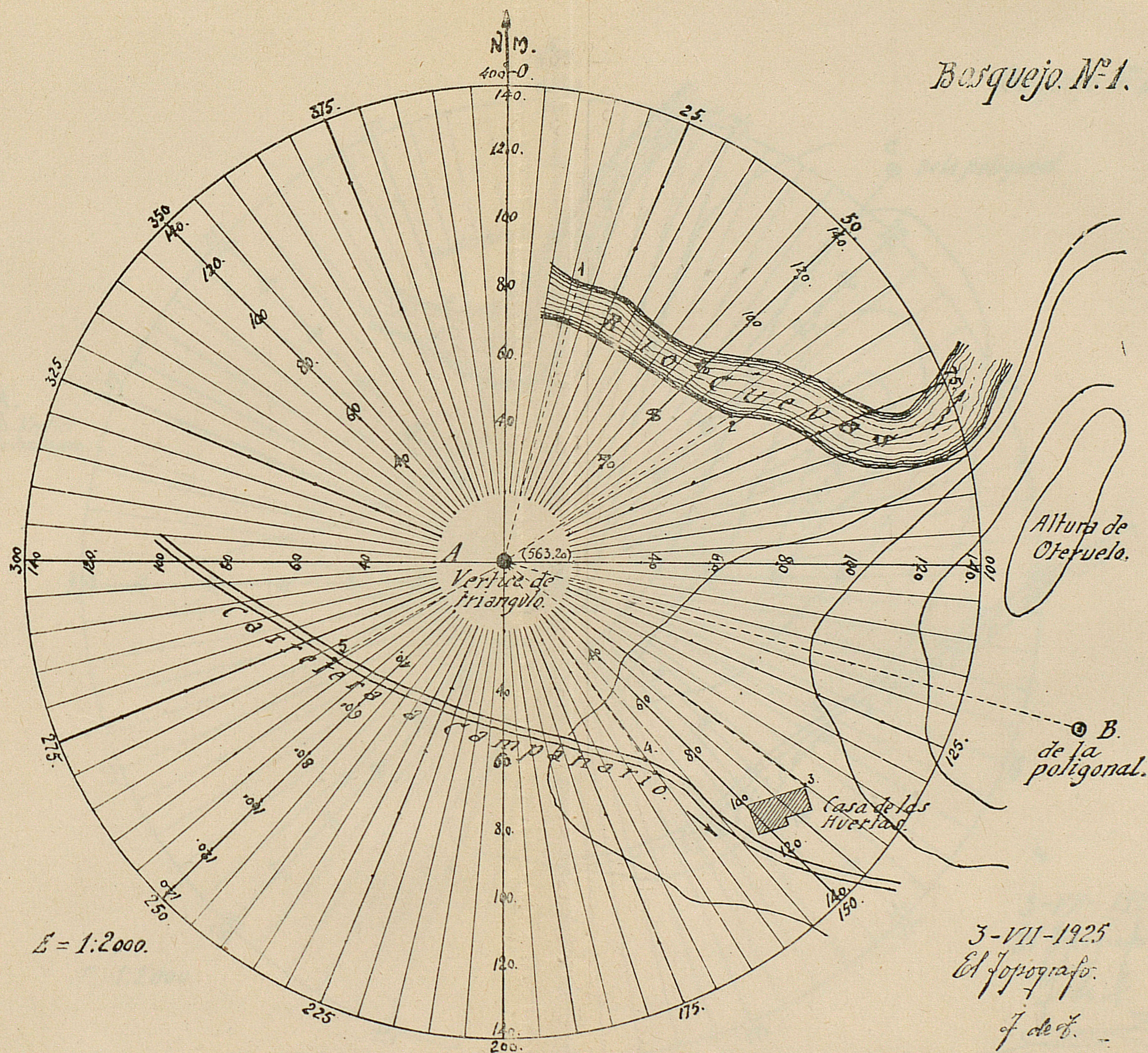
ESTA- CIONES	AL- TURA <i>i</i>	Puntos observa- dos	ANGULOS		Lectura de hilos	<i>g</i>	<i>h</i>	$d = \frac{g}{g \cdot \sin^2 V}$	$z = d \cdot \cotg V$		$i - h$	$\frac{dN = d \cdot \cotg V + i - h}{+ -}$		COTA	OBSERVACIONES
			Θ	V					+	-		+	-		
<i>Sigue</i>															
B (568 ^m 95)	1,52	IO	374° 52	105° 01	243 157	86	2	85 ^m 23		8,00	-0,48		8,48	560 ^m 47	Curva del río { izquierda derecha
		II	391° 43	107° 75	229,5 170,5	59	»	58 ^m 12		7,01			7,49	561 ^m 46	
		Ref. ^a	370° 42	90° 04											

EL TOPÓGRAFO,
Fernández.

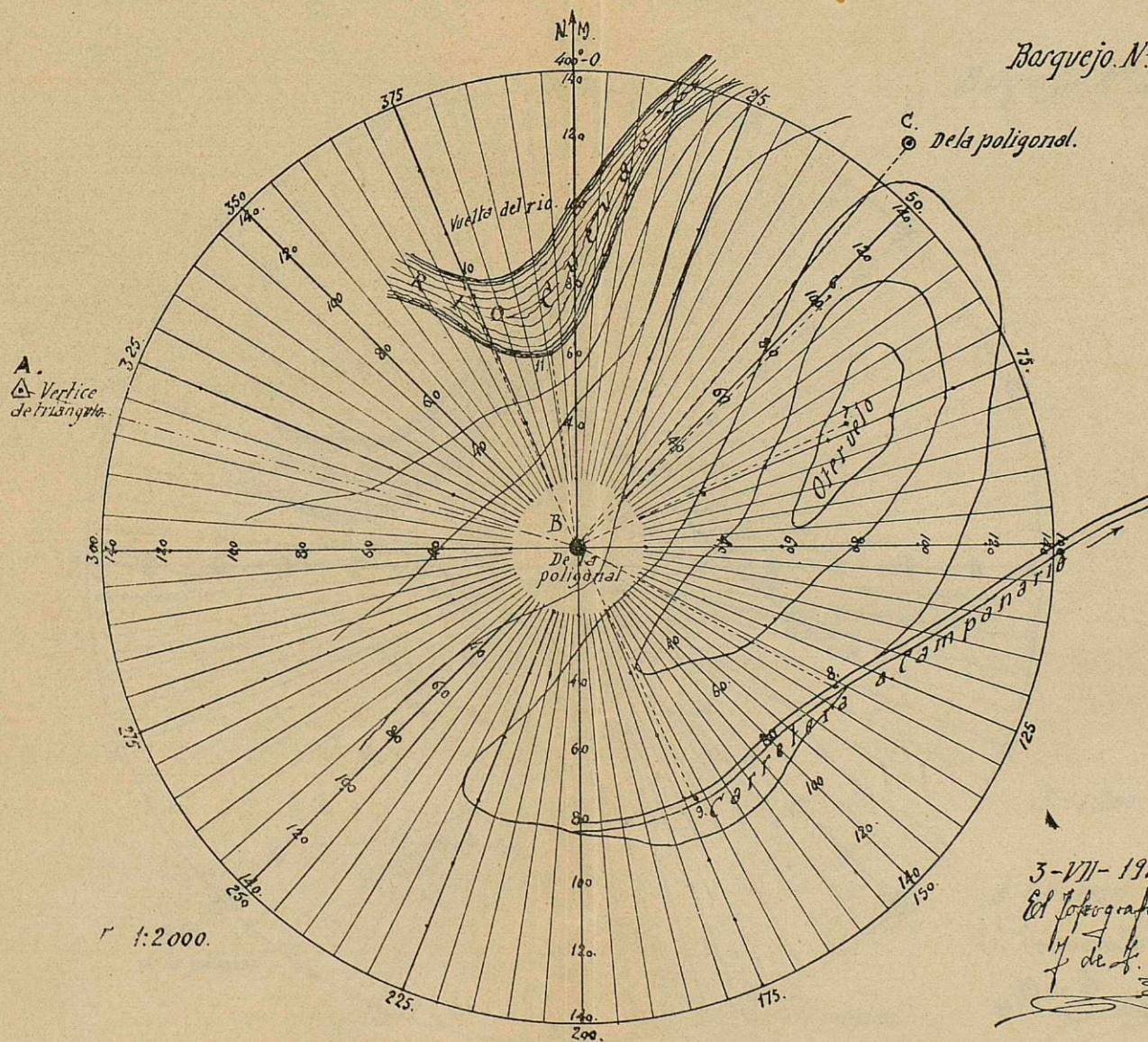
C (562 ^m 45)	1,49	Ref. ^a	178° 14	83° 62			2							562 ^m 45	Ref. ^a veleta torre Camp. ^{rio}
		12	83° 22	101° 73	222 178	44	»	44 ^m		1,20	-0,51		1,71	560 ^m 74	De la vía férrea
		13	117° 50	100° 98	238 162	76	»	76 ^m		1,17	»		1,68	560 ^m 77	
		D	(173° 46)	99° 08	267,5 132,5	135	»	(135 ^m)	1,96		»	1,45		(563 ^m 90)	De la Poligonal
		14	200° 00	90° 44	235 165	70	»	68 ^m 43	10,90		»	10,39		572 ^m 84	Del Oteruelo
		B	(244° 12)	97° 04	275 125	150	»	(150 ^m)	6,96		»	6,45		(568 ^m 90)	De la Poligonal
		15	379° 35	101° 72	234 166	68	»	68 ^m		1,83	»		2,34	560 ^m 11	Puente de la vía férrea sobre el río
		16	389° 91	102° 00	226 174	52	»	52 ^m		1,63	»		2,14	550 ^m 31	
		Ref. ^a	178° 10	83° 61											
D (563 ^m 90)	1,51	Ref. ^a	171° 43	74° 12										563 ^m 90	Ref. ^a veleta torre Camp. ^{rio}
		17	34° 36	102° 05	235 165	70	»	70 ^m		2,25	-0,49		2,74	561 ^m 16	De la vía férrea
		18	157° 66	100° 05	219 181	38	»	38 ^m		0,03			0,52	563 ^m 38	Del cruce f-c y carretera
		19	328° 50	92° 10	229 171	58	»	57 ^m 10	6,64			6,15		570 ^m 05	Del Oteruelo
		C	(373° 46)	100° 44	267,5 132,5	135	»	(135 ^m)		0,93			1,42	(652 ^m 48)	De la Poligonal
		Ref. ^a	171° 46	74° 11											

EL TOPÓGRAFO,
Barcala.

Basquejo N.º 1.

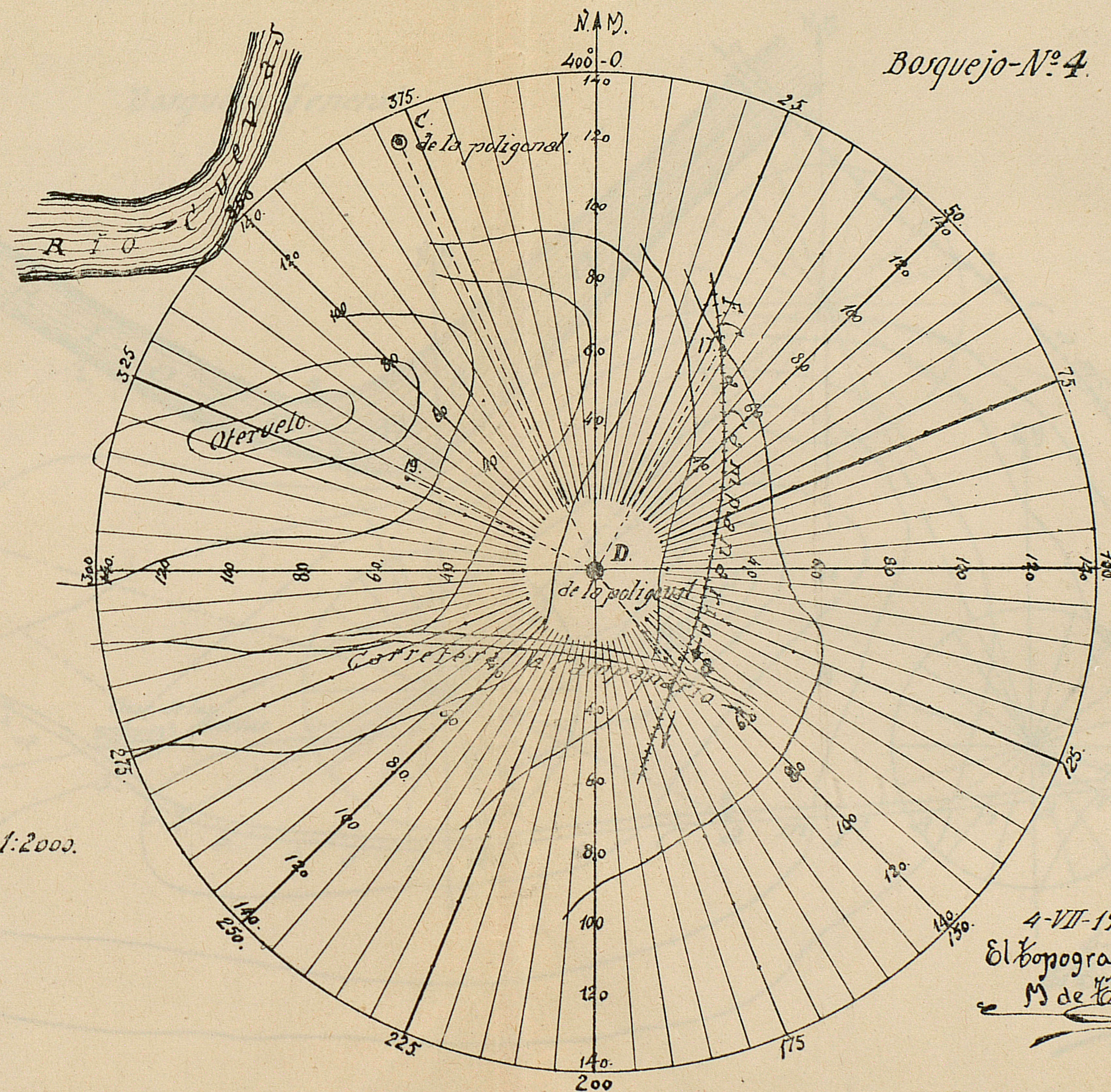


Barquejo. N.º 2.

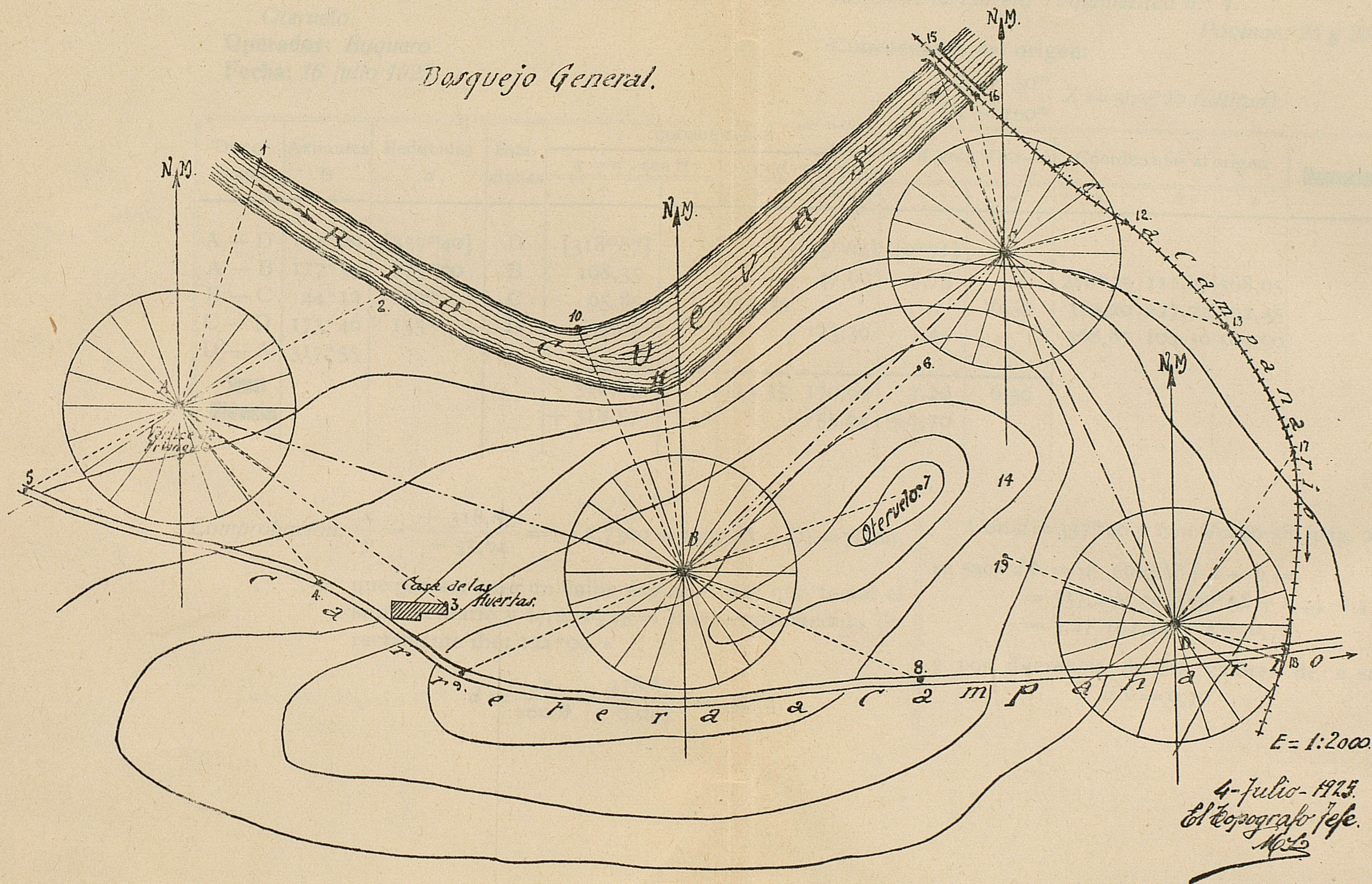


17.

Bosquejo-Nº 4.



Bosquejo General.



Registro de Coordenadas de Estaciones

LAMINA VIII

Plano de: la margen derecha del Río Cuevas junto al Oteruelo.

Operador: Baquero.

Fecha: 16 Julio 1925.

Estaciones calculadas: C-B-C-D.

Datos de la Libreta Taquimétrica n.º 4.

Páginas: 25 y 26.

Coordenadas del origen:

$$A \begin{cases} X = 50^m \\ Y = 160^m \end{cases} \quad Z = 563^m 20 \text{ (altitud)}$$

Direc- ciones	Azimutes Θ	Reducidas d	Esta- ciones	COORDENADAS				z = d . cotg V + i — h		Coordenadas al origen			Observaciones
				x = d . sen Θ :		y = d . cos Θ :		+	—	X	Y	Z	
				+	—	+	—						
A — D	121° 09	[337 ^m 40]	D	[318 ^m 87]			[55 ^m 64]	[0 ^m 71]					
A — B	117° 55	175 ^m 00	B	168,35			47,60	5,75		218 ^m 35	112,40	568,95	
B — C	44° 12	150 ^m	C	95,85		115,35			6,50	314,20	227,75	562,45	
C — D	173° 46	135 ^m	D	54,67			123,39	1,45		368,87	104,36	563,90	
D — A	317° 55												
Sumas				318,87		115,35	170,99	7,20	6,50				
Diferencias				+ 318,87			— 55,64	+ 0,70					

Comprobación: $\frac{x}{y} = \frac{+ 318,87}{- 55,64} = - 5,7309 = \tan (A - D) = 78^{\circ} 89,$

que por ser para un valor negativo hay que tomar el suplementario y será: $\Theta_{A-D} = 121^{\circ} 11$ que medido directamente dió: 121° 09 »

$$d = \frac{x}{\sen \Theta} = \frac{318,87}{0,945} = 337^m 4.$$

Con $d = 337^m 40$ y con $V = 99^{\circ} 38$. (pág. 25),

$$\begin{aligned} \text{se saca } dN &= d \cdot \cotg V + i - h = \\ &= 337,4 \times \cotg 99^{\circ} 38 + 1,44 - 4 = \\ &= 3,27 + 1,44 - 4 = 0,71 \end{aligned}$$

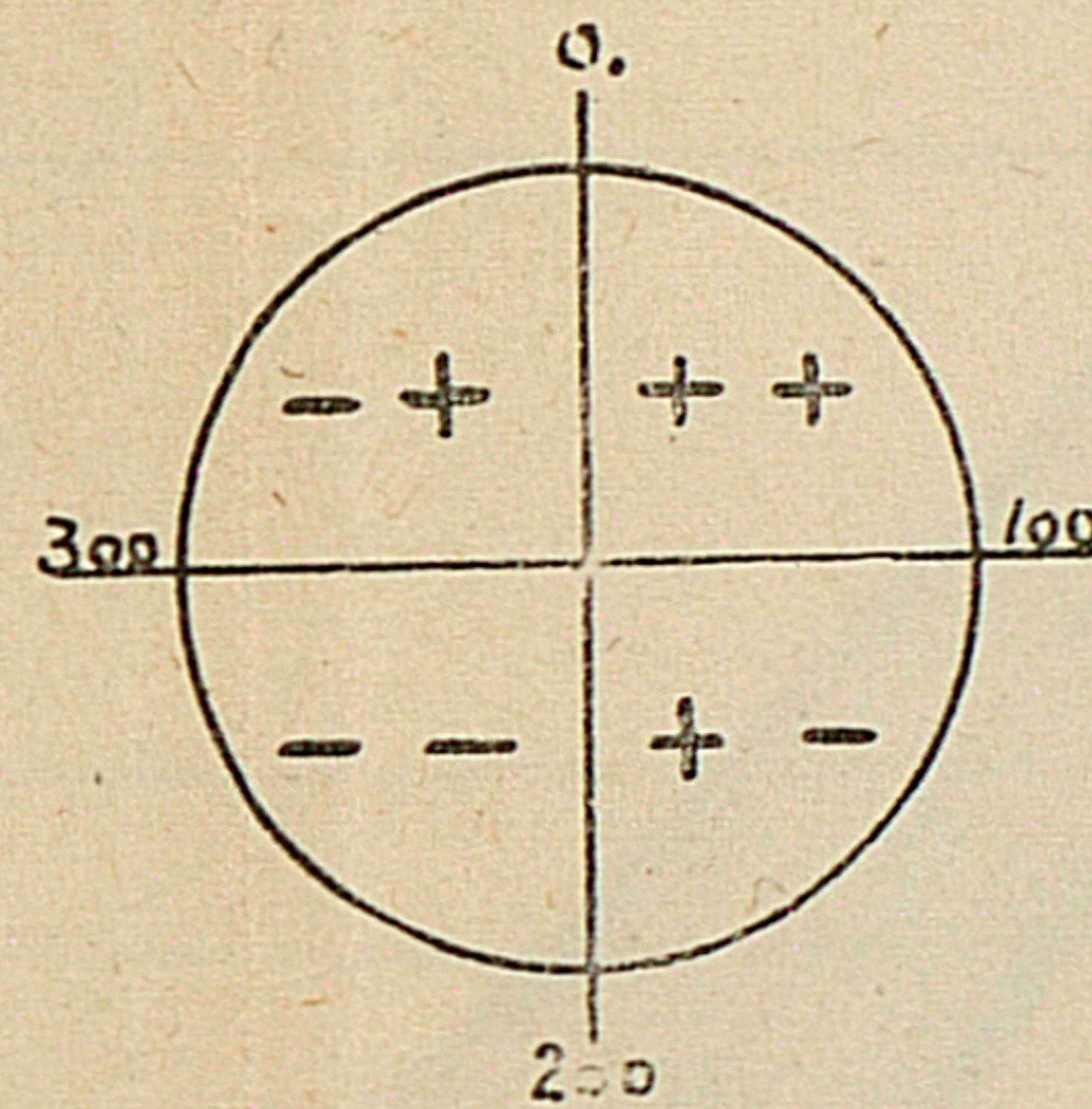
y por diferencia de los valores de z sale $dN = 0,70$.

Registro de Coordenadas de los puntos de relleno

Plano de la margen derecha del Río Cuevas
junto al Oteruelo.

Operador: Baquero.

Fecha: 18 Julio 1925.



Poligonal: A - B - C - D.

Puntos calculados: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
10 y 11.

Datos de la Libreta Taquimétrica n.º 4.

Páginas 24 y 25.

Direcciones	Angulos azimuta- les Θ	Redu- cidas d	Puntos. d	COORDENADAS						Coordenadas al origen			OBSERVACIONES
				$x = d \cdot \text{sen } \Theta$		$y = d \cdot \text{cos } \Theta$		$z = d \cdot \text{cotg } V + i - h$		X	Y	Z	
				+	-	+	-	+	-				
			A							50 ^m	160 ^m	563 ^m 20	
A— 1	16°00	85	1	22,27		82,02			2,43	72,26	242,02	560,77	De la izquierda del río
A— 2	66°12	76	2	65,51		38,53			2,83	115,51	198,53	560,37	Idem derecha ídem
A— 3	140°36	110	3	88,66			65,12	2,62		138,66	94,88	565,82	Caserío de las Huertas
A— 4	161°25	73	4	41,75			59,86	2,19		91,75	100,04	565,39	De la carretera a Campanario
A— 5	267°13	58	5		50,46		28,71	1,26		-0,46	131,29	564,46	Estación
			B							218,25	112,40	568,95	
B— 6	50°06	104	6	73,63		73,42		2,01		291,98	185,82	570,96	Del Oteruelo
B— 7	75°60	82,45	7	76,43		30,84		6,19		294,78	143,24	575,14	
B— 8	131°82	87	8	76,39			41,57	0,33		294,74	70,83	569,28	De la carretera
B— 9	272°91	80	9		72,88		33,04	1,88		145,47	79,36	570,83	
B— 10	374°52	85,23	10		33,23	79,50			8,48	185,12	191,90	560,47	De la izquierda del río
B— 11	391°43	58,12	11		7,79	57,60			7,49	210,56	170,00	561,46	Idem derecha ídem } De la curva los dos
Operador: Romero.													
Fecha: 19 Julio 1925.													
Puntos calculados: 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19.													
Datos de la Libreta Taquimétrica n.º 4. Págs. 25 y 26.													
			C							314 ^m 20	227 ^m 75	562,45	Estación
C— 12	83°22	44	12	42,46		11,44			1,71	356,66	239,19	560,74	De la vía férrea
C— 13	117°50	76	13	73,11			20,59		1,68	387,31	207,16	560,77	
C— 14	200°00	68,43	14	0,00			68,43	10,39		314,20	159,32	572,84	Del Oteruelo
C— 15	379°35	68	15		21,69	64,46			2,34	293,51	292,21	560,11	
C— 16	389°91	52	16		8,21	51,32			2,14	305,79	270,07	560,31	Puente de la vía férrea sobre el río
			D							368,87	104,36	563,90	Estación
D— 17	34°36	70	17	35,98		60,06			2,74	404,85	164,42	561,16	De la vía férrea
D— 18	157°66	38	18	23,44			29,90		0,52	392,31	74,46	563,38	Del cruce de vía férrea y carretera
D— 19	328°50	58	19		52,25	25,11		6,15		316,62	110,51	570,05	Del Oteruelo

