

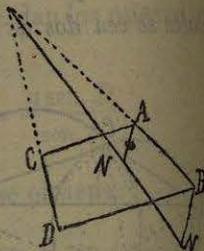
tricos; porque bastará buscar otro punto  $N$  desde el cual se descubra otro vértice y uno de los anteriores.

PROBLEMA 8º: Dadas dos líneas  $A B, C D$  (fig. 133ª) y un punto  $M$  fuera de ellas, trazar por este otra línea que concurra al punto de intersección de las primeras. Este problema se resolvió analíticamente en el número 114; pero tratándose de líneas cortas, puede aplicarse esta otra resolución. Entre las dos líneas dadas trácense dos paralelas  $A C$  y  $B D$  en una dirección cualquiera, y también la línea  $M B$ . Después de medidas esas tres rectas, se traza por  $A$  una paralela á  $M B$ , sobre la cual se toma la parte  $A N$ , determinada por la ecuación siguiente, que resulta de la comparación de las líneas proporcionales:

$$A N = \frac{A C \times M B}{B D}$$

La recta trazada por los puntos  $M$  y  $N$  será la que resuelve el problema.

Podrían citarse otros muchos problemas de más ó menos utilidad práctica; pero confío en que los que se han expuesto, y sobre todo, los conocimientos que ha adquirido ya el lector, serán suficientes para que resuelva con facilidad los diversos casos que puedan presentarse.



Figª 133ª

## CAPITULO XVIII.

PLANOMETRÍA APROXIMATIVA.—RECONOCIMIENTOS MILITARES.

EXPLORACIONES RÁPIDAS.

173. Antes de dar por terminada la primera parte de la Topografía, juzgo muy conveniente destinar algunas páginas á la exposición de los procedimientos que pueden seguirse para levantar el plano aproximativo de una localidad cuando por falta de tiempo, de instrumentos, ó bien por no necesitarse un trabajo exacto, no es posible aplicar los que se han trazado en los Capítulos precedentes. Inútil parece advertir que los métodos de que voy á ocuparme en éste, no deben emplearse cuando se trate de una operación importante y cuyo resultado afecte á intereses más ó menos cuantiosos; pero hay también muchísimos casos en que la precisión geométrica es innecesaria, ó bien imposible de obtener en medio de las circunstancias de que se halla rodeado el topógrafo. El ingeniero que practica un reconocimiento con el fin de formar un plan exacto de operaciones; el militar que quiere tener idea de los aproches de una plaza ó de un campamento enemigo, ó bien que necesita conocer la localidad en que establece su campo ó sus fortificaciones; el viajero que al explorar una región desconocida, quiere trazar su camino, describir el país dando idea de los accidentes del suelo, formar sus itinerarios, etc., no necesitan por lo común proceder con toda exactitud, ni cuentan tampoco con los medios indispensables para alcanzarla; pero es indudable que aprovechando con alguna habilidad cuantos recursos estén á su arbi-

trio, pueden ejecutar trabajos muy apreciables y de mucha importancia en su línea.

Con un orden decreciente en cuanto á exactitud, puede un explorador valerse de instrumentos sencillos, desde los que por su poco volumen y fácil transporte es fácil llevar siempre consigo, ó desde los que él mismo puede improvisar, hasta la aplicación de procedimientos que no demandan el uso de instrumento alguno, como son los que tienen por base la apreciación de distancias y ángulos á la simple vista. Daré á conocer algunos instrumentos propios para esta clase de trabajos, comenzando por los angulares.

La brújula de reflexión, representada en la figura 134<sup>a</sup>, es el mejor

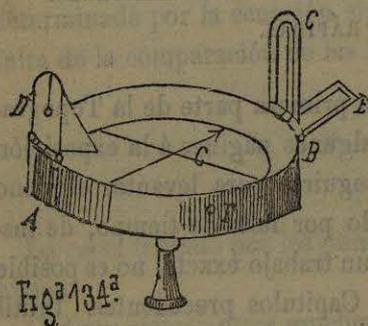


Fig.<sup>a</sup> 134<sup>a</sup>.

goniómetro que puede emplearse para los reconocimientos. Consiste en una caja cilíndrica de latón *A*, en cuyo centro está un pivote que sirve de apoyo á una aguja magnética común; invariablemente unido á la aguja, hay un círculo de cartón dividido *C*, que por su poco peso no entorpece el movimiento de la barra imantada, de modo que gira con ella. En los extremos de un diámetro de la caja están dos pínulas *C* y *D*, que son las que determinan la dirección de las visuales; la primera es del todo semejante á las del grafómetro que he descrito en otro lugar, y la segunda *D* va unida á un prisma de cristal cuya sección es un triángulo rectángulo, y que tiene por objeto servir como reflector sin obstruir la vista en la dirección de la otra pínula, de suerte que á la vez que se mira directamente el hilo de ésta y el objeto con el cual se ha puesto en coincidencia, se ve también por reflexión la división del limbo que está situada verticalmente debajo del prisma, y de ese modo el guarismo correspondiente á esa división dará la indicación del instrumento, ó el azimut de la señal que se observa. Cuando ésta se halla á una altura muy diferente de la del punto de estación, se inclina el espejo *E* lo que sea necesario para que se vea reflejada en él.

La brújula de reflexión puede fijarse en el extremo de una estaca que se clava en el suelo; pero comunmente se tiene en la mano, y para medir el azimut de un objeto, basta ponerla en la dirección conveniente para que el hilo de la pínula *C* pase por la señal, y aplicando entonces la vista en *D*, se lee inmediatamente la graduación del punto que coincide con el hilo. En *F* se ve la extremidad de la palanca que sirve para paralizar la aguja y disminuir la amplitud de sus oscilaciones. Para transportar el instrumento, se reduce su volumen cerrando las pínulas y el espejo, pues están unidos á la caja por medio de goznes ó charnelas.

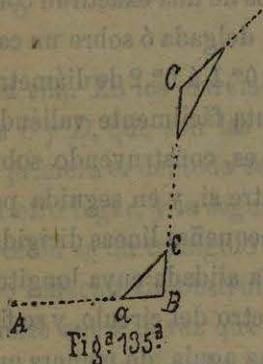
Otro goniómetro tan pequeño y portátil como éste es el sextante de bolsa, que no es otra cosa más que el sextante común reducido á unos cuantos centímetros de diámetro. Como este es esencialmente un instrumento astronómico, se dará en otro lugar su descripción y los principios en que está fundado, bastando decir por ahora que también se aplica á la medida de ángulos terrestres, y que puede usarse en la mano lo mismo que la brújula de reflexión.

174. Careciendo de esos instrumentos, es fácil construir una especie de grafómetro de cartón ó de madera, que dividido con algún esmero, creo que debe proporcionar resultados de una exactitud comparable con la de aquéllos. Sobre una tabla delgada ó sobre un cartón bien plano, se traza una circunferencia de 0<sup>m</sup>.1 á 0<sup>m</sup>.2 de diámetro, que se divide en grados. La división se ejecuta fácilmente valiéndose del método de las cuerdas (núm. 68), esto es, construyendo sobre un mismo radio ángulos que difieran 1° entre sí, y en seguida por cada uno de los puntos obtenidos se trazan pequeñas líneas dirigidas al centro. De la misma materia se forma una alidada cuya longitud sea dos ó tres milímetros menor que el diámetro del círculo, y se fija en su centro por medio de un alfiler ó de una aguja, de manera que pueda girar libremente al derredor de su eje. En sus extremos se trazan dos divisiones que servirán de índices para hacer las lecturas, debiendo quedar en la línea que pasa por el centro del movimiento que es también el del círculo; y para determinar las direcciones de las visuales, puede hacerse uso de cuatro agujas finas, dos de las cuales se clavan en las divisiones 0° y 180°, y las otras dos so-

bre las líneas que sirven de índices en la alidada. En la parte inferior del círculo se pone un mango para tomar el instrumento ó para fijarlo en una estaca, que es como debe usarse con mejor éxito empleándolo lo mismo que el grafómetro. Si se desea obtener más aproximación en las lecturas, pueden trazarse pequeños vernieres en los extremos de la alidada; así por ejemplo, si se divide en cuatro partes iguales el espacio de tres grados del círculo, podrán obtenerse cuartos de grado. Mayor aproximación sería inútil, porque evidentemente por esmerada que sea la construcción y la división del instrumento, nunca debe esperarse que pueda dar los ángulos con ese grado de precisión.

También con un cartón, un doble-decímetro y dos agujas, se improvisa una plancheta para hacer el croquis sobre el terreno mismo. Otras veces se emplea una pequeña brújula de mano, que no obstante su movilidad, permite medir los rumbos con la aproximación de  $2^\circ$  ó  $3^\circ$ , aun usándola á caballo.

A falta de goniómetro, pueden apreciarse los ángulos que forman entre sí dos ó más direcciones, midiendo sobre cada una de ellas un corto tramo, así como la línea que une los extremos de éstos. La fi-

Fig. 135<sup>a</sup>

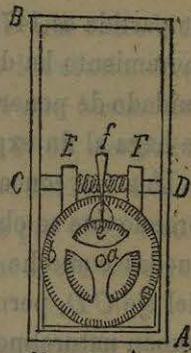
gura 135<sup>a</sup> representa con líneas continuas las partes  $BA$ ,  $BC$  y  $ac$  que se miden, de las que las dos primeras se toman comúnmente iguales; y lo mismo se hace en cualquier otro punto. Es claro que aunque de esa manera no se conozca la amplitud del ángulo, se obtienen, sin embargo, los elementos necesarios para construirlo.

Por último, el ingeniero debe acostumbrarse á estimar los ángulos á la simple vista, lo que conseguirá fácilmente por medio de la comparación frecuente de sus propias apreciaciones con el valor de algunos ángulos conocidos. El método que he aplicado algunas veces es este: puesto de pie y con el cuerpo inmóvil, vuelvo la cabeza á la izquierda para llevar la vista hacia la dirección que señalaría el brazo izquierdo extendido, y en seguida con un movimiento

de cabeza uniforme la llevo hacia la derecha, quiere decir, á la dirección del brazo derecho también extendido. Este movimiento uniforme de  $180^\circ$  lo subdivido en partes de  $10^\circ$ , contando en el tiempo que dura, desde 0 hasta 18; el *cerro* se pronuncia al comenzar á mover la cabeza, y el *diez y ocho* al llegar con la vista á la dirección de la derecha. Después de dos ó tres ensayos se regulariza muy bien tanto la cuenta como el movimiento, y si se coloca el cuerpo de manera que uno de los objetos cuyo ángulo se desea conocer, quede en la dirección del brazo izquierdo, y con igual uniformidad se mueve la cabeza contando al mismo tiempo hasta descubrir el otro objeto, es claro que el número que se pronuncie en este último instante será la decena de grados correspondiente al ángulo que se busca. Como es algo difícil lograr que los ojos permanezcan inmóviles y que no se adelanten al movimiento de cabeza, es conveniente dirigir la vista por un tubo hecho con un papel enrollado, ó simplemente con la mano recogida. Yo creo que con alguna práctica pueden estimarse los ángulos de esa manera con  $5^\circ$  de aproximación.

175. Entre los instrumentos que se emplean para medir aproximadamente las distancias, figura en primer lugar el *odómetro*, llamado también *troquiámetro* y algunas veces *viámetro*. Este aparato se usa unido á la rueda de un carruaje ó á una rueda de mano, y tiene por objeto contar el número de vueltas que éstas dan al pasar de un punto á otro; pues es evidente que conociendo ese número  $n$  y la circunferencia  $c$  de la rueda, la distancia recorrida será  $k = cn$ . Expresando  $c$  metros y fracciones, se obtendrá  $k$  en la misma unidad; si se divide el resultado por 1000, se obtiene en kilómetros, y si se divide por 4190, en leguas mexicanas.

El instrumento consta de un rectángulo metálico  $AB$  (fig. 136<sup>a</sup>), en cuya mitad está fijo un eje cilíndrico  $CD$ , que por medio de dos anillos,  $E$  y  $F$ , sostiene una rueda de unos  $0^m.05$  de diámetro ó por mejor decir, dos ruedas iguales montadas sobre el mismo eje  $a$ , y cuyos bordes dentados engranan en un tornillo sin fin que está

Fig. 136<sup>a</sup>

en el centro del cilindro  $CD$ . La rueda anterior tiene 100 dientes y otras tantas divisiones numeradas, que en la figura se ven en el círculo exterior  $bc$ ; y la posterior tiene sólo 99 dientes y el mismo número de divisiones señaladas en el círculo interior  $de$ .

Supongamos ahora que las dos ruedas se hacen girar al derredor del eje fijo  $CD$ ; como en cada vuelta que den, el tornillo sin fin engrana con un diente del borde, resulta que al cabo de 100 vueltas la rueda exterior  $bc$  habrá dado también una vuelta entera al derredor del eje central  $a$ , de manera que el índice fijo  $f$  marcará la misma división que señalaba al principio del movimiento. La rueda posterior habrá engranado también 100 dientes con el tornillo sin fin; pero como su borde tiene sólo 99, resulta que ha dado una vuelta, más la parte que corresponde á un diente; y el índice  $e$  que señala sus divisiones indicará una división de más que en el punto de partida. Según esto, después de un número cualquiera de revoluciones de las dos ruedas al derredor de  $CD$ , la graduación interior  $ed$ , por medio del índice  $e$  señala las *centenas* de vueltas, y el índice  $f$  en la graduación exterior  $bc$ , el número de *unidades* y *decenas*, contadas unas y otras desde las indicaciones del instrumento al comenzar el movimiento. Supongamos que al principio los índices  $e$  y  $f$  señalaban las divisiones 14 y 73 respectivamente, y que después de muchas revoluciones el primero marca 94 y el segundo 6. La indicación del punto de partida es 1473, y como la otra es 9406, resulta que durante el movimiento ha dado el aparato 7933 vueltas. Si al principio se tiene cuidado de poner en *cero* los dos índices, es claro que la lectura que se haga al fin expresa desde luego el número de revoluciones.

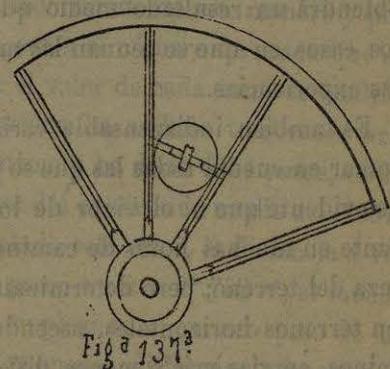
Una vez concebido este sencillo é ingenioso mecanismo, se comprende que se obtendrá el mismo resultado si en lugar de mover las ruedas como he supuesto, se mueve el rectángulo  $AB$  al derredor del eje  $CD$ , permaneciendo las ruedas en la posición vertical que toman naturalmente á consecuencia de su propio peso. Esto último es lo que realmente se verifica al hacer uso del odómetro; imagínemonos, en efecto, que el rectángulo  $AB$  se fija en una posición invariable á la rueda de un carruaje, y de tal manera que el eje  $CD$  quede perpendicular á su plano; es evidente que al girar la rueda gi-

ra también el rectángulo, y que después de una revolución completa de la primera, el segundo habrá vuelto á su posición primitiva, y el índice  $f$  señalará una división más que al principio. Verificándose exactamente lo mismo en cada vuelta de la rueda, se ve que el odómetro indicará su número sea cual fuere.

Para hacer uso del instrumento, se le coloca en una caja circular cuyo diámetro es igual al lado mayor del rectángulo  $AB$  y la cual tiene comunmente una cubierta de cuero provista de las fajas y hebillas necesarias para asegurarla entre dos rayos de la rueda de un carruaje, y cerca del eje, como lo manifiesta la figura 137<sup>a</sup>. La posición que guarda el odómetro dentro de su caja es la que se ha dicho, á saber: con el eje  $CD$  perpendicular al plano de la rueda.

La circunferencia de esta debe medirse con el mayor cuidado posible, en atención á que cualquier error de ese elemento tiene una influencia considerable en el valor de  $k$ , ó en otros términos, el error de  $k$  será igual al que haya en  $c$  multiplicado por el número  $n$  de revoluciones. Sirviéndose, sin embargo, de una cinta bien dividida, es fácil obtener el valor de  $c$  exacto hasta los centímetros, y ese grado de aproximación es indudablemente el que basta. Supongamos, por ejemplo, que se hubiera hallado  $c = 3^m.67$ , siendo como antes,  $n = 7933$ ; la distancia recorrida sería  $k = 29114^m$ , ó bien 29.114 kilómetros. Dividiendo el número de metros por 4190, resulta 6.95 leguas mexicanas. En este caso, es claro que 0<sup>m</sup>.01 de error en  $c$  produciría otro de 79<sup>m</sup> en el valor de  $k$ .

176. El odómetro es el instrumento más propio para medir rápida y cómodamente grandes distancias con un grado de exactitud suficiente para la formación de itinerarios y para la de un buen croquis de reconocimiento; pero en su defecto puede acudirse á otro método que tiene por base la velocidad de traslación de un punto á otro.

Fig<sup>a</sup> 137<sup>a</sup>

Para que este procedimiento dé á conocer las distancias con regular aproximación, es preciso recorrerlas con una velocidad tan uniforme como sea posible, y haber determinado previamente por varias experiencias comparativas el tiempo que en determinadas circunstancias se invierte en recorrer una distancia bien conocida, del cual se deduce la velocidad correspondiente al medio de locomoción que haya de emplearse. Así, por ejemplo, si con un carruaje ligero tirado por dos animales, se han invertido 90 minutos en recorrer una distancia de 13.2 kilómetros en terreno plano, se infiere que en identidad de circunstancias la velocidad es de 8.8 kilómetros por hora, ó bien de  $0^{\text{m}}.147$  por minuto. Haciendo varias comparaciones de esta clase, se obtendrá un resultado medio que será el que se adopte para todos los casos en que se reunan las mismas condiciones que existían en las experiencias.

Es también indispensable variar las circunstancias con el fin de tomar en cuenta todas las que se presentan en un viaje dilatado, pues es evidente que ni el vigor de los animales puede suponerse constante en muchas horas de camino, ni por lo general lo es la naturaleza del terreno; pero determinando valores medios de la velocidad en terrenos horizontales, ascendentes, descendentes, en buenos caminos, en vías más ó menos difíciles, etc., se podrá aplicar en cada caso especial el que mejor convenga al conjunto de sus circunstancias. Expedicionando á caballo, debe también determinarse la velocidad media, no sólo variando las condiciones dependientes del terreno, sino también las que dependen del animal mismo; y así es preciso conocer el valor de aquel elemento para el paso natural, el trote, el galope, etc., del caballo.

Puede operarse de la misma manera cuando se viaje á pie; pero tratándose de líneas poco extensas, es preferible contar el número de pasos necesarios para trasladarse de uno á otro de sus extremos, pues conociendo el valor métrico de cada paso, fácilmente se valúan las líneas recorridas. Tanto para determinar su valor como para medir de esa manera las distancias, es preciso acostumbrarse á emplear un paso perfectamente igual en extensión y uniforme en compás, tal como el que se llama *paso militar*. Según Mr.

Laisné, <sup>(1)</sup> las longitudes medias del paso de las tropas francesas son las siguientes:

Paso acelerado ordinario .....	0 <sup>m</sup> .65
Idem de camino.....	0 .80
Idem gimnástico.....	0 .83

Empleando el primero, se dan por término medio de 110 á 120 pasos por minuto; solamente 100 del segundo, 165 del último. El número de pasos ordinarios de las tropas inglesas es de 100 por minuto.

Todo ingeniero debe determinar la extensión de su paso, procurando únicamente habituarse á darlo con cierta cadencia que contribuye á hacerlo más uniforme. Recorriendo de esa manera y por varias veces una línea de  $l$  metros, sea  $n$  el número de pasos que se hayan dado; y representando por  $x$  el valor de cada uno, se tendrá:  $x = \frac{l}{n}$ . Si, por ejemplo, una persona ha andado tres veces una distancia de 3500 metros, y en la primera ha dado 4654 pasos, en la segunda 4637 y en la tercera 4662, tendrá en término medio  $n = 4651$ , de donde resulta  $x = 0^{\text{m}}.752$ . Adoptado este valor, la distancia  $k$  recorrida con cualquier número  $n'$  de pasos es:  $k = 0^{\text{m}}.752 n'$ , al menos en terrenos de igual naturaleza y empleando el mismo paso de las experiencias. Este modo de medir pequeñas distancias proporciona un grado tan notable de aproximación, que puede aplicarse aun en la planimetría regular para configurar los últimos detalles del levantamiento, cuando éstos no sean de tal importancia que merezcan la aplicación de métodos exactos.

Recientemente se ha generalizado bastante el uso de un pequeño instrumento llamado *podómetro*, cuyo objeto es el de indicar el número de pasos, ó por mejor decir, las distancias que recorre la persona que lo lleva consigo. El aparato tiene la forma y el tamaño de un reloj; y por consiguiente se coloca cómodamente en el bolsillo, situándolo, sin embargo, en posición vertical. Su mecanismo consiste principalmente en una pequeña palanca, fija en uno de sus extremos y libre en el otro, teniendo en este último una masa metálica, com-

<sup>(1)</sup> *Aide-mémoire des officiers du génie*, por J. Laisné.

parativamente pesada, que oscila á cada movimiento del cuerpo al andar, y hace mover un juego de resortes y engranes. Estos movimientos, producidos en cada paso que se da, se comunican á una aguja ó índice, el cual señala á su vez en la carátula las distancias recorridas durante la marcha. Por lo común, estas expresan kilómetros, y generalmente 12 en toda la circunferencia; aunque subdivididas en diez partes cada una, que corresponden, por lo mismo, á un hectómetro. Sin embargo, es fácil estimar á la vista la quinta parte de una subdivisión, obteniéndose así la aproximación de unos 20 metros.

Según los informes que recibí de un fabricante, se gradúan estos instrumentos suponiendo que una persona de talla mediana dá 1400 pasos al andar un kilómetro. Yo he usado uno que señala esa distancia cuando doy 1330 pasos; pero como este número tiene que ser variable con cada observador, es preferible que éste lo adapte á la longitud de su paso, bien sea recorriendo con él una distancia conocida y tomando en cuenta el error que encuentre, ó bien moviendo los tornillos del instrumento hasta lograr que su aguja señale las distancias así corregidas.

Los resultados que se obtienen ya sea por el odómetro, ya por el tiempo que se emplea en recorrer las líneas, proporcionan inmediatamente las distancias itinerarias; pero como en la construcción de un plano importa conocer las distancias horizontales y directas, se hace á las primeras una corrección deducida de la experiencia, la que consiste en multiplicarlas por  $\frac{4}{5}$  si el terreno es muy accidentado, y por  $\frac{6}{7}$  si es sensiblemente plano. Las correcciones equivalen á restar de las distancias itinerarias un 20 por ciento en el primer caso y un 14 en el segundo.

177. Los oficiales de ingenieros se forman idea de las distancias valiéndose de un antejo pequeño con retícula de hilos horizontales; no difiere de la estadia común más que en que se usa en la mano, y en que la magnitud que sirve de mira es la estatura de un hombre. Con este fin la retícula tiene varios hilos fijos, á diversas distancias unos de otros, y arregladas de manera que la talla media de un hombre que á lo léjos se vea comprendido entre dos de ellos, corresponda

á cierta distancia que varía en cada combinación que se haga de los hilos. Así, por ejemplo, si los más separados corresponden á 100<sup>m</sup> de distancia, y los más cercanos á 500<sup>m</sup>, bastará observar en cuál de los intervalos desiguales intermedios queda comprendida la imagen para venir en conocimiento de la distancia aproximativa. Por el hecho de no tener este instrumento estabilidad alguna, y por ser tan incierta la magnitud que sirve de mira, se comprende que sólo debe dar una ruda aproximación.

Con un tubo cualquiera puede improvisarse un instrumento análogo al anterior, poniéndole varios hilos ó cabellos en un extremo y mirando por el otro. Siendo  $l$  la longitud del tubo,  $e$  la estatura media del hombre y  $d$  su distancia al observador, la separación de los hilos será evidentemente:  $x = \frac{el}{d}$ , fórmula en la que podrá tomarse  $e = 1^m.7$ , y que permite colocar los hilos que correspondan á diversos valores de  $d$ . Teniendo, por ejemplo, el tubo 0<sup>m</sup>.3 de largo, los hilos correspondientes á  $d = 100^m$ , deberán ponerse á 0<sup>m</sup>.005; para  $d = 500^m$ , se pondrán 0<sup>m</sup>.001, y proporcionalmente para las distancias intermedias.

Puede también determinarse la distancia de un objeto de magnitud conocida, por medio de una regla pequeña dividida en milímetros que se tiene en la mano con el brazo extendido. Con la uña del dedo pulgar se señala la parte de la regla, contada desde el *cerro*, que cubre el objeto, pues siendo  $A$  la magnitud de éste,  $a$  la indicación de la regla y  $d$  su distancia al ojo del observador, se tiene en virtud de los triángulos semejantes que se forman:  $d = \frac{Aa}{a}$ . Para que  $d$  sea sensiblemente igual en todos casos, es conveniente valerse de un cordón atado al cuello y cuya extremidad se toma con la mano en que se tiene la regla; en esta disposición, y tendido el cordón, puede medirse la distancia  $d$  de la regla al ojo, ó bien determinarse experimentalmente por medio de la observación del valor de  $a$  que corresponde á un objeto y á una distancia de magnitudes determinadas. Acentuando, en efecto, los valores que se refieren á la experiencia reguladora, se obtiene:  $d = \frac{a \Delta'}{A'}$ , que será el valor que se emplee para las observaciones subsecuentes. Al aplicar este procedimiento, el objeto que se observa puede ser un árbol, un hombre, un edi-

ficio, etc., con tal que se conozca su magnitud con alguna aproximación.

178. Otro modo de estimar las distancias cuando son considerables, consiste en contar el tiempo  $s$  que transcurre entre la producción y la percepción de un sonido cualquiera, puesto que su velocidad  $v$  conocida permite calcular la distancia á la cual se produce, siendo  $\Delta = sv$  la relación que existe entre esas cantidades. Este método puede suministrar las distancias con la aproximación de un centenar de metros, y por consiguiente, es bastante bueno para formarse una idea algo exacta de ellas cuando son considerables.

La velocidad del sonido por segundo, varía algo con la temperatura del aire. La fórmula que da su valor para cualquiera temperatura es: <sup>(1)</sup>

$$v = 331^m.4 \sqrt{1 + at}$$

en la cual el coeficiente numérico representa la velocidad á 0° de temperatura,  $a$  el coeficiente de dilatación del aire y  $t$  la indicación del termómetro centígrado. Si se introduce el valor de  $a$  y se desarrolla el radical, la fórmula puede escribirse como sigue, para que sea más cómoda en su aplicación:

$$v = 331^m.4 + 0^m.608 t$$

He desechado las potencias superiores de  $t$ , porque son tan pequeños sus coeficientes que no producirían ni 1<sup>m</sup>, aun cuando  $t$  fuese de 40°; por consiguiente, la fórmula anterior llena todas las necesidades de la práctica. En la mayor parte de los casos puede suponerse  $t = 16^\circ$ , que es una temperatura media en nuestro país, y entonces  $v = 341^m$  representa la velocidad del sonido en las circunstancias atmosféricas medias ú ordinarias.

Por lo general, la explosión de una arma de fuego, comunmente un cañonazo, es la que sirve para la valuación de las distancias por medio del sonido, contando el número de segundos  $s$  que transcurre entre la producción de la luz ó de la columna de humo, y la percepción de la detonación. La distancia será  $\Delta = 341 s$ , y como 1° de

(1) Pouillet, *Tratado de Física*, Tomo 2º, pág. 109.

error en la apreciación de  $s$  produciría otro de más de 300<sup>m</sup> en la distancia, se ve que es importante estimar hasta donde sea posible las fracciones de segundo. Los relojes dan generalmente en un minuto 150 sonidos ó golpes producidos por el volante, por lo que cada uno vale 0° .4. A veces dan sólo 120 por minuto, y su valor es, por consiguiente, de 0° .5. De una ú otra manera es fácil, con alguna práctica, estimar  $\frac{1}{5}$  ó  $\frac{1}{4}$  de segundo, lo que reduce á 68<sup>m</sup> ú 85<sup>m</sup> respectivamente el error de la distancia.

179. Hay todavía otra manera de apreciar las distancias aunque con mucha menor aproximación, y consiste en deducirlas de la mayor ó menor claridad con que á lo léjos se distinguen á la simple vista ciertos objetos bien conocidos. "Los árabes, escribe Mr. Gillespie, definen una milla <sup>(1)</sup> diciendo que es la distancia á la cual no puede ya distinguirse un hombre de una mujer." Se comprende que esta clase de apreciaciones dependen enteramente de la vista más ó menos poderosa del observador, y por consiguiente cada persona debe experimentar el alcance de la suya para determinadas distancias; además de esto, la pureza y claridad de la atmósfera deben tomarse en cuenta, pues es seguro que, por ejemplo, en la mesa central de la República, cualquiera persona verá á mayor distancia que en las costas ó en general en los países poco elevados sobre el nivel del mar. Esto no obstante, consignaré aquí la estimación que generalmente se hace del alcance de una vista de potencia media ó común. Pueden contarse las puertas de un edificio grande, en las condiciones atmosféricas comunes, á la distancia de 4000<sup>m</sup>. Se ven como puntos los hombres y los caballos á 2200<sup>m</sup>. Se distingue con claridad un caballo á 1200<sup>m</sup>; los movimientos de los hombres á 800<sup>m</sup>; la cabeza de un hombre se ve por intervalos á 700<sup>m</sup>, y muy bien á 400<sup>m</sup>.

180. Los métodos que se han indicado en este Capítulo, no obstante su notoria imperfección, son los únicos que por lo general puede emplear el viajero y con más razón el ingeniero militar, que en la necesidad de practicar sus reconocimientos, muchas veces bajo los fuegos del enemigo, no puede tener la calma, ni el tiempo, ni los ins-

(1) La milla inglesa tiene 1760 yardas ó 1609 metros próximamente.

trumentos indispensables para ejecutar operaciones exactas. Sus esfuerzos deben dirigirse á sacar el mejor partido posible de los medios de acción que estén á su alcance, para configurar los principales accidentes del terreno inmediato á las posiciones enemigas, anotando la naturaleza del suelo, sobre todo si se trata de una plaza fortificada en que haya necesidad de ejecutar las operaciones de un sitio. Debe también fijar su atención en las inclinaciones del terreno, en la existencia de pantanos, bosques, barrancas, ríos y arroyos cuya anchura y profundidad es preciso medir; en la dirección de las caras de las fortificaciones, situación de sus ángulos entrantes y salientes, etc. Todos esos detalles topográficos son indispensables para saber si el terreno es ó no accesible á la infantería, á la caballería y á la artillería, así como para elegir el punto de ataque. Además de éstos, el ingeniero militar tiene que recoger otros datos relativos á la calidad, abundancia y precio de víveres y forrajes, á los medios de transporte, etc., que extraños á la parte geométrica, no son propios de este libro, por lo cual me limitaré á exponer las resoluciones de algunos problemas del orden topográfico aproximativo.

La anchura de un foso, de un barranco, etc., puede determinarse por alguno de los métodos que se han trazado en el Capítulo precedente para medir distancias inaccesibles, ó bien por los del núm. 131; pero con la aproximación casi siempre necesaria para el objeto, de esta otra manera. Desde una de las orillas *A* (fig. 138ª) se apunta con un fusil á la margen opuesta *B*, y en seguida, sin variar la posición del arma, se da media vuelta, de modo que describiendo el fusil una superficie cónica, apunte hacia *C*. Es claro que la distancia de *A* á *C* es igual á la que se busca, por lo cual si se señala el punto *C*, puede medirse esa línea.

Si el foso no es muy ancho, arrojando con alguna fuerza una piedra en la orilla del agua, se formarán en ella las ondas circulares que ensanchándose llegan á la orilla opuesta; y entonces se mide la distancia del punto en que se arrojó la piedra al de la misma orilla, por

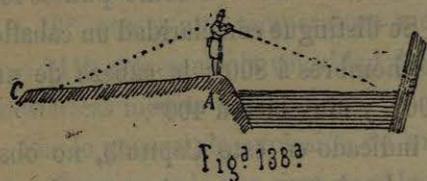


Fig. 138ª

donde pasa el círculo formado por la onda, en el momento en que toca la otra orilla.

Además de la anchura debe medirse la profundidad y la velocidad de los cursos de agua. Un vado es accesible á la infantería cuando su profundidad no excede de 0<sup>m</sup>.8 á 1<sup>m</sup>.0, según que la corriente sea más ó menos rápida; para la caballería no debe exceder de 1<sup>m</sup>.2 á 1<sup>m</sup>.3; para la artillería y los carruajes de 0<sup>m</sup>.7 á 0<sup>m</sup>.8.

La velocidad se determina contando los segundos que emplea un cuerpo flotante, tal como un pedazo de madera, en recorrer una distancia conocida; dividiendo el espacio por el tiempo se obtiene la velocidad *v'* en la superficie de la corriente. La velocidad en el fondo es  $v'' = (v' - 1)^2$ , y la velocidad media será:  $v = \frac{1}{2}(v' + v'')$ . Se dice en general que una corriente es lenta, cuando su velocidad no pasa de 0<sup>m</sup>.5 por segundo; que es ordinaria de 0<sup>m</sup>.8 á 1<sup>m</sup>.0; rápida de 1<sup>m</sup>.5 á 2<sup>m</sup>.0; muy rápida de 2<sup>m</sup>.0 á 3<sup>m</sup>.0; impetuosa desde 3<sup>m</sup>.0 en adelante.

De un río se dice que es flutable, cuando tiene por lo menos 0<sup>m</sup>.6 de profundidad; navegable si tiene 1<sup>m</sup>.0, y en general, una profundidad de 0<sup>m</sup>.2 á 0<sup>m</sup>.3 mayor que la cala de las embarcaciones.

Las inclinaciones del terreno se miden fácil y aproximadamente como lo manifiesta la figura 139ª, esto es, anotando desde *A*, *B*, *C*, etc., los puntos *B*, *C*, etc., que señala la puntería horizontal de una arma; pues es evidente que la altura de *B* respecto de *A*, la de *C* respecto de *B*, etc., son iguales á la de la vista al apuntar, y que cada persona determinará experimentalmente, aunque acaso siempre puede adoptarse 1<sup>m</sup>.5 como

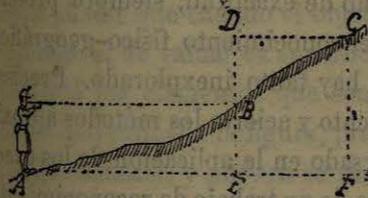


Fig. 139ª

valor medio. Esta cantidad multiplicada por el número de puntos que se hayan visado dará la altura del ascenso; y si á la vez se miden las distancias horizontales *AE*, *EF*, etc., se podrá construir el perfil *ABC*..... del terreno, cuyo declive medio se obtiene dividiendo la altura, tal como *BE* ó *CF* por las distancias horizontales *AE*, *AF*, etc., correspondientes. En un plano militar las inclinaciones que

más importa indicar son: la de  $60^\circ$ , que corresponde próximamente á una pendiente ó declive de 4 de base por 7 de altura, y que es inaccesible á la infantería; la de  $45^\circ$ , ó 1 de base por 1 de altura, de muy difícil acceso á la infantería; la de  $30^\circ$ , de 7 de base por 4 de altura, inaccesible á la caballería; la de  $15^\circ$ , ó 4 de base por 1 de altura, inaccesible á la artillería y á los carruajes; y por último, la de  $5^\circ$ , cuya base es próximamente de 12 por 1 de altura, de fácil acceso á los carruajes.

181. Todo lo que se ha dicho respecto de los reconocimientos militares se aplica también á las exploraciones que un viajero instruido, práctico y laborioso hace en regiones poco conocidas. Aunque en este caso es más vasto el campo de investigación, también por lo general pueden prepararse mejores medios de acción y usar de ellos de una manera más tranquila. Siempre que sea posible, debe el explorador recorrer más de una vez cada sendero, cerrando por medio de grandes polígonos, las líneas de su reconocimiento, ó terminándolas en puntos de posición bien conocida, como ciudades de importancia, montañas notables, etc., ó mejor todavía en puntos que fije astronómicamente. Por imperfectos que parezcan, ó que sean realmente los métodos que se emplean en una exploración rápida, no debe desdeñarlos un hombre instruido cuando no pueda hacer otra cosa, con tal que no deduzca de los resultados más que las consecuencias que estrictamente se deriven de su grado de exactitud; siempre presentará de esa manera una base para el conocimiento físico-geográfico de un país como el nuestro, en que hay tanto inexplorado. Precisamente para emplear con discernimiento y acierto los métodos aproximativos, es necesario estar muy versado en la aplicación de los exactos; y puede decirse que el resultado de un trabajo de reconocimiento mide en cierta manera el grado de pericia é instrucción de su autor. Los ingenieros son casi las únicas personas instruidas que viajan en la República; y por consiguiente el porvenir de nuestra topografía, de nuestra geografía, de nuestra flora, de nuestra fauna, etc., están en sus manos.

## PARTE SEGUNDA.

### AGRIMENSURA.

#### CAPITULO I.

##### PRINCIPIOS GENERALES.—MEDIDAS AGRARIAS.

182. La determinación de la superficie de un terreno supone conocidos, ya por la medida directa, ya por medio del cálculo, los elementos de la figura que lo limita, lo que equivale á decir que supone levantado su plano por cualquiera de los procedimientos que ampliamente se han expuesto en la Parte Primera de este libro. Sin embargo, debo añadir que cuando el objeto con que se mide el terreno es únicamente el de valuar su superficie, el levantamiento se ciñe generalmente á los elementos que son estrictamente indispensables para hacer determinada la figura, prescindiendo de todos los detalles que pueda contener, y por eso se ven con bastante frecuencia planos en que no constan más que los linderos de las propiedades; pero como la diferencia entre un levantamiento completo y otro que tenga por exclusivo objeto la determinación del contenido ó superficie del terreno, sólo consiste en que en el primer caso entran detalles que en el segundo son innecesarios, siempre supondré que se conocen por lo menos los elementos más precisos para determinar y por consiguiente para construir el polígono. No teniendo ya que ocuparme en