

IDEAS

SOBRE ALGUNOS INSTRUMENTOS Y METODOS

PARA LEVANTAR

PLANOS TOPOGRAFICOS,

por el Teniente Coronel graduado, Capitan de Ingenieros,

DON FRANCISCO MARRON.



MADRID.

EN LA IMPRENTA NACIONAL.

1847.

IDEAS

SOBRE ALGUNOS INSTRUMENTOS Y MÉTODOS

PARA LEVANTAR

PLANOS TOPOGRÁFICOS,

por el Teniente Coronel graduado, Capitán de Ingenieros, D. Francisco Murron.

DE los instrumentos manejables de tal naturaleza que pueda llevarlos un Ingeniero consigo á campaña, solo puede decirse que hay dos, á saber: la brújula y los instrumentos de reflexion, como el sextante ó semicírculo de Douglas.

Si el primero de dichos instrumentos, la brújula, permitiese el medir los ángulos con suficiente precision y exactitud, y la aguja imantada no estuviese tan sujeta á variaciones, ya por su variable declinacion, y ya por las diversas atracciones que pueden sacarla de su direccion natural, ninguno ofreceria las ventajas ni la facilidad y expedicion que él para el levantamiento de planos topográficos de corta extension. Con efecto, ella ofrece la ventaja inapreciable de dar siempre una línea determinada en direccion, lo cual simplifica mucho las operaciones en general, y facilita á veces el resolver cuestiones ó problemas de otro modo muy difíciles.

Supóngase que para continuar las operaciones del plano, se advierte que puede ser ventajoso un punto *A* (fig. 1^a) en el cual nos hallamos, pero que sin embargo no se ha fijado anteriormente en dicho plano; pues bien, para fijarlo por medio de un instrumento de ángulos, nos será indispensable dirigir visuales á tres puntos conocidos ya de antemano *B*, *D*, *C*, y midiendo los ángulos *BAD*, *DAC*, se obtendrá el punto *A* construyendo sobre las líneas *BD*, *DC*, dos segmentos de círculo capaces de contener dichos ángulos observados, cuya interseccion dará el punto *A*; pero si se quieren determinar las

distancias BA , DA , CA trigonométricamente, se dará ocasion á cálculos prolijos. Ahora bien; haciendo uso de la brújula, en lugar de tres puntos B , D , C fijos, solo son necesarios dos B , C , por ejemplo, ventaja como se deja conocer, de consecuencia, particularmente en terrenos accidentados: observando en efecto, los ángulos $a AB$, $a AC$, para obtener el punto A gráficamente, se tirarán por los puntos B y C las líneas Bb , Cc , paralelas á la meridiana, y formando los ángulos bBA , cCA , iguales á los observados, las líneas BA , CA darán con su interseccion el punto A . Para obtener trigonométricamente la magnitud de dichas líneas BA , CA , se notará, que conocida en direccion y magnitud la línea BC , no habrá mas que restar de los ángulos bBC , cCB , que esta línea forma con la meridiana, los bBA , cCA observados, y las diferencias darán los ángulos ABC , ACB ; conociendo por tanto en el triángulo ABC la línea BC y ángulos adyacentes, una simple proporcion de senos dará la magnitud buscada de las líneas AB , AC .

Si se supone que se hayan figurado en varias hojas ó pliegos diversas partes de un mismo terreno y se quieren acordar estas hojas entre sí para formar un todo único, si en las hojas de que se trata se halla trazada la direccion de la línea meridiana, bastará con que de dos en dos se halle fijado en cada una un solo y mismo punto; pero si dicha direccion de la meridiana no está trazada, serán necesarios dos puntos.

Por último, todos conceden las ventajas de la brújula para trazar en los planos los recodos de los rios y caminos, ó cualesquiera otros contornos, como bases ó cumbres de montañas &c. Con efecto, caminando á lo largo de dichos rios y caminos, solo hay que dirigir visuales á su frente obteniendo los ángulos que dichos recodos formen con la línea meridiana, mientras que haciendo uso de un instrumento de ángulos, es preciso referir dichos ángulos á las direcciones que se dejan á la espalda, dejando marcados puntos en ellas, cosa que ademas de su complicacion suele causar embarazos cuando en los rios ó caminos hay malezas ó arbolados.

Los instrumentos de reflexion son pues inferiores á la brújula en las propiedades comparativas que acabamos de men-

cionar, pero son muy superiores á ella en que dan los ángulos con muchísima mas exactitud, y tienen la inapreciable ventaja de poderse observar estos á pulso. Los ángulos, sin embargo, que se obtienen con estos instrumentos, son los contenidos en el plano mismo de los objetos, lo cual es una contra; pues cuando se levanta un plano no se desean estos ángulos, sino sus proyecciones sobre el plano horizontal: para obtener sin embargo por el cálculo estas proyecciones, sería necesario observar los ángulos verticales que cada una de las visuales dirigidas á los diversos objetos forma con su propia proyección horizontal; pero con los instrumentos de reflexion no es posible tampoco observar estos ángulos.

Estas consideraciones, pues, nos mueven á proponer un instrumento que si bien es algun tanto mas complicado que los ordinarios de reflexion, pueda reunir las ventajas de estos últimos instrumentos, y las descritas para la brújula, y que al mismo tiempo puedan con él medirse ángulos verticales, y aun tirar nivelaciones aproximadas.

ABCD (fig. 2^a) es un círculo de metal graduado, que forma cuerpo con una plancha tambien de metal en direccion del diámetro *AB*. Esta plancha (fig. 3^a) tiene en su centro *O*, que es el mismo del círculo, un eje vertical fijo á ella, y en el cual entra y gira por la parte superior una alidada *A'B'*. En el punto *a* de esta alidada se levanta un arco de círculo *ab* cuyo plano es perpendicular al de la alidada, y cuyo centro *o* se halla en la línea ó eje *Oo* perpendicular al plano del círculo en su centro *O*. Este arco ó faja circular tiene practicada en su medio una ranura por la cual pasan dos botones *r, r'* unidos á una lámina de metal *rhr'*, la que por consiguiente puede tomar diferentes inclinaciones en el círculo *ab*, y fijarse en aquella que convenga por medio de tuercas que acompañen á los botones *r, r'*. Sobre esta lámina de metal y unido á ella por medio de dos pequeñas argollas ó abrazaderas, hay un eje *to* en direccion de uno de los radios del arco *ab*; forma cuerpo con este eje una rueda perpendicular al *cd*, la que lleva en su parte inferior algunos dientes, y es movida por un tornillo sin fin situado en *h*, y sujeto á la lámina *rhr'*. En el extremo

de dicho eje to , que corresponde al centro del arco ab , se levanta una aguja prismática oe , la cual tiene en su union o con el referido eje un movimiento de rotacion, en el plano mismo que contiene dicho eje, de modo que puede formar distintos ángulos con el mismo, fijándola por medio de una tuerca de presion situada en el mismo eje o en el ángulo que convenga.

Esta aguja prismática oe se figura en detalle en la fig. 5^a; se ve en la planta que el eje to termina en su extremo en dos orejas circulares kk , $k'k'$, las que abrazan la aguja, girando esta entre ellas sobre un eje perpendicular. Por el corte y vistas se ve que la aguja consta de dos partes, la superior qe lleva en su parte inferior un eje qi que va introducido en un agujero practicado en la parte inferior de la misma aguja, de modo que dicha parte superior puede dar vueltas libremente sobre la inferior. Forman cuerpo con esta parte inferior dos ejes zx , $z'z'$, que atraviesan las orejas kk , $k'k'$, y terminan en rosca para oprimir estas orejas por medio de tuercas uu , $u'u'$. La parte superior de la aguja lleva en su medio una ranura qe , y próximo á su extremo superior un pasador s . Esta ranura está destinada á recibir la pieza plana mn (fig. 3^a), la cual lleva ella misma otra ranura nu , en la que corre libremente el pasador s . La misma pieza plana termina en su parte inferior en una esfera m , cuyo centro está exactamente sobre la prolongacion de la línea que pase por enmedio de la ranura nu : unido á esta esfera por medio de un mango hay un espejo xy cuyo plano es perpendicular al jl de la pieza, y paralelo á la ranura nu . La esfera m , que se ve en detalle (fig. 5^a) se mueve libremente dentro de otra esfera hueca, que termina por la parte superior en cuatro orejas rsr, que determinan entre sí otros tantos huecos srs para dar cabida á los mangos F , F' de la pieza nu , y espejo xy . Lleva tambien esta esfera hueca en su parte inferior un eje gg' , el cual se introduce en el brazo vertical pz , de la pieza qpx (figura 3^a) de modo que la esfera hueca puede dar vueltas horizontalmente sobre dicho brazo pz ; y con este doble movimiento podrá la pieza nm tomar todas las direcciones que se quieran.

La pieza qpx de que se acaba de hablar, está fija al

eje oq del instrumento por medio de una tuerca, y de tal modo dispuesta, que la línea om es paralela al diámetro central AB del círculo, y que la distancia om es igual á la os , por manera que el triángulo oms es siempre isósceles. Resulta de esta construcción que siendo la línea msn , y por consiguiente el plano del espejo xy , perpendicular á la línea que divide en dos partes iguales el ángulo som , cualquiera que sea la inclinación ó movimiento giratorio de la aguja prismática oe , los rayos de luz que vengán paralelos á esta aguja los reflejará el espejo paralelamente á la línea om , ó bien al diámetro AB del instrumento.

En la parte inferior del centro o del instrumento (fig. 3^a) lleva este un eje vertical, el cual se introduce en el mango ó agarradero que se representa en la fig. 4^a. El agarradero MN , es hueco, de metal, y suspendida á él en su parte superior por medio de dos círculos y ejes encontrados rr' , ss' , hay otra pieza también de metal que lleva en su centro un orificio PQ , en el cual se introduce por la parte superior el eje del instrumento y por la inferior un bastón ó barra PR , que tiene unido en su extremo inferior un peso F ; por manera, que con el auxilio de este peso y del doble movimiento de los ejes rr' , ss' el instrumento se mantendrá siempre horizontal. Si el plano del instrumento se quiere poner vertical, llevará para este efecto su mango ó eje un brazo perpendicular pq (fig. 7^a) que servirá para este objeto.

El círculo lleva además (fig. 2^a) un pequeño espejo de reflexión ee' , cuyo plano es perpendicular al del círculo, y que puede tomar con respecto al diámetro AB dos inclinaciones α y β' , de tal modo que los rayos de luz que reciba paralelos á este diámetro, los refleje en el primer caso sobre la pínula P y en el segundo sobre la P' . Inmediatas y á uno y otro lado del espejo hay otras dos pínulas QQ' .

Descritas ya las partes principales del instrumento, pasaremos á manifestar los principios en que se funda, y modo de hacer uso de él. Se sabe que la tierra, ó los resultados son los mismos de considerar que el sol, describe en 24 horas un círculo perpendicular al eje del mundo: un rayo cualquiera de

la luz solar que venga á la tierra, cuando el sol se encuentre sobre el plano mismo del ecuador, describirá con su movimiento este plano; mas cuando el sol se encuentre en alguno de los demas signos del zodiaco describirá un cono cuyo vertice estará en la tierra, y cuyo ángulo de inclinacion dependerá de la que en aquel dia tengan los rayos del sol respecto del plano del ecuador. Ahora bien, la inclinacion de los rayos del sol respecto del ecuador ó bien del eje del mundo nos es conocida: esta inclinacion está en su máximum por uno y otro lado del ecuador en los solsticios, y asciende á 23° y minutos: en los demas signos es menor, pero la misma en todos los años. Una tabla, pues, escrita sobre el mismo instrumento dará á conocer la citada inclinacion para todos los dias del año.

Esto supuesto, se preparará el instrumento del modo siguiente: Se colocará $r'o$ en la direccion rom paralela al eje de la alidada. Despues, habiendo sacado la alidada fuera del eje Oq (fig. 3^a) se colocará por medio de dos rebajos ii' (figura 1^a) perpendicularmente al plano del círculo, calculados ya los puntos en que se ha de apoyar sobre dicho círculo, de tal modo que el centro o del pequeño arco ab (fig. 3^a) esté exactamente sobre el eje oo perpendicular en su centro o al círculo del instrumento. Hecho esto, se fijará sobre la aguja prismática eo una prolonga (fig. 8^a) suficientemente larga para que su extremidad pueda marcar sobre el limbo del instrumento los grados y minutos. Por medio de esta prolonga se hará tomar á la aguja prismática oe (fig. 3^a) la inclinacion sobre el eje to que corresponda al dia del año en que nos hallamos, y luego se fijará invariablemente por medio del tornillo de presion situado en o . Acto continuo se dará movimiento á todo el sistema $rhkr'$ por medio de los botones r, r' , que se mueven á lo largo de la ranura practicada en el arco ab , hasta tanto que el eje to tome con respecto á la línea horizontal rom la inclinacion que corresponda á la latitud del lugar en que nos encontramos.

Si el arco ab está graduado con un nonius en la pieza $rhkr'$, el mismo nos servirá para hacer la preparacion que se acaba de describir; para el efecto se unirá la aguja oe al extremo t

del arco, y se moverá la pieza *rhkr'* hasta que el eje *to* forme con dicha aguja el ángulo que se desea: fijada en seguida la aguja *oe* al eje *to*, se moverá todo el sistema hasta que dicho eje forme con la horizontal *rom* el ángulo que corresponda á la latitud del lugar.

Preparado así el instrumento, y estando el plano del círculo horizontal, es claro que dando movimiento á la aguja *oe* por medio de la rueda *cd*, describirá dicha aguja un cono que será enteramente igual al que en aquel día describan los rayos del sol; si pues se hace de modo que dicha aguja *oe* sea paralela á los rayos del sol, inclinándola á la derecha del arco *ab* ó al occidente si es por la tarde, y al contrario si es por la mañana, se verificará que el cono que describe la tal aguja *oe* se confundirá enteramente con el que describen los rayos solares, y por consiguiente la línea ó eje *to* será paralelo al eje del mundo, y la alidada *A'B'* estará en direccion exacta de la meridiana.

Preparado pues de este modo el instrumento, se hará uso de él de la manera siguiente: por medio del tornillo *h*, *hh'* (fig. 2^a y 3^a), se hará girar la rueda *cd*, la que llevará una corta division en horas y cuartos, hasta ponerla en la que corresponda: verificado esto y manteniendo el instrumento en suspension con la mano izquierda, se dará vuelta á la alidada con la derecha hasta poner la aguja prismática *oe* paralela á los rayos del sol, moviendo algun tanto si todavia fuese necesario el tornillo *h*: á efecto de comprobar el paralelismo de esta aguja con los dichos rayos del sol, puede llevar á mayor abundamiento unas orejitas *vv*, *v'v'* (fig. 5^a); las dos superiores agujereadas de modo que cuando los rayos que penetren por sus agujeros se proyecten en las inferiores, la aguja tendrá el exacto paralelismo que se busca. Verificada esta operacion para medir un ángulo, se dirigirá la vista al objeto por las pínulas *PQ*, ó bien por las pínulas *P'Q'*, y se moverá la alidada hasta tanto que la imágen del sol reflejada por el espejo *xy* al *ce'* (fig. 2^a) se vea en este último espejo. Cuando simultáneamente se vea la imágen del sol por este espejo, y el objeto por las pínulas, se fijará la alidada, y el ángulo que ella marque sobre el lim-

bo, será igual al que la línea tirada desde el punto de estacion al objeto forma con la línea meridiana; porque en efecto, cuando esto se verifique, la aguja oe es paralela á los rayos del sol, y por lo tanto, la alidada está en direccion exacta de la dicha línea meridiana. Si por dirigir visuales á varios objetos la estacion durase algun tiempo sensible, se continuará moviendo la aguja oe á fin de mantenerla siempre en el plano horario correspondiente para que sea paralela á los rayos del sol.

El limbo llevará una sola division, pero dos numeraciones: la una principiará á contarse desde el punto en que la línea of , paralela á la que pasa por los puntos céntricos P, Q , de las pínulas PQ , corta á dicho limbo; y la otra desde el punto en que corte al mismo la línea $o\beta$, paralela á la que pasa por $P'Q'$. El objeto de estas dobles pínulas y doble numeracion, es que cuando por algun tropiezo del instrumento no pueda observarse un ángulo por unas pínulas, se verifique por las otras.

Para medir ángulos verticales, se situará el instrumento verticalmente por medio, como ya se ha dicho, del pequeño cilindro perpendicular á su eje pq (fig. 7^a) y de manera que el diámetro AB (fig. 2^a) esté horizontal. La alidada tendrá dos pequeñas pínulas que servirán para dirigir las visuales á los objetos cuyo ángulo vertical quiera medirse, y tambien para tirar nivelaciones aproximadas. Finalmente, si el instrumento se quiere fijar sobre un trípode ó estaca clavada en tierra, servirá el mango hueco MN y entonces se añadirán dos tornillos que muevan los círculos sobre los ejes $ss'rr'$ (fig. 4^a), á fin de poner el instrumento perfectamente horizontal ó vertical, comprobándolo con un pequeño nivel de aire.

Para guardar el instrumento se desarmará la alidada, pudiendo acomodarlo en una bolsa ó cartera, que podrá llevar el Ingeniero suspendida á la espalda por medio de unos cordones; los mismos cordones podrán tambien suspender el instrumento del pecho mientras el observador hace la anotacion de sus observaciones en su libro de memorias ó cartera.

Este instrumento, que llamaremos *círculo solar de reflexion*, se convierte fácilmente en simple círculo de reflexion.

Para el efecto, si el punto que ha de servir de base para referir á él todos los ángulos medidos desde el de estacion está elevado sobre el plano horizontal que pasa por este, lo mas sencillo será poner la aguja *oe* (fig. 3^a) en el plano vertical del círculo *ab*, y despues se moverá todo el sistema *rhkr'* hasta tanto que dicha aguja *oe* esté en direccion del objeto ó punto de base dicho, lo que se comprobará cuando mirando por las pínulas se vea la imágen de este reflejada por el espejo *ec'*. Verificada esta operacion preliminar, se observarán los ángulos á los diversos objetos dirigiendo visuales á cada uno de ellos por las pínulas, y moviendo la alidada hasta que se vea el objeto que sirve de base por el espejo: dicha alidada, marcará sobre el limbo los ángulos horizontales, ó bien las proyecciones horizontales de los ángulos que los diferentes objetos forman con el elegido para base.

Si este punto elegido para base estuviere en el mismo plano horizontal que pasa por el de estacion, ó por bajo de este plano, se hará entonces que la aguja *oe* forme un ángulo recto con el eje *to*, y luego se pondrá este eje *to* horizontal ó en la direccion *rom*. Moviendo entonces la aguja por medio de la rueda *cd*, describirá un plano vertical perpendicular á la alidada; se practicará despues la misma operacion referida anteriormente, de dirigir la aguja *oe* en direccion del objeto que haya de servir de base para referir los ángulos, y á continuacion se medirán estos del mismo modo ya dicho, pero teniendo atencion á que deberán contarse las divisiones del limbo desde el punto en que este marque 90° , por la razon que hemos expresado de ser la alidada perpendicular al plano descrito por la aguja *oe*.

Ultimamente, no es necesario descomponer el estado que tengan entre sí las líneas *to*, *oe* para observar por reflexion los ángulos que formen entre sí las líneas dirigidas á dos ó mas objetos. Con efecto, siendo *A* (fig. 10) el de estacion, y *B* el elegido para base, se moverá la rueda *cd* hasta que la aguja *oe* esté en direccion de este objeto: resultará entonces que el plano vertical que pasa por la aguja *oe* formará con la línea de la alidada un ángulo desconocido y constante tal como *aAB*.

Dirigiendo despues visuales á los objetos C, D , y moviendo la alidada hasta ver el objeto B por el espejo, se medirán realmente los ángulos DAa, CAa ; mas restádoles uno de otro se obtendrá el ángulo exacto DAC que forman entre sí las líneas dirigidas á los objetos D y C . El ángulo desconocido aAB es tambien muy fácil de medir; para conseguirlo se dirigirá por las pínulas una visual al objeto B , se moverá despues la alidada hasta ver este mismo objeto por reflexion en el espejo, y cuando esto se verifique la alidada nos marcará en el limbo la medida del ángulo que se busca aAB , por cuanto entonces el plano vertical que pasa por la aguja ae (fig. 3^a) será paralelo á la visual dirigida por las pínulas, y por consiguiente dicho plano vertical pasará por la division 0^o del limbo del instrumento.

Se ve pues con cuánta facilidad pueden medirse por reflexion los ángulos de unos objetos respecto de otros, obteniendo las proyecciones horizontales de estos ángulos, aun cuando los objetos esten en distintos planos de nivel, ventaja que no tienen los instrumentos ordinarios de reflexion. No es necesario añadir que igualmente pueden medirse los ángulos en el plano mismo de los objetos: para ello es suficiente poner horizontalmente la aguja ae .

Concluiremos por último esta descripcion indicando que en las pínulas QQ' puede añadirse una cerda horizontal que suba y baje con un tornillo, marcando en las mismas pínulas una escala, cuya unidad sea la centésima parte de la distancia $PQ, P'Q'$ que media entre ambas pínulas: por este medio al mismo tiempo que se midan los ángulos, podrá obtenerse el tanto por ciento de elevacion ó de presion, de las visuales dirigidas á los objetos respecto al plano horizontal que pase por el punto de estacion, y por consiguiente se obtendrán aproximadamente las diferencias de nivel de dichos objetos.

Debe tambien advertirse que no es condicion indispensable el que la línea om (fig. 3^a) sea horizontal y paralela al diámetro AB del círculo, sino que es suficiente que dicha línea om , se halle en el plano vertical que pase por dicho diámetro, y por lo tanto no habrá inconveniente en elevar ó bajar el punto m con tal

que no salga de este plano y esté siempre á igual distancia del punto o , obteniéndose así la imágen del sol reflejada por el espejo ee' (fig. 2^a) en diferentes puntos de las pínulas P ó P' .

Para proporcionar este movimiento puede hacerse que la pieza qpr (fig. 3^a) tenga la forma de un paralelógramo (fig. 9^a) de modo que sus lados puedan girar en sus uniones n , n' , n'' , n''' ; es claro que un punto m de la línea $n''' n'' m$ describirá con el movimiento un arco de círculo cuyo cenro estará en o , y cuyo radio será igual á nm' , ó $n'n'''$. Pero no es necesario que el punto m (fig. 3^a) tenga un movimiento continuo: basta que pueda fijarse á tres alturas distintas para llevar los rayos reflejados por el espejo ee' á tres puntos $gg'g''$ de la pínula PP , para que pueda abrazarse todo el campo vertical posible.

Hemos hecho la descripción de un instrumento manuable, tal que pueda llevarlo un Ingeniero consigo á campaña. Si se tratase de un instrumento fijo no debería ser de reflexión, y en tal caso estarían de mas las piezas qpr , y nm (fig. 3^a) La aguja oe se convertiría ella misma, ó tendría unido paralelamente un anteojo, por el cual se dirigiría la visual al sol para obtener la línea meridiana. A un teodolito ordinario puede añadirse con facilidad esta perfeccion, proporcionando al anteojo que lleva en su círculo vertical los movimientos convenientes: para hacer uso en tal caso de él se pondría el limbo en 0° , y moviendo todo el instrumento se dirigiría la visual al sol por dicho anteojo para obtener la línea meridiana; fijo despues en ella el círculo horizontal, se medirían los ángulos como á lo ordinario moviendo el círculo vertical, y su anteojo.

Cartera para trasladar los ángulos y figurar el croquis del terreno sobre el papel.

Esta cartera, que puede llevarla e Ingeniero colgada del cinturón del sable, se representa en la fig. 11, es cuadrada ó rectangular y unos cordones fijos á ella por la parte inferior sirven para colgarla del cuello. Un marco de metal $ABCD$ ancho y delgado, sirve para fijar el papel uniéndose á la cartera por medio de cuatro puntas de tornillo que forman cuerpo con el marco en su parte inferior en cada uno de los ángu-

los A , B , C y D , introduciéndose por unos agujeros practicados en el cuerpo de la cartera, al que se oprimen en la parte inferior con unas tuercas. El marco sobresale del borde de la cartera y lleva en su extremo tambien en la parte inferior un pequeño resalto, como se ve en perfil en la fig. 12 en que tambien se representa el tornillo. Una regla EF y un cuarto de círculo EGH pueden moverse libremente en todo el contorno del marco: con este objeto la regla tiene practicada en uno de sus extremos una ranura ef por la cual corre una clavija encorvada i (fig. 13) que abraza el resalto inferior del borde del marco. Por el otro extremo la regla y el cuarto de círculo pueden girar libremente al rededor del punto E centro de este, y para unirlos al marco y que pueda correr á lo largo de él lleva una pieza triangular hEk , la que en su lado hk tiene por su parte inferior un resalto semejante al del marco y que se adapta perfectamente á este, y ademas en el centro l del mismo lado una clavija encorvada igual á la i (fig. 3^a). Tiene tambien esta pieza triangular en su medio un tornillo de presion r para fijarla en el marco cuando convenga. El cuarto de círculo lleva tambien en sus extremos G , H , dos pequeñas piezas S , S' elásticas y que tienen la forma que se representa en la fig. 4^a con una pequeña nariz á su extremo: estas piezas tienen el objeto de que cuando el lado EG ó el EH del cuarto de círculo se adaptan á uno de los lados AB del marco, quede perfectamente unido y en línea con él; por lo demas no son del todo esenciales. En fin, la regla EF lleva tambien una abrazadera p que corre á lo largo de ella, y tiene un tornillo s con un calcador ó aguja á su extremo, de modo, que cuando se quiera se clave esta aguja ó calcador en el papel y en un carton grueso que se pondrá debajo de este y del marco. En fin, la regla EF llevará sobre toda su longitud una escala dividida en décimos y céntimos, y los lados del marco llevarán tambien una division ó escala; el cuarto de círculo EHG estará graduado, y unido á la regla podrá añadirse un pequeño nonius t , así como otro pequeño nonius t' podrá adherirse á la corredera p .

Para hacer uso de la cartera, supóngase que s es un punto de estacion: se dirigirá primeramente la regla por este punto

de tal modo que venga exactamente sobre alguna de las divisiones de la regla EF , despues de lo cual se apretará el tornillo r de la pieza hEk , y teniendo fija la regla, se moverá la corredera p hasta tanto que la aguja ó calcador s caiga sobre el punto indicado exactamente, y para este efecto la anchura de dicha corredera será igual á un número par de divisiones de la regla, por *eg* á 6, de manera que si el punto de estacion marcado cae sobre la division 11, v. g. de la regla, se colocará la corredera de modo que uno de sus bordes venga sobre la division 8 y la otra sobre la 14, con lo que la aguja s caerá exactamente en el punto que se desea: se clavará pues esta aguja al carton, y alfojando el tornillo r se moverá la regla para marcar los ángulos. Cuando los ángulos observados caigan á la derecha de la línea meridiana, el cuarto de círculo EGH tendrá la posicion que se marca en la figura; cuando dichos ángulos caigan á la izquierda de dicha línea se hará girar este cuarto de círculo de modo que el lado EG sea el que se adapte sobre el AB del marco; en fin, si la visual se hubiese de trazar en la parte que ocupa el cuarto de círculo EGH , de modo que fuese éste impedimento para efectuar dicha traza, se dará vuelta á la regla hasta tanto que el dicho cuarto de círculo EGH se adapte al lado opuesto CD del marco; por manera, que con este doble movimiento, cualquiera que sea la direccion de la visual podrá fácilmente trazarse. Solo habrá sin embargo un caso en que esto no pueda verificarse, y es cuando hallándose la visual en uno de los ángulos tenga la direccion JL , de modo, que se halle comprendida dentro de la extension del cuarto de círculo EGH ; pero para este caso servirá una pequeña escuadra de metal que irá colgada de un hilo ó cordon: colocando el cuarto de círculo en el ángulo opuesto C , se dirigirá la regla de modo que forme con el lado CD ó AB un ángulo igual al complemento del observado, y adaptando despues la escuadra marcará la direccion de la visual. Para mover la regla en estas operaciones, se hará cogiendo el tornillo r , y luego que esté en el ángulo correspondiente se fijará apretando este tornillo. En fin, si teniendo la regla una posicion invertida la parte saliente *if* tropieza en el pecho, se dará vuelta á

toda la cartera. Cuando siguiendo el curso de un río ó camino se vayan trazando sus recodos ó sinuosidades, servirá la escala marcada sobre la regla *EF*. Supóngase que *s* es un punto de estacion ó partida, trazamos en él la visual al punto *x*, y medimos la distancia *sx*; supóngase que esta sea 90 piés, y que el punto *s* caiga sobre la regla en una division que corresponda á 255 piés; sumando esta cantidad de 255 con la de 90, será el resultado 345: correremos pues la abrazadera *p* sobre la regla hasta un punto *x* que corresponda á la division 345 de la escala. Fijando en él la corredera trazaremos la nueva direccion *xy*, y practicaremos á continuacion lo mismo, es decir, que medida la distancia *xy*, se sumará con el número que corresponda al punto *x* en la escala de la regla despues de puesta esta en la direccion *xy*. Si la operacion hubiese de continuar fuera del papel añadiendo otra hoja, se observará el punto en que la última visual *z'* corta al lado *CD* del marco, para lo cual servirá la division que hemos dicho debe llevar este marco, y se observará igualmente en la escala de la regla la distancia *yz'*; despues quitando la hoja y poniendo otra, se observará en el lado *AB* la division correspondiente al punto *z'*, se trazará la línea *z''z* con la inclinacion correspondiente, y por último se tomará la distancia *z''z* igual á la diferencia que haya entre la distancia medida y la *yz'*.

Por este medio aun cuando el cróquis que se figure haya de constar de cuatro, seis ó nueve hojas con respecto á la magnitud de la cartera, podrán fácilmente prolongarse la traza de las visuales de unas en otras. Para la muda de las hojas podrán estas estar pegadas por dos de sus lados extremos, á unas cintas con las cuales se entren y saquen aflojando el marco *ABCD*, ó mejor todavía podrán estar pegados á unos cuadros delgados de madera ú otra materia flexible ó aun simplemente de carton, pero cuyo corte se acomode exactamente al del carton grueso que hemos mencionado debe ponerse debajo del papel, de modo que al colocarlo queden embutidos uno en otro formando una sola superficie. Ultimamente, pudiera convenir que la línea meridiana, no tenga precisamente en el plano una direccion paralela al marco, sino otra *RQ* inclinada

al mismo: en este caso podrá verificarse la traza con la misma facilidad, y solo será necesario añadir ó quitar de los ángulos observados el *QRP* que deba formar la direccion de la meridiana con la del marco.

Se ve pues que con el auxilio de la cartera que acabamos de describir, puede fácilmente trazarse en el mismo campo y á medida que las observaciones vayan practicándose, el croquis ó dibujo del terreno.

Cámara oscura en un globo aerostático.

Para terminar expondremos algunas ideas sobre el modo que pudiera servirse de la cámara oscura y de los globos aerostáticos para figurar la planta de un terreno.

Supóngase un globo de bastante volúmen, para tener una fuerza de ascension bastante crecida, de modo, que atada una cuerda en la parte inferior del globo y sujeta esta en la tierra, dicha fuerza de ascension del globo la mantenga en una fuerte tension. Elevado el globo en un dia sereno, en que á lo mas se perciba una corriente de aire casi insensible y uniforme, podrá servir para mantenerlo en una posicion determinada y quieta, una cola de materia ligera unida al mismo, ademas de algunas cuerdas oblicuas que lo sujeten á algunos puntos sobre la tierra. La cámara oscura irá suspendida del globo, y el marco en el cual deba colocarse el papel trasparente que haya de recibir las imágenes, podrá girar sobre dos ejes horizontales (fig. 15), de modo que por medio de un peso se mantenga siempre en situacion horizontal: ademas todo el sistema podrá girar el rededor de otro eje vertical, de modo que sea fácil dar vueltas al dicho marco. Debajo de este y de modo que corresponda exactamente á la línea vertical que pase por el centro del papel, estará el orificio ó lente *a* (fig. 16) por el cual haya de penetrar la luz; la plancha ó lámina en que este orificio esté abierto podrá alejarse ó aproximarse del marco del papel *AB*, y una escala marcará la distancia á que se fije de dicho marco. Esto supuesto, supongamos ahora que el globo se ha elevado 500 varas, y que la plancha *CD* se ha colocado de la *AB* á una distancia tal, que correspondía en la

escala del plano á la magnitud de las 500 varas sobre el terreno. Si el terreno AB (fig. 17) es un plano horizontal, se dibujará en su verdadera semejanza aunque invertido sobre el papel trasparente colocado en el marco ab ; mas cuando el terreno sea accidentado no se verificará la misma propiedad. En este caso ascendiendo el globo á una distancia mayor de 1000 varas por eg , se colocará la plancha CD (fig. 16) á una distancia que marque en la escala las mismas 1000 varas: resultará en este caso que los puntos que se hallen sobre el plano horizontal AB (fig. 17) tales como A y B , se dibujarán sobre el papel $a'b'$, de tal manera que las distancias $o'a'$, $o'b'$ serán iguales á las oa , ob en que se dibujaron en la primera posición; mas un punto m que esté bajo el plano horizontal AB , se dibujará sobre el papel ab en n , y sobre el $a'b'$ en n' de tal manera que la distancia on será menor que la $o'n'$, porque tirando desde el punto i la línea it , la distancia ot será igual á la $o'n'$; pero esta distancia $ot > on$, luego $o'n' > on$. Si desde el punto o' concebimos tomada la distancia $o'r = oq$, y la $o's = on$ y se tira la recta rsh , resultará ésta paralela á la mgn , y por la semejanza de los triángulos se deducirá que la altura hx' guarda con la real y efectiva mx la misma proporción que la escala del plano guarda con la magnitud real del terreno, y por consiguiente llevando esta altura hx' sobre la escala, dará á conocer la depresion del punto m ; respecto al plano AB la misma proporción guardará tambien la distancia $o'x'$ respecto á la Ex , y por lo tanto x' será la verdadera proyección en el plano del dibujo del punto m . Observamos igualmente que siempre que el globo se eleve en la vertical EOo' , las líneas mq , mq' se hallan en el plano vertical que pasa por dicha línea EOo' , y por consiguiente su proyección en el plano horizontal, será una sola línea que pasará por el punto ecéntrico E .

Sentados estos principios para obtener el plano y dibujo del terreno, se tendrán preparados dos papeles divididos en sectores y círculos concéntricos (fig. 18) ó bien simplemente en sectores: uno de ellos $ABCD$ se colocará en el marco de la fig. 15 para la primera estación; elevado el globo á distancia de 500 varas por eg , se colocará el marco de modo que

un objeto notable m , tal como un árbol ó una piedra, se dibuje en uno de los radios OB , y despues manteniendo el marco de modo que la imágen de este objeto esté siempre en el mismo punto, se irán dibujando todos los contornos de las singularidades que ofrezca el terreno. Si este es llano, se trazarán los caminos, arroyos, cercas de huertas, límites de viñas ó heredades, &c., &c., y si es accidentado se trazarán los contornos de las cumbres y bases de las montañas, las regatas y veredas que suben á ellas, los árboles, límites de diferencia de plantas, peñas y otros objetos notables que en ellas haya, haciendo uso para este dibujo de lápices de diferentes colores á fin de evitar confusion. Concluida esta primera operacion se quitará el papel $ABCD$, y se pondrá el $A'B'CD'$, y se elevará el globo á una distancia mayor de 900 á 1000 varas por eg , se dará despues vuelta al marco hasta conseguir que la imágen del punto ó objeto m , se figure en m' , sobre el radio $O'B'$ correspondiente al OB , con lo que estará orientado, y luego se trazarán las singularidades del terreno como en el caso anterior. Con estas dos trazas ó dibujos se tendrán ya los datos necesarios para figurar la planta del terreno y las alturas relativas de sus diversos puntos. Con efecto, sean $abcd$, $a'b'c'd'$ las imágenes trazadas de una misma regata en ambos papeles; los puntos $a, b, c, d, a', b', c', d'$, en que estas trazas son cortadas por los radios que parten de los puntos o, o' , serán las imágenes de unos mismos puntos de la regata en cuestion sobre el terreno, por la propiedad que enunciamos de que los rayos de luz mq, mq' (fig. 17) que parten de un mismo punto m del terreno, se proyectan en la misma línea que pasa por el punto céntrico E correspondiente ahora á los O, O' (fig. 18). Esto supuesto habiendo tirado una línea indefinida OR (fig. 19), y levantando una perpendicular en su extremo Oq' , se tomarán sobre esta las distancias oq, oq' iguales á aquellas á que se haya colocado el orificio a (fig. 16) del marco ó papel AB : tomando luego las distancias ob, ob' (fig. 19) iguales á las ob, ob' (figura 18) y tirando las líneas $qb, q'b'$, el punto w en que se cortan representará el del terreno, y bajando la perpendicular uw , la magnitud de esta representará la depresion del pun-

to bajo el plano de nivel que se considera, y la distancia ou' será la correspondiente á la proyección horizontal del mismo punto; en otro tercer papel, pues, dispuesto como los de la figura 18, se llevará sobre el radio correspondiente la distancia ou' , y repitiendo esta operacion con todos los demas puntos se trazará la planta ó plano del terreno que se desca: al mismo tiempo por medio de las alturas tal como nu' , se podrán ir trazando sobre el plano las curvas de nivel correspondientes á dicho terreno, é igualmente podrán trazarse cualesquiera perfiles de caminos, regatas ú otros objetos. Resulta pues, que se tienen los datos para conocer el terreno con todo detalle y exactitud, siendo suficientes aun para trazarlo en bulto.

He terminado la explicacion de las ideas que me atrevo á elevar á las superiores manos del Excmo. Sr. Ingeniero general, impulsado tan solamente por el deseo del mejor servicio y lustre del Cuerpo. No acompaño modelo del instrumento que he llamado círculo solar de reflexion, por no hallar en esta plaza artista que lo hubiera cjeutado con la delicadeza necesaria, mas la explicacion da á conocer suficientemente su estructura, y con su auxilio puede fácilmente construirse dicho modelo, caso de conceptuarse digno.



