GB 1161548

Cpl Fr. Coronel Dr. Eugenio
Quintero Gonzalez, le suplico
Acepte este ejemplar
El Autor

LECTURA DE PLANOS

Y

LEVANTAMIENTOS RÁPIDOS É IRREGULARES.

LECTURA DE PLANOS

Y

LEVANTAMIENTOS RÁPIDOS É IRREGULARES,

PROPIOS PARA LAS NECESIDADES Y MISION

DE LOS OFICIALES DE LAS ARMAS GENERALES,

POR EL

CORONEL GRADUADO, TENIENTE CORONEL DE EJÉRCITO, CAPITAN DE E. M.

D. JOSÉ JOFRE Y MONTOJO,

PROFESOR DE TOPOGRAFIA Y GEOGRAFIA

EN LAS CONFERENCIAS MILITARES DE INFANTERIA DE VITORIA.

Obra declarada de texto para las de todos los distritos militares por Real órden de 23 de Mayo de 1881.

Pedro Romero de Mi
Jerez, 1926

BÚRGOS: 1881.

IMPRENTA DE D. TIMOTEO ARNAIZ, plaza de Prim, núm. 17.

Es propiedad de su autor.—Queda hecho el depósito que marca la ley.

REAL ÓRDEN.

MINISTERIO DE LA GUERRA=EXCMO. SR:

En vista de la obra que V. E. remitió á este ministerio en 18 de Noviembre próximo pasado, titulada *Lectura de planos y levantamientos rápidos é irregulares, propios para las necesidades y mision de los oficiales de las armas generales*, escrita por el teniente coronel de ejército, capitan del Cuerpo de E. M. D. José Jofre y Montojo, profesor de las conferencias de oficiales de Vitoria: S. M. el Rey (q. D. g.), de conformidad con lo informado por la Junta Superior Consultiva de Guerra, se ha servido declarar dicho trabajo comprendido en el caso segundo de la Real órden circular de 30 de Setiembre de 1878; y en tal concepto concede á su autor el grado de coronel, en premio á su aplicacion y laboriosidad.

Es al propio tiempo la voluntad de S. M., de

acuerdo con lo propuesto por V. E., asi como con lo informado por dicha Junta y Director general de E. M., que la mencionada obra se declare como de texto en las conferencias de oficiales de los distritos.

De Real órden lo digo á V. E. para su conocimiento, con devolucion de la referida obra, debiendo V. E. tan luego se imprima, reclamar y remitir á este centro los 18 ejemplares prevenidos.=Madrid 23 de Mayo de 1881.—Arsenio Martinez de Campos.—Dios guarde á V. E. muchos años.*Sr. General en Jefe del Ejército del Norte.*

INTRODUCCION.

En Enero de 1878 tuve el honor de ser designado por el Excmo. Sr. General en Jefe del Ejército del Norte, D. Genaro de Quesada, para desempeñar en las conferencias militares de infanteria que, por su iniciativa y como ensayo, se propuso establecer en Vitoria, la clase de Topografia.

El corto periodo de cinco meses, que en un principio se dió como de duracion á cada curso, me obligó desde luego á redactar unos lijeros apuntes, muy elementales, para los SS. oficiales que asistieron á este centro de enseñanza militar; y más tarde, la circunstancia de haberse prolongado hasta diez meses los cursos, unida á la de continuar explicando desde aquella fecha esta materia, y muy particularmente la de no haber visto la luz pública, durante este tiempo, obra alguna que satisficiese las condiciones de

este estudio, dentro de los límites propios que deben corresponder á los SS. oficiales de las armas generales, me ha alentado, aunque con natural temor por mi insuficiencia, á ir modificando y ampliando mis primeras explicaciones hasta como hoy las presento.

Si fuese considerado este trabajo como de alguna utilidad para nuestro ejército, y hubiese tenido la suerte de acertar, condensando y reuniendo en tan pocas páginas lo indispensable al objeto propuesto, veria colmados mis deseos y satisfecha mi mayor aspiracion.

PRELIMINARES.

Objeto de la Topografia.—La Topografia tiene por objeto representar geométricamente, por medio del dibujo, una parte de la superficie de la tierra con todos sus detalles, ya naturales ó creados por la mano del hombre; pero haciendo abstraccion de la forma elipsoidal de aquella.

Hipótesis admitidas para la ejecucion de los planos.—Como la figura general de la superficie de una parte de la tierra, si prescindimos del relieve y de los accidentes que en la misma existen, se aproxima mucho á un plano, la representacion sobre el dibujo de todos los puntos, lineas, superficies ú objetos cualesquiera que percibamos en la superficie del suelo, podemos hacerla como si fueran observados elevándonos bastante sobre el terreno, para que efectivamente pareciese completa-

mente plano. Por lo tanto, para la ejecucion de un plano topográfico tenemos que suponer la existencia de un plano ó *superficie de comparacion*, elejida de modo que sea inferior á todo el terreno en cuestion.

Planimetria.—Si proyectamos luego por normales todas las aristas de los diversos objetos, que se hallen sobre la superficie del suelo, obtendrémos una proyeccion ortogonal de las que forman entre si los diferentes objetos en el espacio, que nos permitirá medir los ángulos y distancias, y constituirá la *planimetria que, por lo tanto, tiene por objeto medir la proyeccion horizontal, es decir, todos los ángulos y distancias reducidas al horizonte.*

Nivelacion.—La nivelacion tiene por objeto darnos á conocer y representar el relieve del terreno, que obtendrémos conociendo la longitud de las ordenadas bajadas desde los diferentes puntos del mismo sobre la *superficie de comparacion.*

PRIMERA PARTE.

LECTURA DE PLANOS.

LECTURA DE PLANOS.

CAPÍTULO I.

Planimetría.

Escalas.—Como no conviene dar á las líneas del dibujo las mismas dimensiones que á las correspondientes del terreno, porque entónces perderiamos la ventaja de poder abarcar con la vista, dentro de los límites de una hoja de papel, los detalles de una gran zona, y serían por lo tanto inútiles los planos topográficos, se ha convenido en representar las líneas reducidas; pero guardando siempre una misma relacion, es decir, siendo todas la mitad, la décima,

la centésima etc. parte menores que las reales del terreno.

Esta relacion que existe entre las longitudes del dibujo y las proyecciones de las homólogas del terreno, es lo que se llama *escala numérica*; y se expresa por una fraccion ordinaria cuyo numerador indica la longitud tomada sobre el dibujo, y el denominador la correspondiente sobre el suelo. Conocida la escala numérica de un dibujo, se puede pasar de las longitudes de éste á las del terreno y recíprocamente. Asi, si queremos conocer, por ejemplo, la longitud natural correspondiente á tres centímetros, en un dibujo hecho en la escala de $\frac{1}{5000}$ diriamos; como un metro sobre el plano representa 5000 metros sobre el terreno, un centímetro sobre el plano representará $\frac{5000}{100}$ ó 50^m sobre el terreno. Por lo tanto, tres centímetros sobre el plano, representarán $3 \times 50^m = 150^m$ sobre el terreno. Tambien se podría establecer la siguiente proporcion: $1^m : 5000^m :: 0,^m 03 : x$, de donde $x = 150^m$.

Vamos ahora inversamente á hallar sobre el dibujo, la longitud correspondiente á 200 metros del terreno, por ejemplo, en la escala de $\frac{1}{10000}$, haciendo el siguiente raciocinio: Una línea

de 10000 metros sobre el terreno, está representada por un metro sobre el plano; un metro de terreno estará representado por $\frac{1}{10000}$ m sobre el plano, y 200 metros del terreno por $200 \times \frac{1}{10000} = \frac{200}{10000}$ m $= 0,^{m}02$; y tambien por la siguiente proporcion: 1^{m}: 10000^{m} :: x^{m} : 200^{m}, de donde $x = 0,^{m}02$.

Pero para evitarnos un cálculo cada vez que queramos pasar de las dimensiones naturales á las gráficas, ó recíprocamente, suelen construirse sobre los dibujos escalas gráficas, que permiten resolver estos problemas por una simple medida.

Las escalas gráficas son dos: la sencilla y la compuesta de mil partes ó de transversales; pero solo nos ocuparémos de la primera porque la segunda no suele tener aplicacion, sobre todo, en los planos topográfico-militares, levantados por procedimientos irregulares ó rápidos.

Construccion de las escalas.—Para construirlas buscarémos primeramente por el cálculo la longitud del dibujo correspondiente á una longitud natural de 100 ó de 1000 metros; despues trazarémos una línea recta, y, á partir de un punto de ella que se señala con un cero,

tomarémos hacia la derecha longitudes de cien en cien metros, si el dibujo está hecho en una escala grande, y de mil en mil si la escala es pequeña (fig. 1.ª); y prolongarémos por último la recta á la izquierda del cero una de estas longitudes, que dividirémos en diez partes iguales.

Las divisiones de la escala se figuran por un trazo perpendicular, debajo del cual se expresa con un número la cantidad de metros correspondiente á la porcion de la línea comprendida entre el trazo y el cero. No es necesario numerar todas las divisiones menores situadas á la izquierda del cero; y, para evitar confusion, suele hacerse únicamente de dos en dos, ó de cinco en cinco.

Uso de las escalas.—Para conocer por medio de la escala cual es la distancia que en el terreno (1) separa dos puntos situados sobre un plano en la escala de $\frac{1}{10000}$, por ejemplo, se toma su separacion con un compás, se fija la punta de la izquierda sobre el cero en a (fig. 1.ª) y se observa donde cae la otra del compás: supon-

(1) Lo decimos así para no adelantar ideas, pero entiéndase que esta distancia es la proyeccion horizontal de la correspondiente del terreno, y no la real.

gamos que lo verifica entre c y d, es decir, entre 200 y 300 metros; esto nos indicará que la distancia está comprendida entre dichos números, y, por lo tanto, se colocará una de las extremidades del compás en el punto 200, y la otra se llevará hacia la izquierda. Si cayese en la division señalada con 50, por ejemplo, deduciriamos que la distancia medida es de 250 metros; y si lo verificase entre las divisiones 40 y 50, podrán apreciarse á ojo las unidades de metros.

Escalas usuales para los levantamientos militares.—Las escalas de $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$ y $\frac{1}{5000}$ se emplean generalmente por los cuerpos facultativos, para que aparezcan con más ó ménos detalles las obras de fortificacion; la escala de $\frac{1}{10000}$ se usará para planos de poblacion, de un canton, de un campamento para una division, para reconocimientos especiales y campos de batalla de regular extension; la de $\frac{1}{20000}$ para itinerarios, cercos de plaza, campamento de un ejército, reconocimiento de ferro-carriles, de un pais enemigo y campos de batalla extensos; la de $\frac{1}{100000}$ para cartas detalladas de las operaciones de un ejército ó de una frontera, y para las reducciones de los itinerarios, de modo

que un solo volúmen contenga los de un distrito militar; y, por último, la de $\frac{1}{500000}$ para la carta itineraria militar de España.

Signos convencionales para la planimetria.—En cuanto á los signos convencionales oficiales empleados para la representacion por medio del dibujo de los objetos, ó plantaciones y construcciones existentes en los terrenos, nos referirémos á las indicaciones de la lámina 1.ª; advirtiendo únicamente cuán conveniente será familiarizar y acostumbrar la vista á reconocerlos y dibujarlos sin dudas ni vacilaciones.

CAPÍTULO II.

Nivelacion.

Pendiente.—Se entiende por pendiente de una recta su inclinacion sobre un plano horizontal. Puede expresarse de dos maneras; bien indicando en grados el ángulo que forma con su proyeccion horizontal, ó bien dando á conocer cuánto se eleva ó desciende un punto móvil que recorra esta línea en el trayecto correspondiente á una cierta longitud horizontal, que es su proyeccion.

Así, (fig.ª 2.ª) la línea *A B*, como tiene por proyeccion á *A' B*, y estas dos líneas forman un ángulo de 18° 30', la pendiente de *A B* es de 18.° 30', ó bien se dice que es de $\frac{1}{3}$, porque desde *B* hasta *A* teniendo la línea *A B* la inclinacion de 18°. 30', se eleva uno verticalmente

un metro ($A\ A' = 1^{m}$), para tres metros de camino ó longitud horizontal ($A'\ B = 3^{m}$). Se puede, pues, expresar la pendiente de una linea $A\ B$, por una fraccion ordinaria que tenga por numerador la altura $A\ A'$, y por denominador la base $A'\ B$ del triángulo rectángulo $A\ A'\ B$, que sirve para determinar gráficamente la proyeccion de esta línea $A\ B$. Así podrémos decir, pendiente de $A\ B = \frac{A\ A'}{A'\ B} = \frac{1}{3}$.

Límites de las pendientes accesibles á las diferentes armas.—Cuando la inclinacion del suelo llega á 45°, de modo que la pendiente es de $\frac{1}{1}$, difícilmente podrán subir los hombres ayudándose con las manos; puede, por lo tanto, considerarse como inaccesible para las operaciones de la guerra.

Por la pendiente de 18° 30, es decir, $\frac{1}{3}$, pueden subir los ginetes aislados.

La pendiente de 14° ó $\frac{1}{4}$ es inaccesible á carros.

La artilleria montada no puede maniobrar, y la caballeria cesa de cargar, en una pendiente que pase de 10° ó $\frac{1}{6}$.

En las pendientes inferiores á 5° ó $\frac{1}{12}$, las evoluciones de las tres armas se hacen con fa-

cilidad; sin embargo, si se carga descendiendo, deben llevarse los caballos con cuidado.

Representacion del relieve por curvas horizontales.—Para hacer ver cómo puede obtenerse el relieve del terreno por medio de curvas horizontales, llamadas curvas de nivel, advertirémos que todos los puntos de ellas, segun su nombre lo indica, se hallan situados á una misma altura por encima del nivel horizontal de las aguas del mar. Nos formarémes una idea de estas lineas suponiendo que la primera de ellas fuese la trazada en el suelo por el nivel de las aguas del mar, si se elevasen estas á una altura de 20^m por ejemplo; que despues de determinada esta curva por el agua que lamiera la superficie de la tierra, se volviesen á elevar otros 20^m, obtendríamos una segunda curva y asi sucesivamente; esto supuesto, imaginemos que bajasen nuevamente á su nivel ordinario, y que por cualquier procedimiento hubiésemos podido dejar señalado sobre el terreno el nivel sucesivo que hubiesen tenido las aguas, y quedarían asi representadas las curvas horizontales ó de nivel. Estas pueden tambien considerarse como las líneas trazadas en el terreno, si con un inmenso

cuchillo se cortase la tierra horizontalmente á 20^m, á 40^m, á 60^m, etc. del nivel de los mares. Ahora bien, como estas curvas son horizontales, se proyectan en verdadera magnitud sobre un plano horizontal y el plano topográfico una vez reducidas aquellas á las dimensiones de la escala, las representa con la misma forma que tenían realmente en el terreno; de modo que la figura de las curvas de nivel sobre el dibujo, indica las ondulaciones del suelo en el sentido horizontal.

Equidistancia.—La altura de 20^m que, en el ejemplo dado para explicar las curvas mencionadas, supusimos se elevaba sucesivamente el nivel de los mares, es lo que se llama *equidistancia natural,* de modo que definirémos la *equidistancia natural, diciendo que es la diferencia de nivel constante entre dos curvas horizontales consecutivas de un dibujo topográfico.*

La equidistancia natural reducida á la escala del dibujo, se llama equidistancia gráfica. Asi, si tuviésemos un dibujo en la escala de $\frac{1}{10000}$, y con la equidistancia natural de diez metros, la equidistancia gráfica será la longitud que en el dibujo equivalga á diez metros del terreno, que

en este caso es igual á $10^m \times \frac{1}{10000} = 0^m.001$.

En todo plano topográfico la pendiente disminuye cuando la separacion horizontal de las curvas crece, y, reciprocamente, aumenta cuando esta disminuye. Conviene no olvidar esta indicacion, para saber si un terreno es más ó ménos accidentado.

Perfiles.—Algunos planos topográficos suelen ir acompañados para su mejor inteligencia, de perfiles que vamos á definir y construir. Si suponemos un terreno cortado verticalmente segun una cierta direccion *A F* (fig.ª 3.ª), la representacion en la escala del dibujo de la línea, segun la cual la superficie del terreno ha sido cortada, se llama perfil segun *A F*.

Se obtiene tomando sobre una línea de magnitud *a f* = *A F* longitudes *a b'*, *b' c'*, etc. respectivamente iguales á las partes de la línea *A F*, comprendidas entre las diferentes curvas horizontales y trazando en los puntos de division perpendiculares iguales á las diferencias de nivel de los puntos correspondientes del terreno, con relacion al más bajo del perfil.

CAPÍTULO III.

Estudio geométrico de las formas del terreno.

Excepciones de continuidad de curvas.—Las proyecciones de diversas curvas horizontales no se superponen sino en el caso de querer representar rocas verticales á plomo. En general son líneas de curvatura continua, á excepcion de cuando pasan por una arista saliente ó entrante, (fig.ª 4.ª) en cuyo caso forman un ángulo bien determinado. Harémos otra excepcion respecto á las curvas determinadas por un plano de nivel tangente á una superficie especial del terreno, como podría suceder con el representado por la (fig.ª 5.ª), que á partir del punto P se eleva en sentido de P_1 y de P_2 y desciende en sentido de P_3 y P_4; estas curvas no

son en realidad sino el límite hacia donde convergen las curvas de convexidades opuestas.

Líneas de máxima pendiente.—Se llaman líneas de *máxima pendiente* las que tienen sus elementos normales, en realidad y en proyeccion, á las secciones horizontales sucesivas.

En el caso de una arista saliente ó entrante, las líneas de máxima pendiente serán $P_1\ P'_1$, $P_2\ P'_2$ etc.

En el caso de la segunda excepcion de continuidad, expresada por la (fig.ª 5.ª), pasarán por el elemento horizontal P de la superficie, cuatro líneas de máxima pendiente $P\ P_1$, $P\ P_2$, $P\ P_3$, y $P\ P_4$.

Cuando la línea $a\ a'$ (fig.ª 4.ª) representa una arista saliente, la gota de agua que caiga en un punto a_1, de ella, se dividirá en dos partes que correrán; la una siguiendo la direccion $a_1\ P_1$, y y la otra la $a_1\ P'_1$. Pero cuando sea una arista entrante, las gotas que caigan seguirán la direccion de las líneas de máxima pendiente que pasan por estos puntos, hasta que lleguen á la línea $a\ a'$; y si al llegar allí no llevan velocidad adquirida, no pueden subir la pendiente opuesta y correrán juntas siguiendo la direccion $a'\ a$.

Cuando, al contrario, las dos superficies situadas de un lado y otro de la arista $a\,a'$ presenten la disposicion de la (fig.ª 6.ª), la gota de agua puede seguir contínuamente la línea de máxima pendiente $P_1\,a_1\,P'_1$, cambiando solo de direccion al encontrar la línea $a\,a'$, ya sea esta arista saliente ó entrante.

Líneas de division y reunion de aguas.—En el ejemplo presentado en la (fig.ª 4.ª), las dos partes de una seccion horizontal, situadas á derecha é izquierda de la arista aa', forman ambas á dos con ella, bien ángulos agudos ó bien ángulos obtusos; y, por consiguiente, las dos partes $a_1\,P_1$ y $a_1\,P'_1$ de la misma línea de máxima pendiente, tienen, á partir de a_1, pendientes del mismo signo, ya ascendentes ó descendentes; lo que hace que esta línea aa' sea, segun los casos, una *línea de division ó de reunion de aguas*. En el caso de la (fig.ª 6.ª) las dos partes $a_1\,P_1$ y $a_1\,P'_1$ de una misma línea de máxima pendiente, forman con $a\,a'$ ángulos; de los que uno, $aa_1\,P_1$ es agudo y el otro $aa_1\,P'_1$ es obtuso; tendrán, á partir de a_1 pendientes de signos contrarios, y, por lo tanto, la línea $a\,a'$ podrémos llamarla línea de *cambio de pen-*

diente, sobre una superficie que presente una pendiente contínua, como sucede en las laderas con pendiente rápida de los valles y cañadas, donde se encuentran dichas líneas, cuando la naturaleza del terreno cambia por hacerse la pendiente más ó ménos suave.

En el caso de la (fig.ª 5.ª), la gota de agua que caiga en P_1 seguirá la línea de máxima pendiente $P_1 P$ y descenderá hasta el punto P, en que la pendiente es nula; pero como este punto es el culminante, en el sentido del perfil $P_3 P P_4$, esta gota no podrá permanecer allí y se dividirá en dos partes, que correrán separadamente por las dos líneas de máxima pendiente opuestas $P P_3$ y $P P_4$. Lo mismo podrémos decir respecto de una gota de agua que llegue á P recorriendo la línea $P_2 P$.

Depresiones del terreno.—Las depresiones del terreno, segun su importancia, reciben los nombres de *pliegues del terreno, cañadas y valles.*

Barranco.—Cuando la seccion transversal de la depresion, presenta un ángulo abierto hacia el cielo, y su importancia es poco considerable, se llama *barranco* (fig.ª 7 y 8); las

dos superficies *V*, *V'* se llaman *vertientes* y *a a' vaguada* (1) que viene á ser la línea que une de una manera continua los ángulos de las secciones horizontales. Estas últimas denominaciones son comunes á todas las depresiones del suelo, ya sean barrancos, cañadas ó valles.

Cañada.—Si por una causa cualquiera la canal formada por las dos vertientes se ha cegado, la seccion (fig.ª 9.ª) presentará un perfil cóncavo hacia el cielo, formándose lo que se llama *cañada.*

Valle.—Cuando la superficie de union de las vertientes ó laderas no presenta sino una ligera curvatura, se llama valle.

Si este fondo cóncavo fuese bastante ancho, convendrá no solo señalar la vaguada, sino á derecha é izquierda *las líneas que llamarémos de fin de pendiente ff, f'f'* que son sensiblemente paralelas á aquella (fig.ª 9).

Las laderas de los valles y cañadas, con vertientes rápidas, cortan frecuentemente la super-

(1) Vaguada es la palabra española equivalente á la alemana *thalweg*, con que todos los autores, á excepcion del coronel, comandante de E. M. D. Julian Suarez Inclán, han designado á dicha línea.

ficie de las mesetas del terreno por líneas que denominarémos *líneas de principio de pendiente*, formando aristas más ó ménos suaves que conviene saber buscar y expresar en los planos.

Líneas de máxima pendiente con pendiente mínima.—Uniendo los vértices de todas las curvas horizontales, se obtiene una línea de máxima pendiente, que goza de la propiedad de tener, mirando hacia arriba, una inclinacion menor que todas las líneas de máxima pendiente inmediatas, es decir, que es tal que las longitudes de las partes comprendidas entre dos secciones horizontales consecutivas, son mayores que en las demas líneas de máxima pendiente. Esta es *la vaguada* donde se reunen todas las aguas que caen sobre las dos vertientes.

Líneas de division de aguas.—Las cañadas se encuentran naturalmente separadas por una superficie bombeada. (fig.ª 10). Si suponemos que en el punto *c* convergen dos vaguadas, y que trazamos sobre el contrafuerte intermedio una línea de máxima pendiente *cp*, esta es la que toma el nombre de *línea de division de aguas*. Este nombre lo toma porque las

aguas pluviales se dirijen á una ú otra de las vaguadas *c d* ó *c g*, segun que caigan á la derecha ó izquierda de *c p*.

Divisoria.—Cuando una línea de *division de aguas* separa dos vaguadas, casi paralelas, y está poco inclinada, toma el nombre de *divisoria*, *que definirémos diciendo que es la interseccion de las laderas de dos valles contiguos.*

Aunque las divisorias y barrancos han sido formados por la accion erosiva de las aguas pluviales, las formas de estas dos superficies no tienen los mismos caractéres. En los barrancos, la convergencia de las aguas hacia la vaguada les ha dado una fuerza erosiva considerable que ha producido, á la larga, la continuidad que se observa en la pendiente de las vaguadas. En las divisorias, al contrario, las aguas divergen, y por lo tanto su accion erosiva es muy pequeña; asi, la seccion transversal de una divisoria presenta de ordinario una curvatura mucho ménos pronunciada que la de un barranco.

Sin embargo, con frecuencia encontrarémos divisorias bastante inclinadas, de las cuales podrémos decir, como para las vaguadas, que son líneas de máxima pendiente con pendiente mí-

nima, si las miramos desde arriba, hacia la cual convergen todas las líneas de máxima pendiente inmediatas.

Punto de division de aguas.—La forma especial dada al terreno representado por la (fig.ª 5.ª), es lo que se llama *garganta ó puerto*. Las aguas que caigan sobre la divisoria se reunirán sobre estas depresiones, desde donde correrán á derecha é izquierda, dando nacimiento generalmente á dos cañadas laterales. El punto *P*, que es el más bajo de la divisoria, será el orígen comun de las dos vaguadas de estos barrancos, y estas líneas se separan de *P*, siguiendo direcciones perpendiculares á la divisoria, en algunos casos como el de la (fig.ª 5.ª) y en otros no. A este punto *P* podrémos llamarle por lo tanto, *punto de division de aguas* con relacion á dichas líneas.

CAPÍTULO IV.

Problemas generales que pueden ocurrir en la lectura de planos.

Encontrar la altura de un punto situado entre dos curvas.—En todos estos problemas supondrémos que los dibujos están hechos en la escala de $\frac{1}{10000}$ y con la equidistancia de cinco metros, cuyos datos habrá que variar con la escala y equidistancia de cada plano.

Para encontrar la altura de un punto situado entre dos curvas de nivel, trazarémos, materialmente ó con el pensamiento, la normal *b c*, á las dos curvas inmediatas, (fig.ª 11) que pasa por el punto dado *a*, cuya altura buscamos; y segun su posicion sobre dicha línea *b c*, determinarémos en seguida aproximadamente, ó por

el cálculo, la diferencia de altura entre el punto a y la extremidad inferior de la misma. En este ejemplo, a está á los $\frac{2}{3}$ de la línea $b\ c$, á partir de la curva inferior; de modo que su altura será igual á la de dicha curva, y $\frac{2}{3}$ de cinco metros (equidistancia). Con más exactitud puede obtenerse por medio de la proporcion $\frac{a\ c}{b\ c} = \frac{x}{5}$, de donde $x = \frac{a\ c \times 5}{b\ c}$.

Deducir en un plano la pendiente de una recta.—Para hallar la pendiente de la recta $m\ n$ (fig.ª 11), mediremos la distancia horizontal $m\ n$ por medio de la escala del dibujo, y supongamos sea igual á 200 metros, buscaremos en seguida la diferencia de nivel entre m y n, que en este caso es de 10 metros, y segun la definicion de la pendiente tendremos: pendiente de $m\ n = \frac{10}{200} = \frac{1}{20}$; ó bien, construyendo un triángulo rectángulo cuyos catetos fuesen, el horizontal de 200 m y el vertical de 10 m, la pendiente estaría dada por el valor, en grados, del ángulo opuesto al cateto vertical.

Apreciar la verdadera distancia entre dos puntos de un plano.—Para apreciar la verdadera distancia que existe entre dos puntos del terreno, indicados en un plano, se

construirá el triángulo mencionado en el problema anterior; y se medirá, en la escala, la hipotenusa, cuya longitud es la que buscamos, si suponemos que la pendiente es uniforme entre los dos puntos dados.

Trazar un camino con una pendiente determinada.—Si quisiéramos trazar sobre el plano un camino de pendiente determinada, que uniera dos puntos de alturas diferentes, será necesario que la longitud de aquél, comprendida entre dos curvas consecutivas, sea tantas veces mayor que la equidistancia, como indique el denominador de la fraccion que expresa la pendiente del camino. Esto sabido, reduciremos el número de metros, así obtenido, á la dimension indicada por la escala del plano; y describiremos arcos de círculo, haciendo primero centro en el punto más bajo hasta que corte á la curva inmediata superior, luégo en el punto obtenido y así sucesivamente. Para terminar, sólo tendremos que unir por un trazo continuo todos los puntos de interseccion de los arcos con las curvas.

Averiguar si desde una altura se verá otra separada de esta por una tercera.—Suponiendo que tres alturas se ha-

llen en un dibujo próximamente en linea recta, podremos desear saber si desde la cúspide de una de las extremas se verá la que está separada de la primera por la intermedia (fig.ª 12); y para ello construiremos un triángulo rectángulo *A' a c* cuya base sea *a c* igual *A C* y su altura *A' a* igual á la diferencia de nivel de las dos alturas extremas, que será 25 — 15 = 10; hecho esto, se señalará, en la base *a c* del triángulo construido, el punto correspondiente á la cúspide *B* tomando *a b* = *A B*; en *b* se levantará, con arreglo á escala, una perpendicular *b B'* igual á la diferencia de altura entre la eminencia central *B* y la más baja *C* de las dos extremas; y si esta linea *b B'* encontrase á *A' c* no se veria desde la cúspide *A* la *C;* lo contrario sucederia si no llegase la *B' b* á encontrar á *A' c*.

Este procedimiento, aunque expedito, puede ser en algunos casos erróneo, y, por lo tanto, será más conveniente construir el perfil (pág. 23), y ver si es ó no cortado por la recta que una las dos cúspides extremas, para deducir que no se verá la *A* desde la *C* en el primer caso, ó que será visible la una desde la otra, en el segundo.

CAPÍTUTO V.

Orientacion.

Puntos cardinales y rosa de los vientos.—La posicion invariable de la estrella polar, cuya situacion en el cielo explicaremos como se halla, se llama Norte. La direccion opuesta Sur ó Mediodia, perpendicularmente á la linea determinada por el Norte y el Sur, se encuentra el Este ú Oriente á la derecha, mirando hacia el Norte, y el Oeste ú Occidente á la izquierda. Estos cuatro puntos principales se llaman *puntos cardinales:* las direcciones intermedias toman el doble nombre de las que las comprenden; asi, el Sudoeste se encuentra exactamente entre el Sur y el Oeste. Todas estas direcciones constituyen *la rosa de los vientos.*

Qué se entiende por orientarse.— Orientarse es la operacion que consiste en reconocer una cualquiera de las direcciones de la rosa de los vientos, principalmente la de un punto cardinal. Vamos á indicar diversos procedimientos para orientarnos.

Por la Polar.— Para orientarse por la noche basta conocer la posicion de la estrella Polar, pues así sabremos donde se halla el Norte.

La Polar es una de las estrellas que constituyen la constelacion llamada *Osa menor*, y se halla su posicion por medio de otra constelacion de la misma forma, pero cuyas estrellas brillan más que las de esta, que se llama *Osa mayor* (fig.ª 13). Cada una de estas dos constelaciones se compone de siete estrellas, cuatro en forma de trapecio, y tres casi en línea recta. La Polar *P* se encuentra prolongando con el pensamiento la línea *A B*, cinco veces su longitud, á partir de *A*.

Por medio de la hora y de la altura del sol.—Para orientarnos por medio de la observacion y comparacion de la hora y de la altura del sol sobre el horizonte, sólo recor-

daremos que suponiendo dirigida la vista al sol, éste siempre se mueve aparentemente hacia nuestra derecha, y ademas que á las doce del dia nos indica la direccion del Sur; á las seis de la mañana la del Este; y á las seis de la tarde la del Oeste.

El sol se mueve, por lo tanto, aparentemente un cuarto de círculo hacia la derecha en seis horas; medio cuarto de círculo en tres horas; y la sexta parte de un cuarto de círculo en una hora.

Si se quiere, á una hora cualquiera de la mañana, entre las seis y las doce, encontrar uno de los puntos cardinales, es necesario dar frente al sol, y luego girar á la izquierda para encontrar el Este, ó á la derecha para hallar el Sur, haciendo el giro más ó ménos grande, segun la hora del dia en que nos hallemos. Así, á las nueve de la mañana, por ejemplo, en que el sol está próximamente en la direccion del Sudeste, se encuentra el Sur haciendo un medio giro á la derecha, ó *medio derecha*; y el Este haciendo *medio izquierda*.

Concordancia de las posiciones del sol con las direcciones de la rosa de los vientos.—Vamos á expresar en la

(fig.ª 14) la concordancia de las posiciones del sol, á ciertas horas del dia, con las direcciones dadas por la rosa de los vientos, para comprender fácilmente cuanto habremos de girar á la derecha ó izquierda, al mirar directamente al sol para dar frente despues á un punto cardinal.

Para orientarnos por medio del sol con una aproximacion suficiente, trazaremos sobre el suelo la direccion *B a* de la sombra de una vara vertical *A B* (fig.ª 15), y despues de haber visto en el reloj la hora en aquel momento, (supongamos sean las dos) se trazará una perpendicular *a C* á la sombra *B a*, que dará la direccion en que se encontraba el sol seis horas ántes. Se divide el ángulo recto *B a C* en dos partes iguales, y en seguida el *D a B* en tres partes tambien iguales. Cada uno de estos últimos ángulos, así determinados, como corresponde al movimiento que efectúa el sol en una hora, indican que la direccion *a S* es la que tenía el sol á las doce, hora en que, segun hemos dicho, indicaba la direccion del Sur; por consiguiente ya estaremos orientados.

Cuando nos orientamos por medio del sol y de un reloj, las divisiones de este último pueden

servir para determinar muy aproximadamente las diversas direcciones. Como la esfera de un reloj está dividida en doce horas, si colocamos el diámetro XII-VI en la direccion Sur-Norte, el sol se encontrará á las doce del dia en la direccion del rádio XII; á la una en la direccion del rádio XII y media; á las dos en la direccion del rádio I; á las seis en la direccion del rádio de las III, etc.; ó de otra manera, un arco de círculo de media hora sobre la esfera del reloj representa el movimiento angular del sol durante una hora. Pondremos un ejemplo. Supongamos que son las cuatro de la tarde, en cuyo momento el sol ha marchado cuatro horas despues de haber pasado á las doce por el Sur. Segun lo dicho en el párrafo anterior, el movimiento del sol durante estas cuatro horas, estará representado sobre la esfera del reloj por $\frac{4}{2}=2$ horas, de modo que poniéndolo horizontal y el rádio que vá del centro á las dos en la direccion del sol, la misma esfera nos dará la direccion de los puntos cardinales; el rádio de las doce el Sur; el de las seis el Norte; el de las tres el Oeste; y el de las nueve el Este.

Orientacion por medio de algunos

indicios.—Los procedimientos que hemos dado para orientarnos son bastante aproximados, pero puede suceder que nos hallemos sin medios para emplearlos, y por lo tanto, conviene conocer otros que, aunque no tan exactos, son de muy útil aplicacion.

Por la humedad de las paredes de los edificios antiguos.—Las paredes ó muros que miran al Sur, se conservan generalmente secos, pues por este lado reciben calor del sol, y con humedad los que dan al Norte; bien entendido que nos referimos á nuestras latitudes, al hemisferio boreal.

Por el musgo de las piedras y árboles.—El lado de las piedras que mira al Norte, se cubre en general de un musgo verdoso que la falta del sol hace brotar por este lado; pero como el viento de lluvia no es el mismo en todos los paises, no se puede dar una regla fija sobre la direccion de la rosa de los vientos indicada por la presencia del musgo, y, por lo tanto, en cada comarca convendrá adquirir noticias para saber cual es el viento que generalmente trae lluvias á fin de poder utilizar este indicio de orientacion. Si por ejemplo, el Nordeste es el

viento de lluvia, es probable que el musgo de los árboles ó de los postes kilométricos nos indique la direccion Nord-Nordeste. Se puede ademas advertir igualmente, que la corteza de los árboles suele estar llena de surcos más profundos por donde choca la lluvia que por el lado opuesto.

Por la vejetacion.—Como el sol y el aire son los que dan vida á las plantas, la parte de un árbol ó rama que, por hallarse al Sur, esté más frecuentemente expuesta á la accion del sol, se verá más frondosa, con mayor vejetacion que la dirigida al Norte. Se nota en efecto que la seccion de un árbol ó de una rama vertical es semejante á la de la (fig.ª 16), y que la vejetacion de cada año vá aumentando de espesor de Norte á Sur. Asi pues, la seccion de un árbol podrá servir para orientarnos cómo lo indica la (fig.ª 16); pero para que este dato no sea erróneo, tendremos que cortar un árbol que no esté inmediato á un edificio, sino que se halle aislado y pueda recibir la influencia del aire y del sol, de la misma manera por todas partes..

CAPÍTULO VI.

Método que debe seguirse para la enseñanza de la lectura de los planos topográficos.

Una vez sabidos los capitulos anteriores, se insistirá principalmente en la construccion y uso de las escalas y en la nivelacion.

Empezará el estudio por el plano topográfico de una extesion de terreno accidentado, que se comparará, á ser posible, con el modelo topográfico de relieve del mismo terreno, en la misma escala. El exámen del plano y modelo facilitará mucho el estudio de la nivelacion, que es el que mayores dificultades presenta.

Familiarizados con la expresion de los signos convencionales, con la manera de representar

el relieve del terreno por curvas horizontales, con el uso de las escalas, y en fin, con todos los principios ya explicados, se harán ejercicios prácticos para completar la instruccion, marchando al efecto los oficiales por grupos de ocho ó diez por las cercanias de la poblacion, recorriendo un terreno convenientemente elegido, y del cual poseamos planos en la escala de $\frac{1}{10000}$, que llevaremos, para determinar en ellos los diferentes puntos donde nos detengamos; explicar cómo están representados los accidentes del terreno alrededor de cada punto de estacion; medir el valor relativo de las pendientes en vista de la separacion de las curvas; averiguar la dominacion de un punto sobre otro; hallar, por medio del plano y la escala y utilizando los conocimientos adquiridos, la verdadera distancia del punto que ocupamos á los diferentes del terreno que le dominan; reconocer si están ó no fuera del alcance eficaz de los fuegos de la infantería y artillería; acostumbrarnos á indicar, en el plano y sobre el terreno, la posicion que convendría ocupar para cubrirse de los fuegos; ejercitándonos ademas en la construccion de perfiles del terreno y en orientar

los planos etc. En resúmen, harán los oficiales todos los ejercicios necesarios para sacar utilidad y provecho de los planos en la escala $\frac{1}{10000}$; y cuando se haya obtenido este resultado, se pasará al empleo de los planos hechos en otras escalas más pequeñas.

Despues de adquirida alguna práctica en la lectura de planos, para completarla y perfeccionarnos en ella, hay que aprender dos cosas esenciales: 1.ª, formarnos rápidamente, al mirar un plano, una idea clara del conjunto del terreno que representa; 2.ª, imaginarnos el aspecto que este terreno presentaría á los ojos de un observador colocado en un punto determinado, en vista de las formas del terreno que aparecen en el dibujo.

Para lo primero, empezaremos por buscar la corriente principal de agua, ó vaguada principal, que se desliza siempre por la parte más baja del terreno, cuya pendiente general está indicada por la direccion que siguen las aguas; seguiremos la corriente hasta su origen, si se encuentra en el plano; recorreremos igualmente los valles de sus afluentes hasta su nacimiento; y así determinaremos el perímetro de la cuenca prin-

cipal, es decir, las mesetas ó cimas que forman su cintura, y que comprenden generalmente los puntos más elevados del terreno; y entónces percibiremos con más claridad los contrafuertes ó colinas que se destacan de aquel y separan los afluentes, así como los valles; llegando á fuerza de ejercicios y práctica á leer el conjunto del plano, casi tan fácilmente como si fuera un modelo de relieve. Si el plano comprendiese cuencas independientes, las estudiaremos sucesivamente, determinando sus divisorias, puertos, etc. Este ligero exámen indicará dónde debemos encontrar las regiones más importantes para ocupar ó defender estos valles; y terminaremos estudiando las formas del terreno en aquellas, los caminos que las surcan ó que las rodean etc., para apreciar el valor militar de las posiciones que convendrá ocupar realmente.

Para la segunda parte esencial de la instruccion en la lectura de planos topográficos, que ántes hemos indicado, recordaremos que estos planos representan el terreno como se vería elevándonos, por ejemplo, en un globo; pero en realidad no es así perpendicularmente como ordinariamente le vemos, sino más bien paralela-

mente á su superficie, resultando de aquí que no se ven nunca sino las mesetas y cimas más elevadas, ó las colinas que se destacan más ó ménos ocultando la vista de los valles, aldeas y ciudades. El aspecto que presenta el terreno, es, pues, completamente diferente del que ofrece el plano; y es posible que sabiendo leer éste no se reconozca, sin embargo, el cuadro que representa, si no estamos habituados á imaginárnoslo. Podemos adquirir esta costumbre, transformando geométricamente los planos en vistas perspectivas, pero no estamos en el caso de indicar aquí tales procedimientos. Llegaremos á alcanzarla por la observacion y por medios sencillos y prácticos, cuyos elementos, siquiera sea someramente, hemos dado ya á conocer.

Comenzaremos por tratar de darnos cuenta, por medio del plano, del aspecto que un accidente del terreno, considerado aisladamente, presentaría á un observador colocado en un punto determinado. Para esto construiremos una série de perfiles, que pasen por el punto de observacion y por otros principales del accidente del terreno que estudiamos. Estos perfiles nos harán conocer cuales son las partes visibles ó in-

visibles del terreno, desde el lugar de observacion, y permitirán dibujar la forma probable de las primeras. Despues nos trasladaremos al terreno, y colocándonos en el punto de observacion, compararemos el cróquis con el aspecto que aquel presente, y rectificaremos nuestro trabajo.

Notaremos que el terreno cambia de aspecto cuando variamos de punto de observacion; que cuando el observador está á distancia del terreno que se desee representar, descubre mejor su conjunto; y que cuanto más se acerca más disminuye la parte visible: tan pronto se ocultan los barrancos, al descender de una cima, detras de un contrafuerte saliente, como desaparece la cima detras de un resalto del terreno etc. Dibujaremos la forma probable cambiando la posicion del observador, y comprobaremos cada vez el trabajo sobre el terreno. Cuando nos hayamos ejercitado suficientemente en reproducir la forma de un accidente aislado del terreno, convendrá buscar, por medio de los procedimientos ántes indicados, la manera de reproducir el de una extension más considerable. Asi adquiriremos el golpe de vista topográfico y

llegaremos á poder indicar sobre el plano, por la simple comparacion de sus cotas, por ejemplo, la silueta de las alturas que limitan el horizonte por la derecha, la cima que se eleva hacia la izquierda, el campanario que descuella sobre tal colina, los valles que se nos presentan al frente, etc.

Será muy útil, para completar la enseñanza, ejercitarnos en hacer la operacion contraria, es decir, deducir del aspecto que presente el terreno visto de uno ó muchos puntos, la forma que tendría en un plano topográfico.

Seguiremos para ello un sistema análogo al anteriormente empleado. Empezaremos por estudiar un accidente del terreno próximo á un primer punto de observacion, y trataremos de reproducir en un cróquis, hecho con arreglo á la escala del plano, la forma que debe tener sobre éste; cambiaremos el punto de observacion, y estudiarémos de nuevo dicho accidente: y se modificará, si es necesario, el cróquis. Compararemos en seguida éste con el plano, y rectificaremos el trabajo.

Poco á poco ensancharemos el campo de nuestras observaciones hasta llegar á hacer el

cróquis de conjunto del terreno que podamos abarcar con la vista, el cual sólo nos indicará las formas generales de sus principales accidentes.

Estos ejercicios enseñan cómo se ligan y encadenan los accidentes del terreno, para formar un contrafuerte; cómo corren las aguas; en dónde deben encontrarse las divisorias, líneas que tienen una grande importancia militar, etc., que son particularmente útiles en los paises de los cuales no poseamos planos. Colocados por ejemplo, delante de una comarca montañosa ó ligeramente accidentada, que sólo presentaria á ojos inexpertos una masa confusa de colinas, si hemos adquirido el golpe de vista topográfico, descubriremos la direccion de los valles principales, la configuracion general de sus cuencas, las divisorias de aguas etc.; y si tuviésemos algunas nociones sobre la forma que afectan los terrenos, segun su naturaleza geológica, conoceríamos la manera de dirigir una tropa para ser dueños de las vias militares, marchar con seguridad y envolver las posiciones del enemigo.

Los oficiales deberán reconocer igualmente los rios, estudiando sus diversas sinuosidades;

investigar por qué los vados se encuentran generalmente agua abajo de un recodo; por qué la orilla en un entrante domina casi siempre á la opuesta, etc. etc. Todas estas observaciones son de gran aplicacion en la guerra.

SEGUNDA PARTE.

LEVANTAMIENTOS RÁPIDOS.

LEVANTAMIENTOS RÁPIDOS.

CAPÍTULO I.

Condiciones generales de los levantamientos rápidos é instrumentos que deberán emplearse.

Preliminares.—Áun cuando los planos se levanten empleando métodos rápidos y expeditos, no por eso dejan de practicarse una porcion de operaciones geométricas, y, por lo tanto, en cierto modo, podrían considerarse por el momento como fuera de aplicacion para los oficiales de las armas generales; pero los damos aqui como complemento de su instruccion topográfica en las Conferencias de Distrito.

Resultados.—El resultado del trabajo será presentar en la escala de $\frac{1}{10000}$ el plano de una cierta extension de terreno. Un solo oficial podrá ejecutarlo por completo.

Cuidará de representar todos los detalles de planimetría que la escala empleada permita expresar, como comunicaciones, corrientes de agua, fuentes, límites de cultivo, árboles; los ligeros accidentes del suelo, como declives de los caminos en desmonte y terraplen, barrancos, ribazos, cuevas, etc.; los lugares habitados, cercados, puentes, pasos de barcas, vados, presas, cruces, etc.

La nivelacion se representará por medio de secciones horizontales, y escojeremos como equidistancia más conveniente la de cinco metros; pero para las pendientes suaves, podrán emplearse curvas intercaladas, á mitad de equidistancia, y hechas á trazos bastante grandes.

El oficial encargado de un trabajo de esta índole, no olvidará, ni por un momento, que lo ejecuta bajo el punto de vista militar y que debe, por consiguiente, indicar cuantos datos sean necesarios para facilitar todas las operaciones militares.

Instrumentos que convendrá emplear.—Los instrumentos que convendrá emplear en estos trabajos, son la plancheta ordinaria de levantamientos, orientada con una declinatoria, y la alidada nivelante.

Plancheta ordinaria.—La plancheta ordinaria se compone de un tablero, no muy grande, cuyas dimensiones pueden variar, construido en forma de marco ó bastidor para que no se abarquille, y colocado sobre la cabeza de un trípode sencillo, donde entra á corredera, y se fija su posicion por medio de cuatro tornillos de presion sin que tenga más movimiento que el de rotacion (1).

Declinatoria.—Se compone la declinatoria de una caja rectangular de madera, en cuyo interior, y hacia los lados menores, se hallan dos arcos divididos m, m' (fig.ª 17): los ceros de ambas divisiones corresponden á los puntos medios de los arcos, y determinan una recta paralela á los lados mayores de la caja. La graduacion, de cada uno de los arcos, se extiende

(1) No hay inconveniente en que la union de la plancheta y el trípode se verifique por cualquiera de los diversos sistemas comunmente empleados.

hasta 20° ó 25° á uno y otro lado del cero. En el centro *a*, comun á los dos arcos, se halla un eje que sostiene á la aguja magnética *n s*. La letra *N* indica la parte á que ha de corresponder el extremo *n* de la aguja, y sirve para colocar el instrumento orientado siempre de la misma manera.

Un cristal cubre el fondo de la caja, los arcos y la aguja, y se sujeta con un cerco metálico rectangular, que se adapta á las paredes de la caja, y queda cubierta con una tapa. Una palanca acodada se eleva al introducir la tapa de la caja y suspende la aguja.

Empleo de la plancheta declinada. —La declinatoria debe fijarse sobre la plancheta paralelamente á la direccion de la meridiana magnética, ya trazada sobre el dibujo, para lo cual se colocará el lado mayor de la caja de la declinatoria, sobre la linea que represente la meridiana magnética, y se hará luego girar la plancheta hasta que la línea de las extremidades de la aguja, coincida con los dos ceros grabados sobre los arcos de la declinatoria. En este momento apretaremos el tornillo que fija la posicion de la plancheta, que tendremos ya orien-

tada. Sólo resta trasportar la declinatoria paralelamente á sí misma á uno de los ángulos de la plancheta, de modo que la aguja señale el cero, y fijarla allí por medio de un tornillo, cuidando que la caja rebase muy poco el extremo de la plancheta. Conviene señalar en seguida, con un lápiz, el contorno de la declinatoria, para reconocer los cambios que pudieran sobrevenir, y remediarlos.

Para colocar la plancheta en estacion, se trasportará encima del punto del terreno que escojamos para *estacion*, haciendo corresponder, á ojo, el punto del dibujo con la vertical del correspondiente en el terreno, lo que es suficiente, cuando se opera con una declinatoria que dá orientaciones independientes las unas de las otras. (1)

Convendrá que nos acostumbremos á colocar siempre la plancheta á la misma altura y horizontal, para lo cual nos contentaremos con la horizontalidad obtenida á ojo; pues será sufi-

(1) Es suficiente, porque, 0, ″ 00025, que es lo que de ordinario se puede apreciar en un dibujo, equivaldría á 1 ″, 25 del terreno en la escala de $\frac{1}{5000}$, y siempre tendremos la seguridad, operando á ojo, de quedar dentro de este límite de error.

ciente en terreno poco inclinado en cuanto adquiera el operador alguna experiencia. En terrenos más accidentados, nos serviremos, para buscar la posicion horizontal de la plancheta, de las indicaciones del nivel de aire, que, cómo veremos en seguida, lleva la regla de la alidada. Colocaremos ésta sobre la plancheta, primero en una direccion paralela á dos de los piés del trípode, y despues en una direccion perpendicular, al mismo tiempo que se rectifica la posicion del tercer pié, en un principio de derecha á izquierda y luégo de delante á atras, ó recíprocamente, hasta que en estas dos posiciones la burbuja de aire del nivel quede próximamente entre los *indices ó divisiones*, señaladas en el tubo del mismo para acusar la horizontalidad.

Alidada nivelante.—La alidada nivelante (fig.ª 18) se compone de una regla de boj de 20 á 25 centímetros de longitud, que lleva en uno de sus bordes, cortado á bisel, una escala dividida en milímetros y otra de cotangentes. De las dos pínulas que se levantan formando ángulo recto en las extremidades de la alidada, una de ellas, que llamaremos ocular, tiene tres taladros para poder dirigir las visuales, y la otra pínula

(objetiva), lleva en una ventana rectangular una crin vertical, y ambos montantes divididos en centésimas partes de la distancia que separa las pínulas. Estas divisiones se hallan numeradas desde 0 á 40, en la derecha, de abajo arriba, y en sentido contrario en la izquierda. La regla tiene empotrado un nivel de aire, cuya directriz es paralela á la cara inferior de aquella, con el objeto de ponerla horizontal, en cuyo caso las líneas que unen respectivamente los taladros superior é inferior, de que hemos hablado, con los ceros de las graduaciones de derecha é izquierda, son horizontales.

Empleo de la alidada nivelante.—Colocada sobre la plancheta en estacion, como hemos dicho anteriormente, nos serviremos del taladro central para dirigir una visual al punto cuya posicion queramos determinar sobre el dibujo, cuidando de colocarnos á algunos centímetros detras de la pínula ocular.

Para medir las pendientes del terreno, nos serviremos de los taladros inferior ó superior, segun que la pendiente sea ascendente ó descendente, pero ante todo hay que cuidar de que en la direccion de la visual, la burbuja del nivel se

halle entre los *índices*. Para conseguir esto, la alidada lleva, cerca de sus extremidades, dos excéntricas que sirven para levantar uno ú otro extremo de la regla, y se mueven por medio de una palanquita. Empezaremos por desorientar algo la alidada, para hacer de manera que la visual no corresponda á la crin vertical, sino al extremo de la ventana, en la que deberá hacerse la lectura, y en seguida se opera de modo que la burbuja se coloque exactamente en la parte central del tubo del nivel. Hecho esto, si la pendiente es ascendente se mirará por el taladro inferior, y se leerá el número que se hallará escrito en la escala de la derecha, á la altura aparente del punto observado. Este número es la tangente trigonométrica de la pendiente, expresada en centésimas de rádio; designémosle por a y llamemos D la distancia horizontal de la plancheta al punto observado; la diferencia de nivel de este punto y de la plancheta será igual á $D \times \frac{a}{100}$.

De un modo análogo se operará si la pendiente fuese descendente, sirviéndose del taladro superior y escala de la izquierda.

Cuando las pendientes fuesen mayores del

40 por ciento, se hará salir una reglilla que lleva la pinula ocular, hasta que encuentre un tope que vá en la parte superior, y nos serviremos entónces del taladro superior, asi elevado, para medir las pendientes descendentes, por medio de la segunda numeracion de la escala de la izquierda que parte de 35, desde el punto donde está el cero y llega hasta el 70. Para las pendientes ascendentes se volverá completamente la alidada; se mirará por un taladro hecho en la parte baja de la pinula objetiva, y leerá el valor de la pendiente sobre la escala complementaria, trazada á espaldas de la reglilla móvil. Las alidadas nivelantes que llevan este apéndice, se llaman de *corredera*. Para las operaciones ordinarias, hay que asegurarse de que la reglilla se halle perfectamente introducida en la corredera.

Rectificaciones.—Deberemos siempre al operar, asegurarnos de que la directriz de la ampolleta de cristal del nivel sea paralela á la parte inferior de la regla, para lo cual haremos que en una posicion de ésta, la burbuja se halle en el centro, y despues invertiremos la regla de modo que un extremo se halle donde

ántes estaba el otro. Si la burbuja no ha variado, nada habrá que hacer; en caso contrario nos valdremos del tornillo del nivel para rectificarlo.

Por medio de una série de observaciones directas é inversas nos aseguraremos tambien de que las lineas, que pasan respectivamente por los taladros inferior y superior y por los ceros de las escalas de derecha é izquierda, son horizontales cuando la burbuja del nivel se halle en el medio del tubo; pero una vez notado este defecto del instrumento, tendria que enviarse al constructor para que lo remediase, rectificando la posicion de una ú otra de las pínulas.

Medida de las distancias.—Si el trabajo no urge mucho y va el oficial acompañado de dos soldados, podrá hacerse la medicion de distancias con la cadena, cinta metálica ó cuerda métrica que describimos á continuacion; pero cuando estos trabajos se lleven á cabo por un oficial aislado, entónces, las mediciones se harán al paso cómo tambien explicaremos.

Por medio del paso.—Para medir las distancias por medio del paso, debe el oficial encargado de ello tenerlo contrastado con ante-

rioridad, lo que conseguirá recorriendo varias veces una longitud de 1000 metros, por ejemplo, ya conocida; contando el número total de pasos que haya dado y dividiéndolo por el de las veces que la hubiese recorrido. Así se obtendrá el término medio de pasos correspondientes á 1000 metros, y podrá expresarse métricamente una longitud medida al paso. Pero con el objeto de ahorrarnos el pesado trabajo de hacer la reduccion de pasos á metros, cada vez que midamos una distancia, construiremos la escala de pasos del modo siguiente: puesto que la escala es de $\frac{1}{10000}$, si suponemos que, contrastado el paso, 85 metros equivalen á 100 pasos, tomaremos sobre una recta la longitud de ocho centímetros y medio, que representará mil pasos, y acabaremos su construccion como la de otra cualquiera. Para evitar el empleo del compás durante la operacion, trazaremos esta escala sobre una faja de papel, que se pegará en el bisel de la alidada de modo que deje descubiertos los diez centímetros de la division en milímetros situada al lado de la pínula ocular.

Para expresar ahora en metros una distancia obtenida en pasos, mediremos con la escala di-

vidida en milímetros las longitudes construidas sobre el dibujo con la escala de pasos.

Cadena.—Se compone de eslabones de alambre de hierro, no muy gruesos, unidos por anillas del mismo metal: la longitud de cada eslabon es de dos decímetros comprendida entre los centros de las anillas que los unen; y cada quinto eslabon es de laton para distinguir los metros; llevando algunas cadenas unas chapitas, tambien de laton, en las que va marcado el número de metros que hay á partir del extremo; terminando en agarraderas, dispuestas de manera que la distancia de su extremo al centro de la primera anilla, sea de dos decímetros, así como la comprendida entre cada dos anillas. La longitud total de la cadena suele ser de diez ó veinte metros. Acompaña á esta un juego de diez agujas.

Uso de la cadena.—Para medir con ella son necesarios dos peones. El de delante llevará las agujas y la cadena por un extremo, en la direccion que se va á medir; el de detras dirigirá la marcha del más avanzado en la direccion conveniente. Bien extendida la cadena, clava el de delante una aguja rasante á la abra-

zadera; dan ambos un paso lateral á la derecha ó izquierda de la direccion; y marchan hasta que el de detras llega á la aguja clavada; la recoje y sigue del mismo modo, hasta que reune las diez, lo cual se tiene en cuenta; y, entregando nuevamente las agujas al de delante, continúa la operacion en la misma forma.

Cinta metálica.—Es de acero pavonado y suele tener diez ó veinte metros, con discos de laton que indican la division en metros, otros menores para los dobles decímetros, y agujeros ó taladros para los decímetros. Tiene tambien sus agarraderas y juego de agujas. Se usa del mismo modo que la cadena.

Rodete.—Es una cinta de hilo de longitud variable, barnizada y dividida en metros, decímetros y centímetros, á cuyo tegido, para darle mayor consistencia, suele agregársele algunas fibras metálicas. La cinta está arrollada dentro de una caja de cuero. El rodete se emplea principalmente para obtener las dimensiones de los edificios ú obras de fábrica.

Cuerda métrica.—Puede usarse á falta de la cadena, cinta metálica y rodete, una cuerda de cáñamo, de veinte á veinticinco metros

de longitud, que se prepara torciendo sus hebras hacia distintos lados, sumergiéndola en un baño de aceite hirviendo, pasándola por cera derretida, despues de seca; y por último encerándola bien. Las divisiones que han de marcar los metros, se obtienen cosiendo trozos de cinta blanca, en los que se dibujan los números correspondientes.

Observacion relativa al límite de las longitudes que deben medirse en el terreno.—Como en general, sobre el dibujo solo podremos apreciar longitudes de $0,^{m}\ 00025$, será inútil que nos detengamos, en los levantamientos, á hacer mediciones de líneas que no lleguen, despues de reducidas á la escala del plano, á dicha fraccion decimal. Así, si operásemos en la escala de $\frac{1}{10000}$, por ejemplo, podremos evitarnos el trabajo de medir magnitudes que no lleguen á dos metros y medio. De igual modo hallaríamos este límite en otras diversas escalas.

CAPÍTULO II.

Reduccion al horizonte.

Como todas las longitudes ó distancias se miden recorriéndolas sobre el terreno, con la inclinacion que tengan; y en el plano sólo han de aparecer sus proyecciones horizontales, puesto que en la planimetria suponemos que todos los puntos están proyectados sobre una superficie horizontal de comparacion, indicaremos que la operacion llamada «*Reduccion al horizonte*» de las líneas medidas siguiendo las pendientes del terreno, se obtendrá por la siguiente fórmula: si llamamos D la distancia natural medida sobre el terreno, (fig.ª 19) P á su proyeccion y p al ángulo de inclinacion ó de

pendiente, tendremos $P=D \cos p$, ó $D-P=D(1-\cos p.)=2D \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2}p$, que es más ventajosa.

Para evitar los cálculos inherentes á la aplicacion de estas fórmulas, damos al final de la obra la tabla 1.ª que expresa, de grado en grado, desde 0° hasta 30° la proyeccion de la longitud de un metro para las diferentes inclinaciones. Para usar esta tabla, no tendremos mas que multiplicar, en cada caso particular, la distancia en metros por la fraccion decimal correspondiente al número de grados de pendiente; puesto que los instrumentos que hemos de emplear sólo aprecian grados.

Escala de reduccion al horizonte.— Podremos tambien prescindir de los cálculos, construyendo una escala de reduccion al horizonte de la siguiente manera:

Sea *AB* (fig ª20) la escala del dibujo para las distancias medidas horizontalmente; sobre su punto medio *D* levantemos una perpendicular, escogiendo un punto *C* de ella tal, que *CD* sea igual, cuando ménos, á vez y media la longitud *AB*. Desde *C* como centro con *CD* por rádio, describamos un arco de círculo que será tangente á *AB*, y dividámosle en grados á partir del

punto *D*. Para esto tomaremos primeramente el arco de 60° con una distancia *DK* igual al rádio; lo dividiremos en dos partes iguales, de 30° cada una; despues cada arco de 30° en tres partes de 10°, y así sucesivamente: numeraremos los arcos obtenidos de esta manera á partir de *D*; por cada uno de estos puntos trazaremos paralelas á *AB*, y uniremos cada uno de los puntos de division de la escala sobre la que se ha construido la figura, con el punto *C*. Por último, escribiremos en las extremidades de las líneas horizontales las cifras de grados; y quedará construida la escala.

Todas las paralelas se hallarán así, divididas en partes proporcionales á las de la escala; y tendremos para una cualquiera de ellas, que corresponda á un ángulo p=20°, por ejemplo, si llamamos *R* al rádio *C D*, $\frac{mn}{MN}=\frac{CE}{CD}=\frac{R\cos p}{R}$ de donde $mn=MN\times\cos p$.

Luégo *m n* es la reduccion al horizonte de *M N*, y podremos deducir la siguiente regla:

«*Para reducir al horizonte una longitud cualquiera medida sobre un ángulo de pendiente p=20°, por ejemplo, en lugar de tomarla desde M á N sobre la escala de distancias horizontales,*

tomémosla desde m á n en la escala de grados.

La sencillez de esta escala de reduccion al horizonte, permitirá construirla fácilmente en cobre por procedimientos mecánicos; y dará entónces para el trazado de las longitudes, la misma exactitud que una escala ordinaria, sobre la cual dibujásemos aquellas, reducidas por el cálculo al horizonte.

Si en lugar del ángulo de pendiente, conociésemos la diferencia de nivel de los dos puntos cuya distancia natural hubiésemos medido, obtendremos la reduccion al horizonte (fig.ª 19) del modo siguiente:

El triángulo $C\ B'\ B$ da, si llamamos A al cateto vertical

$$D^2 - P^2 = A^2 \text{ ó } (D-P)\,(D+P) = A^2 .$$

de donde $D-P = \frac{A^2}{D+P} = \frac{A^2}{2D}$, sin error apreciable.

CAPÍTULO III.

Planimetría.

Principio de los trabajos.—Empezaremos por hacer una triangulacion general, que deberá dar las proyecciones y altitudes de un cierto número de puntos notables de la comarca, como campanarios, cruces, casas y árboles aislados etc. Para llevarla á cabo, elegiremos una base de un kilómetro ó de mayor longitud, si es posible, que se pueda medir sin dificultad sobre un terreno poco inclinado, de manera que sus extremidades se vean la una desde la otra, y desde ellas el mayor número de puntos notables. No habrá inconveniente en que esta base sea una línea poligonal siguiendo la direccion de

una carretera ó las orillas de un rio; y para construirla sobre el dibujo se medirán sus elementos con una precision que corresponda á la que pueda obtenerse en la de los ángulos, y que depende por consiguiente de la naturaleza del levantamiento, empleando el *método de itinerario* ó *medicion* que vamos á explicar.

Método de itinerario ó medicion.—Para obtener por este método la proyeccion de un punto *B* con relacion á otro *A* (fig.ª 21) conocido, colocaremos la plancheta en estacion y, declinada en *A*, dirigiremos con la alidada nivelante, colocada de modo que su línea de fé se apoye en el punto *a* del dibujo correspondiente al *A*, una visual al *B*; trazaremos con el lápiz esta línea *ab* sobre el papel; mediremos la distancia que separa *A* de *B*; la llevaremos reducida al horizonte y á escala, sobre la línea de lápiz; y así obtendremos el punto *b* proyeccion del *B*. Este método se empleará con preferencia para el levantamiento de la red ó triangulacion de segundo órden para los detalles y para la base.

Determinacion de los puntos notables.—Despues de medida y trazada la base,

por medio de estaciones hechas en sus dos extremidades y en algunos puntos intermedios, determinaremos los puntos notables por el método de *interseccion de doble estacion*, que daremos ahora á conocer; y para que puedan fácilmente reconocerse éstos, convendrá dibujarlos ligeramente con lápiz al lado de su posicion.

Métodos de interseccion.—Existen dos métodos de interseccion que vamos á explicar.

1.° Para determinar un punto por interseccion (fig.ª 22) necesitamos conocer otros dos *A* y *B*, y la distancia que separa á estos, para poder estacionarnos en cada uno de ellos y medir los ángulos que forman con la direccion *AB* las visuales dirigidas al *C* desde *A* y *B*, con lo cual quedará determinada la posicion de la proyeccion del *C* por la interseccion de estas dos líneas. A este procedimiento, le llamaremos de interseccion de *doble estacion*.

A fin de que no haya duda alguna en la posicion de un punto determinado por *doble estacion*, convendrá comprobarla haciendo una tercera estacion sobre la base *AB*, midiendo los ángulos que forman con ella las direcciones de

las visuales al mismo punto, y cuidando de que las tres que concurren á su determinacion, se corten dos á dos formando ángulos, cuando ménos de 30°. Este método se empleará principalmente para determinar puntos situados á grandes distancias y muy separados unos de otros, como, por ejemplo, los vértices de la triangulacion general.

2.° Tambien puede determinarse el punto *C* (fig.ª 22) situándonos en él, y dirigiendo visuales á *A* y *B* conocidos. A este procedimiento le daremos el nombre de método de interseccion de *simple estacion*.

Convendrá al emplearlo, con objeto de disminuir el error, apoyarnos en tres puntos conocidos á los que dirigiremos visuales, para escojer despues como posicion del punto de estacion buscado, el centro del pequeño triángulo que generalmente obtendremos operando así.

Cómo se comprueba la orientacion de la plancheta.—La orientacion de la plancheta tiene una gran importancia, y por consiguiente en cada estacion trataremos de comprobarla, ya mirando el punto de partida de la

base, ya uno ó dos puntos distantes determinados por estaciones anteriores y de cuya exactitud estemos seguros.

Medicion de la base.—Como el paso será ordinariamente el elemento de medida, al recorrer la base se hará aquel con mucho cuidado; y, á ser posible, nos serviremos de los postes kilométricos situados sobre las carreteras, colocando las diversas estaciones de la base á su inmediacion.

Indicaciones relativas á la triangulacion general.—Es difícil dar reglas precisas sobre el desarrollo que conviene tenga la triangulacion general. El número de señales naturales ó vértices que la compongan será más ó ménos grande, segun que el terreno sea más ó ménos accidentado. Los vértices pueden distar de 500 á 1000 metros unos de otros, y deberán satisfacer á la condicion de que, desde la mayoria de las estaciones, puedan distinguirse dos, sin que dudemos, para llegar á este resultado, en determinar objetos culminantes, situados fuera de los límites de nuestro trabajo.

Generalmente las estaciones hechas en la base, no bastan para efectuar toda la triangu-

lacion; y para completarla haremos nuevas estaciones en otros puntos, ya situados, orientando en ellos la plancheta con la declinatoria, y ademas dirigiendo visuales á otros puntos ya conocidos, situados y distantes. Podremos tambien situarnos en puntos desconocidos, convenientemente elegidos, y determinarlos por el método de *simple estacion*, que nos servirá al mismo tiempo para orientar la plancheta.

No se debe tratar de completar inmediatamente la triangulacion general, porque nos veríamos con frecuencia expuestos, despues de andar mucho, á tener que volver sobre nuestros pasos. Conviene, por el contrario, levantar los detalles del trabajo correspondientes al terreno comprendido entre los puntos ya situados desde la base, y determinar nuevos puntos de la triangulacion general, á medida que los trabajos permitan llegar á estaciones convenientes. Cuidaremos, tambien, en cada estacion de fijarnos en todos aquellos puntos que creamos necesitar más adelante, para evitar la pérdida de tiempo; pero esto sólo se adquiere con la práctica.

Determinacion de los detalles.—Las

operaciones parciales para situar los detalles, deberán hacerse por el *método de medicion*, ántes indicado, orientando la plancheta con la declinatoria; pero como el punto hacia donde marchamos no se distinguirá ni diferenciará probablemente por nada de otros inmediatos del terreno, trazaremos las direcciones dirigiendo una visual al punto últimamente abandonado, que cuidaremos de señalar en el suelo de un modo cualquiera, con una piedra grande, un monton de yerba etc., á no ser que podamos reconocerlo por comparacion con los objetos próximos. Para los detalles, seguiremos naturalmente los caminos principales, orillas de los rios, vaguadas, divisorias etc.

Deberán con frecuencia repetirse las comprobaciones, bien determinando directamente la estacion en que nos hallemos, por el método de *simple estacion*, ó bien observando si el polígono cierra en un punto conocido. Despues de lo cual, si es necesario, modificaremos las direcciones del camino trazado en la plancheta á fin de terminarlo en el punto conveniente para el cierre.

A medida que una parte de la triangulacion

especial para el levantamiento de los detalles se termine, dibujaremos los caminos, arroyos, casas, cercados, cultivos, etc., que constituyen aquellos, generalmente á ojo, tomando tan solo algunas medidas al paso, y extendiendo el dibujo á derecha é izquierda del camino que sigamos, cuanto lo permitan las localidades. Para esto fijaremos los puntos principales de los detalles, bien por el método de *doble estacion*, bien por el de *simple*.

Para trazar los caminos y sendas poco importantes, bastará recorrerlos dibujando á ojo sus sinuosidades en un cróquis, é intercalándolas despues entre algunos puntos principales, situados directamente por el último de los métodos indicados, apoyándonos en los vértices de la triangulacion general.

En los detalles complicados, como las ciudades ó pueblos, si se puede hacer una reduccion de algun plano ya existente, será lo mejor, adicionándolo y detallando principalmente los cercados que sirven generalmente de límites á los pueblos y caracterizan sus propiedades defensivas. En otro caso, despues de determinar en nuestro dibujo algunos puntos importantes

de la poblacion, más ó ménos segun su extension y condiciones particulares de configuracion, se situarán en otro papel aparte, conservando sus posiciones relativas; pero amplificadas para que sirvan de base á un cróquis que dibujaremos en una escala grande, recorriendo al efecto sus calles principales y situando las manzanas de casas, apoyándonos siempre en los primeros puntos obtenidos en la escala de $\frac{1}{10000}$ y en algunas mediciones que efectuaremos al paso.

Convendrá dibujar los detalles con mucha limpieza, cuidando de borrar sucesivamente todas las líneas de construccion que sean inútiles, á fin de que el borrador resulte tan claro como sea posible.

CAPÍTULO IV.

Nivelacion.

Empezaremos por dar una cota ó altura arbitraria á la estacion de partida de nuestro trabajo en la base, y se calcularán despues las cotas de las estaciones sucesivas, por medio de las resultantes de las pendientes directas é inversas, lo que exige que las diversas estaciones de la base se señalen con anterioridad de una manera cualquiera, á fin de que en cada estacion puedan dirigirse visuales adelante y atras.

Si operando de esta manera, se obtienen dos cotas para un mismo punto, que acusasen una diferencia notable, sería necesario rectificar el instrumento. Para esto dirigiremos visuales

recíprocas desde un punto *A* á otro *B;* y luégo desde *B* á *A*, paralelamente á *A B*; podremos entónces determinar la posicion que debe ocupar la burbuja del nivel para una visual que dé una lectura exacta, y se señalarán las extremidades de la burbuja con dos trazos de tinta ó lápiz sobre el tubo ó en la madera; cuidando en los trabajos sucesivos de que la burbuja se coloque siempre entre estos dos nuevos *índices.*

Generalmente no se llevará cuaderno para anotar las observaciones, y por lo tanto se apuntarán las pendientes en la plancheta cerca del punto que señala la estacion, con una flecha que indique el sentido.

En cada estacion se medirán al mismo tiempo las pendientes de las visuales dirgidas á los puntos más visibles de los vértices ó de las señales naturales de la triangulacion; anotándose estas pendientes en centésimas, paralelamente á las direcciones trazadas hacia estos puntos, acompañando á cada pendiente una flecha que indique si es ascendente ó descendente (fig.ª 23)

Cuando hayamos encontrado en el plano las proyecciones de los puntos, obtendremos varias cotas provisionales para cada uno de estos, en

funcion de las cotas de cada estacion, de las distancias medidas y de las pendientes anotadas. Tomaremos el término medio para cada una de ellas, á no ser que obtengamos una discordancia tan grande, que acuse alguna falta cometida, en cuyo caso será preciso buscarla.

Operacion preliminar para nivelar con la plancheta.—Para nivelar con la plancheta habremos de tener en cuenta su altura á fin de calcular las diferencias de nivel. Supongamos que estando en estacion en *A* (fig.ˢ 24 y 25), dirijamos con la alidada nivelante una visual al punto *B* del terreno ó del objeto cuya diferencia de nivel con la estacion *A* buscamos, despues de haber conseguido que la burbuja de aire del nivel se halle en el medio del tubo.

Llamemos *a* al número de centésimas contenidas en la tangente de la pendiente, y *D* la distancia horizontal de *AB* que mediremos en el dibujo. Cualquiera que sea el sentido de la pendiente tendremos: Diferencia de nivel de la plancheta y del punto $B = A = D \times \frac{a}{100}$.

Si buscásemos la cota C_B del punto *B* en funcion de la cota C_A del punto *A*, que suponemos

conocida, se tendrá: cota de la plancheta en $A = C_A$ + altura de la plancheta.

No habrá generalmente posibilidad de medir exactamente esta altura en cada estacion; pero ya digimos que debemos acostumbrarnos á operar con la plancheta á una misma altura, que variará con la estatura de cada oficial y la magnitud del trípode, y puede suponerse ordinariamente que sea de 1^m, 20 á 1^m, 30. Tendremos en seguida, segun que la pendiente sea descendente ó ascendente: C_B = cota de la plancheta $\mp A$.

Si al contrario la cota C_A debe ser determinada en funcion de C_B ya conocida, tendremos: cota de la plancheta en $A = C_B \pm A$; y por lo tanto, C_A = cota de la plancheta — altura de la plancheta, (1^m, 20 ó 1^m, 30.)

Observaciones sobre los errores variables.—Para atenuar el error originado por la altura de la plancheta, nos serviremos de un boton de la levita ó capote, para situar siempre la plancheta á la misma altura.

El error que, al determinar la cota de un punto, resulte de la inexactitud de la distancia D, puesto que la suponemos, por regla general,

medida al paso, y de la apreciacion de la fraccion de milímetro en la lectura del número de metros comprendidos en la distancia trazada en el dibujo, será tanto mayor cuanto más rápida sea la pendiente, ó lo que es lo mismo, cuanto mayor sea a.

Existe otro error que es el de la lectura de a; pero si conseguimos al operar que la burbuja del nivel se halle en medio del tubo, y si al dirigir la visual no nos apoyamos en la plancheta, podremos, observando con cuidado, obtener las lecturas aproximadas hasta cerca de $\frac{1}{5}$ de la division; y como este error es proporcional á la distancia D, resultará con el valor de un metro para la diferencia de nivel entre la plancheta y un punto distante 500 metros.

Si al empezar un trabajo tuviésemos la cota de un punto de la zona que se ha de levantar, en seguida que por medio de nuestras operaciones llegásemos á determinar su cota provisional, modificaremos todas las demas segun la diferencia que hallemos, y así se obtendrán las cotas definitivas de los diversos puntos de estacion y de las señales ó vértices naturales, que se anotarán en el dibujo.

Nivelacion de los detalles.—La nivelacion de los detalles, ó del relleno de la triangulacion, tiene por objeto dar las cotas de un cierto número de puntos del terreno, elegidos en líneas importantes del mismo, como las de *principio, cambio y fin de pendiente*, *vaguadas*, *divisorias*, etc. Escojeremos con preferencia, en estas líneas, los puntos en que cambian de direccion, ya en sentido vertical ó en el horizontal; y convendrá, á ser posible, determinar las cotas de las cimas de las montañas y las de los puertos.

Método de interseccion de simple estacion.—Para obtener estos puntos y hallar sus cotas por el método de *simple estacion*, nos trasportaremos al elegido, orientaremos en él la plancheta con la declinatoria, y se dirigirán visuales, cuando ménos á dos puntos de la triangulacion: la interseccion de las dos visuales nos dará la posicion del punto. Anotaremos las pendientes señaladas en la alidada nivelante por las visuales á cada uno de estos puntos; y por medio de este dato y de la distancia al punto de estacion, que mediremos en el dibujo, podrán calcularse las diferencias de nivel entre la

plancheta y los puntos observados. Añadiendo ó restando estas diferencias á las cotas de los puntos notables ó señales naturales, disminuidas en la altura de la plancheta, obtendremos varios valores de la cota del suelo en la estacion donde se opere. Si estos valores no son muy diferentes se tomará su término medio, que se escribirá en el dibujo al lado del punto correspondiente.

Método de itinerario ó medicion.— Cuando no pueda emplearse el método anterior, utilizaremos el de *itinerario* ó *medicion*, y así, al mismo tiempo que se representan los detalles de la planimetría, se hallan las cotas de un cierto número de puntos, midiendo las pendientes de las visuales que vayan á parar á los puntos del terreno últimamente ocupados, que cuidaremos de dejar señalados, como digimos anteriormente.

La nivelacion por este método, deberá comprobarse con frecuencia viendo si puede efectuarse el cierre en un punto ya acotado por este procedimiento ó por el de *simple estacion*.

El método de *simple estacion* es más expedito que el de *medicion*, pero tambien es más

inexacto, y no debe emplearse para puntos muy próximos, ó situados en pendientes suaves, especialmente en las vaguadas.

Para completar la configuracion del terreno, ademas de obtener por cualquiera de los dos métodos indicados un cierto número de puntos acotados, deberemos en la mayoría de las estaciones cuya cota se ha buscado, principalmente en las que se hallen sobre las líneas de cambio de pendiente, divisorias, mesetas y laderas de colinas, medir la pendiente del terreno en una ó varias direcciones, dirigiendo las visuales paralelamente al suelo. Señalaremos, despues, sobre estas direcciones, los puntos de paso de las secciones horizontales múltiples de cinco metros, del modo siguiente: supongamos que en el punto a (fig.ª 26) cuya altitud es de 321 m, la pendiente medida en el sentido de $a\,b$ sea de $\frac{11}{100}$, deduciremos que $\frac{100}{11} \times 1$ metros expresará el intervalo que debe separar en el dibujo dos puntos cuya diferencia de nivel sea de un metro. La distancia del punto a al de cota de 325 metros será pues $\frac{100}{11} \times 4$ metros; y los puntos siguientes de cotas 330, 335, etc. estarán distantes unos de otros, $\frac{100}{11} \times 5$ metros; por lo tanto bas-

tará que llevemos estas magnitudes, reducidas á escala, sobre la direccion trazada para obtener los puntos de paso de curvas.

Para evitarnos estos cálculos, podrá emplearse la escala de cotangentes trazada sobre el borde de la alidada. En esta escala, la distancia comprendida entre el trazo extremo señalado por ∞ y otro cualquiera, el 4 por ejemplo, da la separacion que en el dibujo debe haber entre dos puntos situados en una pendiente de $\frac{4}{100}$, cuando su diferencia de nivel es de un milímetro. Como operamos en la escala de $\frac{1}{10000}$, un milímetro del dibujo representa diez metros del terreno. La escala de cotangentes da desde luégo, para cada pendiente, *la distancia horizontal de dos puntos cuya diferencia de nivel es de 10 metros.* Podremos apreciar, segun lo expuesto, aproximadamente, todas las diferencias de nivel, como las de 4 ó 5 metros, por ejemplo, que serán las $\frac{4}{10}$ ó $\frac{5}{10}$ de la distancia horizontal dada por la escala; y, por lo tanto, señalar el punto 325^m y los 330^m y 335^m.

Cuidaremos de no prolongar mucho esta division en puntos de cotas redondas sobre las direcciones de las pendientes medidas, porque

nos expondremos á dar una pendiente uniforme á un terreno que no la tenga. Es necesario contentarnos, de ordinario, con utilizar este procedimiento para obtener uno ó dos puntos sucesivos de paso de curvas, como lo indica la (fig.ª 26), y luégo, cuando hallemos otros de las mismas en distinta situacion, completaremos el trazado de las curvas superiores é inferiores, uniendo con una línea contínua los puntos de iguales cotas ya determinadas; y tratando de representar las variaciones de las pendientes del terreno como las apreciemos á ojo.

Trazado de las curvas horizontales. —Para trazar las curvas horizontales nos serviremos de las cotas halladas, de los puntos de cotas redondas obtenidos por el anterior procedimiento y de la equidistancia; apoyándonos en estos datos para buscar puntos de cotas redondas en las vaguadas y sus ramificaciones, en las divisorias, en las aristas, y, por último, en un cierto número de perfiles trazados precisamente en la direccion de las líneas de máxima pendiente. Hecho esto, se unen todos los puntos de cotas iguales por trazos contínuos, dibujando las ondulaciones que presente á

nuestra vista el terreno por las sinuosidades y separaciones variables de las curvas.

Para conseguir buenos resultados, es necesario que los oficiales levanten frecuentemente planos, y ademas convendrá tengan presente las siguientes advertencias.

No basta ver el terreno desde un solo punto de vista, sino que será necesario examinarlo desde otros varios para tratar de corregir las ilusiones ópticas á que estamos constantemente expuestos. Se evitará el exagerar los accidentes locales, como las cañadas, barrancos y otros pliegues del terreno que nos parecerán muy importantes cuando nos hallemos en ellos, porque sus aristas ocultarán todo el terreno de derecha é izquierda; pero que escogiendo otro punto de vista, podremos reconocer que no cambian la forma general, sino en una extension muy limitada y sin interrumpir la continuidad de la superficie general. Por lo tanto, deberemos dibujar esta forma general sin tener en cuenta los accidentes locales; y modificar despues el trazado de las curvas, en la extension correspondiente á la magnitud de estos accidentes. Para apreciar mejor las formas del

terreno trataremos de observarlo de frente, y si es posible á poco de amanecer ó ántes de anochecer; pues hallándose entónces iluminado por rayos de sol muy oblícuos, se distinguirán y resaltarán mejor todas sus aristas y ondulaciones.

Se facilitará el trabajo haciéndolo por el órden siguiente: 1.°, trazaremos los piés y las cimas de las vertientes de las cañadas y valles, señalando en ellas puntos de cotas redondas; y figuraremos estas vertientes por curvas continuas, sin cuidarnos de los accidentes locales de que nos ocuparemos más tarde; 2.°, señalaremos el fondo de las cañadas, que puede ser angular, plano ó cóncavo; 3.°, uniremos las curvas de las vertientes que pertenecen á cañadas diferentes, por medio de líneas de curvatura conveniente; 4.°, indicaremos las mesetas y el orígen de las cañadas que tengan en ellas nacimiento; y, por último, los puertos que se encuentran sobre las divisorias, en el orígen de ciertos valles, así como las cimas por donde pasan estas líneas de division de aguas.

Advertencias para hacer el dibujo. -El dibujo deberá ejecutarse con arreglo á los

signos convencionales de la lámina 1.ª y preceptos reglamentarios, de que hablaremos al final de la obra.

A la izquierda y abajo escribiremos: «*la equidistancia es de cinco metros.*» En el medio trazaremos dos escalas de $\frac{1}{10000}$; una en metros y la otra en pasos medios de 80 centímetros. Estas escalas se extenderán á 1000 metros y 1000 pasos respectivamente.

En la parte del dibujo ménos cargada de detalles, se colocará una rosa de orientacion de tres centímetros de diámetro, que indique el Norte verdadero y el magnético.

TERCERA PARTE.

LEVANTAMIENTOS IRREGULARES.

LEVANTAMIENTOS IRREGULARES.

CAPÍTULO I.

Condiciones generales de esta clase de levantamientos.

Necesidad de los levantamientos irregulares.—Aunque suelen existir, en escalas pequeñas, planos de la mayoría de las comarcas, que presentan la grandísima ventaja de poder abarcar al primer golpe de vista una extension considerable de terreno, en la que está comprendida quizás la parte ocupada por el enemigo, sería un error el figurarnos que estos planos, por buenos y exactos que sean, nos han de bastar para conocer perfectamente las loca-

lidades, evitándonos el trabajo de ejecutar levantamientos irregulares; pues solo nos indicarán el estado del terreno en el momento en que se levantó su plano, aparte de que ciertos detalles, como un camino en trinchera, un arroyo, un muro, un foso, un vallado, etc., que no podrían representarse en estos planos por la pequeñez de su escala, suelen tener una gran importancia bajo el punto de vista militar.

Necesidad de una memoria.—La influencia del terreno, en las operaciones militares, puede ser notablemente modificada, ya por los obstáculos creados por el enemigo destruyendo túneles, puentes, vados y caminos, ó construyendo atrincheramientos etc., ya por el estado atmosférico que, produciendo lluvias, nieves, hielos ó prolongadas sequías, contribuirá á hacer un pais más ó ménos practicable. Los planos no nos podrán dar ninguno de estos datos ni tampoco, en general, nos indicarán la anchura y profundidad de un rio, la naturaleza de su lecho y orillas, la velocidad de su corriente; el estado de las carreteras, vias-férreas, puentes, vados; si los bosques son más ó ménos espesos; las alturas accesibles y las habitaciones y pue-

blos más ó ménos susceptibles de defensa; resultando de aqui la necesidad de que á todo levantamiento irregular militar, acompañe una memoria descriptiva para completar lo que el dibujo no exprese, procurando que sea concisa para poder leerla con rapidez; y evitando hablar en ella de lo que el plano presenta á nuestra vista con mayor exactitud, rapidez y claridad que una descripcion escrita generalmente de prisa.

Exactitud.—No podrá suponerse que los levantamientos irregulares tengan una exactitud geométrica; pero diremos que se han ejecutado con la *exactitud necesaria*, si llegan á representar de un modo claro y completo todos los detalles topográficos que tengan alguna importancia bajo el punto de vista militar; y principalmente bajo el especial del reconocimiento que haya originado el levantamiento.

Escalas y equidistancias.—Las escalas que generalmente se emplearán en estos trabajos serán las de $\frac{1}{10000}$ ó $\frac{1}{20000}$, con cinco y diez metros respectivamente de equidistancia; pero en los paises montañosos, se aumenta la equidistancia para evitar confusion. La eleccion de la escala dependerá del tiempo de que dispon-

gamos; pues el trabajo se hará con mayor rapidez cuanto más pequeña sea aquélla.

Detalles que debe contener este trabajo.—En el plano deberán aparecer: todas las obras de fortificacion permanente é improvisada y sus defensas accesorias, con los detalles que la escala permita representar.

Las poblaciones con la forma general de sus calles, posicion de la iglesia, cementerio y las de aquellos edificios que pudieran servir de reducto detallando la forma y naturaleza de las tapias ó cercados que les rodeen, y que son los elementos principales de su defensa.

Las posesiones aisladas como quintas, granjas, cortijos y fábricas, son tambien importantes como puntos de apoyo ó reunion y por los recursos que suelen encerrar. Convendrá á veces acompañar, segun su importancia, planos detallados de dichas posesiones en una escala grande.

Los caminos con todos sus detalles de construccion se indicarán con arreglo á los signos convencionales, sin olvidar las sendas más insignificantes que permitirán, á veces, envolver una posicion.

En los rios expresaremos la naturaleza de las orillas, los puentes, vados y presas, escribiendo ademas en el plano sus anchuras, sobre todo en los lugares favorables para el paso.

En los cultivos nos fijaremos principalmente en los bosques, pantanos y viñas, que ofrecen obstáculos á la marcha de las tropas.

Como los barrancos y rocas son muy interesantes, por las dificultades que pueden ofrecer á una columna para la marcha ó ataque de una posicion, serán tambien objeto de nuestra especial atencion.

Algunos detalles sin importancia en un plano ordinario, la tienen grande en los militares, como las menores corrientes de agua ó fuentes potables, los caminos en trinchera, fosos, vallados, maleza, etc.

Al plano deberán acompañar perfiles acotados de los desfiladeros, vados y rios, que nos indiquen su anchura, pendientes de derecha é izquierda, profundidad del agua, etc.

CAPÍTULO II.

Medida de distancias.

Medida de distancias con el paso.— Pueden hacerse las mediciones en los levantamientos irregulares por medio del paso, como hemos explicado en el capítulo primero de la segunda parte; y si tenemos papel cuadriculado y operamos en una escala pequeña, convendrá trazar sobre una de las líneas de los cuadrados, una escala de nuestro paso, subdividida convenientemente, lo que nos permitirá llevar la longitud deseada en una direccion cualquiera, por comparacion con la dimension de los cuadrados, describiendo en caso de necesidad con el pensamiento, arcos de círculo. Si no tuviésemos

papel cuadriculado se construirán, para reemplazarlo, cuadrados cuyos lados representen 200 pasos.

Por el tiempo.—Se funda esta medida en la longitud y velocidad del paso. Así, si marchásemos á los pasos reglamentarios de nuestra táctica de infantería recorreríamos:

116×0^m, $65 = 75^m$, 40 por minuto al paso ordinario.

116×0^m, $75 = 87^m$, al largo.

180×0^m, $83 = 149^m$, 40 al ligero.

Esta manera de medir las distancias se empleará sobre todo cuando operemos con una columna de tropa, que suele recorrer por término medio 400 metros al paso de camino en cinco minutos; y por lo tanto 4800 metros en una hora, ó, en números redondos cinco kilómetros.

Podrá utilizarse la velocidad de la marcha del caballo, si hemos cuidado de observarla anteriormente en el que montemos; é indicaremos que, por término medio, los caballos de alzada ordinaria recorren al paso 100^m en un minuto, 240 al trote y 340 al galope.

Podómetros.—Estos instrumentos tienen la forma de un reloj ordinario de bolsillo, con su esfera sobre la cual se mueven dos agujas en el

momento que marchamos con él, cuidando de llevarlo próximamente vertical. La aguja mayor dá una vuelta completa cada diez kilómetros de marcha, y la menor indica las veces que se han recorrido diez kilómetros. Los podómetros funcionan automáticamente; empiezan á marchar y aceleran, acortan ó detienen la marcha conforme lo haga el operador.

Cuando no convenga que funcione, aunque marchemos, se colocará de modo que la anilla quede hacia abajo.

Al empezar á medir distancias deberán moverse las agujas de modo que señalen respectivamente las cifras 10 y 100, que servirán de puntos de partida.

Para que este instrumento cuente una cierta clase de unidades de distancia, metros por ejemplo, es preciso que cada observador lo arregle á la longitud de su paso; y esto lo verificará recorriendo una distancia conocida, y graduándole por medio de su tornillo de arreglo, que se moverá con una llave de reloj, de derecha á izquierda, si el instrumento señala ménos distancia que la medida, y de izquierda á derecha, si por el contrario, la señalase mayor,

hasta que el número leido en la esfera sea el que corresponda al camino recorrido.

El podómetro tiene aplicacion principal para la medicion de grandes distancias; pero presentará siempre el inconveniente de funcionar, sobre el mismo lugar que ocupemos sin avanzar ni retroceder, á cada movimiento un poco brusco que haga el operador.

Medida de distancias por medio del brazo.—Tomemos un doble decímetro, por ejemplo (ó el lápiz si hemos cuidado de trazar en él divisiones) entre los dedos de la mano derecha (fig.ª 27); extenderemos el brazo sin rigidez en la direccion de un objeto de altura conocida *BC*, cuidando de perfilarnos conservando siempre la misma posicion con naturalidad. Una vez así colocados se deslizará la uña del dedo pulgar á lo largo de la regla, hasta que los dos rayos visuales que pasen por la extremidad de la regla y por la uña, comprendan exactamente al objeto *BC*, en cuyo momento el número de milímetros y fracciones de milímetro señalados en *bc*, por medio de la uña que sirve de índice, representará la magnitud aparente del objeto, á una distancia igual á la que separa nuestra vista

de la regla, que podremos llamar *longitud del brazo* é indicaremos por *d*. Si designamos por *D* la distancia de nuestra vista al objeto, por *A* la altura real del mismo y por *a* su magnitud aparente, la semejanza de los triángulos, *OBC* y *obc* nos dará la proporcion:

$\frac{D}{A}=\frac{d}{a}$, de donde $D=A\times\frac{d}{a}$, ó $A=D\times\frac{a}{d}$.

Para aplicar esta fórmula necesitamos conocer ó *A*, altura real del objeto, ó *D*, su distancia á nuestra vista; y ademas *a*, su magnitud aparente y *d*, *longitud del brazo*, que cada uno habrá medido con anterioridad.

La *longitud del brazo* deberá determinarse por experiencias reiteradas y no por una medida directa, que seria inexacta, porque al hacerla no tendriamos en cuenta las oscilaciones de la mano y la posicion natural que toman la cabeza y el brazo del operador. Para hacer esta medida se señalarán en una pared cinco trazos paralelos horizontales y distantes entre sí un metro, de modo que comprenderán una altura vertical total de cuatro metros. Señalaremos despues con el dedo pulgar sobre una regla dividida, cuatro centímetros, y nos alejaremos de la pared hasta que esta longitud sea precisamente la

magnitud aparente de los cuatro metros, en cuyo momento la longitud del brazo será la centésima parte de la distancia del operador á la pared, que podrá medirse. Repetiremos ocho ó diez veces esta operacion, separándonos ántes adelante ó atras de la posicion obtenida últimamente, para repetirla de nuevo, ejecutándola ademas escogiendo alturas de tres, dos y un metros, interceptando sobre la regla longitudes respectivas de tres, dos y un centímetros; con lo cual obtendremos para la *longitud del brazo*, un término medio resultado de todas estas experiencias, y susceptible, por lo tanto, de una gran exactitud.

Se atenuarán los errores consiguientes á la sencillez de la medida por este método, que son debidos á las oscilaciones de la mano, á la apreciacion de las fracciones de milímetro en la regla, y á la variacion de la longitud del brazo segun su posicion, repitiendo varias veces la experiencia y tomando el término medio de las distancias encontradas.

Presenta tambien este procedimiento un inconveniente por la dificultad de encontrar objetos de alturas conocidas, y bastante grandes para ser vistos á largas distancias. A falta de

ellos, emplearemos otros cuyas alturas podamos apreciar, como los edificios que se distinguen de léjos, á cuyos pisos podemos suponerles un puntal de 3^m, 50 á 4 metros, segun su importancia. En la mayoría de los paises, todas las casas de los campesinos están hechas de igual modo, de suerte que midiendo una sabremos á que atenernos.

Convendrá recordar tambien las indicaciones siguientes: La altura de un soldado de infantería con rós suele ser 1^m, 70, la de un ginete con casco ó chacó 2^m, 40.

Aplicaciones del anterior procedimiento.—Cuando trabajemos en las cercanías de un pueblo, cuyo campanario sea visible á gran distancia, podremos determinar la altura de la aguja del chapitel, por medio de la fórmula $A=D\times\frac{a}{d}$, alejándonos del campanario una distancia, que mediremos préviamente; y esta altura nos servirá para determinar las distancias á que nos encontremos del campanario, lo cual es una base importantísima para los levantamientos á ojo que tuviéramos que efectuar al rededor del pueblo.

Procedimiento para medir la anchu-

ra de un rio.—Si quisiéramos, por ejemplo, medir la anchura de un rio, podríamos servirnos de la altura de un objeto situado sobre la orilla opuesta, ó de la distancia horizontal que separa dos troncos de árboles, dos piedras, etc. Tomaremos (fig.ª 28) las magnitudes aparentes a y a' del objeto, observado desde las dos estaciones E y E', escogidas de modo que se hallen con A en línea recta; y mediremos la distancia B que las separa. Podrán entónces establecerse las siguientes proporciones:

(1) $\frac{a}{d} = \frac{A}{D}$ y $\frac{a'}{d} = \frac{A}{D+B}$, de donde, dividiendo miembro á miembro : $\frac{a}{a'} = \frac{D+B}{D}$.

De esta ecuacion deduciremos la distancia D, sin conocer la magnitud real A que se elimina por medio de esta operacion.

Una vez conocida D, la proporcion (1) servirá para determinar A, y si el objeto fuera visible á gran distancia, utilizaríamos el valor de A para apreciar la distancia que nos separa de él.

Hay un medio muy expedito y suficiente para hallar la anchura de un rio. Consiste en colocarse el operador sobre la orilla accesible, fijar la vista en la opuesta y bajar ó subir la

visera del rós con la mano izquierda, hasta que los rayos visuales más distantes lleguen á la orilla inaccesible. Se hace en seguida un giro á la derecha ó á la izquierda, se observa el punto del suelo adonde van á parar los rayos visuales rasantes al borde de la visera, y midiendo la distancia que nos separa de este punto, se tendrá la anchura del rio. Para que esta operacion dé buenos resultados, es necesario elegir un terreno horizontal, y ademas dar mucha fijeza á la posicion de la cabeza, la que se obtendrá apoyándola sobre el puño derecho colocado debajo de la barba, estando el brazo del mismo lado bien unido al pecho.

Nautómetro Morel.—El nautómetro Morel, inventado para medir las distancias entre los buques en las evoluciones marineras, dá muy buenos resultados. Se compone (fig.ª 29) de una ventanita *a b c d* que puede abrirse á diferentes magnitudes, para que comprenda un cierto número de milímetros de los de la regla *p q* por medio de una planchita que se desliza sobre ella á corredera, y cuya posicion se fija por medio del tornillo *m*. Por la parte inferior de esta ventana hay una abertura *f' g'* que dá paso á una

cinta dividida en centímetros, que se halla unida en *f g* á la pieza *M N*, taladrada en *o* para poder dirigir la visual.

Si queremos, por ejemplo, medir la distancia á un objeto que tenga doce metros de altura, abriremos la ventana doce milímetros, y cojiendo con una mano la pieza que lleva el taladro alejaremos con la otra mano la ventana hasta que el objeto quede exactamente comprendido entre los límites de la misma. Entónces, la lectura en centímetros dada por la cinta, será la milésima de la longitud buscada.

Por la velocidad del sonido.—La velocidad del sonido, cuando hay calma y á la temperatura de 15° centígrados, es de 337 metros por segundo. Disminuye 60 centímetros por cada grado de elevacion de temperatura; pero, generalmente, no lo tendremos en cuenta ni la variacion relativa á la direccion y fuerza del viento, cuya componente se agrega ó disminuye á la velocidad ordinaria, sin embargo de que esta última causa de error puede tener una importancia mayor que la de la temperatura.

Contando el número de segundos trascurridos desde el momento en que veamos un fogo-

nazo al en que oigamos la detonacion, y multiplicándolo por 337, obtendremos la distancia en metros.

Apreciacion de las distancias á ojo. —Aunque se presta á muchos errores, conviene que nos ejercitemos en ello comparando la apreciacion que hagamos de una distancia, con la exacta que obtengamos midiéndola en un plano.

A continuacion damos algunos datos prácticos, que servirán de guia para apreciar distancias á ojo.

Una buena vista puede distinguir los campanarios de las iglesias á distancia de 12 ó 15 *kilómetros;* los molinos de viento, castillos y torres que se proyectan en el cielo, á la de 8 ó 10 *kilómetros;* las casas aisladas á 6 ú 8 *kilómetros;* las chimeneas de casas elevadas y las ventanas, desde 3 ó 4 *kilómetros;* los troncos de árboles, no muy gruesos, y los postes kilométricos desde 1 *kilómetro;* la parte vertical del marco de las ventanas, desde 300 á 500 *metros*, segun su anchura.

La observacion de las tropas da los resultados siguientes:

Las columnas que marchan por las cumbres

de las montañas, como se proyectan en el cielo, pueden distinguirse á 4000 *metros* y aunque sea á mayor distancia; y si ocupamos una posicion elevada, se harán perceptibles los movimientos de las masas á 3000 *metros*.

A 1600 *metros* la infantería aparece como una masa negra uniforme, sobre la que se ven brillar los cañones de los fusiles; y la caballería como otra más densa, ligeramente dentada en su parte superior.

Si el reflejo de las armas fuese más brillante, deberemos suponer que el enemigo avanza á nuestro encuentro; y, en caso contrario, que nos vuelve la espalda.

Cuando una tropa marche de flanco, se determinará el sentido en que la verifica, tomando puntos de comparacion en los flancos.

A 1200 *metros* empiezan á distinguirse las filas de la infantería; y puede conocerse si la caballería ha echado ó no pié á tierra. Las piezas de artillería se verán á dicha distancia separadas de sus tiros.

A 900 *metros* se destacan claramente las hileras.

A 800 *metros* se ve el movimiento de las

piernas y brazos de la infantería marchando; las cabezas de los caballos y las partes blancas de los uniformes.

A 600 *metros* puede apreciarse el frente de una tropa por el número de sus hileras.

A 450 *metros* se distingue la forma del rós, casco, chacó, etc.; y en la caballería los ginetes separadamente de sus caballos.

A 300 *metros* se reconocen las partes brillantes del rós, casco ó chacó, y los adornos claros del uniforme.

A 250 *metros* se ve la cara, la chapa de laton del cinturon y la separacion de las piernas á pié firme.

A 150 *metros* se ven las manos y los botones del uniforme.

A 100 *metros* confusamente las facciones humanas.

En general, un objeto visto á 300, 400, 500 metros, no representa más que la 3.ª, 4.ª ó 5.ª parte.

Los errores que pueden cometerse apoyándonos en estos datos, variarán segun que el aire sea más ó ménos trasparante; y por lo tanto no es posible fijar límite alguno. Advertiremos tam-

bien que estos datos deberán modificarse por cada observador, segun el alcance de su vista.

Ademas de estos procedimientos podríamos utilizar el anteojo Rochon, el micrómetro Lugeol, la estadia de Van-Hecke, el taquímetro de Delhaye, el diastímetro de Salneuve, el estadiómetro de Stubengdorf, los telémetros de Porro, de Grœters, de Gautier, de Gaumet, de Goulier, de Le Boulengé, y el troqueámetro que se adapta á las ruedas de los carruages para contar y registrar el número de vueltas que dan aquéllas; pero no los describiremos por no aumentar la extension de estos apuntes, porque la mayor parte se hallan perfectamente explicados en la extensa y bien escrita topografía del coronel de ejército, comandante de Estado Mayor D. Julian Suarez Inclán, y tambien porque carecen de estos instrumentos la mayoría de las Conferencias de Distrito.

CAPÍTULO III.

Medida de ángulos.

Por medio de la plancheta y alidada. —Para los oficiales de infantería, y en general cuando operemos á pié, el mejor medio para construir y medir los ángulos, será, sin género alguno de duda, utilizar una plancheta lijera de cuarenta centímetros de ancho por cincuenta de largo, sostenida por un trípode sencillo, y acompañada de una alidada cualquiera, á ser posible de la nivelante que hemos explicado en el capítulo 1.º de la segunda parte.

Plancheta improvisada. —A falta de plancheta y trípode los improvisaremos; la primera con una tabla cualquiera que se hará cepillar, ó bien utilizando un carton; y el segundo con tres ramas de arbol reunidas por una liga-

dura un poco más arriba de la mitad de su longitud, sobre las cuales se clava ó coloca la tabla ó carton destinados á recibir el dibujo.

Plancheta portátil.—Se compone de varios listones de madera, encolados sobre piel ó tela fuerte que les permite arrollarse y ocupar poco volúmen para el trasporte. Lleva ademas otros dos listones que, colocados perpendicularmente á los primeros, sirven para reunirlos formando un solo plano, y se fijan por medio de aldabillas.

Alidada improvisada.—Si no tenemos que dirigir visuales á grandes distancias, puede improvisarse la alidada haciendo un doble decímetro de seccion triangular, ó una regla ó doble decímetro ordinario, al cual fijaremos dos agujas para determinar un plano visual, paralelo á los bordes de la regla ó doble decímetro.

Declinatoria y brújula-dije.—La plancheta está provista generalmente de una pequeña declinatoria de seis ú ocho centímetros de lado que sirve para orientarla en cada estacion, facilitando el trabajo por la independencia que, como hemos dicho ya otras veces, resulta para las operaciones sucesivas.

En caso de necesidad, y que no tengamos una declinatoria, podrá utilizarse como tal una de esas brujulitas-dijes, que sólo tienen dos centímetros de diámetro, y que fijaremos sobre la plancheta por medio de unas puas *m n* unidas á un muelle (fig.ª 30).

Orientacion sobre un punto distante.—Podremos servirnos algunas veces, para orientarnos, de un punto distante, visible desde la mayoria de los demas del terreno, aunque con arreglo á la escala del plano caiga fuera de los límites de la plancheta. Para esto escogeremos en el terreno una base apropósito que se trazará sobre la plancheta en una posicion conveniente *a b* con relacion al terreno cuyo plano hemos de levantar (fig.ª 31). Haciendo estacion en las extremidades de esta base, se trazarán visuales al punto escogido *S*, y su interseccion determinará la posicion *s* de este punto en el plano; pero como hemos supuesto que se halla fuera de los límites de la plancheta, trazaremos cerca de dos de los bordes de esta, dos líneas *c d* y *e f* paralelas entre sí, y se dividirán las porciones comprendidas entre las direcciones *a S* y *b S* y sus prolongaciones, en un

mismo número de partes iguales, que numeraremos á partir de cero en el mismo sentido. Todas las líneas que unan puntos de igual numeracion de las dos paralelas, concurrirán en el punto *S* á causa de la semejanza de los triángulos *cdS* y *efS*, por consiguiente, para orientar la plancheta en un punto cualquiera *M* del terreno, correspondiente al *m* del dibujo, se colocará la alidada sobre este punto, de manera que pase por los homólogos de las dos paralelas *c d* y *e f*, y haremos girar la plancheta hasta que la visual pase por el punto *S* del terreno.

Cuando no se busca mucha precision, se reemplazará la plancheta por un carton con correas, dispuestas de modo que pueda suspenderse del cuello, utilizando la brújula-dije para orientarlo; y trazando á ojo las direcciones, en cuyo caso convendrá ejecutar el dibujo sobre papel cuadriculado, que pegaremos con goma de boca al carton, ó bien se hará su posicion invariable clavando chinches de las usadas para dibujar. La brújula-dije la fijaremos, por medio de las puas *mn* que van unidas al muelle (fig.ª 30), á la cara del carton opuesta á la en que dibujamos, de modo que su línea Norte-Sur sea

paralela á la meridiana magnética, trazada á voluntad en el dibujo.

Para trazar una direccion, suponiendo el carton suspendido del cuello por medio de las correas, se girará alrededor del punto ocupado hasta que mirando naturalmente nos hallemos en la direccion deseada; moveremos entónces el carton, de modo que quede próximamente horizontal, hasta que la aguja de la brújula cubra la línea Norte-Sur, y con la punta Norte hacia la anilla *A* que sirve para cojer la brújula. Al mismo tiempo, sin variar la posicion del carton para que se conserve orientado, haremos de manera que el punto del dibujo por donde debe pasar la direccion que deseamos trazar, se halle enfrente del medio del cuerpo, *condicion que será indispensable para la exactitud*; trazaremos en seguida la direccion á pulso hacia fuera, si operamos por intersecciones, ó hacia nosotros mismos cuando empleemos el método de *medicion*. (1)

(1) Hemos tenido ocasion de ver emplear con éxito este carton y brújula por las tropas de infantería de guarnicion en Bayona de Francia, y el curso último en las Conferencias de Vitoria.

Puede emplearse á falta del carton con correas, un carton cualquiera análogamente, utilizando el papel cuadriculado y la brújula-dije.

Planchetas portátiles.—Existen ademas multitud de planchetas ingeniosas para sostenerse en la mano, muy cómodas para el transporte, la mayor parte de las cuales están provistas de un sistema cualquiera para dirigir las visuales, de una brújula y de un instrumento de nivelacion. Nosotros sólo describiremos la plancheta militar del capitan de Estado Mayor francés Henri Hué, cuyo instrumento existe en las Conferencias de Vascongadas.

Plancheta Hué.—La plancheta Hué (fig.ª 32) se compone de un tablerito que se dobla por la mitad para facilitar su trasporte. Dos aldabillas fijan su posicion á voluntad. Al tablero van clavadas dos fuertes cintas, y una de ellas lleva cosida una hebilla, que permite colgar la plancheta del cuello para dibujar con más comodidad. La posicion natural para operar, es la que toma abriéndola como un libro. Suponiéndola en esta posicion la describiremos. A inmediacion del ángulo de la izquierda más inmediato al operador, lleva una brújula con limbo

de graduacion centesimal, comprendiendo cada division dos grados, y de tal modo que empezando por cero en los extremos de su diámetro paralelo á los lados de la plancheta, perpendiculares á la posicion del operador, termina siguiendo la graduacion á derecha é izquierda, independiente en cada cuadrante, en 100° en los dos extremos del diámetro perpendicular al citado. Las graduaciones pueden verse por reflexion por medio de un espejo circular que gira á charnela, y que permite se dirijan las visuales á través suyo, por hallarse desazogada una pequeña faja, inmediata á su diámetro, prolongacion del *oo* del limbo. Una lámina de acero, que se halla tambien sobre esta misma prolongacion, puede levantarse ó introducirse en un rebajo del tablero y permite, juntamente con el diámetro desazogado del espejo, dirigir las visuales á los puntos convenientes. Del centro del limbo se halla suspendido un perpendículo, que cae sobre él dando el ángulo de pendiente. En un rebajo perpendicular al borde anterior, lleva una reglilla de boj dividida en milímetros. Un pedazo de papel de lija permite afilar el lápiz, y dos grapitas de laton sujetan el papel para dibujar,

que convendrá sea cuadriculado. Una pequeña cavidad practicada en su expesor y hacia la derecha aloja un trasportador semi-circular de talco. En su cara inferior hay practicados varios rebajos para llevar goma de borrar y lápiz comun, introducidos en un cilindro-plomada, así como otros para cuatro lápices de colores. El hilo de la plomada está unido al centro del borde exterior de la plancheta. Lleva ademas sobre el tablero, en la parte de su contorno correspondiente á las dos extremidades inmediatas á los bordes laterales, y al más próximo al operador, unas divisiones graduadas de cinco en cinco grados, análogamente á las del limbo.

Uso de esta plancheta para medir ángulos.—Dirigiremos las visuales en la direccion deseada utilizando el diámetro desazogado del espejo y la lámina de acero; leeremos al mismo tiempo en el espejo la graduacion de la brújula indicada por la aguja imanada, y construiremos en seguida por medio del trasportador el ángulo obtenido en la direccion conveniente.

Podremos trasportar el ángulo más rápidamente sirviéndonos del hilo de la plomada, para lo cual lo colocaremos sobre la division del con-

torno de la plancheta correspondiente á la lectura hecha en la brújula, y trazaremos despues por el punto del dibujo, en que nos hallemos, una paralela á esta direccion. Este procedimiento puede emplearse en los levantamientos á caballo.

En el capítulo siguiente se explicará el uso de esta plancheta para la nivelacion.

Brújula Burnier.—Se compone de una caja de laton *cc'* (fig.ª 33) cerrada por la parte superior y por la inferior. En el fondo de la caja se halla un eje *o* que sostiene una aguja imanada que forma cuerpo con un anillo cilíndrico *l* de poca altura y muy ligero, cuya graduacion se halla en su superficie lateral. La graduacion de este limbo ó anillo es completa y suele hallarse en direccion de Sur á Norte pasando por el Este, esto es, de derecha á izquierda suponiendo que nos hallamos colocados en el centro del limbo. Una abertura *a* practicada en el costado de la caja, y tapada por un cristal de aumento, sirve para observar el limbo, que veremos por lo tanto de mayor tamaño, así como un hilo metálico *K* situado en el interior, perpendicularmente al fondo de la caja. Otra aber-

tura *b* en la parte superior, cubierta con un talco ó cristal, permite pase la luz para ver la graduacion. La caja lleva dos pínulas, que se levantan á voluntad sobre ella ó se bajan para el trasporte; la más pequeña (ocular) tiene una hendidura longitudinal *h*, y la otra más larga *P*, (objetiva) es la que sirve para ver por ella el objeto que observamos, y está atravesada en sentido de su longitud por una cerda *ee'*. El boton *mm'* sirve para la suspension del limbo *l*, y el *n* para disminuir las oscilaciones tocándolo suavemente. El hilo *K*, la hendidura *h* y la cerda *ee'* del objetivo, se hallan en un mismo plano que pasa por el centro del limbo.

Igual al limbo *l* de que hemos hablado, tiene la brújula Burnier otro *l'* que gira al rededor de un eje *d*, fijo en la tapa superior de la caja. Colocando esta de modo que el eje *d* sea horizontal, el limbo *l'* queda en una posicion constante, en la cual la linea (0°—180°) de él se mantiene horizontal, en virtud del peso de un trozo macizo adherido al mismo.

Este se ha construido de tal modo que cuando el plano determinado por el eje *d* y la division 90° es vertical, el que determina el mismo eje y

las graduaciones 0°—180° es horizontal. Moviendo la caja hasta que la cerda coincida con la division 0° del limbo *l'*, la visual determinada por las pínulas será horizontal. A partir del 0° hay dos graduaciones, una superior y otra inferior. El boton *r* sirve para impedir el movimiento del limbo *l'* cuando no se opera con él. Conviene, siempre que así suceda, tener suspendidos ambos limbos para evitar el deterioro producido por el desgaste de los puntos de suspension.

Modernamente se ha modificado esta brújula; exteriormente, reduciendo algo sus dimensiones para la mayor comodidad del trasporte, con cuyo objeto vá envuelta en un estuche de cuero con correas para poder colgarlo; interiormente, se ha adoptado para el limbo *l* la graduacion centesimal (circunferencia dividida en 400 partes) en lugar de la sexagesimal (circunferencia dividida en 360 partes) que ántes tenía; ademas, aunque se ha conservado la misma disposicion del limbo *l'* ha sido determinada su graduacion de tal manera que da las tangentes trigonométricas de los ángulos buscados en un círculo de rádio igual al del limbo *l'*.

Con el limbo *l* de la brújula Burnier, podrán medirse ángulos y tomar tambien rumbadas aisladas dirigidas á los puntos del terreno que convenga, cuya aplicacion es la más frecuente.

La brújula Burnier es el mejor instrumento que puede emplearse para los levantamientos irregulares que haya que hacer á caballo; pero obtendremos los ángulos con dos ó tres grados de error, ó de un grado si operásemos á pié.

Procedimiento para imanar las brújulas.—Las brújulas están sujetas á un accidente que debemos saber reparar. Cuando cae un rayo á su inmediacion, la imantacion de la aguja suele padecer. Si tuviésemos un imán natural, bastará frotarlo despacio quince ó veinte veces desde el centro á cada punta, con el polo conveniente del imán (1). Si nó tuviésemos imán, lo improvisaremos tomando diez y ocho ó veinte pedazos de alambre de hierro de treinta centímetros de longitud y tres ó cuatro milímetros de diámetro, que colocaremos verticalmente en un torno de herrero ó carpintero y retorce-

(1) Para frotar desde el centro hacia la punta Norte de la aguja que se quiera imanar, emplearemos el polo Sur del imán, é inversamente.

remos uno á uno hasta hacerlos rígidos y quebradizos, en cuyo estado se habrán hecho muy magnéticos, teniendo el polo boreal en la parte superior. Los reuniremos formando un haz, cuidando de juntarlos todos por el extremo superior ó inferior; y así obtendremos un imán artificial para imanar las brújulas.

Desviaciones de la aguja imanada. —Al emplear las brújulas, si bien no tendremos en cuenta en la clase de levantamientos que hemos de hacer, la variacion diurna de la aguja imanada, ni las perturbaciones accidentales, deberemos sin embargo preocuparnos cuando operemos en terrenos que contengan mineral de hierro, ó á inmediacion de edificios ó construcciones en que entre dicho mineral; pues la aguja imanada puede en dichos casos desviarse bastante de su verdadera y habitual posicion de equilibrio, y no podríamos por lo tanto emplear la brújula en nuestros trabajos.

Modo de reconocer los terrenos que contengan mineral de hierro.—Para conocer si en el terreno de nuestro levantamiento existe mineral de hierro, deberemos dirigir visuales recíprocas entre cada dos puntos bien

determinados y visibles; y si la diferencia de las lecturas es mayor ó menor que 180° ó 200°, segun que la graduacion sea sexagesimal ó centesimal, más ó ménos un grado si operamos á pié, ó dos ó tres si lo hacemos á caballo, esto nos evidenciará la existencia del terreno magnético y desecharemos la brújula para el levantamiento.

Trasportadores.—Para trasladar al dibujo las lecturas dadas por las brújulas, es necesario conocer los trasportadores y su uso. Los trasportadores son unos limbos graduados como los de los instrumentos. Se construyen de metal, talco y asta, ya circulares ya semi-circulares, y graduados bien por el sistema sexagesimal, es decir, dividiendo la circunferencia en 360°, bien por el centesimal, dividiéndola en 400°; pero conviene que el trasportador que usemos sea de uno ú otro sistema, segun que el limbo de la brújula lo sea ó no tambien. Si no tuviéramos á nuestra disposicion trasportador graduado como el instrumento con que operásemos, nos será fácil pasar de una lectura centesimal á otra sexagesimal multiplicándola por $\frac{9}{10}$; y, por el contrario, pasaremos de la sexagesimal á la centesimal multiplicándola por $\frac{10}{9}$.

Trasportacion de rumbadas.—Suponiendo sea el trasportador circular sexagesimal, colocaremos su diámetro 0°—180° (fig.ª 34) coincidiendo con la direccion constante para cada plano que se haya dado á la línea Norte-Sur magnética, de modo que el cero se halle hacia el Norte, y que la graduacion sea de derecha á izquierda, haciendo ademas que el centro del trasportador coincida con el punto del dibujo correspondiente al en que nos hemos situado en el terreno para dirigir la visual; y despues señalaremos con la punta del lápiz en el papel el número de grados dado por la brújula, bien sea la lectura mayor ó menor de 180°.

Si el trasportador fuese semi-circular y la lectura menor de 180°, lo colocaremos de igual modo; pero si la lectura fuese mayor de 180° la disminuiremos en este número de grados y la diferencia la llevaremos sobre el trasportador, colocado de modo que coincidiendo el diámetro 0°—180° con la línea Norte-Sur magnética, el cero se halle hacia el Sur y la graduacion de derecha á izquierda (fig.ª 35).

Declinacion.—Para orientar los planos que levantemos utilizando las brújulas, hemos

de tener en cuenta el ángulo que la meridiana magnética forma con la astronómica, ángulo que se llama *declinacion de la aguja imanada:* la declinacion es oriental ú occidental, segun que la punta Norte de la aguja se encuentre al Este ó al Oeste de la meridiana astronómica.

La *declinacion* varia con el tiempo: actualmente (Agosto de 1881) es en Madrid de 17° 22' Oeste, por término medio, teniendo una oscilacion diurna de 10' á 12'. (1)

Recordando el error que se obtiene operando con la brújula Burnier, y su graduacion, podremos suponer que actualmente esta declinacion es de 17°.

Medicion de ángulos por medio del brazo.—Podremos emplear para la medicion de ángulos el brazo extendido, como hemos explicado en la medida de las distancias por la magnitud aparente de un objeto, conociendo la *longitud del brazo.* Pero para la estimacion de los ángulos, en lugar de colocar el lápiz ó doble

(1) Para obtener el valor correspondiente en Vitoria, segun el trabajo publicado por *Lamont*, de Munich, habrá de aplicarse á las observaciones hechas en Madrid una correccion de + 6'; de modo que la *declinacion* en la capital de Álava será, en la actualidad, de 17° 28'

decímetro vertical, lo colocaremos horizontal, cuya posicion reconoceremos porque la magnitud aparente medida, será la menor de todas las que se obtengan en cualquiera otra posicion del lápiz ó regla. Mediremos así la magnitud aparente comprendida por el ángulo buscado, es decir, su tangente trigonométrica ó su seno en un círculo de rádio igual á la *longitud del brazo*, y podrán por lo tanto, construirse los ángulos medidos.

Cuidaremos al emplear este procedimiento de que los ángulos no pasen de veinte ó veinticinco grados, porque conviene que la magnitud aparente no exceda de quince ó veinte centímetros, para lo cual descompondremos los ángulos mayores que aquellos en dos ó tres, que mediremos separadamente para construirlos uno al lado del otro.

Apreciacion á ojo.—Esta operacion será siempre difícil y sujeta á errores. Sin embargo, podrá efectuarse con una aproximacion suficiente, comparando el ángulo que busquemos con los ángulos mayores y menores que pueden obtenerse doblando un cuadrado de papel por su diagonál, primero en dos partes, luégo en cua-

tro y en ocho; y deshaciendo despues las dobleces hasta que se aproxime al ángulo que queremos medir. Obtendremos así para comparar, delante de nuestros ojos, desde luégo un ángulo recto fácil de apreciar, despues los ángulos de 45°, de 22° 1/2, de 11° 1/4 obtenidos directamente; y, por último los ángulos de 78° 3/4 67° 1/2, 56° 1/4, 33° 3/4 que obtendremos desdoblando todo el papel ménos una, dos, tres ó cinco dobleces.

Cuando hayamos adquirido la costumbre de esta operacion, evaluaremos con facilidad el ángulo que busquemos, comparándolo con los ángulos resultantes de las diferentes dobleces del papel; y podremos entónces trasportar este ángulo sobre el dibujo, como lo haríamos con un trasportador.

Para ejercitarnos en medir los ángulos á ojo por este procedimiento, convendrá colocarnos en el campo en un punto desde donde podamos descubrir todo el terreno que nos rodea. Elegiremos en seguida cinco puntos visibles del horizonte, como campanarios, árboles, molinos, etc., y consideraremos el punto elegido para estacionarnos, como centro de un círculo que

se trazará con el compás sobre un pliego de papel.

Imaginaremos que se han unido los cinco puntos, por medio de rádios, con el centro del círculo trazado y evaluaremos en grados los ángulos así formados, para trazarlos despues en el círculo por medio del trasportador, unos á continuacion de otros, hasta el quinto, que deberá necesariamente completar la circunferencia de círculo ó 360°, lo que no sucederá al principio de nuestros ensayos; pues la suma de los cinco ángulos diferirá generalmente de cuatro ángulos rectos; pero el error se percibirá en seguida, puesto que al construir el quinto ángulo nos encontraremos con que el resto de la medida angular del círculo será sensiblemente mayor ó menor que el último ángulo apreciado á ojo. Esto tendrá lugar segun la tendencia, constante casi siempre, de la vista de cada observador, á juzgar todos los ángulos mayores ó menores de lo que en realidad son.

Repitiendo este ejercicio varias veces y haciendo uso del papel doblado, el error cometido será cada vez menor, y la vista se irá acostumbrando á obtener la verdadera medida angular

del espacio; y, si aumentamos en cada nuevo ensayo el número de los ángulos que hemos de apreciar hasta diez ó quince, llegará á obtenerse á la larga, mucha aproximacion por este método.

Por las mismas razones expuestas en el último párrafo del capítulo anterior, no describimos el sextante de bolsillo, el de un solo espejo, el sextante trasportador de uno ó dos espejos, el sextante compás, la escuadra de espejos, el Pocket altacimut, ni las brújulas de Kater, de Hossard y de Leblanc, cuyos instrumentos todos podrian utilizarse en los levantamientos irregulares para la medida de ángulos.

CAPÍTULO IV.

Instrumentos y procedimientos para la nivelacion.

Al tiempo que se levanta la planimetría, es necesario ocuparse tambien de la nivelacion, no tan solo para obtener los valores absolutos de las altitudes ó cotas de un cierto número de puntos, sino tambien para llegar á representar el relieve del terreno, expresando, en cuanto sea posible, la dominacion de sus diferentes partes y la rapidez de sus principales pendientes.

La nivelacion por pendientes es la más conveniente por su expedicion para los levantamientos irregulares, y ademas por el interés que generalmente existe de conocer el valor de

las pendientes con preferencia á las cotas ó altitudes de los puntos.

Alidada nivelante.—Cuando se opera á pié y con una plancheta con trípode, el mejor instrumento para medir directamente las pendientes es la alidada nivelante que, como hemos explicado en el capítulo 1.º de la 2.ª parte, dá las tangentes de las inclinaciones de los rayos visuales en centésimas del rádio. Podremos entónces deducir las diferencias de nivel, si conocemos las distancias á los puntos observados, que se medirán en el plano; y operando así obtendremos bastante precision puesto que el error no podría ser sino de un metro para 500, sin tener en cuenta el error de medicion de las distancias, que para pendientes rápidas llegaría á ser considerable. Pero en general nos serviremos de la tangente de la inclinacion para deducir solamente la separacion correspondiente de las secciones horizontales, suponiendo sean las visuales paralelas al terreno. Esta separacion se obtiene por un cálculo muy sencillo, porque si $\frac{n}{100}$ representa la tangente de la pendiente, la cotangente, y la distancia horizontal que separa dos puntos cuya diferencia de nivel es de un

metro, estará representada por $\frac{100}{n} \times 1$ metro. La escala de cotangentes trazada sobre el borde de la alidada y correspondiendo á la equidistancia gráfica de un milímetro, permite evitar el cálculo.

Eclímetro ó clisímetro Burnier.— Hemos explicado ya detalladamente en el capítulo anterior la disposicion del limbo *l'* de la brújula Burnier, (fig.ª 33), así que ahora sólo nos resta indicar su aplicacion.

Para operar con el limbo *l'* colocaremos el instrumento en una posicion vertical, dirigiendo la visual por las dos pínulas y paralelamente á la inclinacion del suelo.

Si la brújula Burnier es de las antiguas, se obtendrá una lectura valor del ángulo de pendiente y hallaremos la altitud del punto observado con relacion al de estacion (fig.ª 19), por la fórmula $A = \text{tang } p.\ P$, obtenida en funcion de la distancia horizontal y de la tangente del ángulo de pendiente; pero para evitar este cálculo vamos á dar á conocer y utilizar la siguiente escala de pendiente, que permite leer aproximada y rápidamente las alturas correspondientes á bases horizontales de 10, 20, 30,

40, ... 100m, para ángulos de pendiente que varian de cinco en cinco grados, desde 0° hasta 45°.

Para construirla en la escala de $\frac{1}{1000}$, por ejemplo, se tomará (fig.ª 36) una linea *AB* de 100 metros (un decímetro en el papel) que se dividirá en diez partes iguales; se construirán con el trasportador en *A* ángulos de cinco en cinco grados, que se numerarán sobre la linea *BC* perpendicular á *AB*. Trazaremos despues perpendiculares en los puntos de division de la linea *AB* base horizontal; y para facilitar la lectura de las diferencias de nivel, se construirán paralelamente á la línea *AB* otras que tengan *diez* metros (un centímetro en el papel) de separacion entre sí, colocando la numeracion sobre la hipotenusa *AC* como indica la fig.ª 36.

La porcion de las perpendiculares (10—10), (20—20), (30—30), (40—40), etc. interceptadas por una linea de pendiente cualquiera *AE*, indicará las diferencias de nivel correspondientes á esta pendiente para bases horizontales de 10, 20, ... 100m.

Uso de esta escala de pendiente.— Supongamos que el pié de una altura está sepa-

rado horizontalmente de su cúspide por una longitud de 135 metros, y que con la brújula Burnier hemos obtenido para la pendiente de la línea del pié á la altura 37°. Como la escala de pendiente no está construida sino para 100 metros, se leerán sucesivamente las alturas correspondientes primero á 100 metros y despues á 35 metros, y se sumarán. Para 100 metros de base y 37° de pendiente se verá que la diferencia de nivel está comprendida entre 70 y 80 metros. Para 35 metros de base se verá, trazando con el pensamiento el ángulo de 37°, y por medio de la línea *AE* y la perpendicular *MN* que pasa por la mitad del intervalo $30^m—40^m$, que la diferencia de nivel es de unos 27 metros. La altura total será, pues, de unos $76^m+27^m=103^m$.

Si operásemos con la moderna brújula Burnier, como su clisímetro dá el valor de las pendientes expresadas por sus tangentes en centésimas del rádio, obtendremos las altitudes multiplicando la distancia horizontal al punto observado por la centésima parte de la lectura, si ésta estuviese comprendida entre el rádio horizontal *o* y la graduacion 100 superior ó inferior; y si fuese á partir de esta hasta el diá-

metro vertical *oo*, dividiríamos 100 por la lectura y el resultado lo multiplicaríamos por la distancia.

Al operar con los eclímetros y clisímetros, es necesario que la visual sea paralela al suelo, y para esto el operador procurará que su vista se halle en la prolongacion de la pendiente, lo que será algunas veces posible en las mesetas del terreno, colocándose un poco detras del extremo de la pendiente y en su prolongacion. Pero cuando no podamos tomar esta posicion, no habrá más remedio que enviar algun soldado al punto que convenga, y dirigir entónces la visual á la altura de la visera de su rós, casco ó chacó. Cuando no se busque una gran precision, bastará dirigir la visual paralelamente al suelo, á ojo, por comparacion con los árboles, viñas, vallados, etc. próximos.

Clisímetro improvisado.— Se puede improvisar un clisímetro con una escuadra y un hilo de plomada suspendido de un punto *A*, próximo al ángulo recto (fig.ª 37). Trazaremos dos escalas de milímetros *CE* y *BD* paralelamente á los lados del ángulo recto, la primera á cinco centímetros, y la segunda á cinco mili-

metros de distancia del punto *A*, donde se ha fijado el hilo de plomada. Dirigiremos las visuales paralelamente al suelo, por el lado superior de la escuadra, inclinando ligeramente la mano hacia la derecha para que se pare el hilo de plomada. La interseccion del hilo de plomada con *CE* dá *CG*, tangente de la pendiente en un círculo de cincuenta milímetros de rádio; y la graduacion permite leer rápidamente esta tangente en dobles centésimas. La interseccion del hilo de plomada con la escala *BD* dá *BF*, cotangente de la pendiente para un rádio de cinco milímetros; y, por efecto de la division y graduacion de esta escala, leeremos en ella para cada pendiente el número de milímetros que expresa la separacion de las curvas horizontales para una equidistancia gráfica de medio milímetro. Si operásemos con una equidistancia diferente sería necesario, con arreglo á ella, graduar de nuevo la escala *BD*, ó cambiar su distancia *AC*.

Nivelacion con la plancheta Hué.— Con esta plancheta podrá efectuarse tambien la nivelacion, para lo cual, colocada verticalmente, dirigiremos la visual como para medir

un ángulo, y se leerá en el espejo la graduacion indicada por la extremidad del perpendículo sobre el limbo.

Con esta lectura y la distancia horizontal en metros al punto cuya altura buscamos, obtenida por *interseccion de simple estacion*, por ejemplo, para que se pueda medir en el dibujo, utilizaremos un cuadro de diferencias de nivel que lleva la plancheta, tomando el número interseccion del renglon vertical correspondiente al número de metros de distancia, con el horizontal correspondiente al ángulo de pendiente dado por el perpendículo.

Podrá obtenerse más rápidamente un valor aproximado de la pendiente, colocando la plancheta verticalmente, dirigiendo un rayo visual por el borde superior, que haremos sea el que ántes se hallaba á nuestra derecha, é inclinando ligeramente la mano hacia el mismo lado para que se pare el hilo de plomada. El número de la division de la reglilla de boj graduada, sobre la cual caiga el hilo, bastará para nuestro objeto: si fuese la division 25, por ejemplo, la pendiente sería $\frac{25}{100}=\frac{1}{4}$; y como el producto de la distancia horizontal por la pendiente dá la altura del

punto observado, obtendremos así los elementos indispensables para la indicacion del relieve del terreno.

Barómetro aneroide.—Los barómetros que conviene emplear en los levantamientos irregulares, son los de bolsillo por su comodidad para el trasporte; pues tienen la forma y dimensiones de un reloj de bolsillo. No es nuestro cometido describirlos, y sólo diremos que su construccion y graduacion son tales, que se lee directamente en ellos la presion atmosférica en milímetros, en el punto y momento de la observacion.

Haciendo observaciones simultáneas en dos estaciones diferentes, podríamos deducir la diferencia de nivel entre ambas por medio de las tablas que hemos copiado de las *Instrucciones mandadas observar en el cuerpo de E. M. para la formacion de itinerarios*, y que forman las últimas páginas de este cuaderno.

Cuando carezcamos de estas tablas, y no busquemos mucha aproximacion, admitiremos que á cada milímetro de presion corresponden, por término medio, diez metros de desnivel.

Modernamente se ha añadido á los baró-

metros una graduacion *orométrica*, que dá inmediatamente la diferencia de nivel para la diferencia de dos lecturas hechas por medio de la manecilla de la esfera del instrumento. La graduacion exterior es la misma que la antigua, dá milímetros de presion; y la otra está graduada en hectómetros que dá en decenas de metros los números correspondientes á las diversas presiones leidas en la primera graduacion. Conviene al operar tocar ligeramente con el lápiz el cristal que cubre la esfera, para que la manecilla tome su verdadera posicion de equilibrio.

Existen tambien otros barómetros altimétricos que dan directamente las altitudes de los diversos puntos de estacion, siempre que cuidemos de arreglar el instrumento para la altitud del de partida.

Podrá en cada estacion observarse el barómetro para deducir las cotas de los puntos, cuidando de volver al final del trabajo al de partida operando por el método de *medicion*; y si encontrásemos una altura distinta de la obtenida al comenzar á operar en dicho punto, esto nos indicará que la presion atmosférica ha va-

riado en este tiempo, en cuyo caso admitiremos que la variacion de presion ha sido progresiva y repartiremos el error encontrado proporcionalmente al tiempo.

Exactitud.—Las variaciones de temperatura y presion atmosféricas, la imposibilidad de leer con exactitud la graduacion indicada por la manecilla de los barómetros, la inercia del mecanismo que trasmite á aquélla los movimientos de oscilacion; y, por último, todas las condiciones de construccion de estos instrumentos son causa de que al emplearlos para la medicion de alturas se obtengan, de ordinario, errores de cuatro ó cinco metros, áun operando con mucho cuidado y esmero, lo cual ciertamente no quiere decir deban desecharse en los levantamientos irregulares, sobre todo cuando operemos en paises accidentados; pero todo esto nos mueve á advertir y aconsejar, que cuando las circunstancias lo permitan, y á fin de no obtener resultados discordantes ni errores considerables, deberá empezarse por hacer un estudio prévio sobre las horas del dia más favorables para la observacion del barómetro en la zona de nuestras operaciones, para lo cual ne-

cesitamos conocer con exactitud la diferencia de altura de dos puntos de la comarca algo distantes, en los que se observará el barómetro varios dias á diferentes horas, hasta obtener repetidas veces á las mismas horas exactamente la diferencia de altura conocida, en cuyo caso podrá apreciarse la parte del dia apropósito para operar con el barómetro, en condiciones favorables para el éxito de los trabajos.

Ademas de los instrumentos explicados para la medida de distancias, ángulos y alturas, existen otros ingeniosos, entre los que citaremos el equipage topográfico del capitan de la artilleria francesa Mr. Peigne, que ha reunido todos los aparatos necesarios para los levantamientos irregulares; y la plancheta del comandante de infantería de nuestro ejército D. Atilano Bastos.

Niveles simplificados.—Para hallar la diferencia del nivel entre dos puntos *A* y *D* (fig.ª 38) podremos, colocándonos en el más bajo, observar el punto en la direccion de ambos adonde vaya á parar sobre el terreno el rayo visual horizontal *V B;* trasladándonos sucesivamente á *B* y *C*, y multiplicando el número de veces que repitamos la operacion por

la altura de nuestros ojos sobre el suelo, se obtendrá la diferencia de nivel.

Este procedimiento exige que nos habituemos á determinar aproximadamente la horizontal, y para ello conviene utilicemos un lápiz ó el doble decímetro, que nos ensayaremos en poner horizontal á la altura de la vista, colocándonos delante de un espejo que se halle colgado y sin inclinacion. Estos ensayos los efectuaremos situándonos delante del espejo, estirando el brazo naturalmente con el lápiz como creamos que queda horizontal á la altura de la vista, y mirando despues al espejo. Si la posicion del lápiz es buena, él y su imágen en el espejo se hallarán confundidos con la imágen de nuestros ojos. Si no sucede así, rectificaremos las posiciones del brazo y lápiz, y haremos diversas pruebas sin mirar al principio al espejo. Despues de varios ensayos se llegará á determinar muy aproximadamente la horizontal.

Apreciacion á ojo de las pendientes y diferencias de nivel.—Es muy general cometer grandes errores en la apreciacion de las diferencias de nivel. Cuando nos coloquemos sobre las vertientes de un valle, creeremos que

se halla á nuestra misma altura en la vertiente opuesta, un punto que en realidad se halla más elevado.

En terrenos accidentados, cuando queramos obtener á ojo la *diferencia de nivel* del punto ocupado con relacion á otros situados á alguna distancia, se apreciará casi siempre, con un error por defecto que llega á ser igual hasta la mitad de la diferencia real. El error será al contrario por exceso, si apreciásemos el valor de las *pendientes*.

Todos nos habremos fijado en lo rápidas que parecen las pendientes de las carreteras cuando nos colocamos en el extremo más elevado de una cuesta, aunque sea suave, ó bien en su punto más bajo. Se exageran de tal manera las pendientes, que á veces creeremos hallarnos delante de una que guarde la relacion de $\frac{1}{1}$, y será sin embargo inferior á $\frac{1}{2}$.

La sucesion de pendientes rápidas y suaves dará igualmente lugar á ilusiones que debemos evitar. Una pendiente rápida *CD* (fig.ª 39) situada encima de otra suave *BC*, hace disminuir mucho la rapidez de esta última, ya nos coloquemos en *B* ó en *D*, de tal manera que creere-

mos que la forma del perfil será la *BC'D'*, en lugar de *BCD*.

Cuando un camino tenga pendientes sucesivas en el mismo sentido, pero alternativamente de distinto valor, nos imaginaremos que vamos á subir ó bajar para volver á subir, cuando en realidad solo bajaremos constantemente, pero con pendientes más ó ménos rápidas.

De aquí resulta muy generalmente, que los planos hechos á ojo presentan multitud de montecillos independientes, sin ligazon ni continuidad para la configuracion del terreno.

Difícil será evitar estas falsas apreciaciones. Sin embargo, si desde el punto de estacion percibiésemos un horizonte distante, separado de nosotros por uña llanura, podríamos apreciar aproximadamente la direccion de la horizontal, y comparar con ella los objetos, tales como árboles inmediatos á los puntos cuya diferencia de nivel buscamos.

CAPÍTULO V.

Marcha general de las operaciones en los levantamientos irregulares detallados con instrumentos.

Aunque en campaña rara vez tendrá ocasion un oficial de las armas generales de ejecutar levantamientos irregulares detallados con instrumentos, hablaremos de ellos con algun detenimiento, porque son los que deberán efectuarse en tiempo de paz con el objeto de adquirir los conocimientos y práctica indispensables para obtener resultados aceptables en los llamados *levantamientos á ojo;* pues así podrán rectificarse constantemente las apreciaciones erróneas á que nuestra vista está sujeta, y servirán ademas de enseñanza para evaluar exactamente

los ángulos, distancias, pendientes y diferencias de nivel.

Instrumentos que conviene emplear.—Si el oficial opera solo, le será muy ventajoso el operar con una plancheta de cortas dimensiones, orientada con la declinatoria y la alidada nivelante. Las distancias las medirá al paso.

Triangulacion general.—Empezaremos por ejecutar una triangulacion general, para lo cual elegiremos una base que pueda medirse exactamente y que trazaremos por el método de *medicion*. Apoyándonos en esta base, determinaremos por *doble estacion* la situacion horizontal y cotas de los objetos notables del terreno, como campanarios, casas ó árboles aislados etc. En estas operaciones orientaremos la plancheta sobre un punto distante ya conocido, y, á ser posible, sobre el punto de partida de la base.

La base deberá tener, cuando ménos, una longitud igual á la cuarta parte de la extension del dibujo. Trataremos de situarla sobre una carretera, en cuyo caso los postes kilométricos darán su longitud, con mayor seguridad que si

la midiésemos al paso. Tambien podrán escojerse para la base las orillas de los rios en los valles abiertos, ó bien las mesetas. De todas suertes cuidaremos, de que desde las principales estaciones que hagamos en ella, puedan determinarse muchos puntos de la triangulacion general por medio de intersecciones.

Si por la especial configuracion del terreno no encontrásemos una base con estas condiciones, la elegiríamos de modo que pudiesen ligarse á ella inmediatamente dos puntos elevados y señalados naturalmente, como dos campanarios, en los cuales nos estacionaríamos para establecer la triangulacion general en una extension considerable y ventajosa.

Triangulacion para los detalles.—La triangulacion de los detalles para la planimetría, se efectuará por el método de *medicion*, siguiendo los caminos, orillas de los rios, lindes de los bosques, etc.; y comprobando frecuentemente el trabajo para ver si cierra, bien en puntos ya determinados de la triangulacion general, ó bien en otros que determinemos directamente por el método de *simple estacion*, dirigiendo visuales á aquellos.

Dibujo de los detalles.—En seguida que hayamos comprobado la posicion de un punto, hallado por el método de *medicion*, dibujaremos los detalles próximos, á ojo generalmente, tomando sólamente algunas medidas al paso. Por lo tanto, con frecuencia, al mismo tiempo que empleemos el método de *medicion*, se determinará por el de interseccion de *doble estacion* la posicion de los objetos notables, como posesiones aisladas, cortijos, granjas, posadas ó mesones, situados á derecha é izquierda; pero como que despues de todo, para representar con exactitud todos los detalles, necesitamos verlos de cerca y por consiguiente trasportarnos á su inmediacion, no emplearemos este último método sino cuando nos sea imposible ir á estos puntos, como por ejemplo, para determinar los de la orilla de un rio, opuesta á la en que nos hallamos, á fin de hallar con exactitud su anchura.

Para los caminos, sendas y arroyos poco importantes cuyas sinuosidades exijan hacer numerosas estaciones, el método de *medicion* sería muy largo, y por lo tanto nos limitaremos á marchar sobre ellos, figurando á ojo en un cró-

quis sus diversas sinuosidades, é intercalando el dibujo obtenido, entre algunos puntos situados en sus inflexiones principales y determinados por el método de *simple estacion*, valiéndonos de otros de la triangulacion general.

Representacion del relieve del terreno.—Al mismo tiempo que obtengamos la situacion horizontal de los puntos de la triangulacion general, se calcularán las cotas de los vértices que señalan ó marcan dichos puntos. Determinaremos entónces por el método de *simple estacion* la situacion y cotas de un cierto número de puntos del terreno, convenientemente elegidos, principalmente sobre las líneas que le caracterizan. A partir de estas estaciones de nivelacion dirigiremos visuales en distintas direcciones y hallaremos sus pendientes, para deducir puntos de cotas redondas, como se ha explicado en el capítulo IV de la segunda parte, ó para trazar puntos de paso de las curvas horizontales. Completaremos despues estas curvas á ojo, indicando por sus sinuosidades y por su separacion variable, las ondulaciones intermediarias del terreno.

Observaremos que el método de nivelacion

por *simple estacion*, muy cómodo, rápido y excelente en terrenos accidentados, puede llegar á ser bastante erróneo cuando las pendientes sean suaves, porque el procedimiento empleado dejando una incertidumbre de algunos metros para el valor de cada cota, podrían resultar datos falsos sobre el sentido de las pendientes; y por esta razon en este caso es necesario que liguemos unas cotas con otras por el método de *medicion*, ó cuando ménos que corrijamos las inexactitudes de las cotas obtenidas por el método de *simple estacion*, teniendo en cuenta las pendientes del terreno medidas desde uno á otro de los puntos del mismo correspondientes á estas cotas.

Para que el trabajo lo llevemos con más rapidez, deberán ejecutarse al mismo tiempo todas las operaciones del levantamiento. Por lo tanto, despues de haber hecho una parte de la triangulacion general, nos ocuparemos inmediatamente de los detalles y representacion del relieve del terreno comprendido en aquélla zona, y continuaremos así todas las operaciones, seguidamente en cada porcion del plano. Sin embargo, advertiremos que es importante dejar sin

trazar los detalles del terreno determinados por *medicion*, hasta que se haya comprobado el trabajo, así como tambien no dibujar las curvas horizontales de un accidente del terreno, hasta que haya sido completamente estudiado. Cuando el terreno sea muy cubierto, la aplicacion del método general que acabamos de resumir, puede ser, sino imposible, al ménos difícil. En este caso procederemos utilizando el método de *medicion*, haciendo el cierre en pequeños trozos inmediatos los unos á los otros, procurando facilitar el trabajo por la determinacion de algunos puntos obtenidos por el método de *doble estacion*, que nos darán comprobaciones y permitirán emplear alguna vez el de *simple estacion*. Para la representacion del relieve del terreno nos contentaremos con nivelar las direcciones que sigan las líneas características de las formas del mismo, ó las que se hallan próximas si no podemos marchar por ellas; y en cada uno de estos puntos acotados, dirigiremos visuales en distintas direcciones para hallar sus pendientes y cotas, y dibujar las curvas horizontales como hemos dicho anteriormente. Todo esto exige naturalmente mayor cantidad de tiem-

po que cuando no tropecemos con estas dificultades.

Si al oficial que se le encomiende la ejecucion de uno de estos levantamientos le acompañasen otros, podrá organizar el trabajo para ganar tiempo del modo siguiente: Llevará él personalmente la plancheta, hará las operaciones principales del levantamiento, como ejecucion de la triangulacion general y determinacion de los puntos principales del terreno por los métodos de interseccion de *doble* ó *simple estacion*. A otro oficial le encargará de la medicion de las distancias al paso, del cálculo de las diferencias de nivel y de tomar con un clisímetro portátil las pendientes en diversas direcciones, para deducir la separacion de las curvas horizontales. Otro oficial se dedicará á hacer cróquis de todos los detalles próximos á la direccion de la marcha del oficial director de los trabajos, separándose en caso de necesidad para trasportarse al lugar donde se hallan aquellos, y medir las longitudes que convengan al paso. Estos cróquis, entregados al oficial director, le permitirán trasladar los detalles al papel de la plancheta, tan luégo como las mediciones sobre

las cuales se apoyen hayan sido comprobadas.

Este es, pues, el método más conveniente para la ejecucion de un levantamiento irregular detallado con instrumentos, cuando dispongamos de estos, nos sea posible emplearlos y tengamos por lo tanto tiempo suficiente. Se concibe desde luégo, que podrá efectuarse con más ó ménos rapidez, segun el número de operaciones geométricas en que se apoye, y que deberán limitarse tanto más cuanto ménos precisos sean los instrumentos que empleemos, á fin de evitar las discordancias que resultarán por la falta de precision.

La aplicacion del método que acabamos de exponer, modificado y simplificado segun las circunstancias, lo aplicaremos á todos los casos que puedan presentarse en la práctica, desde los levantamientos irregulares hechos con más exactitud y detalles, ejecutados sin premura en tiempo de paz, hasta los levantamientos más rápidos, llamados *á ojo*, que nos veremos obligados á ejecutar en campaña.

CAPÍTULO VI.

Levantamientos á ojo.

Preliminares.—La expresion de *levantamientos á ojo*, tomada en el sentido absoluto de la palabra, parece dar á entender que al ejecutarlos debe prescindirse de toda clase de operaciones geométricas, y esto es un error. No haremos nunca levantamientos *á ojo completamente*, sin exponernos á rehacer la mayor parte del trabajo, cuando despues de haber determinado y recorrido varias direcciones, más ó ménos largas, para volver al punto de partida, nos encontremos con que venimos á parar en el dibujo á otro que se halla muy separado de aquél por donde hemos comenzado nuestro trabajo, á causa de una acumulacion de errores

que darán resultados inaceptables. No deberá olvidarse que los instrumentos, por sencillos que sean, nos facilitarán mucho las operaciones de estos levantamientos, evitando los errores considerables que traen consigo las apreciaciones á ojo de los ángulos, distancias y alturas. A falta de instrumentos regulares deberán improvisarse, advirtiendo que en estos trabajos podremos utilizar cualquiera, en la seguridad que del más imperfecto sacaremos gran partido.

La marcha y los procedimientos que explicaremos, serán los mismos que en los levantamientos de que ya hemos tratado. El número y sencillez de las operaciones geométricas variarán, segun el tiempo de que dispongamos, instrumentos con que trabajemos, extension del plano y grado de exactitud que se nos exija; pero es indispensable hacer siempre algunas operaciones para determinar, midiendo ciertos ángulos, las posiciones relativas de los puntos principales del terreno, de manera que puedan situarse los detalles con relacion á ellos, y por lo tanto con ménos errores.

De la triangulacion.—La triangulacion puede hacerse de dos maneras: ya por opera-

ciones topográficas, ó bien tomándola de un plano en pequeña escala y cuya exactitud sea conocida. En España podrá utilizarse con este objeto el *Mapa topográfico*, que en escala de $\frac{1}{50000}$ se halla levantando el Instituto Geográfico y Estadístico.

En el primer caso operaremos, en cuanto lo permitan las localidades, por el método de *doble estacion*, como digimos en el capítulo anterior para la triangulacion general; pero empleando, si carecemos de instrumentos ó si las circunstancias no nos permiten utilizarlos, algunos de los procedimientos improvisados que hemos indicado, tanto para la planimetría como para la nivelacion en los capítulos II, III y IV de esta parte. En la triangulacion general, aparecerán en este caso muy pocos puntos, cuyas posiciones se determinarán por medio de una base medida y de los ángulos obtenidos con la brújula Burnier, que es la mejor para esto. Las altitudes las deduciremos, como ya hemos explicado, de las distancias medidas y de las pendientes dadas por el clisímetro Burnier, ó mejor áun por un barómetro de bolsillo.

Si tuviésemos á nuestra disposicion un plano

de la comarca en pequeña escala y bien ejecutado, amplificaríamos la zona del levantamiento comprendiéndola en una cuadrícula pequeña, y trazando en el papel donde ha de dibujarse, otra semejante del mismo número de cuadrados, pero cuyos lados se hallen todos con los homólogos de la primera, en relacion inversa de los denominadores de las escalas respectivas. Sobre esta cuadrícula se colocarán los puntos importantes y detalles, como los pueblos, rios, caminos, vaguadas, cúspides, etc., por medio de lineas paralelas á los lados, cuyas longitudes determinaremos de modo que guarden la conveniente relacion con sus correspondientes homólogas del terreno.

Estos detalles, dibujados ligeramente en el papel del dibujo, constituirán una verdadera triangulacion, mucho más completa que la que nosotros pudiéramos hacer.

Si el plano que nos ha de servir para la amplificacion no nos inspirase gran confianza, será necesario combinar los dos procedimientos, para lo cual procuraremos determinar por una triangulacion los puntos principales que existan en el terreno objeto de nuestro levantamiento, y

con arreglo á su situacion se colocarán los detalles que el plano tenga ya figurados.

Instrumentos que deben emplearse. —Convendrá dibujar estos *planos á ojo* en un pliego de papel cuadriculado, que se fijará sobre el carton que llevaremos en la mano izquierda. A veces tendrá que dibujarse en las mismas carteras de bolsillo, por lo que será útil en campaña que tengan sus hojas cuadriculadas. De todas maneras debemos servirnos para la orientacion, á falta de otra cosa, de las brujulitas que como dijes suelen llevarse en las cadenas de los relojes, cuidando, por cualquier medio, de que su posicion sobre el carton sea invariable. Las direcciones se trazarán á pulso y á ojo, con los cuidados que hemos dicho al hablar del uso del carton y de la brújula-dije. Las distancias se medirán al paso, ó por medio de uno de los procedimientos indicados en el capítulo II de esta parte; á veces nos contentaremos con apreciarlas á ojo, y se construirán fácilmente en el dibujo, por comparacion con las dimensiones conocidas de los cuadrados del papel. Para facilitar la construccion de las longitudes medidas al paso, deberá trazarse con

anterioridad una escala del nuestro sobre una de las líneas de la cuadrícula.

Método para el trabajo. Planimetría.—Para la planimetría empezará por dibujarse desde luégo alguna carretera ú orilla de un rio que atraviese el terreno, objeto de nuestro trabajo, en toda su longitud, ciñéndonos á las precauciones que hemos explicado otras veces para obtener alguna exactitud. Marcharemos despues, siguiendo las direcciones secundarias que formen con la primera elegida triángulos bastante grandes, que se dividirán en seguida tomando diferentes direcciones, para ir limitando la extension de los trozos de terreno.

Los detalles inmediatos al camino que recorramos, se dibujarán á medida que nos aproximemos á ellos, en una extension más ó ménos grande á derecha é izquierda, segun la facilidad del oficial en apreciar las distancias; pero convendrá no dibujar inmediatamente todo lo que veamos, si no queremos cometer grandes errores que nos obligarán despues á borrar lo hecho. En general indicaremos que en el dibujo de los detalles á ojo, no deberán representarse sino los que veamos á 200 ó 300 metros.

Lo más frecuente será que tracemos las direcciones á ojo, orientando el dibujo con una declinatoria ó una brujulita; y que no hagamos estaciones sino en los cambios de direccion más importantes de nuestra marcha, pues las sinuosidades secundarias las dibujaremos á ojo, cuidando de no exagerarlas.

Si no tuviésemos medios para orientar el dibujo, lo haremos alineándonos con un punto de la triangulacion general hacia el cual marchásemos, apreciando ó midiendo por medio del brazo (pág. 131) los ángulos formados por las principales líneas del camino que sigamos, con las direcciones del punto escogido préviamente. Rectificaremos, caso de necesidad, los errores de longitud, observando los puntos en que el camino que recorramos esté cortado por las direcciones laterales dadas por dos objetos conocidos. Con estas precauciones aseguraremos nuestra marcha, y se obtendrá con bastante aproximacion la posicion de las líneas principales, lo que nos permitirá situar convenientemente los detalles, evitando dudas y tanteos que nos harían perder mucho tiempo si, á causa de los grandes errores que reconociésemos más

tarde, fuera necesario borrar todo ó parte del dibujo ya hecho.

Nivelacion.—Al mismo tiempo que recorramos el terreno para dibujar los detalles de la planimetría, trazaremos las vaguadas, divisorias etc., en una palabra, todas las líneas importantes, bien recorriéndolas en toda su longitud, ó bien situando sólo algunos de sus puntos para trazarlas despues á ojo. Hallaremos por uno de los procedimientos explicados en el capítulo IV de la segunda parte, algunas cotas de los puntos principales, y se medirán ó apreciarán á ojo algunas pendientes de las más rápidas de los accidentes del terreno que hayamos de representar. De estos datos nos serviremos para trazar de trecho en trecho trozos muy lijeros y cortos de curvas horizontales, y para hallar los intervalos de puntos de cotas redondas, primeramente sobre las vaguadas y sus ramificaciones, y luégo sobre algunas líneas de máxima pendiente. Por último, despues de haber examinado desde distintos puntos de vista el accidente que queremos representar, completaremos en el terreno la expresion de su configuracion por medio de curvas horizontales con-

tínuas y aproximadamente equidistantes. Si tuviésemos poco tiempo disponible, nos contentaremos con representar por curvas contínuas cada accidente de terreno en particular, sin unirlas con las que representen otros inmediatos.

Para la nivelacion, asi como para la planimetría, figuraremos primero los accidentes más importantes y generales del terreno, y descenderemos progresivamente á los de órden inferior, terminando por dibujar á ojo las últimas ondulaciones, en la posicion que les corresponda dentro de la configuracion general del suelo.

Marcharemos primeramente por el valle principal, representando sólamente la parte inferior de las vertientes situadas á derecha é izquierda. Seguiremos luégo dos valles secundarios próximos, dibujando siempre la parte inferior de sus vertientes, que procuraremos unir, despues de haber marchado alguna distancia recorriendo dos cañadas laterales, opuestas la una á la otra. Continuaremos, más tarde, por la divisoria que separe los dos valles secundarios, representando todos los accidentes que tenga; y

descenderemos, por último, por las vaguadas ménos importantes, á las partes que tengamos ya dibujadas. Así se descompondrá el terreno en muchas partes, formando accidentes bastante completos para poder, en caso de necesidad, representarlos aisladamente como ya hemos dicho.

Al principio nos costará trabajo ejecutar á un tiempo la planimetría y la nivelacion, pero es necesario acostumbrarnos á ello, porque si no tendríamos que pasar dos veces por cada punto importante del terreno, y perderíamos mucho tiempo, siendo así que en estos trabajos la rapidez es una de sus condiciones esenciales.

Si al ordenársenos la ejecucion de un trabajo en estas condiciones se nos diesen algunos oficiales para que nos auxiliasen, los ocuparíamos en reconocer el terreno á derecha é izquierda del camino que recorramos, para que examinasen de cerca los detalles importantes y dibujasen cróquis, con lo cual se facilitaría y abreviaría la ejecucion del plano.

Para los oficiales de caballería serán mucho más cómodos estos procedimientos, y tambien obtendrán mejores resultados, pues por su po-

sicion á caballo dominarán los cercados, la maleza, etc., y descubrirán un horizonte más extenso, lo que les permitirá apreciar mejor las posiciones relativas de los detalles y la configuracion del terreno. Podrán dibujar á caballo, de primera intencion, los detalles del levantamiento; pero para hacer las operaciones geométricas y trazar las líneas principales, es necesario que echen pié á tierra.

CAPÍTULO VII.

Itinerarios.

Advertencias generales y objeto.— Los planos itinerarios tienen por objeto representar un camino con todos sus accidentes, así como los del terreno que éste atraviesa en una extension de 500 á 1200 metros á derecha é izquierda. En campaña, estos itinerarios se hacen por oficiales que marchan con alguna columna de tropa. (1).

(1) En la última campaña carlista, los oficiales del E. M. G. del *Ejército del Centro* practicaban constantemente éste trabajo sin instrumentos, marchando con las columnas y sirviéndose de algunos datos sacados de las «*Cartas de Coello*» amplificadas, y de cuadernos de papel cuadriculado.

A causa del poco tiempo de que se dispondrá en tal caso, tendrá que adoptarse una escala lo más pequeña posible; pero como esto exige que dibujemos con limpieza y claridad, y que tengamos mucha costumbre de levantar planos topográficos, convendrá, al ménos como ejercicio, que los hagamos primero en la escala de $\frac{1}{20000}$, que es la adoptada ordinariamente, como hemos dicho en la primera parte, para los itinerarios ejecutados en tiempo de paz por el Cuerpo de E. M., en cuyo caso estos planos deberán dar muchos detalles del terreno recorrido, y entran ya en la categoría de los levantamientos detallados.

Como la marcha general del trabajo es casi la misma, indicaremos principalmente lo que convendrá hacer en los itinerarios que ejecutemos en campaña.

Será muy conveniente que los itinerarios se lleven á cabo por oficiales de caballería, pues á la ventaja de dominar mejor el terreno, unirán no sólo la de poder separarse á derecha é izquierda del camino, sino tambien la de detenerse en los puntos donde sea difícil la representacion del terreno por medio del dibujo, y la

de alcanzar con una galopada la extrema vanguardia de la columna.

Las distancias se medirán, bien auxiliado por algun otro oficial ó sargento ejercitado en medir pié á tierra la distancia al paso, bien por el *troqueámetro* que, como indicamos en el capítulo II de esta tercera parte, cuenta y registra el número de vueltas que dá una rueda de un carro ó armon de artillería, por ejemplo; ó bien por el tiempo empleado por la columna con que marchemos en recorrerlas.

Aunque la velocidad de la marcha de una columna es por lo general bastante regular, el último procedimiento será el ménos exacto bajo el punto de vista geométrico, pero el mejor para un itinerario militar, puesto que nos dará el elemento esencial en la guerra, es decir, el tiempo necesario á una columna para trasladarse de un punto á otro.

Método para el trabajo.—Dibujaremos en papel cuadriculado, cuya línea superior se dividirá y numerará por encima en hectómetros, segun el valor conocido de los lados y la escala en que operemos, y por la parte inferior de la misma línea se trazará una escala de

pasos, numerada de 200 en 200, ó bien una escala de horas de marcha convenientemente dividida y numerada. Esto nos permitirá trazar las longitudes recorridas, por comparacion con las líneas de la cuadrícula del papel.

Si no tuviésemos á nuestra disposicion papel cuadriculado, sería conveniente emplear cuadrados cuyos lados representasen á escala 1000 ó 2000 pasos, ó el camino recorrido por la columna con que marchemos en cinco ó diez minutos.

Fijado el papel sobre el carton acompañado de una brújula-dije, de tal manera que la direccion general del camino que hemos de seguir, y que próximamente se conocerá con anterioridad, corresponda á la línea central del papel, trazaremos la línea Norte-Sur en el dibujo. En seguida se operará empleando el método de *medicion á ojo,* teniendo la precaucion de trazar cada parte del dibujo sucesivamente, despues de haber recorrido el terreno que representa, de modo que al dibujar miremos siempre hacia atras al punto de partida, por cuya razon éste punto deberá aparecer en la parte superior de la hoja de papel, y haremos el dibujo en direc-

cion al extremo inferior de aquél (1), dibujando por lo tanto de arriba para abajo. Así representaremos muy ligeramente los detalles situados á derecha é izquierda, bien apreciando á ojo las direcciones y distancias á los puntos principales, ó determinando las últimas por medio del brazo ó del «Nautómetro», y la posicion de los puntos por el método de *interseccion de doble estacion*, orientando el dibujo por medio de la brújula-dije. Para el trazado de los detalles importantes, convendrá á veces acercarse á ellos para verlos bien y dibujarlos más exactamente.

Al mismo tiempo que representemos la planimetría, nos ocuparemos de la nivelacion, para lo cual indicaremos por líneas muy ligeras las vaguadas, divisorias, cúspides, colocándonos á veces en puntos elevados desde donde podamos apreciar mejor el terreno; y, si fuera posible,

(1) Aunque para los itinerarios ejecutados en campaña, éste es el sistema más natural, no hay inconveniente en que al hacerlos en tiempo de paz y dibujarlos en limpio, se sigan las prescripciones señaladas en las instrucciones mandadas observar en el Cuerpo de E. M. para el levantamiento de itinerarios, y todo se reducirá á que coloquemos el papel de modo que la línea superior quede abajo, variando el rotulado para que lo podamos leer en esta posicion sin volver el papel.

sobre la vertiente del valle opuesta á la que estemos dibujando. Mediremos las pendientes principales y se apreciarán á ojo las demas, indicando unas y otras por trazos muy cortos y ligeros de curvas horizontales contínuas, ó con trazos porciones de curvas horizontales discontínuas.

Para hacer este trabajo se utilizarán los descansos de la columna; pero cuanto más á prisa operemos, más importante será completar definitivamente el dibujo sobre el mismo terreno, y no fiarnos de la memoria para hacer luégo rectificaciones; ademas de que hay que tener en cuenta, que los itinerarios deberán presentarse al general ó jefe de la columna inmediatamente despues de terminada cada jornada, y por lo tanto es necesario que se hagan con claridad y limpieza. De primera intencion se dibujará muy ligeramente con lápiz comun, y despues progresivamente completaremos el trabajo utilizando los lápices rojo, azul y siena; éste último para figurar el relieve del terreno.

Cuidados que deberán observarse en los cambios de orientacion.—Cuando la direccion del camino se separe mucho de la

línea central del papel, se terminará allí el dibujo, y volveremos á colocar el camino sobre esta línea, despues de haber dado á la declinatoria ó brújula-dije una nueva orientacion, correspondiente á la nueva direccion que vamos á seguir. Trazaremos como ántes la nueva línea Norte-Sur, y se pondrá una letra en el extremo inferior del primer trozo del trabajo, para el empalme con el segundo en el mismo punto, que señalaremos con idéntica letra. Estos cuidados se observarán siempre que tengamos que hacer cambios de orientacion, á causa de los originados por los de direccion del camino. Al terminar la jornada, se cortarán todos los trozos del itinerario para empalmarlos, dando á las líneas Norte-Sur de cada uno de ellos direcciones paralelas, con lo cual obtendremos el plano de conjunto del camino recorrido.

Itinerarios á ojo.—Si no tuviésemos brújula-dije, nos limitaremos por el momento á hacer todo el dibujo á ojo, valiéndonos para representar las principales inflexiones del camino, de alineaciones tomadas sobre algun objeto notable situado detras y ya colocado, como el campanario de una iglesia, una casa, un árbol

aislado, etc.; pero en este caso es necesario que otro oficial se encargue de ayudarnos, tomando con la brújula Burnier, por ejemplo, los ángulos formados por la meridiana magnética con cada una de las direcciones principales del camino recorrido, y hasta los ángulos de direccion ó rumbadas á algunos objetos principales situados á derecha é izquierda, cuya situacion determinaremos por el método de *doble estacion*. Los ángulos así obtenidos y las distancias medidas al paso, se anotarán en columnas particulares, bien en el papel mismo en que hagamos el dibujo, ó bien en un cuaderno especial. Estos datos se utilizarán despues para trazar el camino y situar los puntos observados, y para coordinar los detalles del dibujo hecho á ojo, con arreglo á los puntos determinados, de manera que corrijamos los errores.

El plano dibujado por los procedimientos indicados no será suficiente al objeto, y deberá ir acompañado de detalles descriptivos que nos den á conocer las dificultades del camino para la marcha, y los recursos que ofrezca el país. El oficial encargado del itinerario indicará las noticias más interesantes en algunas columnas

á la derecha del dibujo; pero es preferible que otro oficial se encargue especialmente de esta segunda parte del trabajo, porque así podrá tomar datos más completos y los colocará en un cuadro sinóptico, en cuyo caso este oficial podrá hacer al mismo tiempo con la brújula Burnier algunas operaciones geométricas, necesarias para arreglar despues el dibujo de un itinerario hecho completamente á ojo; sobre todo cuando estos itinerarios ejecutados diariamente, hayan de servir para llevar á cabo el levantamiento de la carta militar del país recorrido.

CAPÍTULO VIII.

Levantamientos de memoria y por noticias.

Levantamientos de memoria. — En campaña nos veremos á veces imposibilitados de poder hacer cróquis á ojo, y hasta de tomar algunos datos en el campo; y de aquí la necesidad de los levantamientos de memoria.

Es imposible dar reglas para ejecutarlos, y los resultados del trabajo dependerán siempre, de la experiencia y costumbre que anteriormente haya podido adquirir el oficial á quien se le encomiende; de modo que con la práctica adquirida en los levantamientos rápidos é irregulares pueda fijarse únicamente en las formas

características del terreno y en los detalles y desigualdades importantes, segun la mision que se le haya confiado y objeto que nos propongamos; datos importantes que naturalmente ha de conocer el oficial para ejecutarlo, á fin de no recargar su memoria con otros detalles insignificantes ó inútiles.

Levantamientos por noticias. — En una campaña, cuando por efecto, por ejemplo, de las victorias alcanzadas en algunas batallas, se ha visto obligado un ejército á tomar la ofensiva, para la que no estaba convenientemente preparado, podrán encontrarse los jefes de las columnas sin planos del país cuya invasion es necesaria, en cuyo caso habrán de procurarse noticias, interrogando principalmente á los carreteros, cazadores, pastores, etc., aisladamente á cada uno, para comprobar luégo la exactitud de los informes que proporcionen.

Todos los datos ó noticias que nos suministren sobre situacion de pueblos y lugares habitados; direccion y construccion de los caminos en desmonte ó terraplen, con pendientes más ó ménos fuertes; sobre las corrientes de agua; los pasos difíciles y peligrosos, etc., se anotarán en

un registro. Las distancias convendrá apreciarlas en horas de marcha.

Segun las dificultades con que tropecemos para marchar por el país invadido, podrá hacerse variar la longitud recorrida en una hora, entre 4000 ó 5000 metros; y tomándola por unidad, construiremos una escala de horas de marcha numerada de cuarto en cuarto de hora, lo cual facilitará mucho la ejecucion del plano, y su inteligencia por el jefe de la columna.

Con los elementos enumerados formaremos una especie de triangulacion, empezando por situar los caminos y corrientes de agua principales que atraviesen la zona del plano, con arreglo á las distancias y datos adquiridos del camino ó rio, así como los detalles existentes á derecha é izquierda. Los objetos principales, como pueblos, granjas, cortijos, etc., se situarán por la interseccion de dos ó tres arcos de círculo, de rádio igual á la distancia desde dos ó tres puntos conocidos al buscado.

Operaremos despues de igual modo para trazar los caminos secundarios, y los que unan entre sí las grandes vias de comunicacion, con lo cual se obtendrá lo que podríamos llamar

triangulacion de los detalles; y terminaremos deduciendo el relieve del terreno de la posicion que tengan las vaguadas, las divisorias, las mesetas, etc., y de las pendientes ascendentes ó descendentes de los caminos ya dibujados.

CAPÍTULO IX.

Orientacion de los planos topográficos.

Es indispensable que en todo plano aparezca la direccion de la meridiana astronómica, para que pueda utilizarse convenientemente.

Si operásemos con la plancheta declinada y la alidada nivelante, y dispusiésemos de tiempo suficiente, trazaremos la meridiana por el método de las *alturas correspondientes*, del modo siguiente:

Método de las alturas correspondientes.—Despues de establecernos en estacion en un punto cualquiera de nuestro levantamiento, que se halle determinado en el dibujo,

haremos proyectar por la mañana la imágen luminosa producida por los rayos solares que atraviesen el taladro superior de la pínula ocular, sobre una de las escalas graduadas que llevan los montantes de la pínula objetiva, observando con cuidado el momento en que dicha imágen quede dividida por su mitad por una cualquiera de las divisiones, en cuyo instante se hará girar rápidamente la alidada la cantidad conveniente, para conseguir que la crin vertical de la pínula objetiva, divida en dos partes á la imágen luminosa proyectada en un papel blanco, que se colocará al mismo tiempo detras de la crin. Una vez hecho esto se trazará por el borde de la regla una línea, anotando á su inmediacion la pendiente correspondiente á la hora de la observacion.

Por la tarde, con la anticipacion oportuna, y colocada la plancheta en estacion en el mismo lugar en que hemos operado por la mañana, esperaremos que el sol se halle á la misma altura, lo que sucederá cuando veamos que la imágen luminosa queda dividida en dos partes por la misma division anotada por la mañana, en cuyo momento se efectuará la observacion corres-

pondiente y operaremos de igual manera que ántes.

Así se obtendrán dos líneas trazadas á partir del mismo punto del dibujo; y la bisectriz del ángulo formado por ambas, determinará la meridiana astronómica.

Convendrá, para evitar errores, que hagamos las observaciones á las horas inmediatas al orto y ocaso del sol.

En caso de que no tuviésemos el tiempo necesario para llevar á cabo estas operaciones, nos contentaremos, para trazar la meridiana, con dirigir una visual en la direccion Norte aproximada, obtenida por alguno de los procedimientos explicados en el capítulo V de la primera parte.

Determinacion de la meridiana astronómica operando con brújula.—Si operásemos con una brújula nos limitaremos, para obtener la meridiana astronómica, á construir sobre la direccion arbitraria y constante en cada plano, elegida para representar la meridiana magnética, un ángulo igual á la declinacion (cuyo valor cuidaremos de averiguar cada año y recordar en grados), en la posicion conve-

niente, lo que será suficiente para los levantamientos rápidos é irregulares objeto de nuestro trabajo; y por lo tanto no conceptuamos oportuno explicar, ni áun indicar, los procedimientos para declinar las brújulas.

CAPÍTULO X.

Sobre las memorias que deben acompañar á los planos militares.

Condiciones que han de satisfacer las memorias militares.—Si en las memorias que deben acompañar á los planos topográficos, cuidásemos únicamente de indicar las particularidades más importantes del terreno, la naturaleza del pais y los recursos de todo género que ofrezca, no llenarian su cometido. Las memorias militares no pueden limitarse á suministrar dichos datos, sino que es indispensable que al mismo tiempo aparezca en ellas la aplicacion de tan interesantes noticias á los movimientos militares y á las operaciones

de la guerra; pero como son tan latas las aplicaciones, conviene establezcamos una barrera que las limite.

Se trata, por ejemplo, de redactar un plan general de campaña, ó sólamente de estudiar las maniobras de dos ejércitos, con el objeto de alcanzar una victoria ó reparar una derrota: entónces este estudio, que comprende así las propiedades extratégicas como las tácticas del terreno, forma parte de los reconocimientos generales, y exigirá gran caudal de conocimientos sobre el arte de la guerra, por lo que no corresponderá al objeto de nuestro trabajo, que se halla encerrado en un horizonte ménos extenso.

Podrá, fundada y generalmente, admitirse que un oficial de las armas generales sólo se verá cuando más en el caso de hacer el estudio del plano de un terreno de corta extension, cuyas propiedades tácticas deseásemos conocer: como la indicacion de los caminos que las columnas deberán seguir; la situacion más conveniente para establecer un campamento ó vivac; los trabajos de defensa para cubrir una posicion; las condiciones de los puntos favorables para el paso de un rio etc.; pero, sin embargo

de que las memorias que á estos objetos se refieran serán ménos complejas que las anteriores, exigirán siempre mucha sagacidad y precision en el golpe de vista del oficial que haya de redactarlas, á fin de ceñirse extrictamente á la aplicacion del terreno al objeto especial é instrucciones que en cada caso particular reciba, sin extenderse en consideraciones muy elevadas ó teóricas.

Hechas estas ligeras indicaciones, pasemos á ocuparnos de los elementos indispensables para la redaccion de la memoria.

Detalles que deberá dar la memoria.—El oficial encargado de la memoria tomará los datos indispensables para su redaccion, tales como vecindario de cada pueblo, barrio ó edificio aislado; número de los vecinos que por su edad son aptos para el servicio militar; capacidad de los lugares habitados para el alojamiento de tropas; de los hospitales con el número de sus camas; recursos del país para el trasporte; su riqueza pecuaria y agrícola; aguas, combustibles, industria y comercio; número de hornos y molinos; capacidad de las barcas para el paso de rios; estado de los ca-

minos, puentes y vados. En las estaciones de ferro-carril dará á conocer la mayor ó menor extension de sus andenes para el embarque y desembarque de las tropas, y la de los muelles para la carga y descarga de carruages y caballos; el número de locomotoras, wagones, plataformas y demas material, con indicacion del personal existente para el servicio y circulacion de trenes. Es importantísimo tambien indicar las estaciones en que puede haber cruce de trenes, y las condiciones de pendiente y curvatura de la via férrea, en la zona del reconocimiento, para graduar la traccion y longitud que haya de darse á los trenes de tropas.

Cómo se adquieren todos estos datos.—Algunos de estos datos los adquirirá por medio de sus propias observaciones y conocimientos, y otros tendrá que procurárselos registrando los archivos de los ayuntamientos ó preguntando á las gentes del pais y á los alcaldes, que de ordinario tienen marcado interés en dar noticias falsas, por lo que se procurará comprobar las recibidas por distintos conductos.

Advertencia sobre el cálculo de alojamiento. — Para los datos estadísticos que

hemos enumerado, podrá cada oficial formar un cuadro sinóptico en que aparezcan con claridad todos ellos, advirtiendo que para el alojamiento se considerará como ordinario el que pueda hacerse sin molestar á la tropa y vecindario, calculándolo en dos hombres por vecino, y para la caballería la mitad, por ejemplo, de los pesebres en las posadas y los sobrantes en las cuadras de los particulares. Para limitar en lo posible un lleno, calcularemos á seis soldados por vecino, los dos tercios de los pesebres en las posadas y el total que se regula en la poblacion.

Trasportes.—Para los trasportes se expresará el número de carros y carretas del país, si son tirados por yuntas de bueyes ó por ganado mular y caballar, así como el número de unos y otros comprendiendo los que se emplean en las labores del campo, sin olvidar hacer constar el número de los que sirvan para el acarreo á lomo.

Capacidad de los hornos.—La capacidad de los hornos se señalará por el número de fanegas de cabida, advirtiendo que suele dar cada una sesenta y cuatro raciones de pan de 690 gramos (libra y media).

Fortificaciones y edificios.—Las obras de fortificacion existentes en las poblaciones ó en el campo, ya sean permanentes ó pasajeras, se citarán y describirán, así como los edificios militares que por sus condiciones de solidez y capacidad pueda utilizar el ejército.

Consideraciones militares.—Se llamará la atencion respecto á los pasos difíciles, posiciones que deban flanquearse y cómo, con las demas consideraciones militares que le sugieran al oficial encargado su inteligencia y conocimientos particulares.

Terminaremos resumiendo las condiciones de redaccion de las memorias militares, en estas cuatro palabras: *precision*, *concision*, *órden y claridad.*

CAPÍTULO XI.

Convenciones relativas al dibujo de los planos topográficos, con arreglo á los modelos del Depósito de la guerra.

Los planos topográficos deberán ser exactos, lo cual dependerá de la bondad de los instrumentos y operaciones geométricas ejecutadas con mayor ó menor cuidado; pero ademas es necesario que el dibujo lo hagamos con tanta limpieza y claridad, que no haya duda en la lectura del plano.

Signos convencionales y rotulado. —Para la representacion de los objetos que por sus limitadas dimensiones, relativamente á la escala del plano, no permiten sean figurados,

asi como para los escarpados, cultivos y rotulado, emplearemos los signos convencionales de la lámina 1.ª, cuidando de que los letreros de poblaciones, caseríos, etc., sean paralelos al lado inferior del papel, y que los que se refieran á vias de comunicacion, corrientes de agua, cordilleras, pasos de las divisorias y límites de estado, capitania general ó provincia, sigan la direccion de los objetos que designen, pero de modo que puedan leerse sin volver la hoja del dibujo.

Espesor que deberán tener todas las líneas del dibujo.—Para la representacion de los edificios y caminos, se considerarán iluminados por rayos solares siguiendo la direccion de la diagonal que úna los ángulos superior de la izquierda é inferior de la derecha del papel, reforzándose por lo tanto las líneas que correspondan á la parte de la derecha é inferior del dibujo.

Cuando, por ser muy pequeña la escala, no sea posible expresar el espesor ó anchura real de los muros, riachuelos y fosos de poca importancia por dos líneas, se hará con una sola más gruesa.

Excepcion hecha de estos casos, procuraremos que todas las líneas del dibujo tengan el mismo grueso.

Dibujos al lavado ó aguada.—En los dibujos al lavado ó aguada se emplearán los siguientes colores; pero muy suaves, es decir, muy ligeras las aguadas, reservando cargarlas un poco más en los edificios importantes.

La tinta de China.—Se emplea para el dibujo de las carreteras, caminos, ferro-carriles, límites de cultivos y escarpados de tierra.

» carmin. — » para los edificios, muros de piedra y construcciones de mampostería.

» azul Prusia. — » para figurar toda clase de aguas. Si son dulces se refuerzan las orillas; y si del mar el azul se hará algo verdoso, modificándolo con goma guta ó tinta de China. En las grandes masas de agua, se figura su superficie por una série de paralelas á los bordes, que se

van haciendo ménos fuertes y más separadas, cuanto más distan de las orillas.

La tinta siena, modificada con tinta de China. —Se usa para las curvas horizontales, rocas y escarpados de piedra. Para dibujar las rocas, despues de señalar los contornos, se las cubrirá con distintas tintas imitando la naturaleza.

» amarilla rojiza, compuesta de goma guta y carmin. — » para representar, por medio de un lavado poco fuerte, las tierras labradas.

» amarilla verdosa, compuesta de goma guta y un poco de azul Prusia. —Se emplea para los bosques.

La tinta verde azulada, compuesta de azul Prusia y goma guta. — » para los prados.

» violeta, compuesta de car-

min y azul, modificada con sépia ó tinta de China. — » para las viñas.

» verde más amarilla y clara que la de los prados. — » para los jardines.

» amarilla anaranjada, combinando carmin y goma guta. — » para los arenales.

Para figurar los eriales, terrenos de matorral y monte bajo, se darán aguadas alternadamente con dos pinceles, uno con tinta verde clara, y el otro respectivamente con tinta de arenal, amarillo pálido y carmin, procurando al hacer estas fajas, fundir, por decirlo así, las dos tintas, de modo que no se conozca distintamente donde acaba la una y empieza la otra.

Los pantanos se lavarán con tinta azul clara; y despues se extenderá una aguada de tinta verde pradera sobre las partes que no recubra el agua.

FIN.

TABLA 1.ª

que expresa de grado en grado, desde 0º hasta 30º, la proyeccion de la longitud de un metro para las diferentes pendientes.

GRADOS de pendiente.	PROYECCION de un metro,
1.º	0,m99985
2.º	0, 99939
3.º	0. 99863
4.º	0, 99756
5.º	0, 99619
6.º	0, 99452
7.º	0. 99237
8.º	0, 99027
9.º	0. 98769
10.º	0. 98481
11.º	0; 98163
12.º	0, 97814
13.º	0, 97437
14.º	0, 97030
15.º	0, 96593
16.º	0, 96126
17.º	0, 95630

GRADOS de pendiente.	PROYECCION de un metro.
18.°	0, 95106
19.°	0, 94552
20.°	0, 93969
21.°	0, 93358
22.°	0, 92718
23.°	0, 92050
24.°	0, 91355
25.°	0, 90631
26.°	0, 89879
27.°	0, 89101
28.°	0, 88295
29.°	0, 87462
30.°	0, 86603

TABLA 2.ª

que expresa las diferencias de alturas que corresponden á las de un milímetro en las alturas barométricas.

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0.763	10,4
762	10,5
761	10,4
760	10,5
759	10,5
758	10,5
757	10,6
756	10,5
755	10,5
754	10,6
753	10,6
752	10,6
751	10,6
750	10,7
749	10,6
748	10,7
747	10,7

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0.746	10,7
745	10,7
744	10,7
743	10,7
742	10,7
741	10,7
740	10,8
739	10,8
738	10,8
737	10,8
736	10,8
735	10,8
734	10,8
733	10,9
732	10,9
731	10,9
730	10,9
729	10,9
728	10,9
727	10,9
726	11,0

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0. 725	11,0
724	11,0
723	11,0
722	11,0
721	11,1
720	11,0
719	11,1
718	11,1
717	11,1
716	11,2
715	11,2
714	11,1
713	11,2
712	11,2
711	11,2
710	11,2
709	11,2
708	11,2
707	11,3
706	11,3
705	11,3

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0. 704	11,3
703	11,3
702	11,3
701	11,3
700	11,4
699	11,4
698	11,4
697	11,4
696	11,4
695	11,5
694	11,5
693	11,5
692	11,5
691	11,5
690	11,5
689	11,5
688	11,6
687	11,6
686	11,6
685	11,6
684	11,6

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0. 683	11,7
682	11,7
681	11,7
680	11,7
679	11,7
678	11,7
677	11,7
676	11,8
675	11,8
674	11,8
673	11,8
672	11,9
671	11,9
670	11,8
669	11,9
668	11,9
667	11,9
666	12,0
665	12,0
664	12,0
663	12,0

ALTURA barométrica.	DIFEBENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0. 662	12,0
661	12,1
660	12,1
659	12,1
658	12,1
657	12,1
656	12,1
655	12,1
654	12,2
653	12,2
652	12,2
651	12,2
650	12,2
649	12,3
648	12,3
647	12,3
646	12,3
645	12,3
644	12,4
643	12,4
642	12,4

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0.641	12,4
640	12,4
639	12,5
638	12,4
637	12,5
636	12,5
635	12,6
634	12,5
633	12,6
632	12,6
631	12,6
630	12,6
629	12,7
628	12,7
627	12,7
626	12,7
625	12,7
624	12,7
623	12,8
622	12,8
621	12,8

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0.620	12,8
619	12,9
618	12,9
617	12,9
616	12,9
615	12,9
614	12,9
613	13,0
612	13,0
611	13,0
610	13,0
609	13,1
608	13,1
607	13,1
606	13,1
605	13,1
604	13,2
603	13,2
602	13,2
601	13,3
600	13,3

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0. 599	13,2
598	13,3
597	13,4
596	13,4
595	13,4
594	13,4
593	13,4
592	13,5
591	13,5
590	13.5
589	13,6
588	13,6
587	13,6
586	13,6
585	13,6
584	13,7
583	13,7
582	13,7
581	13,7
580	13,7
579	13,7

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0.578	13,8
577	13,8
576	13,8
575	13,9
574	13,8
573	13,9
572	13,9
571	13,9
570	14,0
569	14,0
568	14,0
567	14,0
566	14,1
565	14,1
564	14,1
563	14,2
562	14,1
561	14,2
560	14,2
559	14,2
558	14,2

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0. 557	14,3
556	14,3
555	14,4
554	14,3
553	14,4
552	14,4
551	14,5
550	14,4
549	14,5
548	14,5
547	14,6
546	14,6
545	14,6
544	14,6
543	14,6
542	14,7
541	14,7
540	14,8
539	14,7
538	14,8
537	14,8

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0. 536	14,9
535	14,8
534	14,9
533	14,9
532	14,9
531	15,0
530	15,0
529	15,0
528	15,1
527	15,1
526	15,1
525	15,2
524	15,2
523	15,2
522	15,2
521	15,3
520	15,3
519	15,3
518	15,4
517	15,4
516	15,4

ALTURA barométrica.	DIFERENCIAS DE ALTURA por milímetros. *Metros.*
0.515	15,4
514	15,5
513	15,5
512	15,5
511	15,6
510	15,6
509	15,6
508	15,7
507	15,7
506	15,7
505	15,8
504	15,8
503	15,8
502	15,8
501	15,9
500	15,9

ÍNDICE.

Página.

Real órden..... 5
Introduccion..... 7
Preliminares..... 9

PRIMERA PARTE.

LECTURA DE PLANOS.

CAPÍTULO I.

Planimetría.

Escalas.—Construccion de las escalas.—Uso de las escalas.—Escalas usuales para los levantamientos militares.—Signos convencionales para la planimetría.. 13

CAPÍTULO II.

Nivelacion.

Pendiente —Límite de las pendientes accesibles á las diferentes armas. —Representacion del relieve por curvas horizontales.—Equidistancia.—Perfiles..... 19

CAPÍTULO III.

Estudio geométrico de las formas del terreno.

Excepciones de continuidad de curvas.—Líneas de máxima pendiente.—Líneas de division y reunion de aguas.—Depresiones del terreno.—Barranco.—Cañada.—Valle.—Líneas de máxima pendiente con pendiente mínima.—Líneas de division de aguas.—Divisoria.—Punto de division de aguas..... 24

CAPÍTULO IV.

Problemas generales que pueden ocurrir en la lectura de planos.

Encontrar la altura de un punto situado entre dos curvas.—Deducir en un plano la pendiente de una recta.—Apreciar la verdadera distancia entre dos puntos de un plano.—Trazar un camino con una pendiente determinada.—Averiguar si desde una altura se verá otra separada de esta por una tercera..... 32

CAPÍTULO V.

Orientacion.

Puntos cardinales y rosa de los vientos.—Qué se entiende por orientarse.—Por la Polar.—Por medio de la hora y de la altura del sol.—Concordancia de las posiciones del sol con las direcciones de la rosa de los vientos.—Orientacion por medio de algunos indi-

cios.—Por la humedad de las paredes de los edificios antiguos.—Por el musgo de las piedras y árboles.—Por la vegetacion..... 36

CAPÍTULO VI.

Método que debe seguirse para la enseñanza de la lectura de los planos topográficos..... 43

SEGUNDA PARTE.

LEVANTAMIENTOS RÁPIDOS.

CAPÍTULO I.

Condiciones generales de los levantamientos rápidos é instrumentos que deberán emplearse.

Preliminares. — Resultados. — Instrumentos que convendrá emplear.—Plancheta ordinaria.— Declinatoria.—Empleo de la plancheta declinada.—Alidada nivelante.—Empleo de la alidada nivelante.—Rectificaciones. —Medida de las distancias. — Por medio del paso.—Cadena.—Uso de la cadena.—Cinta metálica.—Rodete.—Cuerda métrica.—Observacion relativa al límite de las longitudes que deben medirse en el terreno..... 55

CAPÍTULO II.

Reduccion al horizonte.

Escala de reduccion al horizonte..... 69

CAPÍTULO III.

Planimetría.

Principio de los trabajos.—Método de itinerario ó medicion.—Determinacion de los puntos notables.—Métodos de interseccion.—Cómo se comprueba la orientacion de la plancheta.—Medicion de la base.—Indicaciones relativas á la triangulacion general.—Determinacion de los detalles..... 73

CAPÍTULO IV.

Nivelacion.

Operacion preliminar para nivelar con la plancheta.—Observaciones sobre los errores variables.—Nivelacion de los detalles.—Método de interseccion de simple estacion.—Método de itinerario ó medicion.—Trazado de las curvas horizontales.—Advertencias para hacer el dibujo..... 82

TERCERA PARTE.

LEVANTAMIENTOS IRREGULARES.

CAPÍTULO I.

Condiciones generales de esta clase de levantamientos.

Necesidad de los levantamientos irregulares.—Necesidad de una memoria.—Exactitud.—Escalas y equidistancias.—Detalles que debe contener este trabajo..... 97

CAPÍTULO II.

Medida de distancias.

Medida de distancias con el paso.—Por el tiempo.—Podómetro.—Medida de distancias por medio del brazo.—Aplicaciones del anterior procedimiento.—Procedimiento para medir la anchura de un rio.—Nautómetro Morel.—Por la velocidad del sonido.—Apreciacion de las distancias á ojo..... 102

CAPÍTULO III.

Medida de ángulos.

Por medio de la plancheta y alidada.—Plancheta

improvisada.—Plancheta portátil.—Alidada improvisada.—Declinatoria y brújula-dije.—Orientacion sobre un punto distante.—Planchetas portátiles.—Plancheta Hué.—Uso de esta para medir ángulos.—Brújula Burnier.—Procedimiento para imanar las brújulas.—Desviaciones de la aguja imanada.—Modo de reconocer los terrenos que contengan mineral de hierro.—Trasportadores.—Trasportacion de rumbadas.—Declinacion.—Medicion de ángulos por medio del brazo.—Apreciacion á ojo..... 116

CAPÍTULO IV.

Instrumentos y procedimientos para la nivelacion.

Alidada nivelante.—Eclímetro ó clisímetro Burnier.—Uso de la escala de pendiente.—Clisímetro improvisado.—Nivelacion con la plancheta Hué.—Barómetro aneroide.—Exactitud.—Niveles simplificados.—Apreciacion á ojo de las pendientes y diferencias de nivel..... 136

CAPÍTULO V.

Marcha general de las operaciones en los levantamientos irregulares detallados con instrumentos.

Instrumentos que conviene emplear.—Triangulacion general.—Triangulacion para los detalles.—Dibujo de los detalles.—Representacion del relieve del terreno..... 151

CAPÍTULO VI.

Levantamientos á ojo.

Preliminares.—De la triangulacion.—Instrumentos que deben emplearse.—Método para el trabajo.—Planimetría.—Nivelacion..... 160

CAPÍTULO VII.

Itinerarios.

Advertencias generales y objeto.—Método para el trabajo.—Cuidados que deberán observarse en los cambios de orientacion.— Itinerarios á ojo..... 171

CAPÍTULO VIII.

Levantamientos de memoria y por noticias.

Levantamientos de memoria.—Levantamientos por noticias..... 180

CAPÍTULO IX.

Orientacion de los planos topográficos.

Método de las alturas correspondientes.—Determinacion de la meridiana astronómica operando con la brújula..... 184

CAPÍTULO X.

Sobre las memorias que deben acompañar á los planos militares.

Condiciones que han de satisfacer las memorias militares.—Detalle que deberá dar la memoria.—Cómo se adquieren todos los datos.—Advertencia sobre el cálculo de alojamiento.—Trasportes.—Capacidad de los hornos.—Fortificaciones y edificios.—Consideraciones militares..... 188

CAPÍTULO XI.

Convenciones relativas al dibujo de los planos topográficos, con arreglo á los modelos del Depósito de la guerra.

Signos convencionales y rotulado.—Espesor que deberán tener todas las líneas del dibujo.—Dibujos al lavado ó aguada..... 194

TABLA 1.ª

Que expresa de grado en grado, desde 0° hasta 30°, la proyeccion de la longitud de un metro para las diferentes pendientes..... 199

TABLA 2.ª

Que expresa las diferencias de alturas que corresponden á las de un milímetro en las alturas barométricas..... 201

SIGNOS CONVENCIONALES.

Plaza fuerte.

Poblacion murada.

Pueblos en general.

Edificios.

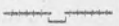
Carretera con árboles.

Id. con desmonte y terraplen.

Camino carretero.

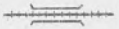
Id. de herradura.

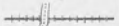
Senda.


Ferro-carril construido.

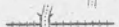
Id. en construccion.

Id. con tunel y desmonte.


Puente y viaducto.


Paso á nivel.

Paso inferior.


Paso superior.

Límite de Estado.

Id. de Capitania grál.

Id. de Provincia.

Puente colgante.

Id. de piedra.

Id. de madera.

Id. de barcas.

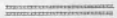
Vado para Infanteria.

Id. para Caballeria.

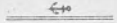
Presa.

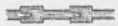
Punto en que el rio empieza á ser navegable.

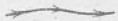
Paso de barcas.


Canal revestido.

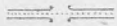
Id. sin revestir.

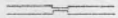

Id. de navegacion.


Esclusas.


Acéquia.

Estacion telegráfica.


Alcantarilla sin prefil. (Puntos de carmin.)


Id. con prefil. (Linea de carmin.)

Dique.

Dique.

Prado.

Matorral.

Arbolado.

Bosque.

Monte bajo.

Pedregal.

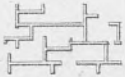
Huerta.

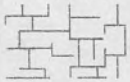
Olivar y viña.

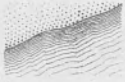
Tierras.

Jardin.

Laguna y pantano.


Salinas.


Arrozales.


Mar y arenal.

Mar, rocas y escarpado de tierra.

Tapias y cercados de tierra en negro: de mamposteria en carmin.

Cercados de zarza y otros objetos, en negro: de piedra seca, con carmin.

Límite de separacion de cultivo.

ABREVIATURAS.

T. Tierras de labor.
Ped. Pedregal.
M. Matorral.
Mº. Molino.
B. Bosque.
P. Prado.
P.p. Prado pantanoso.
Gr. Granja.
T.p. Terreno pedregoso.
V. Viñas.
O. Olivares.
Fca. Fábrica.
Fte. Fuente.
Arb. Arbolado.
S. Salinas.
H. Huertas.
Ar. Arenal.
A. Arroyo.
Abrv. Abrevadero.
Ac. Acéquia.
Bca. Barca.
Cas. Caserio.
Cort. Cortijo.
Ete. Ermita.

Infanteria.

Artilleria.

Caballeria.

Parque de Artilleria.

Parque de Ingenieros.

Cuartel general.

Buque.

Guerrillas.

ROTULACION.

CIUDAD..... y accidentes de 1er órden.
Villa..... y accidentes de 2º órden.
Lugar..... y accidentes de 3er órden.

Las obras subterraneas se marcarán con puntos: las en ejecucion, con trazos amarillos. En los pueblos, los edificios notables, con más fuerza de carmin, é igualmente los templos, añadiéndoles una cruz negra interior. Los cementerios, con sólo el perímetro y una cruz de carmin dentro.

Fig.ª 1ª

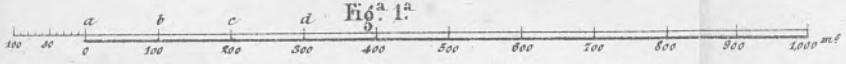


Fig.ª 2ª

Fig.ª 3ª

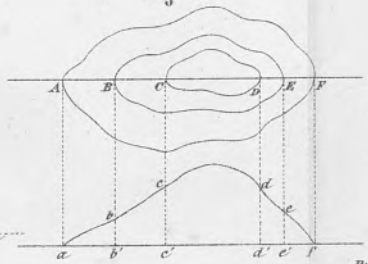


Fig.ª 4ª

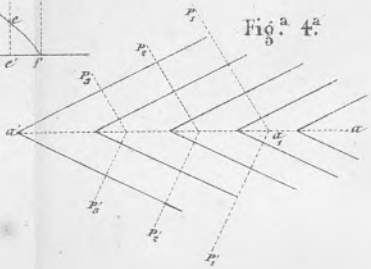


Fig.ª 5ª

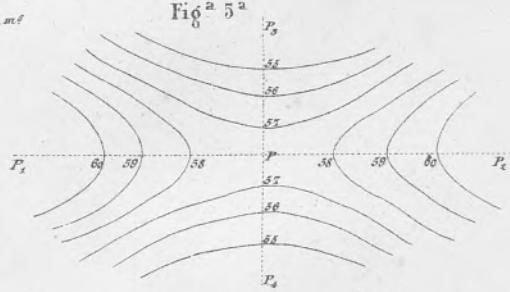


Fig.ª 6ª

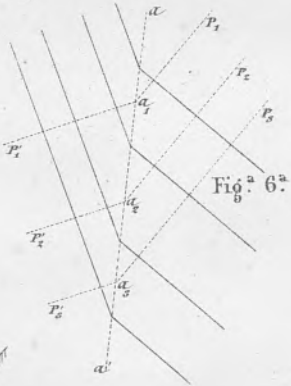


Fig.ª 7ª

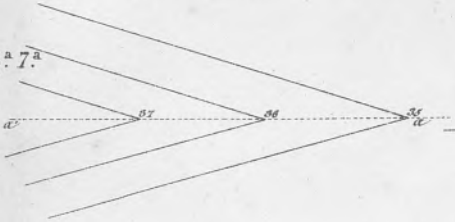


Fig.ª 8ª

Fig.ª 9ª

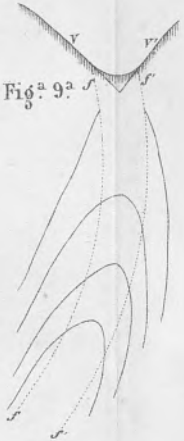


Fig.ª 10.

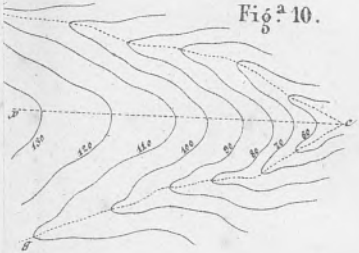


Fig.ª 11.

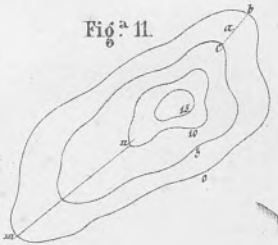


Fig.ª 12

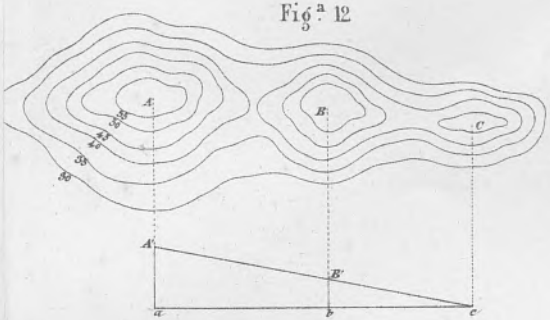


Fig.ª 13.

Fig.ª 14

Fig.ª 15

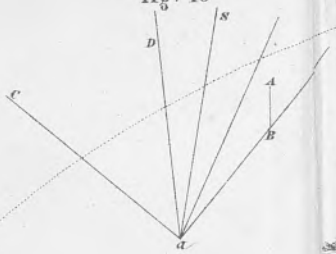


Fig.ª 16

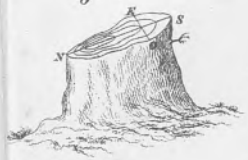


Fig.ª 17

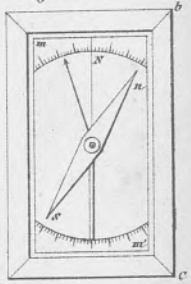


Fig.ª 18

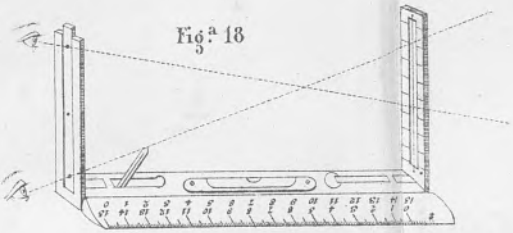


Fig.ª 19

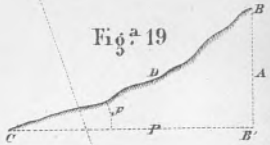


Fig.ª 23

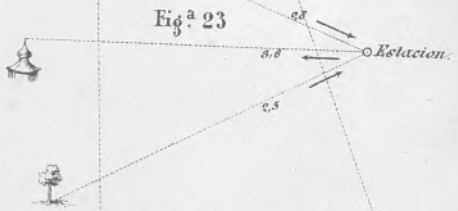


Fig.ª 21

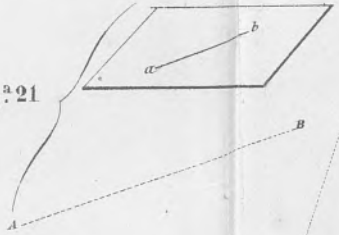


Fig.ª 22

Fig.ª 20

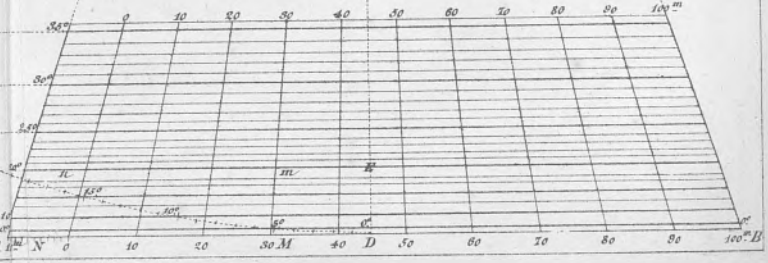


Fig.ª 24

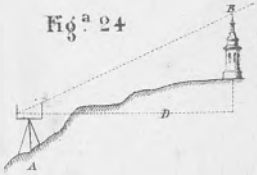
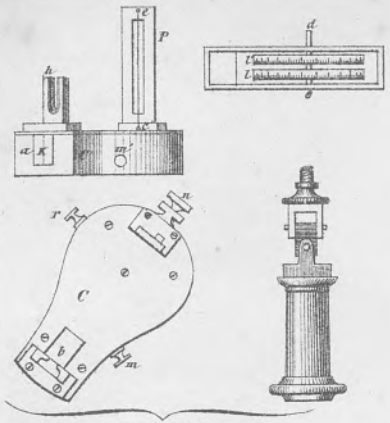
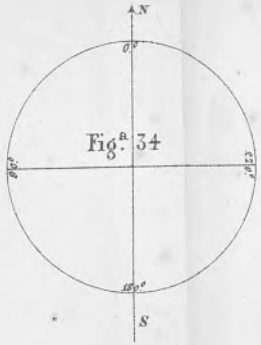


Fig.ª 25

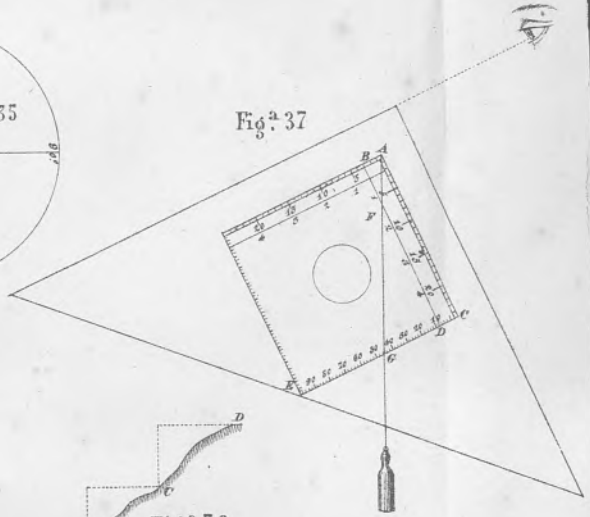


Figª 33

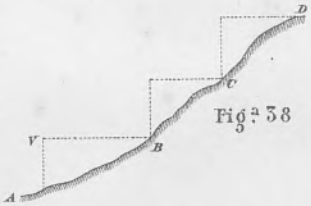


Figª 34

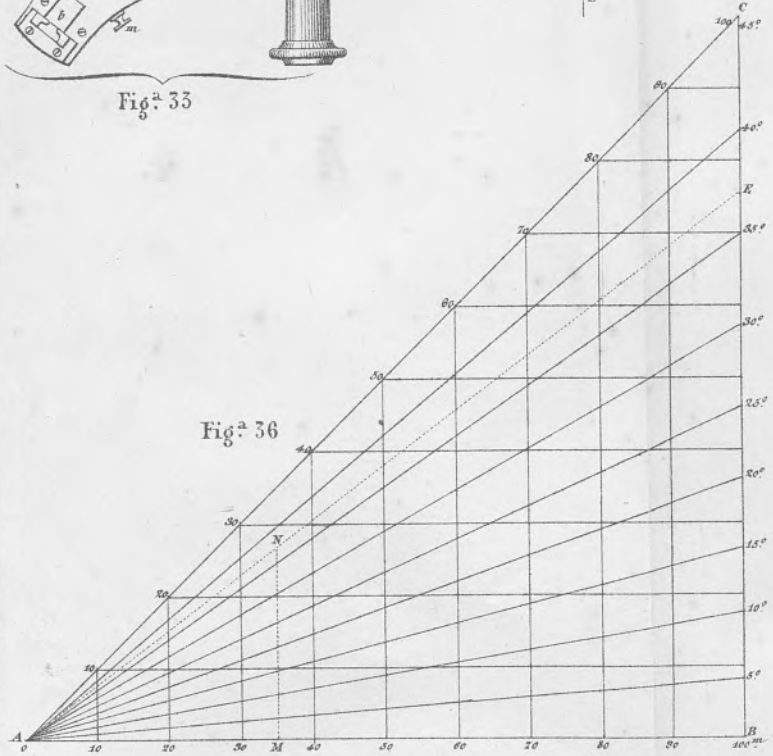
Figª 35



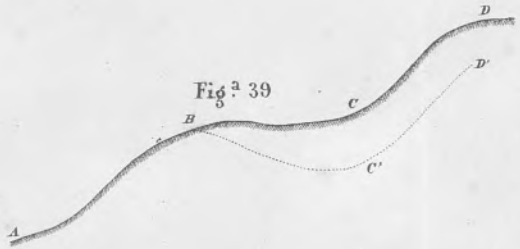
Figª 37



Figª 38



Figª 36



Figª 39

Fig.ª 27

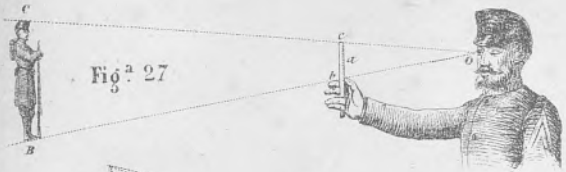


Fig.ª 28

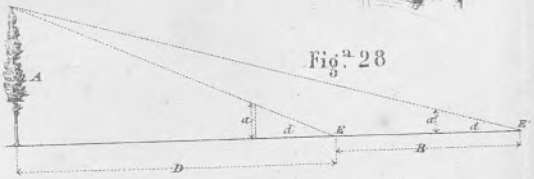


Fig.ª 26

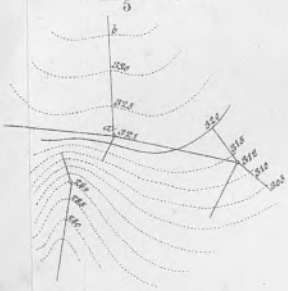


Fig.ª 29.

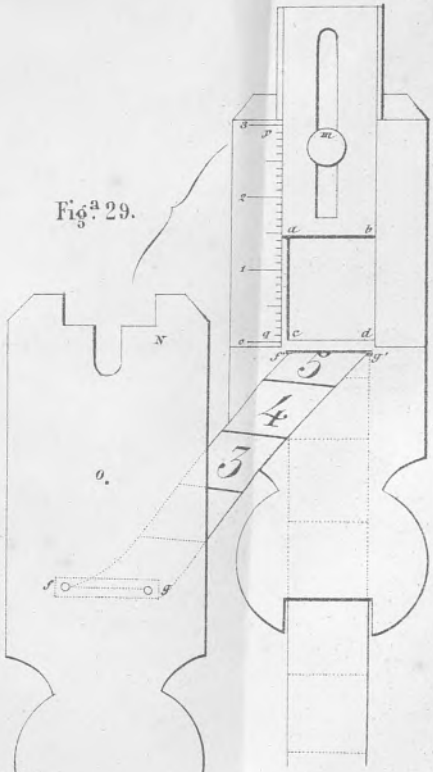


Fig.ª 32

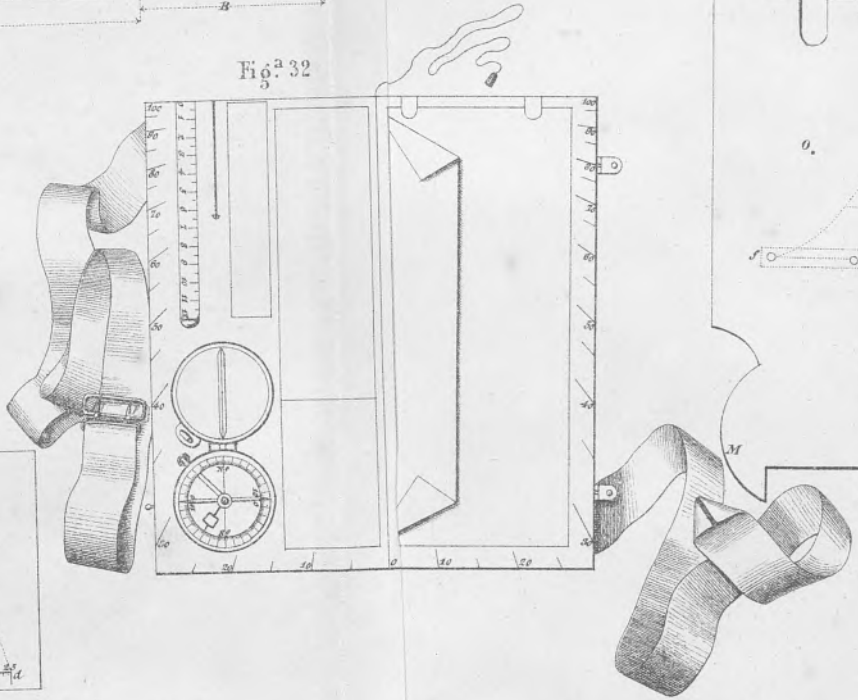


Fig.ª 31

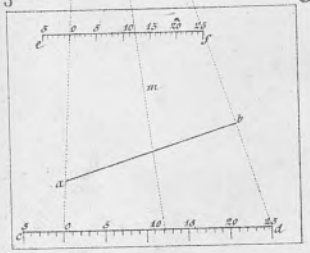
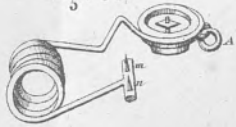


Fig.ª 30



G 29559