MANUAL DE TOPOGRAFIA MILITAR

MAYOR MAURICIO BARBOSA A.

MANUAL DE TOPOGRAFIA MILITAR

MAYOR MAURICIO BARBOSA A.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR
CASTRO 354 TELÉF. 88226
SANTIAGO - CHILE

1949

Imp. I. G. M.-O|T. 83.-49.

CAPITULO I

GENERALIDADES

DEFINICIONES

TOPOGRAFIA.—Es el conjunto de principios, procedimientos y reglas generales por medio de las cuales se logra representar, con todas sus particularidades de forma, los detalles naturales y artificiales de una extensión lo suficientemente pequeña de la superficie terrestre, para que ella se pueda considerar, sin gran error, que la tierra es plana.

La representación debe efectuarse de tal manera, que de ella se deduzcan las magnitudes, aspecto general, ubicación relativa, distancia y altura sobre el mar, del terreno comprendido.

LEVANTAMIENTO.—Es el conjunto de operaciones y medios que se utilizan para obtener la representación de una parte de la superficie terrestre.

Cuando el terreno que se trata de representar es de grandes dimensiones, es necesario hacer uso de métodos de proyección en los cuales debe tomarse en cuenta la curvatura de la tierra, saliéndose entonces de los límites de la *Topografía,* y entrando en los de la *Geodesia.*

Con el fin de obtenerse los detalles que son necesarios y que solo la *Topografía* puede proporcionar, se fijan por procedimientos geodésicos, (red geodésica de triangulación), las proyecciones de varios puntos principales, y en el interior de los trozos en que la agrupación de ellos descompone la superficie total, aplicar los procedimientos topográficos. En otros términos, el levantamiento total se divide en zonas topográficas, que levantadas independientemente, se unen posteriormente por los puntos que le son comunes, sustituyéndose por lo tanto la superficie terrestre por una superficie poliedral, formada por los planos tangentes de aquella, y trazados en los centros a puntos, centros de cada zona.

SISTEMA AEROFOTOGRAMETRICO.—Hasta hace poco el Instituto Geográfico Militar, efectuaba el levantamiento de la carta del país por el *sistema de planchetas,* procedimiento largo, costoso y de grandes sacrificios para el ejecutante.

Hoy en día, con el gran desarrollo de la fotografía aérea, el sistema anterior ha quedado totalmente en desuso y es así como en nuestro Instituto se efectúa actualmente el levantamiento por el sistema *Aerofotogramétrico*, contando para ello con los elementos necesarios (máquinas restituidoras, enderezadoras, etc.) como con el personal especializado en estos trabajos.

Este último sistema ofrece las siguientes ventajas: *bajo costo* ya que elimina en gran parte el *trabajo de campo;* rapidez en su ejecución y gran exactitud y precisión en su proyección.

LEVANTAMIENTO REGULAR, IRREGULAR, CROQUIS.— Tomando en cuenta a la naturaleza de los métodos empleados en la ejecución de un levantamiento y a la manera de aplicarlos, estos pueden ser: *regulares o irregulares.*

Regulares.—Son aquellos levantamientos metódicos en los que se busca, ante todo, la precisión (levantamientos que ejecuta el I. G. M. *a plancheta* y actualmente por *Aerofotogrametría.*

Irregulares.—Llamados también rápidos, son los que se ejecutan generalmente en campaña, la mayor de las veces a la vista del enemigo y en relativamente poco tiempo, siempre bajo la presión de circunstancias apremiantes, pudiendo efectuarse con la ayuda de instrumentos imperfectos, o algunas veces, sin ellos, denominándose, en este último caso, *croquis.* En los *levantamientos irregulares* es imprescindible que el operador, o sea, el que los efectúe, tenga gran práctica y gran golpe de vista, tomando en cuenta todos los detalles necesarios al objeto a que se destina el plano.

Los *levantamientos irregulares* se clasifican en *ordinarios y expeditos* o *expeditivos,* según sea la precisión de los aparatos empleados y pueden comprender grandes, medianas y pequeñas extensiones de terrenos.

Los *levantamientos irregulares* efectuados por las unidades operativas mayores son ejecutados generalmente por el sistema aerofotogramétrico confeccionándose un plano mosaico o simplemente en fotografías aéreas.

Las unidades operativas menores, y aún las unidades de combate deben, en muchas ocasiones, efectuar sus levantamientos irregulares sin la ayuda de ningún instrumento o sea en la confección del *croquis.*

La artillería, que cuenta con instrumentos propios para las mediciones angulares como asimismo para las distancias y necesarias en la "preparación del tiro", es el arma que mejores medios tiene para la ejecución de un levantamiento irregular. Sin embargo, el levantamiento que necesita la artillería no es el de representar o de ubicar el detalle mismo del terreno, sino que solamente, de cierto número de puntos principales y que están de acuerdo con el cumplimiento de su misión: ataque, defensa, retirada, etc., etc., etc. y que tienen como finalidad el batimiento de los diversos objetivos.

CAPITULO II

NOCIONES GENERALES SOBRE MAPAS, CARTAS Y PLANOS

GENERALIDADES

Podemos decir que, toda representación en un plano de una parte de a superficie terrestre se denomina *carta*. Sin embargo, cuando en su ejecución y debido a su gran extensión, intervienen los métodos geodésicos, toma el nombre de *mapa*. Por el contrario, si el terreno representado es de escasa extensión en forma tal de proporcionar el conocimiento completo de sus formas y detalles, bien sean éstos naturales o artificiales, se denominan *cartas topográficas o planos*.

Sin embargo, a fin de aclarar más esto último, diremos que denominaremos *plano* cuando el levantamiento está hecho a una escala tal que permita representar exactamente la forma y dimensiones de los objetos que figuran en el dibujo sin necesidad de recurrir a signos convencionales (generalmente hasta escala 1 : 5.000).

Cuando la escala es más pequeña que 1:10.000 y la reducción es imposible, haciéndose necesario el empleo de *signos convencionales*, denominaremos solamente como *carta topográfica*.

DEFINICIONES

MAPAS.—Representan grandes extensiones de la corteza terrestre, continentes, países, etc. Se reproducen y efectúan a escalas muy pequeñas:1:200.000, y 1:2.000.000, etc., no dando lugar en su representación a detalles en particular sino que solamente en su conjunto general. Los usos a que se le destinan son generalmente como elementos de estudio.

CARTAS TOPOGRAFICAS.—En general diremos que ellas contienen o representan en detalle todo el terreno levantado tanto en la planimetría como en la altimetría y que sus finalidades son:

a) Servir como obra de consulta a la ingeniería civil. (Ante-proyecto de construcciones de caminos, vías férreas, obras de regadío, tranques, etc.).

b) Satisfacer ampliamente en todos los usos que para la conducción de tropas se necesitan en las operaciones bélicas o sea de utilidad militar.

En nuestro país la carta es levantada por el organismo oficial que es el Instituto Geográfico Militar y ella se efectúa a la escala 1:25.000.

De esta carta original que puede efectuarse por el "sistema de planchetas" o por "Aerofotogrametría", se reduce a la escala 1:10.000, constituyendo la *CARTA DE CAMPAÑA* que, si bien es cierto es menos detallada que el original, es mucho más manuable y práctica, cumpliendo satisfactoriamente al uso que se destina.

También la carta de 1:25.000 es ampliada a escalas mayores, como ser: 1:10.000, 1:12.500, 1:6.250 que constituyen las cartas para *JUEGOS DE GUERRA* y que presentan la ventaja de la mayor claridad, sin contener, sin embargo, mayores detalles que el original.

CARTAS ESPECIALES.—Las finalidades de estas cartas son diversas: la carta hidrográfica representa las aguas de una región o país con el fin de facilitar la navegación; las cartas celestes representan otros planetas y estrellas y sirven para los estudios astronómicos; las cartas geológicas representan el sub-suelo mediante signos especiales y las cartas de rutas aéreas que son empleadas para la navegación aérea.

Por último, diremos que, cuando se trata de efectuar levantamientos locales que requieran mayor precisión en la medición misma de la superficie, por tratarse de particiones o parcelaciones, etc., se hacen grandes escalas y se denominan *PLANOS TOPOGRAFICOS.* Estos se efectúan generalmente a escalas mayores: 1:100, 1:200, y como máxima 1:5.000.

ESTUDIO DE LA CARTA

A fin de poder sacar el máximo de provecho de una Carta, no sólo es indispensable conocer las reglas que se han seguido al establecerla, sino que también el espíritu que ha presidido su ejecución. De esta manera se estará en conocimiento de las garantías que del estudio de los datos se deducen y poder obrar en consecuencia.

Del estudio detenido de una Carta, se deducen los recursos de una región, centros poblados, alojamientos probables para el personal y ganado, comunicaciones, importancia militar, etc. El ejemplo típico para deducir el régimen de aguas de un río será el de observar las disposiciones de las construcciones en sus riberas; si las casas están a la orilla del río, nos indicará que no son de temer las inundaciones y si están por el contrario muy alejadas del mismo, será o nos indicará que el río es torrentoso y en el invierno o épocas de lluvia las crecidas impedirán su paso o lo harán en sumo dificultoso. Si los terrenos son arcillosos, será difícil caminar en épocas de lluvias; si son arenosos, la vialidad será mayor en estas épocas, etc.

Los auxiliares más poderosos en el estudio de las Cartas son los *"SIGNOS CONVENCIONALES"*.

La necesidad de su adopción es evidente desde el momento en que los detalles de pequeñas dimensiones no tendrían cabida o no podrían ser representados en una Carta o Plano.

Para facilitar el estudio de estos signos es indispensable que cada uno pueda captar facilmente el objeto que se debe representar.

Estos signos deben ser visibles y claros, cualquiera que sea la escala de la carta. Al fin del presente folleto, se incluyen los signos convencionales utilizados en nuestras cartas topográficas.

La coloración de las cartas es una ayuda en el estudio de ellas; pero si no estuvieran coloreadas, de todas maneras cada uno deberá estar en condiciones de poder leerla al primer golpe de vista y para lo cual es indispensable el conocimiento exacto de todos los signos convencionales.

CAPITULO III

NOCIONES GENERALES SOBRE LA TIERRA

GENERALIDADES

La tierra o mejor dicho la superficie de nuestro planeta es sensiblemente igual a la de un ***elipsoide de revolución***, es decir a aquella figura engendrada por un elipse que gira alrededor de su eje menor, expresándose su magnitud por las dimensiones de semi-ejes, ecuatorial y polar y denominándose ***"achatamiento"*** a la relación que existe entre ellos. (Figura 1).

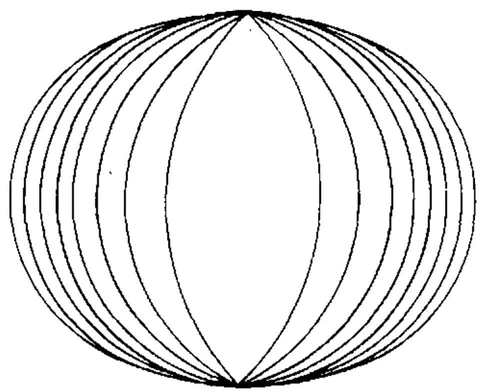


Fig. 1

Existen numerosos elipsoides, los cuales han tomado el nombre de los geodestas que emprendieron el cálculo de ellos, partiendo, por supuesto, con diferentes valores.

Entre los elipsoides más conocidos nombraremos el de: *Bessel* (1841), *Clarke* (1866), *Helmet* (1907), y el de *Hayford* (1909).

En general, los valores de los diferentes elipsoides difieren muy poco entre ellos y como un resultado práctico es posible afirmar que el achatamiento de la tierra es igual a 1|300 del semi-eje mayor. Además, para los cálculos topográficos la tierra es considerada redonda y cuyo radio es igual a 6.366.740 m. (media aritmética del elipsoide de Bessel).

Elementos Geográficos. Partiremos de la base que la tierra es redonda y que ella efectúa un movimiento de rotación según un diámetro que se denomina *"eje terrestre"*, cuyos extremos son: *POLO NORTE* y el *POLO SUR*. (Figura 2.).

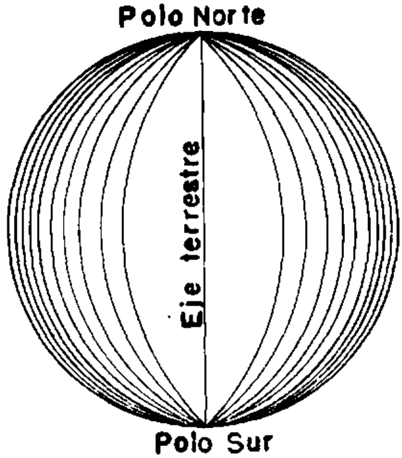


Fig. 2

a) Cualquier plano que pase por el eje terrestre es un *"plano meridiano"*, constituyendo su intersección con la superficie de la tierra un círculo máximo denominado *CIRCULO MERIDIANO* o simplemente *MERIDIANO*. (Círculo máximo es aquella sección cuyo plano pasa por el eje de la esfera y la divide en dos partes iguales.) (Fig. 3).

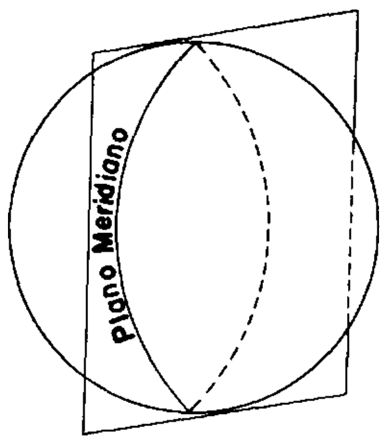


Fig. 3

b) Todo plano perpendicular al eje terrestre, constituye en la intersección con la superficie de la tierra círculos menores, que se denominan Paralelos. (Fig. 4).

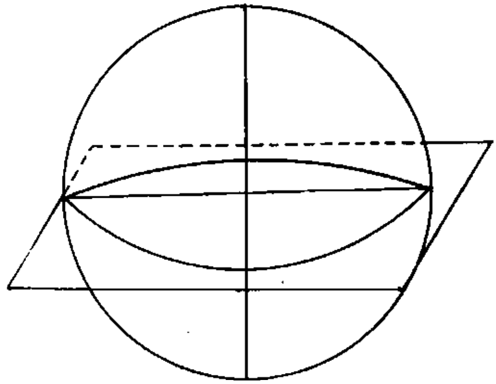


Fig. 4

De los Paralelos existe uno que también es un círculo máximo y que es el *Plano Ecuatorial* o *ECUADOR*.

c) El Ecuador divide a la tierra en dos hemisferios: *NORTE* o *Boreal* y *SUR* o *Austral*.

d) La longitud práctica de un meridiano es de 40.000.000 de metros, siendo el arco de un cuadrante igual a 10.000.000 de metros y que constituye el orígen de la unidad de medida que es el metro.

e) *El Grado geográfico* se puede expresar en metros, sabiendo que un círculo máximo de la tierra tiene 40.000.000 mts. y la circunferencia tiene 360°. Efectuando la división tenemos:

$$40.000.000 : 360 = 111.111 \text{ mts.}$$

El valor práctico del grado geográfico es igual a *111 kilómetros.*

Horizonte.—Si nosotros estacionamos un instrumento cualquiera de medición al hilo a plomo nos indica la dirección al centro de la tierra, o sea, la de un radio terrestre y cuyo prolongación en el punto de observación constituye lo que se denomina vertical del punto. (Fig. 5).

La prolongación de la vertical encuentra en la bóveda celesta dos puntos denominados: *Cenit* y *Nadir.*

El plano que es perpendicular a la vertical se denomina: *Horizonte* y puede tener tres posiciones:

a) *Horizonte Geocéntrico.*— Cuando pasa por el centro de la tierra,

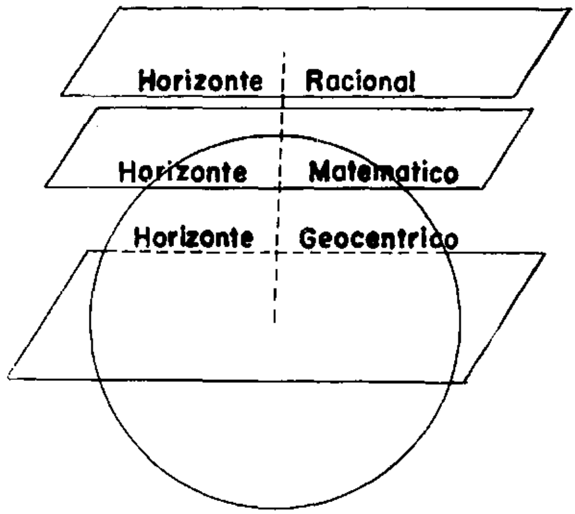


Fig. 5

b) *Horizonte real o matemático.*— Cuando es tangente a la superficie de la tierra.

c) *Horizonte racional.*— Cuando pasa a cierta altura de la superficie de la tierra.

COORDENADAS GEOGRAFICAS. — Sabemos que la fijación de un punto en el espacio o en un plano, puede efectuarse por dos elementos: ángulos y rectas.

De esta misma manera tenemos que para la fijación de un punto sobre la tierra los elementos son: *LONGITUD* y *LATITUD*, y que se denominan *COORDENADAS GEOGRAFICAS.*

El sistema de *COORDENADAS GEOGRAFICAS* está constituído de la siguiente manera:

"El paralelo principal es el Ecuador y el meridiano de orígen es el que pasa por Greenwich. (Por acuerdos internacionales).

El Ecuador se supone dividido en grados, a partir del meridiano orígen y cuya graduación es 0º.

a) *Longitud,* es el ángulo diedro formado por el meridiano orígen y el meridiano del lugar o también es el arco de Ecuador limitado por dichos meridianos; asimismo, podemos decir que es la distancia que existe desde el punto al meridiano orígen y medido en el Ecuador. (Fig. 6).

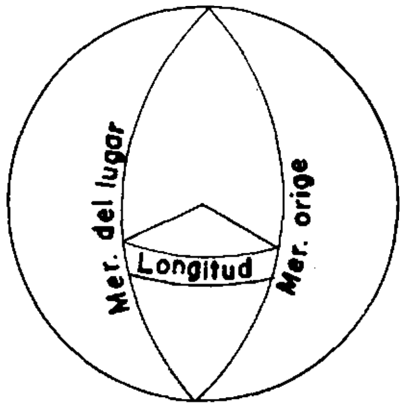


Fig. 6

La longitud se mide sobre el plano del Ecuador, partiendo del meridiano de orígen y puede ser oriental u occidental. Varía de 0° a 180°.

b) *La Latitud,* es el ángulo formado por la vertical en el punto y su proyección sobre el plano del Ecuador, o también es el arco de Meridiano comprendido entre el punto y el Ecuador, o la distancia del punto al Ecuador y medido en el meridiano correspondiente. (Fig. 7).

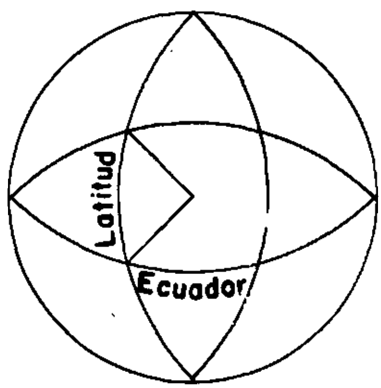


Fig. 7

Por último, diremos que todo punto situado sobre un mismo meridiano tiene la misma longitud o difieren en 180° y todos los puntos situados en el mismo paralelo tienen la misma Latitud.

La Latitud se mide de 0° a 90° hacia el Norte y hacia el Sur.

La Longitud, como decíamos anteriormente, puede ser oriental u occidental a partir del meridiano de Greenwich.

La Longitud también se puede medir en horas de tiempo.

360° : 24 = 15°, o sea que 15° corresponden a 1 hora.

CAPITULO IV

CIENCIAS QUE SE OCUPAN DEL ESTUDIO DE LA TIERRA

GENERALIDADES

A la esfera terrestre podemos considerarla bajo dos aspectos: el uno, como parte integrante de los cuerpos celestes que pueblan el Universo y cuyo estudio interesa a la *ASTRONOMIA* y el otro, bajo el punto de vista de aquella masa de tierra y agua y cuyo estudio está ligado a otras ciencias tales como: *GEOLOGIA*, *GEOGRAFIA*, *CARTOGRAFIA*, *GEODESIA*, *TOPOGRAFIA*, etc.

Sin embargo, para el estudio del levantamiento mismo y confección de la Carta, nombraremos sólo a la *GEODESIA*, *CARTOGRAFIA*, *ASTRONOMIA* y *TOPOGRAFIA*.

a) *GEODESIA*, significa medición de la tierra y encierra en si mismo el estudio de sus formas, dimensiones, como también las materias que componen su masa y superficie.

La *GEODESIA*, aborda dos problemas fundamentales:

1) La determinación de las formas y dimensiones del cuerpo que más se asemeja a la configuración del globo terrestre y que se denomina "*GEOIDE*" y cuyo estudio lo realiza la *GEODESIA SUPERIOR O CIENTIFICA*, y

2) La *GEODESIA TECNICA O PRACTICA*, cuya finalidad es establecer un "canevas" de puntos necesarios al levantamiento topográfico. A este respecto es necesario saber que éste no puede efectuarse sin que previamente se determine con exactitud y se señalice en el terreno con monolitos estables un número crecido de estos puntos.

La distribución de estos puntos o trigonométricos se efectúa según leyes científicas de manera que vayan formando triángulos entre ellos y de ahí que a la operación misma se le denomine *TRIANGULACION GEODESICA*.

Esta triangulación se clasifica en I-II-III- y IV orden, las que están determinadas por la longitud de los lados y por la exactitud exigida en las observaciones.

b) *ASTRONOMIA*.— Su ingerencia en el levantamiento de la CARTA está intimamente ligada con la *GEODESIA*, y así por ejemplo, a la *GEODESIA SUPERIOR O CIENTIFICA* le proporciona los datos necesarios para la determinación de la forma y dimensiones del *GEOIDE* (mediciones de la longitud de un arco de meridiano comprendido entre dos puntos de la tierra, etc.).

c) *CARTOGRAFIA.*—Es el arte de trazar los Mapas, siendo los factores fundamentales que para ello deben tomarse en cuenta, los siguientes:

1) La figura y dimensiones del Planeta a fin de dar semejanza y proporcionalidad y,

2) La red de meridianos y paralelos, círculos que se imaginan trazados en la tierra para contar las "longitudes" y "latitudes", precisando así la situación de los lugares.

La superficie terrestre puede representarse:

1.—Sobre una superficie esférica semejante.

2.—Sobre otra de curvatura más sencilla y desarrollar ésta en un plano, siguiendo las leyes de la geometría descriptiva.

De estas últimas vamos a nombrar algunas y que en general se denominan de proyección: sobre un plano, sobre un cono, sobre un cilindro.

d) *TOPOGRAFIA.*—Apoyada en los elementos o puntos trigonométricos proporcionados por la GEODESIA TECNICA, representa en proyección horizontal, superficies reducidas o de gran extensión de un país con todos sus accidentes y detalles.

Cuando la *TOPOGRAFIA* se limita a determinar la ubicación, dimensiones lineales, superficies, demarcación de terrenos y campos, de acuerdo a títulos de propiedad y disposiciones legales y administrativas, se denomina AGRIMENSURA.

CAPITULO V

ESCALAS

A.—NUMERICAS

Llamamos escala a la relación constante que existe entre la longitud de una recta cualquiera de un plano y la de su homólogo en el terreno.

Esta relación es expresada por una unidad fraccionaria cuyo denominador es generalmente un múltiplo de 10.

Así, por ejemplo, la escala empleada en la Carta Topográfica de nuestro país es 1:25.000 y la Carta de campaña 1:100.000.

El denominador que se elige para la escala está en relación directa con la exactitud y fines a que se la destine. Así, por ejemplo, para planos catastrales en que se exige una gran aproximación en las mediciones, los planos deben desarrollarse a escalas grandes (1:5.000 y mayores).

Para los *planos directores y dirección del fuego de la Artillería*, es muy práctica la escala 1:25.000 ya que resulta suficiente para contener todos los detalles de caracter militar necesarios a la preparación, ejecución y maniobras de sus fuegos.

Resumiendo, diremos que las escalas numéricas se representan por una fracción. Por ejemplo 1/10 en la cual el numerador es la unidad y representa el papel o dibujo y el denominador la longitud real del terreno.

En otras palabras, la escala se designa por una fracción cuyo numerador es la Unidad y su denominador el factor de reducción.

B.—GRAFICAS

Además del número que expresa la escala empleada en la confección de un plano, en éste va contenida la representación gráfica de aquella por una recta dividida en forma conveniente a fin de ser utilizada directamente en la medición de las de las longitudes contenidas en el plano.

De esta manera resultan las denominadas *"escalas gráficas"* que pueden ser *simples* y de *transversales*.

a) *Escalas simples.*—La construcción de la Escala simple (Fig. 8) es muy fácil. Supongamos que sea una escala de 1:25.000 la cual se obtiene de la siguiente manera:

Sobre una recta (A. B.) (Fig. 8), a patrir de un punto 0 y hacia la derecha, se toman longitudes iguales a 4 centímetros, colocando en sus extremos los números 1, 2, 3, etc., que corresponden a 1.000, 2.000, 3.000 metros, etc. pues, como sabemos, cada trazo de 4 centímetros corresponden a 1.000 metros en el terreno.

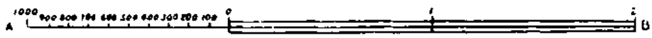


Fig. 8

Hacia la izquierda del punto 0 se divide el trazo de 4 centímetros en 10 partes iguales, o sea en más pequeños, de 4 milímetros que corresponde a 100 metros cada uno y se numeran en el mismo sentido con los números 100, 200, 300 hasta 1.000.

Es costumbre trazar una línea de trazo más grueso en toda la longitud de la Escala que queda a la derecha del punto 0 y que se denomina "*cuerpo de la escala*" y al que queda a la izquierda se le denomina "*cabeza*".

Con esto tenemos construída la escala gráfica simple la cual se puede utilizar para solucionar dos problemas, el uno de determinar la verdadera longitud de una recta del terreno representada en el plano y la otra de marcar en el plano una longitud medida en él.

Para el primero de nuestros problemas se toma con el compás la recta del plano, llevándose una de sus partes a la división más conveniente del cuerpo de la Escala para que la otra punta caiga en una división de la cabeza de ella. Esto conseguido, bastará apreciar la longitud que así se determina.

Ejemplo.—Una de las divisiones del compás está en la división 1 del cuerpo (1.000 metros) y la otra en la parte media entre 100 y 200 de las divisiones de la cabeza. La lectura sería 1.150 metros.

El problema inverso se procede lógicamente en forma contraria y fácil de comprender por el lector sin necesidad de mayores comentarios.

El grado de apreciación de una escala se determina teniendo en cuenta que, a simple vista, no pueden apreciarse distancias inferiores al cuarto de milímetro y, en consecuencia las distancias del terreno que resultan inferiores a 0,00025 n, no podrán tener representación (n es el denominador de la escala).

Para un plano ejecutado a la escala 1:25.000 el límite de apreciación sería:

$$0{,}00025 \cdot n =$$

$$0{,}00025 \cdot 25.000 = 6{,}25 \text{ metros.}$$

b) *Escala gráfica de transversales.*—Su construcción es la siguiente: se construye primeramente una escala gráfica sencilla o simple levantando tanto en la cabeza como en el cuerpo de ella y cada 100 y 1.000 metros, respectivamente, perpendiculares. (Fig. 9).

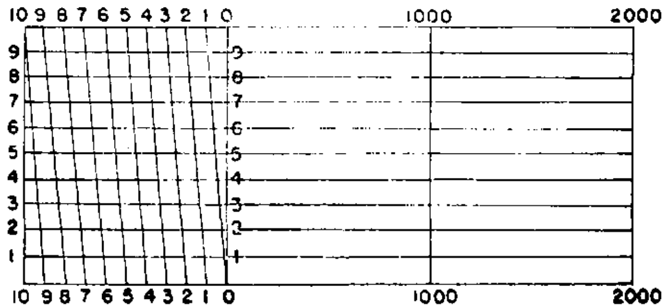


Fig. 9

Por las perpendiculares se trazan 10 paralelas equidistantes y se procede a numerar la parte superior igual a la inferior.

Efectuado esto se procede al trazado de las transversales en la cabeza de la escala, para lo cual se une el cero (0) inferior con el uno (1) superior y así sucesivamente. Además se numera en el límite derecho de la cabeza, de abajo hacia arriba, de 1 a 10.

Empleo.—Se aplica el compás de 0 a la derecha; su punta opuesta, supongámonos que cae entre el 2.000 y el 3.000 metros, lo que nos indica que la distancia es mayor que 2.000 metros. Desde el Km. 2 aplicamos el compás hacia la izquierda con la misma abertura y en la misma forma que en la escala simple; luego corremos paralelamente ambas puntas del compás siguiendo la vertical del Km. 2 hasta encontrar una de las transversales de la cabeza. Si ésta la encuentra en la misma intersección, entonces la lectura es sencilla y exacta; pero si esto no ocurre la fracción se aproxima por apreciación.

Las escalas gráficas de transversales se emplean en el trabajo de levantamiento regular a plancheta y son confeccionadas generalmente en metal.

Problemas sobre escalas.—Como ya sabemos, Escala de una carta o plano, es la razón que existe entre la magnitud real del terreno y su representación sobre un dibujo o proyección.

De esta manera podemos hacer la siguiente proporción.

$$\text{I.} \quad \frac{P}{T} = \frac{1}{D}$$

P = Papel
T = Terreno
1 = Unidad (numerador)
D = Denominador (factor de reducción)

De la fórmula I podemos despejar cualquiera de sus términos dando lugar por lo tanto a tres problemas y cuyas preguntas serían:

a) ¿Cuál es la dimensión real del terreno?

En I despejamos T.

$$\text{a)} \quad T = P \cdot D$$

b) ¿Cuál es la proyección en el dibujo?

En I despejamos P.

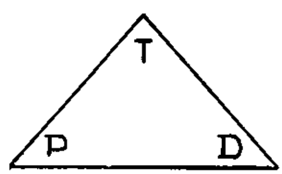
$$\text{b)} \quad P = \frac{T}{D}$$

c) ¿Cuál es la escala?

En I despejamos D.

$$\text{c)} \quad D = \frac{T}{P}$$

Una fórmula práctica para despejar la incógnita es el *triángulo práctico* que a continuación se indica y en el cual se colocan los términos como sigue: en el vértice superior T, en el vértice inferior izquierdo P y en el otro D.



La incógnita se cubre con el dedo, por ejemplo tapando

$$T = P \cdot D$$

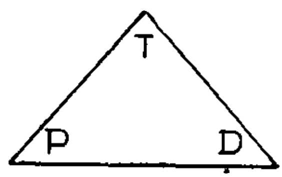
$$D = \frac{T}{P}$$

$$P = \frac{T}{D}$$

Ejemplos.— 1) En una carta dibujada a la Escala 1:20.000 se mide una longitud igual a 0,08 m. ¿Qué longitud del terreno representa?

A) *Fórmula.*—

$$\text{I.} \quad \frac{P}{T} = \frac{1}{D}$$



B) *Datos.*—

$T = X$
$P = 0{,}08\text{m.}$
$D = 20{,}000$

C) *Desarrollo.*—

Se despeja en (I) T y queda

$T = P. D$ reemplazando

$T = 0{,}08 \cdot 20.000$

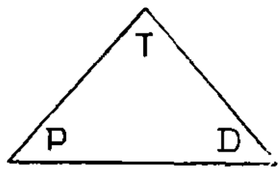
$T = 1.600$

D) *Respuesta.*—La longitud medida en la carta de 0,08 m. corresponde a una distancia de *1.600 m.*

2) ¿Cuál es la proyección en el dibujo, conociendo la longitud de un camino de 1.850 m. a la escala de 1 : 25.000?

A) *Fórmula.*—

$$\text{I.} \quad \frac{P}{T} = \frac{1}{D}$$



B) *Datos.*—

$$T = 1.850 \text{ m.}$$
$$P = X$$
$$D = 25.000$$

C) *Desarrollo.*—En (I) despejamos P y tenemos:

$$P = \frac{T}{D} \quad \text{reemplazando}$$

$$P = \frac{1.850}{25.000}$$

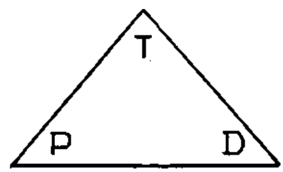
$$P = 0{,}074$$

D) *Respuesta.*—La proyección de 1.850 m. se representa en el dibujo por un trazo de *0,074 m.*

3) Se conoce una longitud de terreno de 1.875 m., correspondiendo en el dibujo a un trazo de 0.075 m. ¿Cuál es la escala de la carta?

A) *Fórmula.*—

$$\text{I.)} \quad \frac{P}{T} = \frac{1}{D}$$



B) *Datos.*—

T = 1.875m.

P = 0,075m.

D = X

C) *Desarrollo.*—

En (I) despejamos D y nos queda

$$D = \frac{T}{P} \quad \text{reemplazando}$$

$$D = \frac{1875}{0.075}$$

$$D = 25\,000$$

D) *Respuesta.*— La escala es de 1:25.000

EJERCICIOS

1.—Tenemos una carta a la escala de 1:1.000 y medimos en ella una magnitud de 0,9 m. ¿Cuál es la longitud del terreno?

2.—Poseemos una carta de escala de 1:6.250 en la cual se mide con un doble decímetro un trazo de 0,005 m. ¿Cuánto representa en el terreno?

3.—En la Estación de Linares se mide con una huincha metálica el largo de un tren cuyo resultado dá como término medio, después de una serie de mediciones una longitud de 500 m. ¿Cuál sería su proyección en una carta dibujada a escala 1:1.000?

4.—Un camino ha sido medido cuatro veces con el siguiente resultado: 599,5 m.; 599,6 m.; 600,0 m. y 598,9 m. ¿Cuál es su proyección en un plano de 1:2.500?

5.—En un terreno se ha medido una longitud e 4.000 mts. y su proyección en una carta es de 0,08 metros. ¿Cuál es la escala?

6.—En un meridiano se ha medido una distancia cuyo valor es de 3 minutos geográficos y su proyección sobre la carta dá un trazo de 0,09259. ¿A qué escala está dibujada la carta?

7.—En el paralelo del Ecuador se ha medido una longitud de 6 minutos geográficos y su proyección sobre una carta es de 0,11111 m. ¿A qué escala está dibujada la carta?

8.—En un meridiano se conocen las latitudes de dos puntos A. y B.

Latitud de A = 35° 48′ Norte.
Latitud de B = 35° 58′ Norte.

¿Qué distancia es la que separa ámbos puntos y cuál es la proyección con que se representa en una carta a la escala 1:25.000?

9.—En el paralelo del Ecuador se conoce la longitud de los puntos A y B.

Longitud de A = 144° 35′ Este
Longitud de B = 144° 41′ Este

¿Cuál es la proyección de la longitud que separa a ambos puntos en una carta a la escala 1:100.000?

10.—En el paralelo del Ecuador se conocen las siguientes longitudes:

Longitud de A = 0° 5' Oriente
Longitud de B = 0° 10' Occidente

Se desea saber cuál sería la proyección que separa ambos puntos en una escala de 1.200.000.

11.—Una patrulla encargada del paso de trenes en territorio enemigo anota en su registro los siguientes datos sobre un convoy:

4.30 horas paso de la máquina.
4.45 horas paso del último carro.

¿Cómo se representa la longitud del convoy en un croquis a la escala de 1:100.000 y sabiendo que la velocidad del tren era de 30 km. por hora

CAPITULO VI

REPRESENTACION DEL TERRENO

Ante todo diremos que la representación del terreno se lleva a efecto por dos operaciones: una de medición y la otra artística o de dibujo, dando lugar de esta manera a dos trabajos que se denominan "trabajos de campo" y "trabajos de gabinete"

En el estudio del terreno podemos distinguir tres clases de accidentes principales: alturas, depresiones y accidentes hidrográficos.

a) *Entre las alturas distinguimos*: lomas, colinas, cerros, montañas, cordilleras y sierras.

Lomas.—Son elevaciones suaves del suelo y de faldeos uniformes.

Colinas.—Son elevaciones mayores que las lomas y fluctúan sus alturas de 50 a 100 metros.

Cerros.—La constitución del suelo es irregular, generalmente cubierta de árboles y sus alturas son superiores a 100 metros.

Montañas.—Se componen de un conjunto de cerros de gran extensión, con grandes pendientes, de constitución irregular y de alturas superiores a 500 metros.

Cordilleras.—Se denomina el conjunto de montañas, de alturas superiores a 1.000 metros cubiertas de nieve y que abarcan una extensión considerable del país. Su ascención es difícil.

Sierras.—Cuando la cordillera está compuesta de montañas rocosas se denomina sierras.

b) Las depresiones están constituídas por tierras cuyas alturas, relacionadas con las adyacentes forman una parte más baja y a las cuales afluyen las aguas lluvias.

Si la depresión se encuentra aislada y sin desagüe se forma en la parte más baja un lago. Estas depresiones toman el nombre de "circos" o "fosas tectónicas".

Generalmente las depresiones deben su formación a la acción de las aguas lluvias que al escurrirse constantemente dan lugar a: quebradas, valles, etc.

c) *ACCIDENTES HIDROGRAFICOS.*—Estos se clasifican en: de aguas corrientes y de aguas estancadas.

1.—*AGUAS CORRIENTES* lo constituyen los ríos, esteros, riachuelos y canales.

En un río podemos distinguir: el nacimiento, desembocadura, curso, caudal y la corriente. Además un río puede ser navegable e innavegable; siendo navegable, cuando su profundidad mínima es de 1 metro y su pendiente es de 1:1.000.

VADOS.—Es la parte de un río de menos profundidad y que permite el paso a pie o a caballo.

2.—*AGUAS ESTANCADAS.*—Entre éstas podemos nombrar: lagos, lagunas, estanques y pantanos.

El levantamiento topográfico y aerofotogramétrico, representa en el papel la imagen real del terreno en proyección horizontal y mediante el empleo de algunos signos convencionales.

Debemos distinguir dos aspectos en la representación del terreno:

A) *De planimetría.*

B) *De altimetría o de relieve.*

A) *Planimetría.*—En líneas generales no ofrece ninguna dificultad para su representación, ya que ella se obtiene por procedimientos geométricos, encuadrados en los métodos de levantamiento empleados. (Plancheta o fotografías aéreas) en los campos de trabajo y del cálculo y dibujo para los trabajos de gabinete.

El levantamiento a plancheta está hoy día completamente en desuso empleándose casi exclusivamente el levantamiento aerofotogramétrico por el cual se obtiene después de la toma de las vistas, desarrollo de la fotografía y diapositivos, la representación planimétrica con toda facilidad y en un tiempo bastante corto.

De esta manera tenemos, pues, que la proyección de puntos situados sobre el plano horizontal a otro plano paralelo y el enlace entre los distintos puntos que definen los detalles planimétricos con la correspondiente medición y a una escala determinada constituyen la representación de la *PLANIMETRIA.*

B) *ALTIMETRIA.*—El problema de representar el relieve preocupó desde muy antiguo a los hombres, ideándose numerosos sistemas que por no cumplir con su finalidad quedaron en desuso.

Entre los mejores sistemas usados en ese entonces, podemos nombrar: la representación altimétrica por *planos acotados, por planos verticales* y por *trazos o hachuras.*

Finalmente, se ha llegado a la adopción de un sistema que da la impresión gráfica del terreno al mismo tiempo que la realidad del relieve, denominándose sistema de curvas horizontales o *CURVAS DE NIVEL.*

Este sistema proporciona claridad y objetividad en el dibujo y permite la solución de los problemas de pendientes, perfiles, etc., etc.

En el sistema diremos que, *CURVA DE NIVEL,* es aquella cuyos puntos tienen una misma cota (altura con respecto al nivel medio del mar).

Todos los puntos de la curva de nivel están en el mismo plano horizontal.

En resumen, el sistema de curvas de nivel, supone cortados los diferentes accidentes del terreno, por planos paralelos y equidistantes (figura 11).

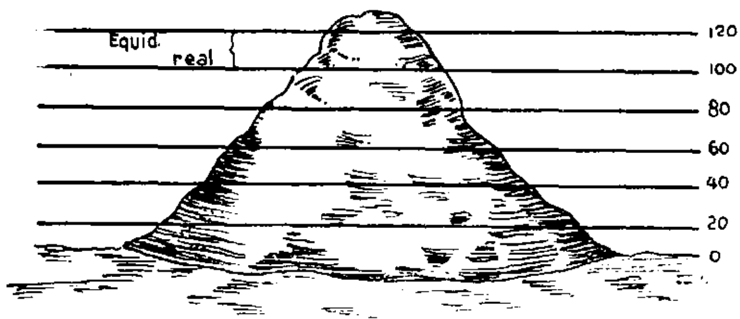


Fig. 11

La separación de dichos planos se denomina equidistancia *"real o natural"* y su reducción a la escala del dibujo se llama *equidistancia gráfica.*

El conocimiento de la equidistancia es importante para el cálculo de pendientes y cortes rectos o perfiles.

REGLAS GENERALES PARA EL RECONOCIMIENTO DE LAS CURVAS DE NIVEL.

a) *ALTURAS.*—(cerros, colinas, etc.). Las curvas de menor valor envuelven a las de mayor valor (Figura 12).

b) *DEPRESIONES.*—Las curvas de mayor valor envuelven a las de menor valor (Figura 13).

c) *SALIENTES.*—(Figura 14). Si observamos la figura, se nota que en las curvas de nivel en ella trazadas, las cotas respectivas van aumentando desde la primera, que tiene cota cero, lo que demuestra que el terreno se eleva a partir de aquella; que cada una de ellas es envuelta por la inmediata de cota

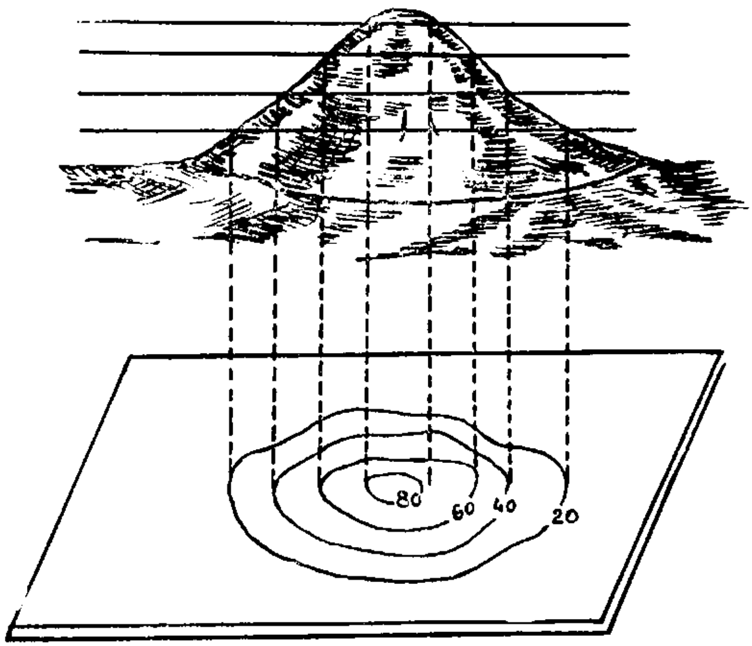


Fig. 12.

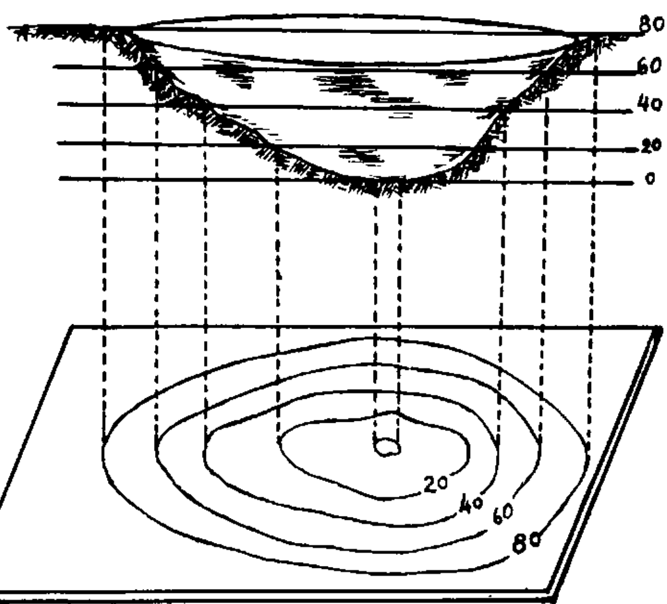


Fig 13

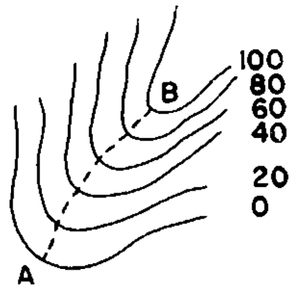


Fig. 14

inferior, teniendo toda su convexidad hacia la parte más baja, es decir del lado que las otras disminuyen.

En resumen, diremos que una saliente queda determinada porque en su aspecto general presentará su convexidad a un observador situado en el plano de comparación (Cota cero) de frente (A. B.).

d) *ENTRANTES.*—(Figura 15). En la figura correspondiente podemos observar por las curvas de nivel dibujadas, que ellas van aumentando de valor a partir de la cota cero y que a medida que ésta crece cada curva envuelve a la inmediata de cota inferior, presentando toda su convexidad hacia la parte más alta.

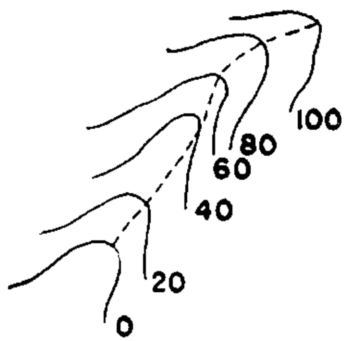


Fig. 15

El conjunto entonces, determina una entrante del terreno que también podemos denominarlo como "valle".

e) *UNION DE DOS SALIENTES.*—(Figura 16). Cuando dos salientes se unen como lo indica la figura 16, se forma en la parte más alta una porción plana que determina un punto de paso y que se le designa por el nombre de "*portezuelo*".

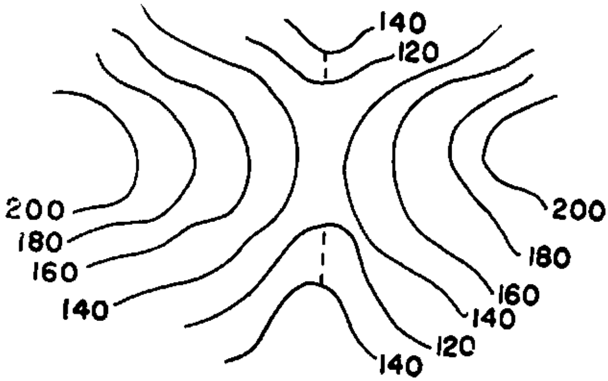


Fig. 16

f) *UNION DE DOS ENTRANTES.*—(Figura 17). Cuando dos entrantes, como por ejemplo A. B. y A. C. de la figura, se unen en el terreno de tal manera de dár lugar a la formación de otras dos entrantes como son *A. B.* y

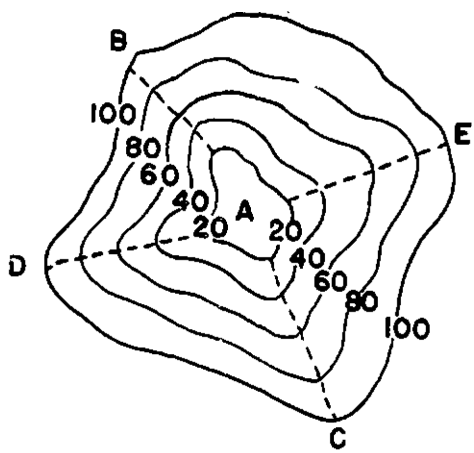


Fig. 17

A. E. de la misma figura, se forma una depresión del terreno que se denomina **"Hoya"** o **"Circo"** y hacia la cual afluyen todas las aguas lluvias.

CAPITULO VII.

RELIEVE DEL TERRENO Y SUS PROBLEMAS

En nuestras cartas, el relieve del terreno representado por curvas de nivel da lugar a los siguientes problemas:

a) *De pendientes*
b) *De perfiles.*
c) *De visibilidad.*

Pendientes.—Denomínase pendiente de un plano la inclinación que éste tiene con respecto a otra horizontal y la medida correspondiente es dada por el ángulo diedro formado por ambos .(Figura 18).

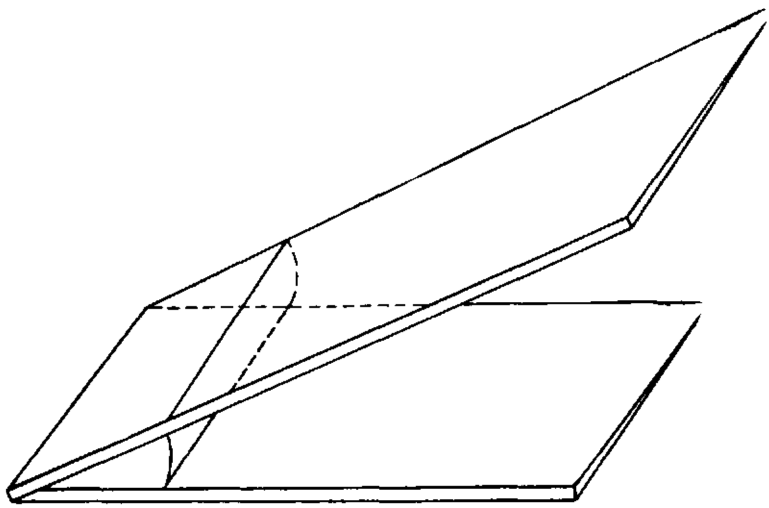


Fig. 18

El relieve del terreno tiene una importancia capital en todas las actividades de las tropas.

En la marcha influye en el rendimiento de ellas, originando un mayor o menor esfuerzo para el avance de las tropas sean ellas de infantería ,artillería, caballería, y aún para las tropas mecanizadas o motorizadas.

Asimismo, tanto en el combate ofensivo como defensivo, las pendientes ofrecen particularidades especiales que todo conductor de tropas debe tomar muy en cuenta para el mejor empleo de sus fuerzas.

Clasificación de las pendientes.—Pueden clasificarse en ascendentes y descendentes, dependiendo esto desde el punto que se las observe.

En cuanto a la forma, ellas pueden ser: *cóncavas, convexas y planas.*

CONCAVAS.—Son aquellas que presentan un hundimiento en la parte central y en la carta se identifican porque las curvas de menor valor quedan más separadas que las de mayor valor las cuales se van juntando a medida que se acercan a la cúspide. (Figura 19).

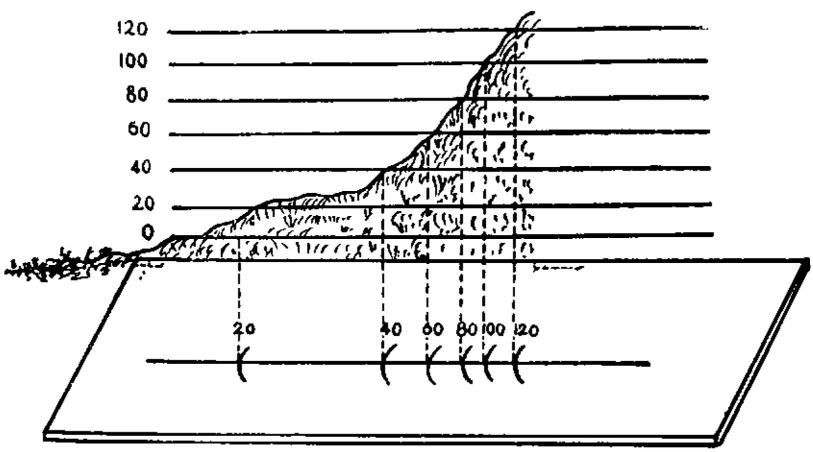


Fig. 19

Convexas.—Son aquellas que se presentan en forma de un lomo y se identifican en la carta porque las curvas de nivel se van separando a medida que tienen mayor valor. (Figura 20).

Planas o Uniformes.—Son aquellas cuyas curvas de nivel tienen una separación uniforme y constante. (Figura 21).

En cuanto al grado de pendiente ellas pueden ser *transitables* o solamente *escalables.*

Son *transitables*, aquellos terrenos que presentan pendientes suaves, medianas y escarpadas.

Son pendientes *suaves* aquellas que permiten el tránsito de tropas a pie, montadas y mecanizadas y están comprendidas desde 0° a 5°.

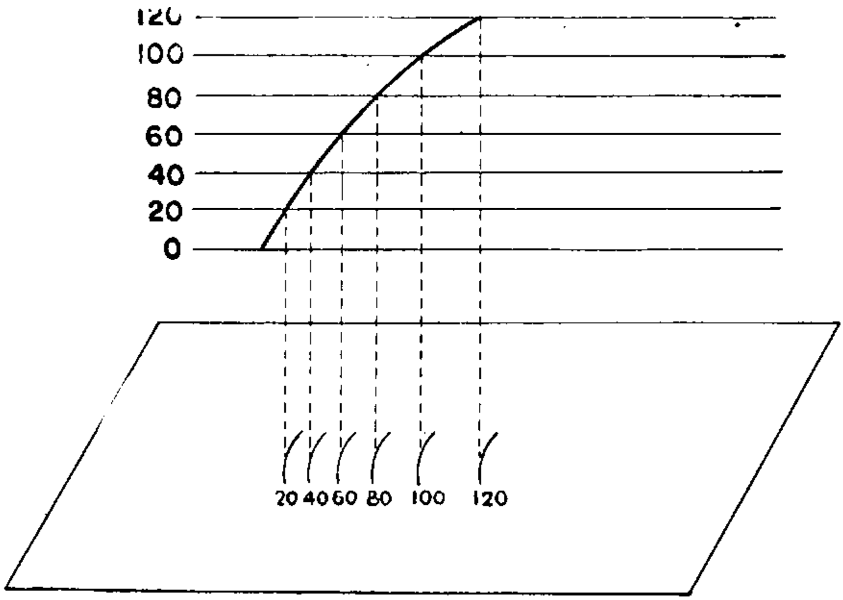

120
100
80
60
40
20
0
20 40 60 80 100 120

Fig.20

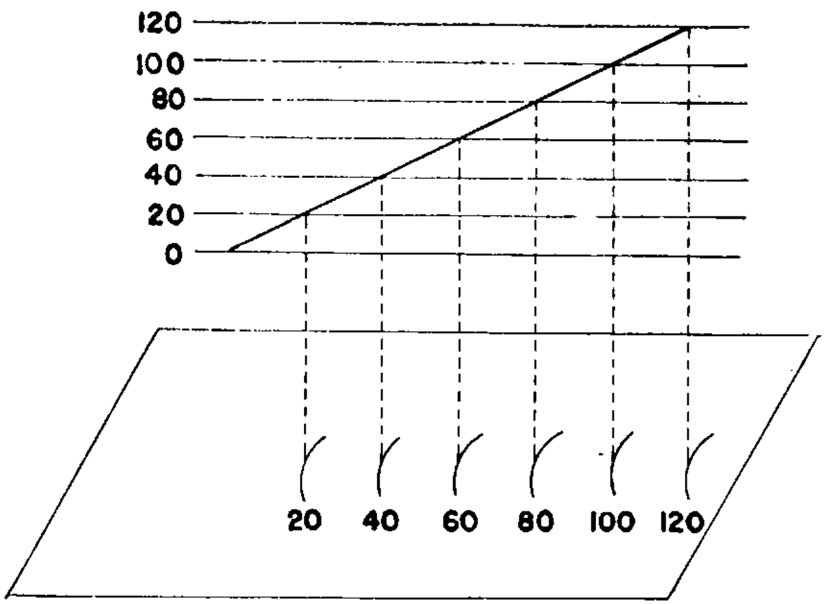

120
100
80
60
40
20
0
20 40 60 80 100 120

Fig. 21

Pendientes *medianas* son las comprendidas entre 5° y 15° permitiendo el tránsito fácil de tropas a pie, montadas o mecanizadas o motorizadas y con cierta dificultad a la artillería montada.

Pendientes *escarpadas* son las comprendidas entre 15° y 30° permitiendo el tránsito fácil sólo a los vehículos motorizados livianos y presentando al resto serias dificultades para su ascensión.

Escalables.—Son aquellos terrenos de montaña cuya pendiente sólo puede ser vencida por tropas especializadas en la alta montaña y con ayuda de sus elementos correspondientes.

Cálculo de pendientes.—La determinación de las pendientes puede efectuarse:

1.—*En forma exacta o matemática.*

2.—*En forma práctica o aproximada.*

3.—*En tanto por ciento.*

4.—*En milésimas.*

En general, el problema de la determinación de las pendientes en cualesquiera de las formas ya enumeradas se tiene como datos: la diferencia de cota entre dos puntos y la distancia proyectada que hay entre ellos.

1.—*Forma exacta o matemática.*—Para esto y según lo dicho anteriormente conocemos la cota de dos puntos. Sean estos *A.* y *B.* La diferencia de cotas nos da la diferencia de altura que tiene uno con respecto al otro y que se denomina *H.* La distancia entre ambos puntos se la designa con la letra *g.* (Figura 22).

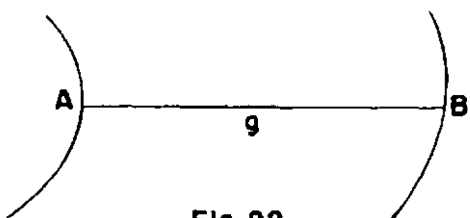


Fig. 22

Construyendo un triángulo de perfil del ejemplo ya mencionado tendríamos los datos correspondientes en la figura siguiente: 23.

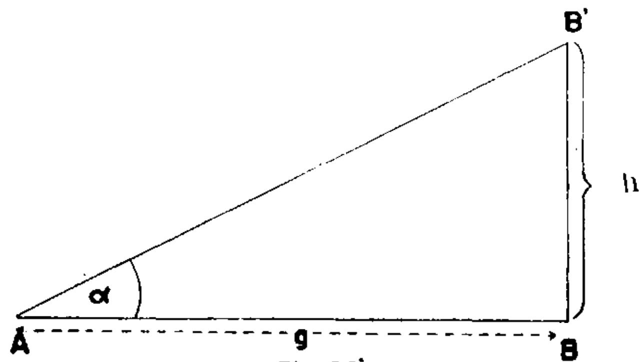


Fig. 23

Aplicando la función tg. tenemos:

$$tg\ \alpha = \frac{h}{g}$$

Aplicando logaritmos tenemos:

$$\log.\ tg\ \alpha = \log h - \log.\ g$$

El esquema del cálculo sería el que se indica a continuación:

$$\begin{array}{rl} & \log h. \quad = \\ - & \log g. \quad = \\ \hline & \log\ tg\ \alpha = \\ & \qquad \alpha = \\ \hline \end{array}$$

Ejemplo.—Se conocen las cotas de dos puntos A. (320) y B. (480). La distancia entre ambos es de 1.200 metros. ¿Cuál es la pendiente exacta entre ambos puntos?

A) ***Fórmula***:

$$tg\ \alpha = \frac{h}{g}$$

B) *Datos*:

$$h = 150 \text{ m. (cota de B — cota de A).}$$

$$g = 1200 \text{ m.}$$

C) *Desarrollo*: Esquema de cálculo.

$$\begin{array}{rrl} & \log\ 150 = & 2\ 17\ 609 \\ - & \log\ 1200 = & 3\ 07\ 918 \\ \hline & \log\ tg\ \alpha = & 9.09\ 691 \\ & \alpha = & 7^\circ\ 7'\ 30'' \end{array}$$

D) *Respuesta*: *Entre los puntos A* y *B* existe una pendiente exacta de 7° 7′ 30″.

2.—*Forma práctica.* Para este cálculo se aplica la fórmula práctica:

$$\alpha = \frac{60 \cdot h}{g}$$

Esta fórmula ha sido determinada de la siguiente manera:

Sea una circunferencia dividida en cuatro cuadrantes de 90° en uno de los cuales se ha materializado el ángulo (Fig. 24).

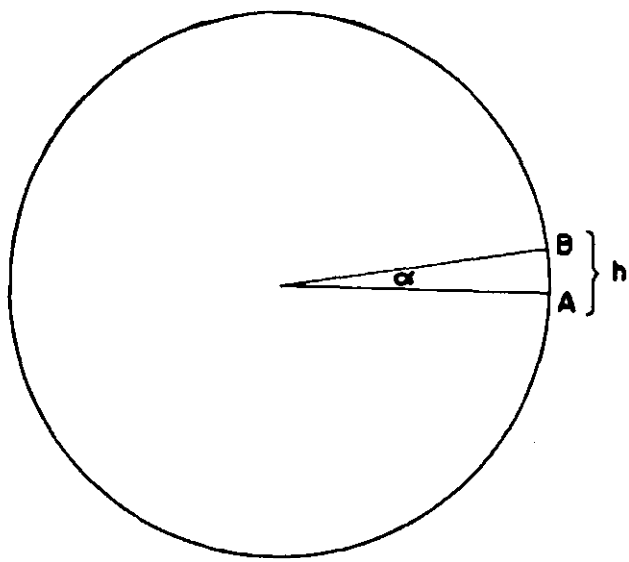


Fig. 24

Siendo este ángulo α muy pequeño, su arco *A. B.* lo consideramos como la tangente $Ab = h$.

Por otra parte, sabemos que la circunferencia tiene 360° y que contiene $2\pi r$ siendo $\pi = 3.1416$ (aproximado) y r es el radio OA luego podemos establecer que:

$$\frac{\alpha^\circ}{\text{arc } AB} = \frac{360^\circ}{2\pi r}$$

$$\alpha^\circ = \frac{360 \cdot \text{arc } AB}{2\pi r}$$

$$\alpha^\circ = \frac{\text{arc } AB}{r} \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$\alpha^\circ = \frac{\text{arc } AB}{r} \cdot \frac{180}{3.1416}$$

La expresión $\frac{180}{3.1416} = 57^\circ 3$ que se denomina "ro" (ρ)

la reemplazamos y nos queda:

$$\alpha^\circ = \frac{\text{arc } AB}{r} \cdot \rho^\circ$$

$$\text{arc } \overline{AB} = h$$

$$r = g$$

El valor $\rho^\circ = 57^\circ{,}3$ se aproxima a 60° quedando la fórmula definitiva en:

$$\boxed{\alpha = \frac{60 \cdot h}{g}}$$

Esta fórmula nos permite determinar la pendiente entre dos puntos sin error apreciable hasta valores no superiores a 25°.

Ejemplo.—Con los mismos datos del ejemplo para el cálculo de pendiente en forma exacta tenemos:

A) ***Fórmula***:

$$\boxed{\alpha^{\circ} = \frac{60 \cdot h}{g}}$$

B) ***Datos***:

$$h = 150 \text{ m.}$$

$$g = 1200 \text{ m.}$$

$$\alpha^{\circ} = x$$

C) *Desarrollo*:

$$\alpha = \frac{60 \cdot 150}{1200} = 7.5$$

D) *Respuesta*: *Entre A y B existe una pendiente de 7° 30'.*

3.—*En tanto por ciento.* Por esta forma se determina el tanto por ciento efectuando una proporcionalidad de triángulos semejantes.

Sean los puntos *A* y *B* con un desnivel *h* y una distancia horizontal *AC* = *g*.

Deseamos calcular qué tanto por ciento de pendiente existe entre *A* y *B*.

En la figura 25 de más abajo, pueden verse los triángulos semejantes *ACB* y *AEF* y en los cuales podemos efectuar la siguiente proporción:

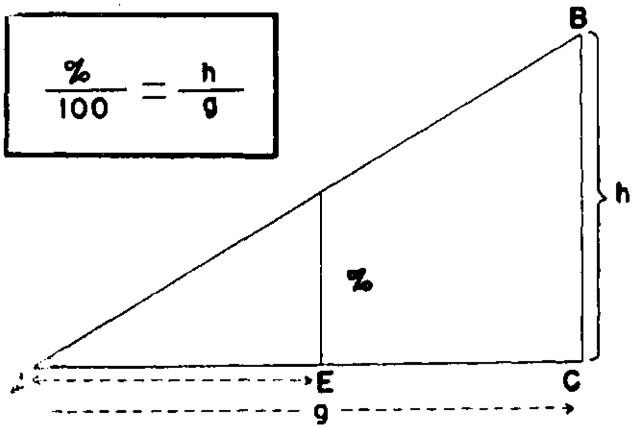


Fig. 25

Despejando % nos queda la fórmula definitiva:

$$\% = \frac{100 \cdot h}{g}$$

Ejemplo.—Calcular qué tanto por ciento de pendiente existe entre los puntos A (320) y B (480). Distancia entre ambos puntos 1.200 metros.

A) *Fórmula*:

$$\% = \frac{100 \cdot h}{g}$$

B) *Datos*:

$$h = 150 \text{ m.}$$
$$g = 1200 \text{ m.}$$
$$\% = x$$

C) *Desarrollo*:

$$\% = \frac{100 \cdot 150}{1200}$$

$$\% = 12{,}5$$

D) **Respuesta**: *Entre los puntos A y B existe una pendiente de 12,5%.*

4.—*En milésimas.* Según la conocida fórmula de la paralaje tenemos:

$$P = \frac{F}{\frac{D}{1000}}$$

En la fórmula *P es el ángulo de la paralaje, F es el frente y D es la distancia.* (Fig. 26).

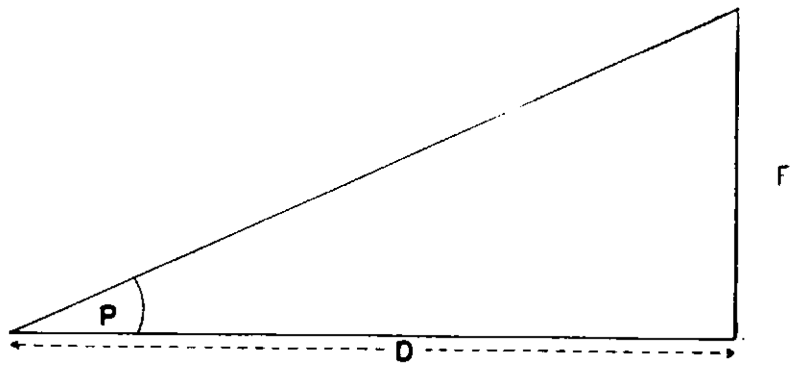


Fig. 26

Además puede calcularse la pendiente en milésimas por **la fórmula**:

$$\not{m} = \frac{1000 \cdot h}{g}$$

Esta fórmula no es otra cosa que el cálculo en tanto por mil.

Ejemplo.—Se desea conocer la pendiente en milésimas entre los puntos A (450) y B (350). Distancia entre ambos puntos 1.000 metros.

A) ***Fórmula***:

$$P = \frac{F}{\frac{D}{1000}}$$

B) *Datos*:

$$P = x$$

$$F = 100 \text{ m.}$$

$$D = 1000$$

C) ***Desarrollo***:

$$P = \frac{100}{\frac{1000}{1000}} = 100$$

D) ***Respuesta***: *Entre los puntos A y B existe una pendiente de 100 ‰.*

Por la fórmula del tanto por mil tenemos:

A) ***Fórmula***:

$$T = \frac{1000 \cdot h}{g}$$

B) ***Datos***:

$$T = x$$

$$h = 100$$

$$g = 1000$$

C) ***Desarrollo***:

$$‰ = \frac{1000 \cdot 100}{1000} = 100$$

D) ***Respuesta***: *Entre los puntos A y B existe una pendiente de 100 ‰.*

5.—También es costumbre dar el valor de la tangente trigonométrica por una unidad fraccionaria diciendo por ejemplo que la pendiente de una recta es de *1/10*, lo que quiere decir que en *10 metros* horizontales el terreno sube 1 *metro* (Figura 27).

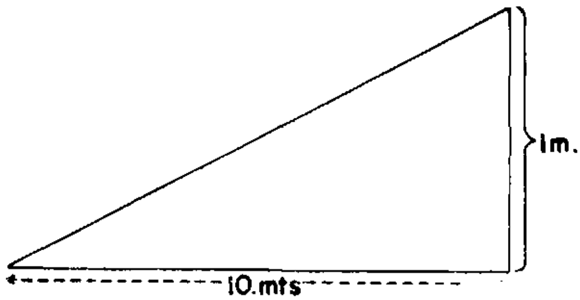


Fig. 27

En general tenemos entonces que cuando la pendiente se expresa por una fracción debemos tomar en cuenta que el *denominador corresponde a la distancia g* y el *numerador a la altura h.*

Ejemplo:

a) Se sabe que la pendiente de un cerro es de 1/9. ¿A qué % corresponde?

A) *Fórmula*:

$$\% = \frac{100 \cdot h}{g}$$

B) *Datos*:

$$h = 1$$
$$g = 9$$
$$\% = x$$

C) *Desarrollo*:

$$\% = \frac{100 \cdot 1}{9} = 11,1$$

D) *Respuesta*: *La pendiente de 1/9 corresponde a 11,1%.*

b) *¿A cuántos grados de pendiente corresponde la pendiente 1/9 en forma exacta.*

A) ***Fórmula:***

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{g}$$

B) ***Datos:***

$$h = 1$$
$$g = 9$$
$$\alpha = x$$

C) ***Desarrollo:***

$$\begin{aligned} \log 1 &= 0{,}00\,000 \\ -\log 9 &= 0\,95\,424 \\ \log \operatorname{tg} \alpha &= 9{,}04\,576 \\ \alpha &= 6^{\circ}\,20'\,25'' \end{aligned}$$

D) *Respuesta: La pendiente de 1/9 corresponde a 6° 20′ 25″.*

c) ¿A cuántos grados de pendiente corresponde calculándola en forma aproximada?

A) ***Fórmula:***

$$\alpha = \frac{60 \cdot h}{g}$$

B) ***Datos:***

$$h = 1$$
$$g = 9$$
$$\alpha = x$$

$$\alpha = \frac{60 \cdot 1}{9} = 6{.}\,6$$

D) *Respuesta: La pendiente 1/9 corresponde a 6° 36′.*

Escala gráfica de pendientes.—Sean en la figura 28 dos curvas de nivel y supongamos *A. B.* una recta normal a ellas o por lo menos normal a la curva que pasa por *A*. La longitud de *A. B.* es la proyección horizontal de una línea

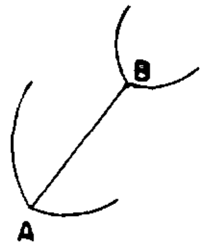


Fig. 28

de máxima pendiente y cuya inclinación o ángulo de pendiente lo designamos por α. Según esto y llamando *AB'* a la recta en el espacio y *BB'* a la diferencia de altitudes entre los puntos proyectados en *A* y *B* o sea a la equidistancia natural entre las dos curvas representadas en el dibujo tendremos en la figura 29.

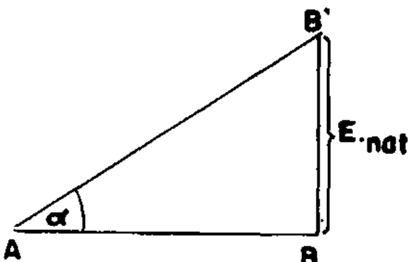


Fig. 29

$$(1) \qquad \operatorname{tg} \alpha = \frac{BB'}{AB}$$

Siendo BB' = ^{E}nat (E. natural)
y AB = D (Distancia)

Reemplazamos en 1

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{E.\,nat}{D}$$ de donde

$$D = \frac{E.\ nat}{tg\ \alpha} \quad \text{reempl. la tg. por la cotg.}$$

$$(2) \qquad \underline{D = E.\ nat \cdot cotg\ \alpha}$$

En la fórmula 2 tenemos que la constante es siempre la *E. nat.* y la variable es la *cotg. α*. Luego *D* dependerá de los valores del ángulo *α*, los cuales son:

Para	cotg.	de	1°	=	57,29
”	”	”	2°	=	28,64
”	”	”	3°	=	19,08
”	”	”	4°	=	14,30
”	”	”	5°	=	11,43
”	”	”	6°	=	9,51
”	”	”	7°	=	8,14
”	”	”	8°	=	7,12
”	”	”	9°	=	6,31
”	”	”	10°	=	5,67
”	”	”	15°	=	3,73
”	”	”	20°	=	2,75
”	”	”	25°	=	2,14
”	”	”	30°	=	1,73

Si la equidistancia natural es de 20 metros, para la pendiente de 1.° tendremos:

$$\underline{D = 20 \cdot 57{,}29} \qquad (3)$$

Reducida al plano o carta, según la escala, y suponiéndola ésta en nuestro caso, 1:25.000, tendremos que la fórmula 3 nos queda:

$$D = 20 \cdot \frac{1}{2500} \cdot 57{,}29$$

La fórmula en general es la siguiente:

$$\underline{D = E.\ nat. \cdot Escala \cdot Cotg.} \qquad (4)$$

Ejemplo.—Construir una escala gráfica de pendientes para un plano a escala 1:10.000, sabiendo que la equidistancia natural es de 10 metros y la escala gráfica se necesita de 1° a 5°.

A) *Fórmula*:

$$D = E_{nat} \cdot \text{Escala} \cdot \text{cotg}\ \alpha$$

B) *Datos*:

$$E_{nat} = 10 \text{ m.}$$

$$\text{Escala} = 1:10.000$$

C) *Desarrollo*:

Reemplazando en la fórmula general tenemos:

$$D = 10 \cdot \frac{1}{10.000} \cdot \text{cotg}\ \alpha$$

El valor constante $10 \cdot \frac{1}{10.000} = 0{,}001$, luego sólo nos bastará, para encontrar D, el multiplicar 0,001 por por los valores de la cotg de: 1°, 2°, 3°, 4°, y 5° y tendremos:

Para 1° $D = 0{,}001 \cdot 57{,}29 = 0{,}057$

» 2° $D = 0{,}001 \cdot 28{,}64 = 0{,}029$

» 3° $D = 0{,}001 \cdot 19{,}08 = 0{,}019$

» 4° $D = 0{,}001 \cdot 14{,}30 = 0{,}014$

» 5° $D = 0{,}001 \cdot 11{,}43 = 0{,}011$

Construcción.—(Figura 30). Sobre una recta *A B* y a partir de *A*, marcamos el trazo correspondiente a la pendiente de 1°, 2°, 3°, 4° y 5° = a 0,057 m, 0,029 m, 0,019 m, 0,014 m, y 0,011 m.

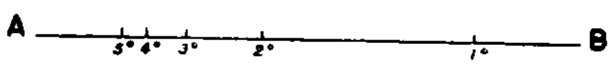


Fig. 30

Aplicación.—Esta escala encuentra aplicación inmediata cuando se quiere trazar o determinar sobre un plano un camino cuya pendiente no exceda de un valor determinado, bastándose para ello el aplicar sobre él los valores de nuestra escala, siempre que la separación entre las curvas sucesivas de nivel no sea inferior a los valores que ella nos indica para el grado de pendiente propuesta.

Si los valores de nuestra escala con la pendiente propuesta, son inferiores a la separación de las curvas, el camino a seguir será viable.

APLICACION DE LAS CURVAS DE NIVEL.

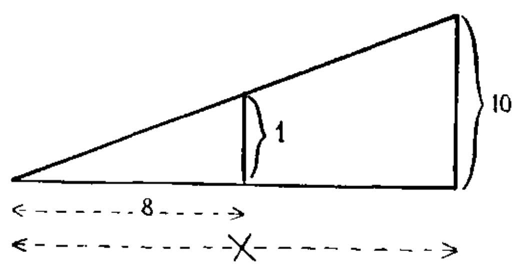
PROBLEMA A.—Unir dos a dos curvas de nivel, con rectas que tengan un declive determinado, 1/8 *por ejemplo*:

a) Si la diferencia de nivel entre las curvas es de 10 metros, la recta pedida deberá tener una longitud horizontal de 80 m. desde una curva a otra. Esta dimensión de la recta la obtendremos de la siguiente manera: sabemos que la fracción 1/8 en pendiente significa que por cada metro que se sube, corresponde a 8 metros en sentido horizontal, luego la incógnita sería para 10 m. de altura. ¿Cuántos metros horizontales corresponden?

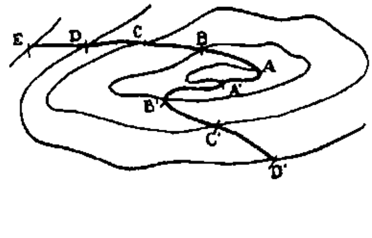
En la figura tenemos la siguiente proporción:

$$\frac{X}{10} = \frac{8}{1}$$

$$X = 80$$



b) Con un compás, se toma la dimensión (a escala) de 80 m. y dado el caso que se tome como punto de partida el punto A de la curva más elevada, desde dicho punto se describirá un arco que corte a la segunda curva en B; luego, haciendo centro en B, se cortará la tercera curva en C, y así sucesivamente.



De igual modo se determinará, comenzando en A′, los puntos B′, C′, D′ uniéndolos de dos en dos. Así se tendrá un camino que subirá siguiendo D′, C′, B′, A′ que estará de nivel entre A′ y A y que bajará en la dirección A B C D E. El declive entre A′ D′ y A E será de 1/8.

Problema B.—Unir dos a dos curvas de nivel, con rectas que tengan un declive determinado en %, de 12,5% por ejemplo. (Datos y figura igual a la anterior).

a) Como en el caso anterior, se calcula la longitud de la recta que corresponde a 12,5%.

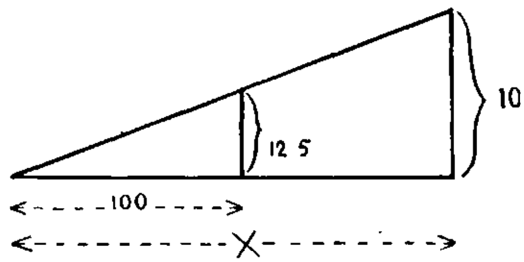
En la figura podemos hacer la siguiente proporción:

$$\frac{X}{10} = \frac{100}{12{,}5}$$

$$125\,X = 10.000$$

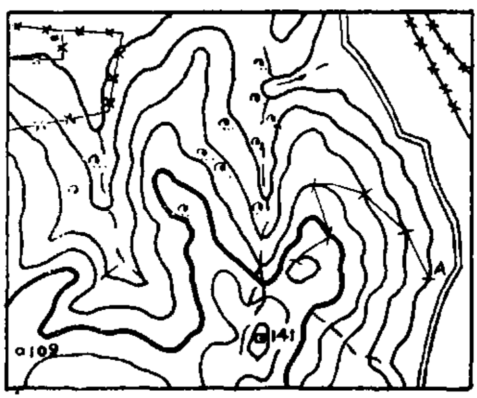
$$X = \frac{10.000}{125}$$

$$X = 80 \text{ m.}$$



b) En lo que continúa se opera en igual forma que en el problema A.

Ejemplo A.—En la figura que se acompaña, dibujar, a partir del punto A hacia la curva de cota más alta, el trazado de un camino con una pendiente de 1/9.



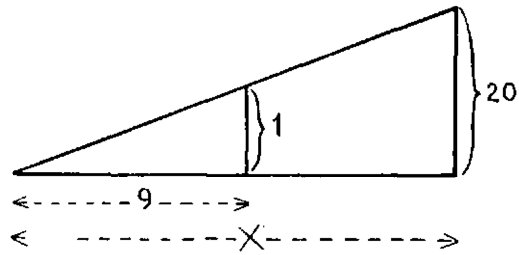
E. 1.25000

1.—*Solución.*

a) *Cálculo distancia horizontal para* 1/9.

$$\frac{X}{20} = \frac{9}{1}$$

$$X = 180$$



b) *Reducción de los* 180 *m. a la escala correspondiente:*

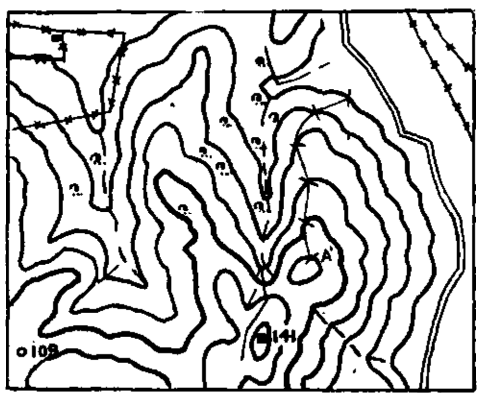
$$P = \frac{T}{D}$$

$$P = \frac{180}{25.000}$$

$$P = 0{,}0072$$

c) Con la longitud de 7,2 milímetros y con la ayuda de un compás y a partir de A se cortan las curvas B, c, etc. obteniendo el trazado pedido.

Ejemplo B.—En la figura que se acompaña, dibujar, a partir del punto A' hacia el N. el trazado de un camino con un declive de 16%.



E. 1:25000

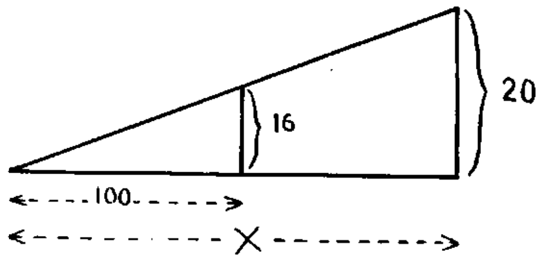
1.—*Solución.*

a) *Cálculo distancia horizontal para* 16%.

$$\frac{X}{20} = \frac{100}{16}$$

$$16\ X = 2000$$

$$X = 125$$



b) Reducción de los 180 m. a la escala correspondiente:

$$P = \frac{T}{D}$$

$$P = \frac{125}{25.000}$$

$$P = 0{,}005$$

c) Con la longitud de 5 milímetros y con la ayuda de un compás y a partir de A′ se cortan las curvas B′, C′; etc. obteniendo el trazado correspondiente.

---

b.—*Perfiles*

Denomínase perfil de un terreno a la intersección producida en éste por un plano vertical. La proyección de un perfil sobre un plano topográfico representativo del terreno al cual se trate, es la línea recta, traza del plano vertical, donde el perfil está contenido, con el plano horizontal de comparación.

La finalidad de los perfiles es la de determinar en forma gráfica, los accidentes que el terreno presenta en sentido vertical y para lo cual es preciso abatirlos, sobre el plano horizontal, haciendo girar al vertical que el perfil produce alrededor de su traza con el plano de comparación, hasta que ambos planos coincidan. De esta manera se acusarán las infleciones del terreno y podrá efectuarse el estudio de él en forma más objetiva.

Construcción de perfiles. 1) *Abatidos o naturales.*—Para la construcción de un perfil sólo basta como lo indica la figura 31, levantar en el plano de comparación perpendiculares a la traza del plano que produce el perfil y luego tomar sobre ellas, reducidas a la escala, las longitudes iguales a las cotas de los diversos puntos que en el terreno determina el plano vertical que lo corta.

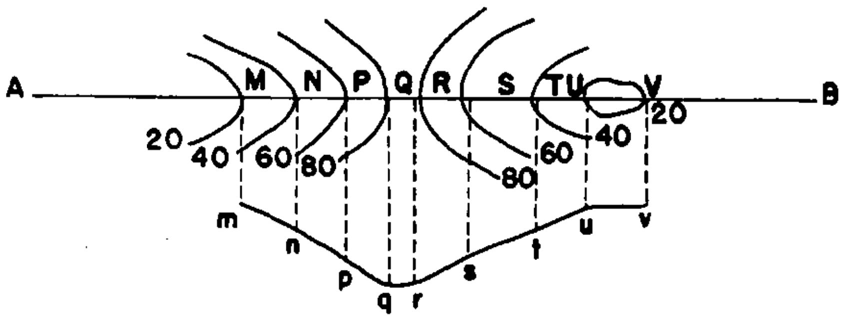


Fig. 31

En la misma figura tenemos el perfil producido por el plano vertical de traza *A B,* constituido por la línea quebrada *m, n, p, q, r, s, t, u,* y *v,* que resulta uniendo por puntos *m, n, p,* etc., obtenidos en la forma ya expuesta o sea levantando por las intersecciones de *A B* con las curvas de nivel, las perpendiculares a dicha línea y tomando como longitudes las cotas correspondientes a los puntos *M, N, P,* etc., de acuerdo con la escala de la carta o plano. *Los perfiles abatidos* se denominan también *naturales,* debido a que tanto la escala horizontal como la vertical son iguales.

Ejemplo.—Sea el cerro de la figura 32 dibujado a una escala 1:10.000. Se desea construir el perfil natural del cerro entre los puntos *C D,* sabiendo que la equidistancia real o natural es de 20 metros.

Desarrollo.—Trazamos una recta *C D* por donde se quiere construir el perfil. En seguida, a una distancia cualquiera se traza una recta A B paralela a la anterior.

Desde los puntos a, b, c, d, etc. se trazan perpendiculares a A B encontrando los punto a', b', c', y d', etc.

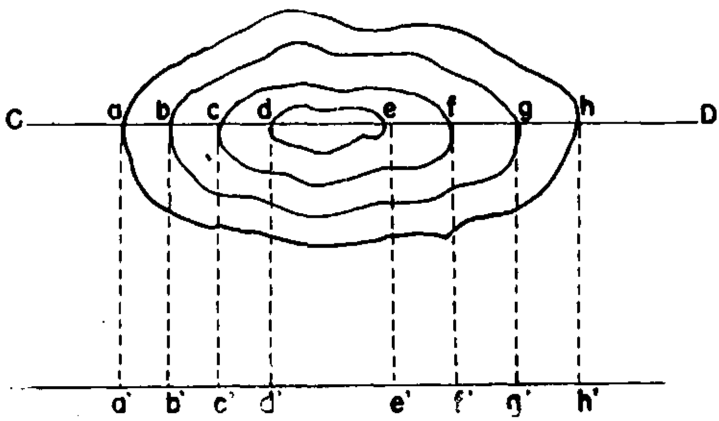


Fig. 32

Como la equidistancia natural es de 20 metros y la escala es de 1:10.000, se calcula a cuánto corresponde los 20 metros a esa misma escala.

$$P = \frac{T}{D} \qquad \text{siendo } T = 20 \text{ m} \quad \text{y } D = 10.000, \text{ tenemos:}$$

$$P = \frac{20}{10.000} = 0{,}002 \text{ m.}$$

Luego los 20 metros a la escala 1:10.000 equivalen a 2 mm.

Por lo tanto, las alturas de los puntos levantados desde la recta A B serán:

a' = 2 mm.
b' = 4 mm.
c' = 6 mm.
d' = 8 mm.
e' = 8 mm.
f' = 6 mm.
g' = 4 mm.
h' = 2 mm.

Uniendo los extremos de las perpendiculares encontradas, obtendremos el perfil natural del cerro en referencia (Figura 33).

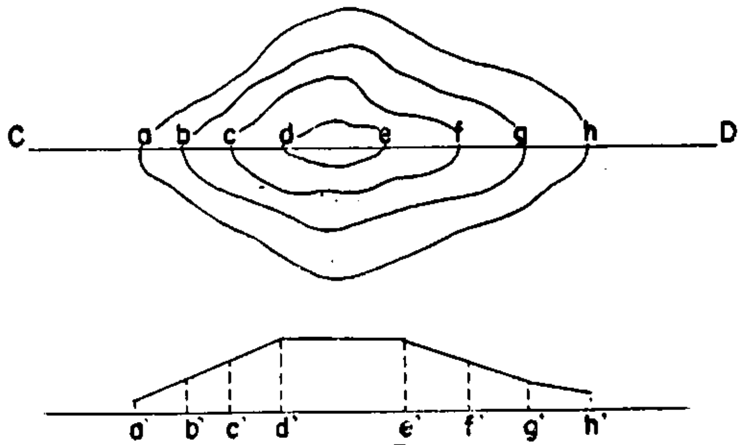


Fig. 33

2.—*Perfiles realzados.*—A fin de hacer resaltar el relieve del terreno facilitando su estudio se han ideado los perfiles realzados, los cuales se obtienen adoptando para la escala vertical una escala generalmente 10 veces mayor que la horizontal.

Ejemplo.—Construir el perfil de un cerro entre los puntos *C* y *D*, sabiendo que está dibujado a la escala 1:10.000 y la equidistancia natural es de 20 metros. (Figura 34).

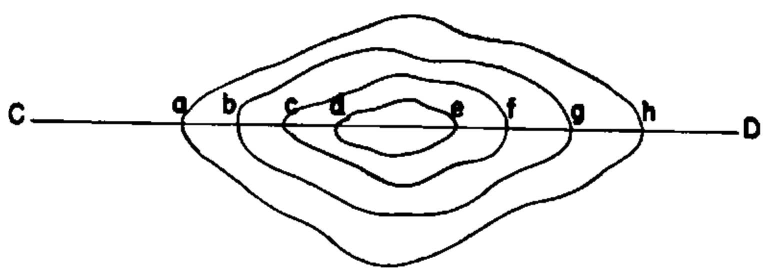


Fig.34

Escala horizontal 1:10.000.

Escala vertical 1:1.000.

Desarrollo.—a) Se traza una recta cualquiera *A B* y sobre ella se copian las distancias ab, bc, cd, de, ef, fg, gh, obteniéndose con esto la traza horizontal del cerro a la escala 1:10.000 (Figura 35).

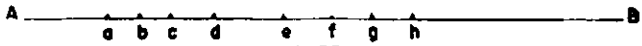


Fig.35

b) Por los puntos a', b', c', d', e', f', g', h' de la recta A B se levantan perpendiculares cuyas longitudes las da el siguiente cálculo:

$$P = \frac{T}{D} \qquad T = 20 \quad D = 1.000$$

$$P = \frac{20}{1\,000} = \underline{0{,}02 \text{ m.}}$$

Por el cálculo ya descrito se obtienen los siguientes valores para las perpendiculares:

a' = 2 centímetros.
b' = 4 "
c' = 6 "
d' = 8 "
e' = 8 "
f' = 6 "
g' = 4 "
h' = 2 "

c) Uniendo los extremos de las perpendiculares, tenemos el perfil del cerro según las condiciones dadas en el problema y que no es otra cosa que la construcción de un perfil realzado. (Figura 36).

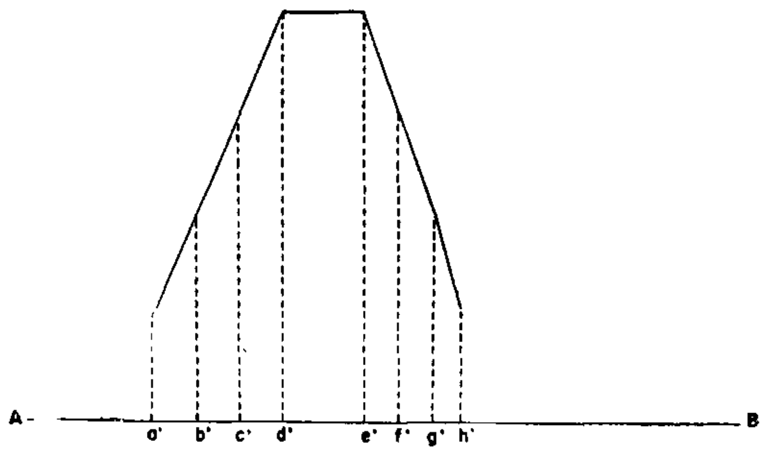


Fig. 36

C.—PROBLEMAS DE VISIBILIDAD.

Los problemas de visibilidad se presentan siempre que entre dos puntos del relieve del terreno, se interponga un tercero.

En la figura 37, tenemos por ejemplo que entre los puntos A y C se interpone el punto B.

Fig. 37

La figura 38 nos presenta el mismo ejemplo anterior en proyección horizontal o sea tal como lo encontramos en la carta topográfica.

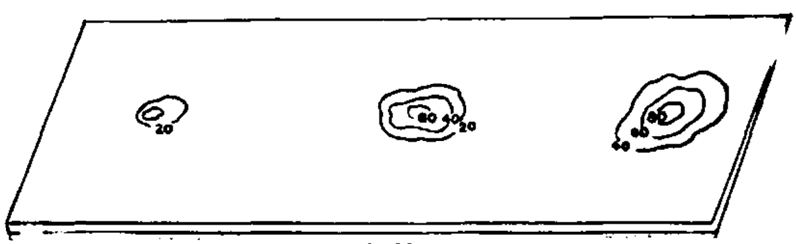


Fig. 38

Soluciones.—En los problemas de visibilidad distinguiremos las siguientes soluciones:

a) *Gráficas.*

b) *Analíticas.*

En estas últimas a su vez analizaremos soluciones sencillas que denominaremos:

1.—*Por comparación de ángulos,* y

2.—*Por semejanza de triángulos.*

En un ejemplo común estudiaremos las diferentes soluciones.

Sea en la figura 39 los puntos A, B y C de cotas conocidas y separadas por las distancias topográficas $A\ B = d$ y $A\ C = D$. Se desea saber si desde A es visible el punto C interponiéndose entre ambas la altura B.

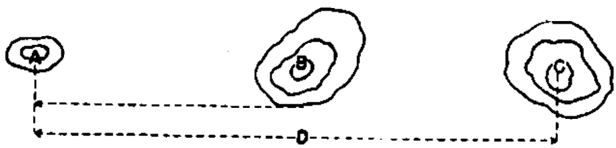


Fig. 39

Solución gráfica.—Unimos en la carta por una recta cualquiera los puntos dados A, C y que pasa por B como lo indica la figura 40.

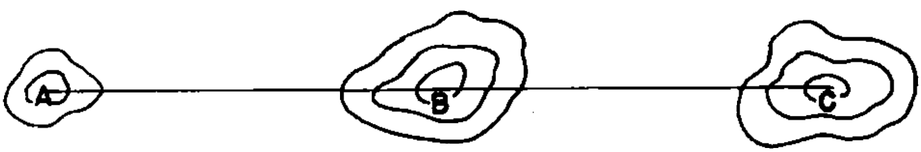


Fig. 40

En una recta trazada en un papel copiamos las distancias topográficas de $A\ B = d$ y $A\ C = D$ y sobre los puntos B y C levantamos perpendiculares de una longitud igual a las diferencias de cotas que existe entre ellos y considerando el punto más bajo como de cota cero. En nuestro caso consideraremos como *cota cero al punto A*, para lo cual le restamos su valor al de las cotas correspondientes a *B* y *C*. Figura 41.

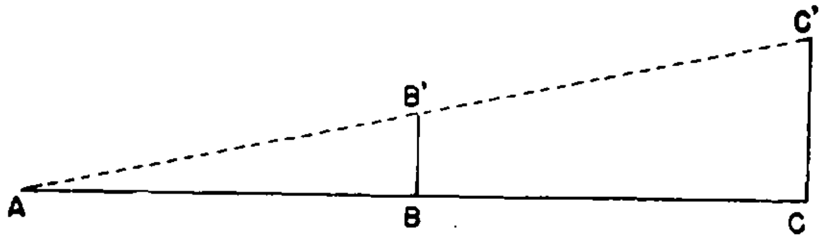


Fig 41

La escala de las alturas encontradas debe hacerse de un valor mayor que la horizontal a fin de simplificar la solución del problema.

Uniendo por una recta, como lo indica la figura 41 el punto *A* con el punto *C'* tendremos la solución del problema analizando los siguientes aspectos:

a) *Si la recta pasa sobre la perpendicular en B', figura 42, nos indicará lógicamente que hay visibilidad.*

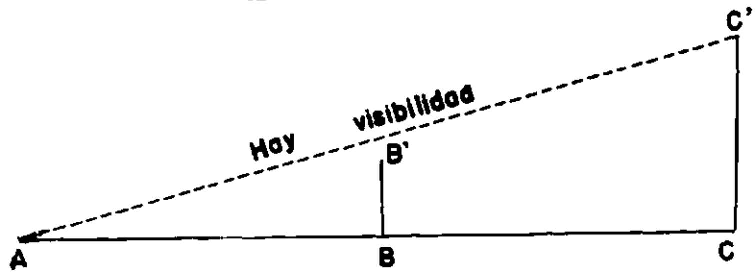


Fig. 42

b) *Si la recta pasa bajo la perpendicular en B, figura 43, nos indicará que no hay visibilidad.*

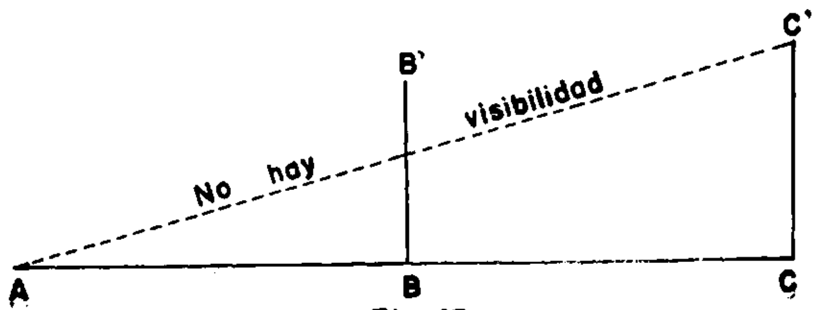


Fig. 43

Ejemplo práctico. (Figura 44).—Determinar en forma gráfica:

a) Si desde un observatorio ubicado en la cota 309 es visible la cota 348. Carta 1:25.000.

b) En caso de no ser visible ¿cuántos metros en sentido vertical tendría un corte efectuado en Cerro "La Leona"?

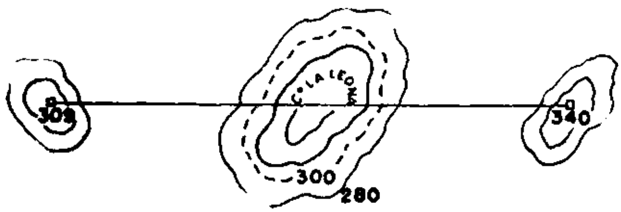


Fig. 44

Solución. A) En la carta, trazamos una recta que una la cota 309 con cota 348. Según podemos observar en la figura 44 la visual materializada por la recta queda interceptada por la cota 340 del cerro "La Leona".

B) En un papel, trazamos una recta cualquiera (figura 45) en la cual copiamos las distancias topográficas: cota 309, cota 340 (del cerro "La Leona") igual a 52 milímetros y cota 309 a 348 igual a 102 milímetros, designando los puntos encontrados con las letras A, B y C.

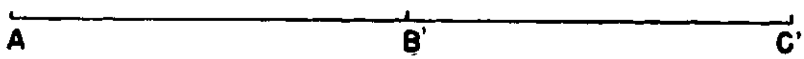


Fig. 45

C) Considerando como cota cero a la cota más baja, restamos en nuestro caso 309 a 340 y 348, respectivamente.

$$B = \begin{array}{r} 340 \\ -\ 309 \\ \hline 31 \end{array} \qquad\qquad C = \begin{array}{r} 348 \\ -\ 309 \\ \hline 39 \end{array}$$

D) En B' y en C' de nuestra recta levantamos perpendiculares de longitudes igual a 31 y 39 metros, respectivamente, y a una escala ya elegida, Siendo ésta de 1:10.000 la perpendicular en B' será de 31 milímetros y en C' de 39 milímetros, encontrando de esta manera las cotas ya conocidas (Figura 46) A, B, y C.

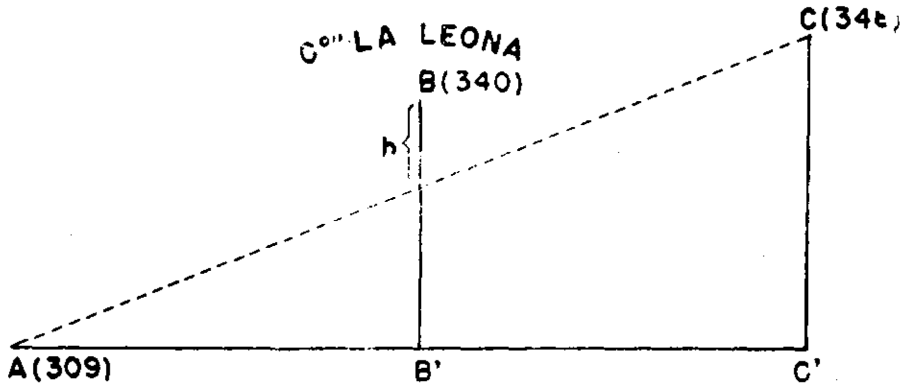


Fig. 46

E) Uniendo en nuestra figura 46, la cota 309 con 348, podemos observar que la visual no pasa por sobre el cerro "La Leona", sino que es interceptada por éste, lo que nos indica que no hay visibilidad. Además, el trazo b con la ayuda de un doble decímetro nos da una medida de 11 milímetros que a la escala 1:10.000 corresponde a 11 metros, indicándonos la longitud del corte que es necesario efectuar para que haya visibilidad.

---

b.—*Solución analítica.* 1.—*Por comparación de ángulos.*

Sea en la figura 47, los tres puntos ya conocidos *A, B, y C* separados por sus distancias topográficas $AB' = d$ y $AC' = D$.

Conociendo D y d podemos conocer la distancia $BC = d'$ (d' = D-d) la que trasladamos a *B F* dando lugar a la formación del triángulo *B F C* en el cual se conocen su altura h y la distancia d'.

Por otra parte tenemos que en el triángulo *A B' B* conocemos la altura h y la distancia d.

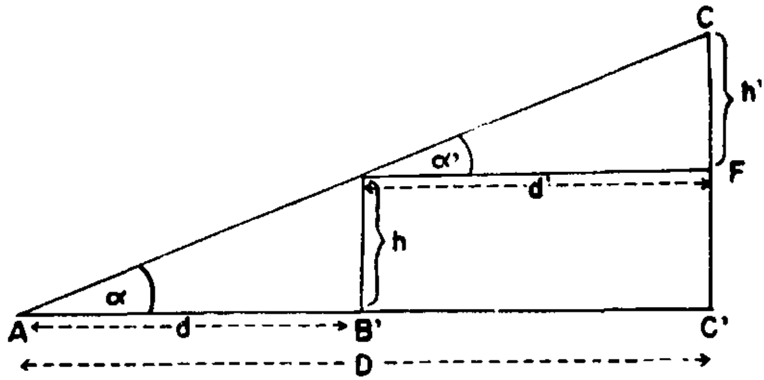


Fig. 47

Si comparamos los ángulos materializados α y α' podemos deducir que: *si el ángulo α es menor que α', hay visibilidad como lo indica la figura* 48.

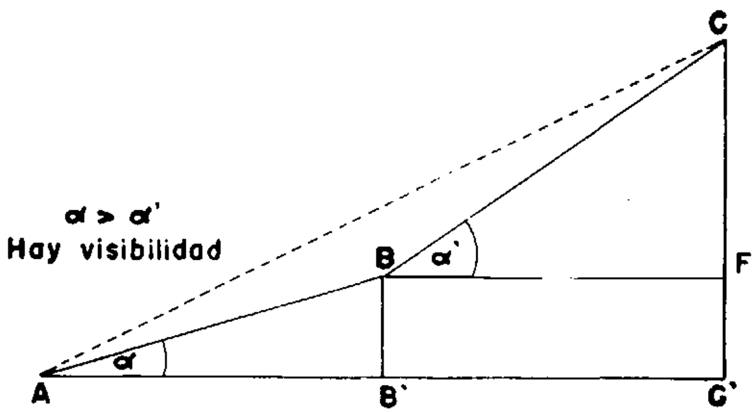


Fig. 48

Si el ángulo α es mayor que α' no hay visibilidad como lo indica en forma gráfica la figura 49.

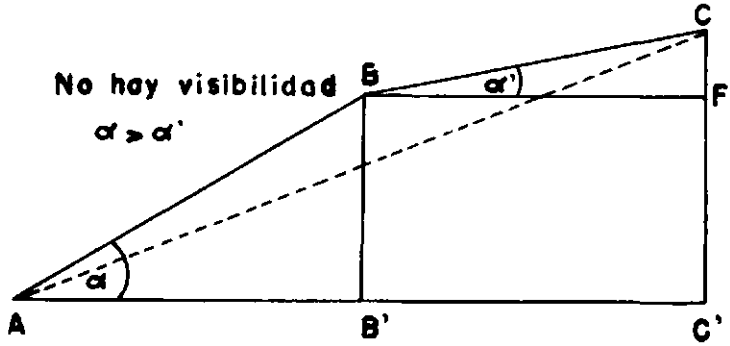


Fig. 49

La forma de efectuar la comparación de los ángulos α y α' puede hacerse por la fórmula ya conocida para el cálculo de pendiente:

$$\alpha = \frac{60 \cdot h}{g}$$

en la que g es la dictancia correspondiente en nuestro caso a d y d' en los triángulos de la figura 50.

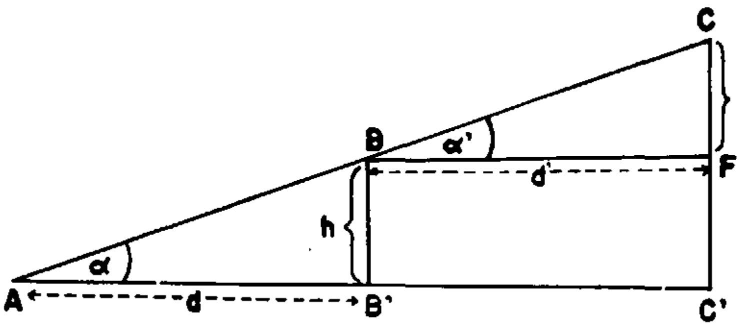


Fig. 50

Operando en los diferentes triángulos tendríamos:

Triángulo A B' B $\qquad \alpha = \dfrac{60 \cdot h}{d}$

Triángulo B F C $\qquad \alpha' = \dfrac{60 \cdot h'}{d'}$

$\alpha > \alpha'$ *no hay visibilidad.*
$\alpha < \alpha'$ *hay visibilidad.*

Ejemplo numérico.—Se desea saber si desde un observatorio ubicado en la cota 309 es visible la cota 348 interponiéndose la cota 340. Distancia entre la cota 309 y 340 es 1.250 mts. y entre 340 y 348, 1.300 metros.

Desarrollo.—A) En una figura auxiliar anotamos los datos correspondientes. Figura 51.

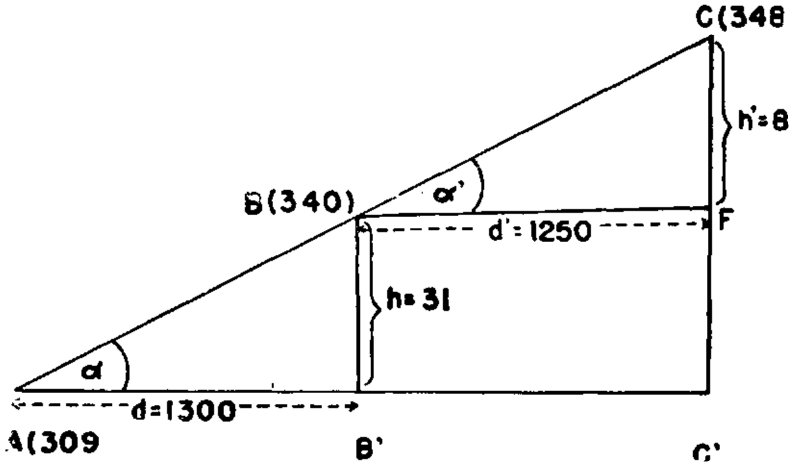


Fig.51

$h' = 8$ metros.
$d' = 1.250$ metros.
$h = 31$ metros.
$d = 1.300$ metros.

B) *Cálculos.*

$$\alpha = \frac{60 \cdot h}{d} \qquad \alpha' = \frac{60 \cdot h'}{d'}$$

$$\alpha = \frac{60 \cdot 31}{1300} = 1,^{o}4 \qquad \alpha' = \frac{60 \cdot 8}{1250} = 0^{o}, 38$$

$$\underline{\alpha > \alpha'}$$

C) *Respuesta.—No hay visibilidad.*

Las soluciones analíticas por comparación de ángulos solo sirven para saber si hay o no visibilidad.

En los casos en que la visibilidad entre dos puntos sea imposible debido a que la visual es interceptada por un obstáculo o altura cualquiera, se presentan una serie de problemas ya sea para lograr una comunicación heliográfica, observación de puntos no visibles, etc. y que analizaremos en la parte correspondiente a "Soluciones Analíticas por semejanza de triángulos".

2.—*Por semejanza de triángulos.*—Analizando los triángulos de perfil formados por los datos del problema ya conocido, figura 52, vemos que son semejantes y en los cuales podemos establecer una serie de proporciones y de acuerdo con la incógnita por resolver.

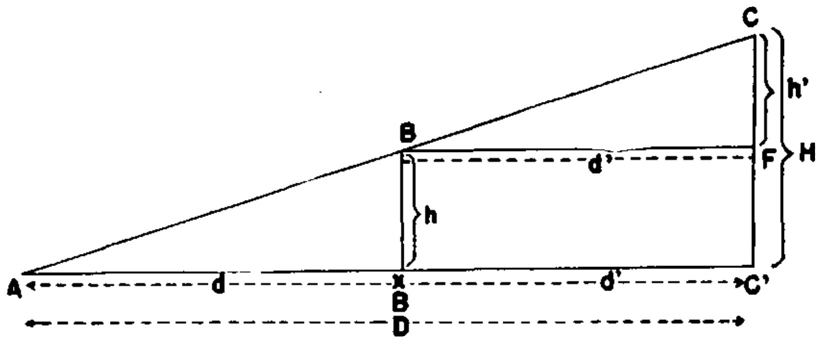


Fig.52

En la misma figura 52, se han colocado las letras con que hemos designado a los diferentes datos de los problemas por tratar.

Partiendo de la base que no existe visibilidad entre los puntos A y C, generalmente se presentan las siguientes incógnitas:

I.—*¿Cuántos metros es necesario bajar la cota de B para que pueda ser visible la cota C desde A?*

Construyendo una figura auxiliar que nos ilustre en forma gráfica, la incógnita la tendríamos en la figura 53.

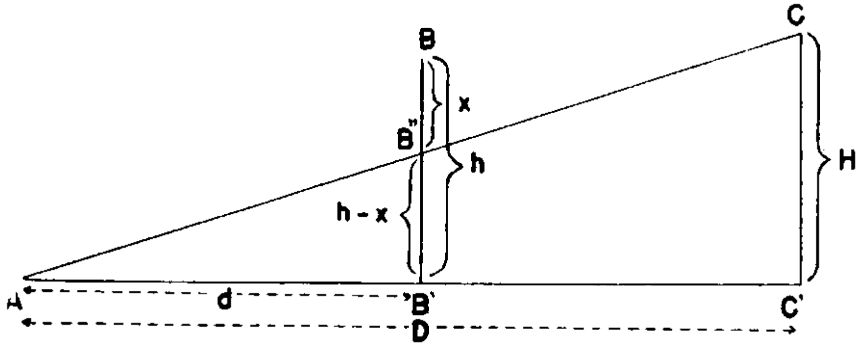


Fig. 53

La proporción la haremos entre los siguientes triángulos: A B′ B y triángulo A C′ C y tenemos:

$$\frac{h - x}{H} = \frac{d}{D}$$

$$X = h - \frac{H \cdot d}{D}$$

$$h - x = \frac{d}{D} \cdot H$$

Resolviendo la ecuación última obtenemos la solución del problema.

Ejemplo numérico.—Se desea saber cuántos metros en sentido vertical habría que hacer en un corte vertical del cerro "La Leona" a fin de que desde la cota 309 pueda observarse la cota 348. Distancia entre cota 309 y cerro "La Leona" (cota 340) 1.250 metros y entre cota 309 y 348, 1.300 metros.

Solución.—A) Construimos una figura auxiliar (Figura 54) en la cual se colocan los datos del problema.

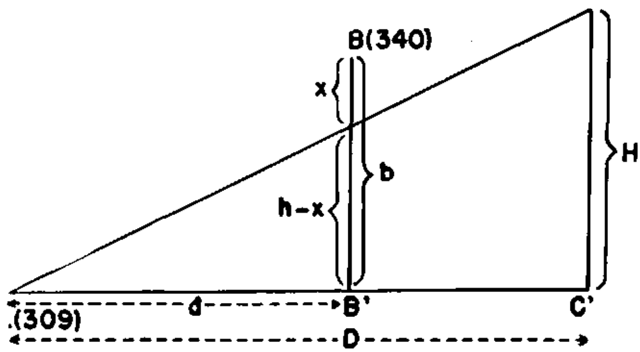


Fig. 54

Datos.

h = 31 metros.
H = 39 metros.
D = 2.550 metros.
d = 1.300 metros.
x = ?

B) *Cálculos.*

$$\frac{h - X}{d} = \frac{H}{D}$$

$$h - x = \frac{H \cdot d}{D}$$

$$- X = \frac{H \cdot d}{D}$$

$$\boxed{X = h - \frac{H \cdot d}{D}}$$

Reemplazando las letras:

$$X = 31 - \frac{39 \cdot 1300}{2550}$$

$$X = 31 - 19{,}8$$

$$\underline{X = 11{,}2 \text{ m.}}$$

Respuesta.—En el cerro "La Leona" habría que hacer un corte vertical de ***11,2 metros*** para que exista visibilidad entre la cota 309 y 348.

II.—*¿Qué altura debería tener C para ser observado desde A?* (Elevar un globo en C, levantar una bandera, etc.). Como lo hicimos anteriormente, construímos una figura auxiliar para que en forma gráfica nos ilustre al tenor de la pregunta (Figura 55).

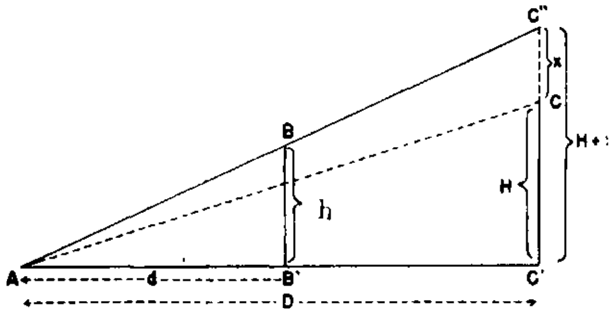


Fig. 55

Como vemos en la figura 55, analizaremos los triángulos: A C′ C″ y triángulo A B′ B, entre los cuales podemos hacer la siguiente proporción:

$$\frac{H + X}{D} = \frac{h}{d}$$

$$H + X = \frac{h \cdot D}{d}$$

$$X = \frac{h \cdot D}{d} - H$$

Ejemplo numérico.—Con los mismos datos del ejemplo numérico anterior se desea saber ¿A cuántos metros habría que elevar un globo en la cota 348 para ser observado desde la cota 309?

Solución.—A) Construimos una figura auxiliar (Fig. 56) en la cual se colocan los datos del problema.

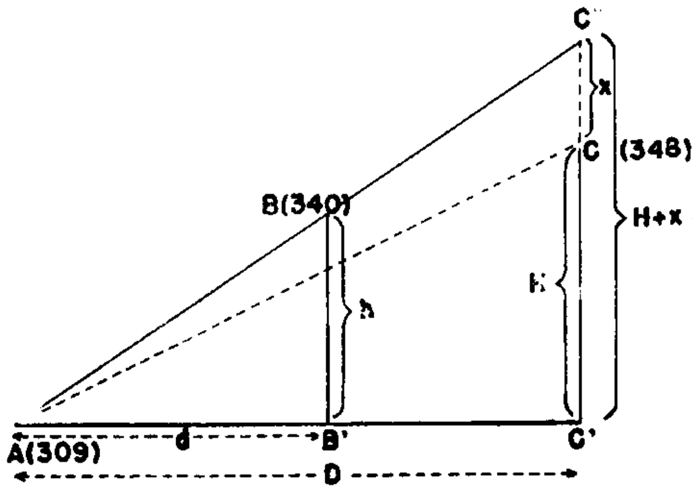


Fig. 56

Datos:

h = 31 metros.
H = 39 metros.
D = 2.550 metros.
d = 1.300 metros.
x = ?

B) *Cálculos.*

$$\frac{H + X}{D} = \frac{h}{d}$$

$$H + X = \frac{h \cdot D}{d}$$

$$X = \frac{h \cdot D}{d} - H$$

Reemplazando las letras:

$$X = \frac{31 \cdot 2550}{1300} - 39$$

$$X = 60{,}8 - 39$$

$$X = \underline{21{,}8 \text{ m}}$$

Respuesta.—En la cota 348 habría que elevar un globo a una altura de *21.8* metros sobre ella.

III.—*¿Qué altura deberá tener el punto A para que pueda ser observado el punto C?* (Construcción de una torre de observación, etc.).

En primer lugar, se construye la figura auxiliar correspondiente y de acuerdo con la incógnita que se busca. Figura 57.

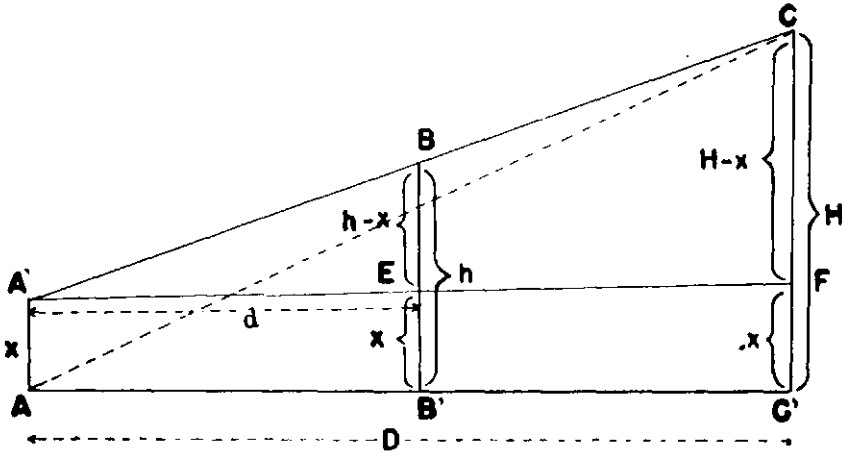


Fig. 57

En la figura 57 tenemos que A C es la recta que materializa la visual conforme a los datos del problema y el trazo A A′ nos representa la incógnita.

Si trazamos una paralela por A′ la incógnita la tendríamos en E B′ y en F C′.

Operamos en los siguientes triángulos: A′ E B y A′ F C pudiendo hacer la siguiente proporción:

$$\frac{H - x}{h - x} = \frac{D}{d}$$

$$X = H - \frac{Dh - Dx}{d}$$

Ejemplo numérico.—Con los mismos datos de nuestro problema ya conocido se desea saber: ¿Cuántos metros sobre la cota 309 tendría una torre de observación y construida con el objeto de observar la cota 348?

Solución.—A) Construimos una figura auxiliar (Figura 58) en la cual se colocan los datos del problema.

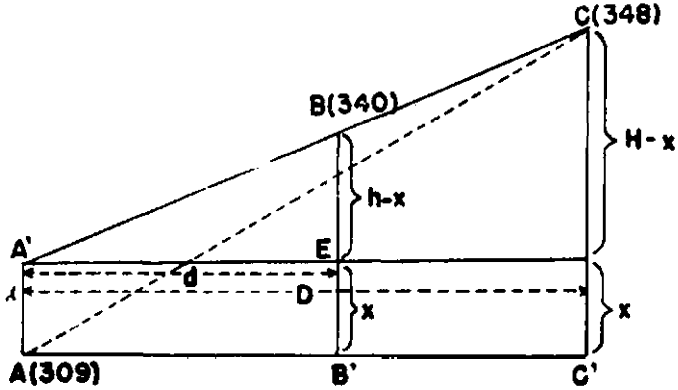


Fig. 58

Datos:

H = 39 metros.
h = 31 metros.
D = 2.550 metros.
d = 1.300 metros.
x = ?

B) *Cálculos.*

$$\frac{H - X}{h - X} = \frac{D}{d}$$

$$X = H - \frac{D \cdot h - D \cdot x}{d}$$

Reemplazando las letras:

$$X = 39 - \frac{2550 \cdot 31 - 2550 \cdot X}{1300}$$

$$X = 39 - \frac{7905 - 255 \cdot X}{130}$$

$$\underline{\underline{X = 22\,6 \text{ m.}}}$$

Respuesta.—En la cota 309 habría que construir una torre de *22,6 metros* de altura para poder observar la cota 348.

IV.—*¿A cuántos metros de distancia desde el punto de donde se encuentra A debiera alejarse el punto B para poder observar C?*

Como en los ejemplos anteriores construimos la figura auxiliar que materializa la incógnita. Figura 59.

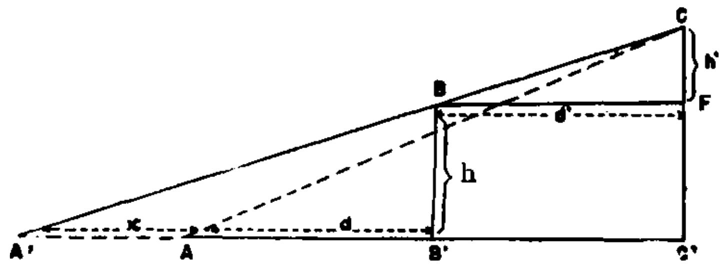


Fig. 59

Según se desprende de los triángulos de perfil de nuestra figura 59, operamos en los siguientes triángulos *A' B' B* y triángulo *B F C*, pudiendo hacer la siguiente proporción:

$$\frac{d + x}{h} = \frac{d'}{h'}$$

$$d + x = \frac{d'}{h'} \cdot h$$

$$\boxed{X = \left(\frac{d'}{h'} \cdot h \right) - d}$$

También podemos operar en otros triángulos como por ejemplo en: triángulo A' C' C y triángulo B F C en los cuales tendríamos la siguiente proporción: (Figura 60)

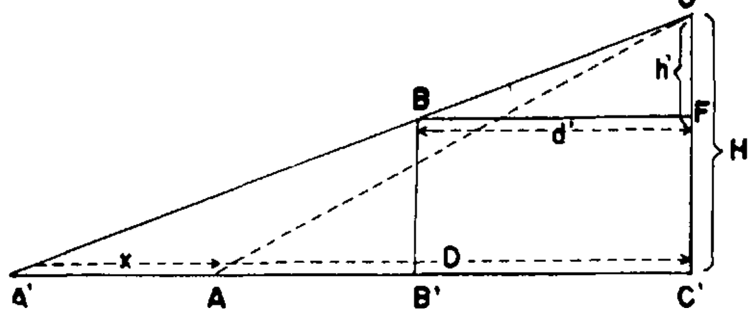


Fig. 60

$$\frac{D + X}{H} = \frac{d'}{h'}$$

$$D + X = \frac{d'}{h'} \cdot H$$

$$X = \left(\frac{d'}{h'} \cdot H \right) - D$$

Ejemplo numérico.—Con los mismos datos de nuestro problema común se desea saber: ¿Cuánto habría que alejar la cota 309 del cerro "La Leona" (cota 340) para poder ser observada la cota 348?

Solución.—A) Construimos una figura auxiliar (Figura 61) en la cual se colocan los datos del problema.

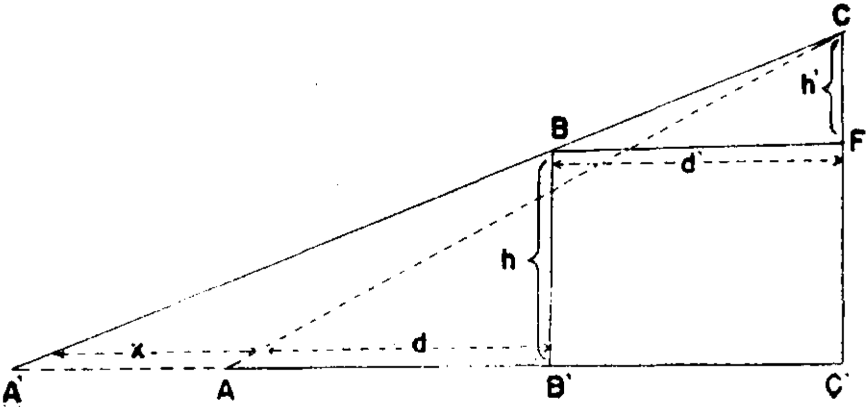


Fig. 61

Datos:

$$h' = 8 \text{ metros.}$$
$$d = 1.300 \text{ metros.}$$
$$d' = 1.250 \text{ metros.}$$
$$h = 31 \text{ metros.}$$

B) ***Cálculos.***

$$\frac{d + x}{h} = \frac{d'}{h'}$$

$$d + X = \frac{d'}{h'} \cdot h$$

$$\boxed{X = \left(\frac{d'}{h'} \cdot h\right) - d}$$

Reemplazando las letras:

$$X = \left(\frac{1250}{8} \cdot 31\right) - 1300$$

$$X = 3.543{,}8 \text{ m.}$$

Respuesta.—Desde la cota 309 hay que alejarse *3.543,8* metros más a fin de poder observar la cota 348.

EJERCICIOS SOBRE PROBLEMAS DE VISIBILIDAD

1.º—Determinar:

a) Si desde la cota 192 es visible la cota 385, a través de la cota 321. La distancia entre la cota 192 y 321 es de 0,035 y entre la cota 321 y la cota 385 es de 0,041 en una carta de 1:25.000.

b) ¿Cuánto hay que elevarse en la cota 192 para ser vista desde la cota 385 a través de la cota 321?

c) Determinar a qué distancia de la cota 321 debe estar ubicada la cota 192 para que sea visible desde la cota 385.

NOTA.—1) Pregunta a) desarrollo por comparación de ángulos.

2) Pregunta b) y c) desarrollo y cálculo por semejanza de triángulos.

2.º—Se desea establecer comunicación heliográfica entre los puntos A y B (Carta 1:25.000) separados por 0.36 m. y con 180 m. de desnivel (A más bajo que B).

A 0,21 m. de A corre transversalmente una alameda espesa y alta, cuyo borde superior que da 150 m. más alto que A.

Determinar.—a) ¿A qué altura del borde superior de la alameda pasa la visual que va de A a B?

b) ¿Qué altura tendría que tener una torre de observación construida en A para tener comunicación heliográfica con B, tomando un margen de seguridad de 0,90 m.?

c)¿Qué longitud en sentido vertical debería tener un corte efectuado en el borde superior de la alameda para ser posible la comunicación heliográfica? (Margen de seguridad de 0.70 m.).

Nota.—1) Pregunta a) desarrollo gráfico.

2) Preguntas b) y c) desarrollo por cálculo.

3.º—Entre los puntos A (cota 598) y C (cota 999), se interpone un punto B (cota 886); se desea saber ¿qué cota debería tener A para poder observarse el punto C, sabiendo que la distancia entre A y B es de 599 m. y entre A y C de 1.399 m.?

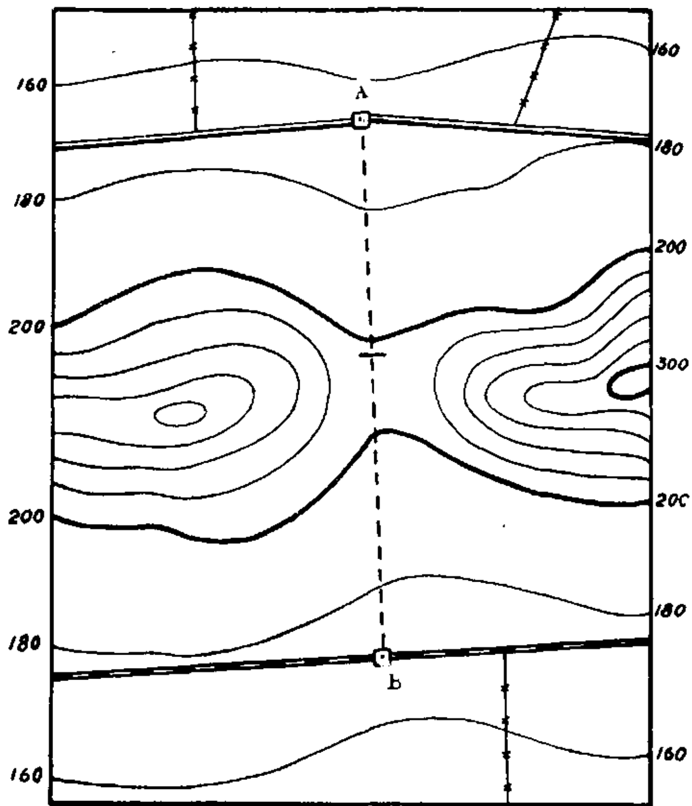
Nota.—Desarrollo por cálculo.

4.º—Entre los puntos A y B se interpone el portezuelo formado por las curvas de nivel de 200 metros. Se desea establecer comunicación heliográfica entre ambos puntos, para cuyo objeto se precisa la construcción de un corte en dicho portezuelo.

¿Qué profundidad debe tener dicho corte, en el punto señalado en la figura con una rayita horizontal y con relación a las curvas de 200 metros? (Fig. auxiliar).

Nota.—1) Desarrollo por cálculo, y

2) el resultado debe tener un margen de seguridad de 0.50 m.



Escala 1: 25000

CAPITULO VIII.

UNIDADES EMPLEADAS EN LAS MEDICIONES ANGULARES.

En las mediciones angulares existen las siguientes unidades:

a) GRADO SEXAGESIMAL (Figura 62). La circunferencia se la considera dividida en 360 partes iguales, siendo una de ellas el grado sexagesimal. La semicircunferencia tiene por lo tanto 180° y un cuadrante corresponde a un ángulo recto cuyo valor es de 90°.

El grado se divide en 60 partes iguales denominándose cada parte, minuto el cuál consta de 60 segundos.

La forma de anotar los valores ya mencionados son:

(grado)°, (minuto)', (segundo)".

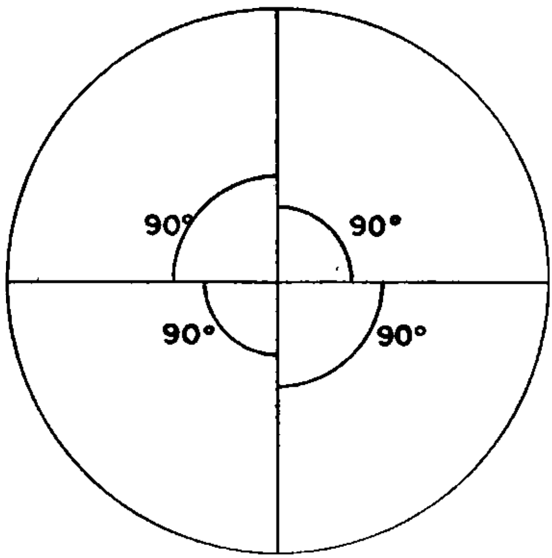


Fig. 62

b) GRADO CENTESIMAL. (Figura 63). A la circunferencia se la considera divida en 400 partes iguales, denominándose cada una de ellas grado centesimal, Cada grado tiene 100 minutos en decimales, conteniendo cada minuto 100 segundos centesimales.

La anotación es la siguiente:

(grado) g, (minuto) m, (segundo) s.

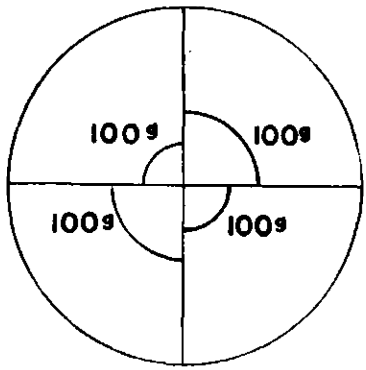


Fig. 63

c) MILESIMA.—Con este nombre existen dos unidades: milésima geométrica y la milésima artillera.

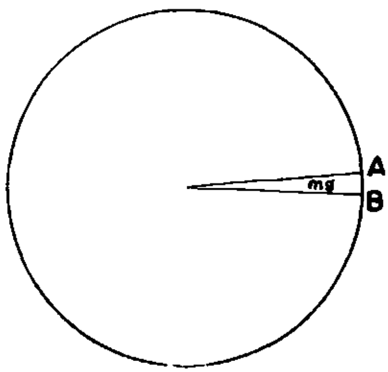


Fig.64

Milésima geométrica.—Sea una circunferencia (Figura 64) en la cual a partir del punto A tomamos el arco A B, cuya longitud sea la milésima parte del radio r. El valor del ángulo mg formado por los radios de sus extremos, es la milésima geométrica.

La circunferencia no puede dividirse en la forma ya descrita en un número exacto de divisiones, puesto que siendo su longitud igual a 2 π r, o 2 π si se considera el radio igual a la unidad, tiene por valor: 2 · 3, 141592 = 6,283184 radios.

Si tomamos como unidad la milésima parte de la unidad anterior su valor será de: 6.283,184 milésimas de radio. De esto se desprende que la circunferencia contendrá entre 6.283 y 6.284 milésimas de radio y no siendo práctica esta unidad para la graduación de los instrumentos se emplea en su lugar la milésima artillera.

MILESIMA ARTILLERA.—Si dividimos la circunferencia en 6.400 partes y unimos cada uno de los puntos con el centro de ella, el valor de los ángulos formados por los radios consecutivos es lo que se denomina milésima artillera.

Pues bien, esta es la unidad adoptada por la Artillería para graduar sus instrumentos, calcular frentes, ángulos y alturas.

La adopción de esta unidad por la artillería se debe a la facilidad de su concepción y de la relación que envuelve en sí, entre frentes y distancias, aún cuando ambas sean desconocidas y además porque da la apreciación suficiente para los usos que se la destina.

Según se expone en el capítulo siguiente, la milésima artillera da la suficiente exactitud en los cálculos artilleros para la ejecución del tiro ya que los errores que se producen al suponer tangente una milésima igual a 0,001, son tan pequeños siempre que el ángulo no exceda de 250 milésimas.

RELACION QUE EXISTE ENTRE LAS DIVERSAS UNIDADES DE MEDICION ANGULAR.

No siendo de utilidad inmediata el exponer las operaciones aritméticas por las cuales se llega al resultado de las diversas equivalencias que existen entre las diferentes unidades angulares, se incluye a continuación las tablas correspondientes para su determinación.

Milésimas artilleras a: grados sexagesimales y centesimales

Mil. Artilleras	Grados sexagesimales	Grados centesimales	Mil. Artilleras	Grados sexagesimales	Grados centesimales
1	3′22″,8	**6m 25s**	**420**	23°37′30″,0	**26g 25m**
2	6′45″,0	**12m 50s**	**440**	24°45′ 0″,0	**27g 50m**
3	10′ 7″,5	**18m 75s**	**460**	25°52′30″,0	**28g 75m**
4	13′30″,0	**25m**	480	27° 0′ 0″,0	**30g**
5	16′52″,5	31m 25s	520	29°15′ 0″,0	**32g 50m**
6	20′13″,0	37m 50s	540	30°22′30″,0	**33g 75m**
7	23′37″,5	43m 75s	560	31°30′ 0″,0	**35g**
8	27′ 0″,0	50m	580	32°37′30″,0	**36g 25m**
9	30′22″,5	56m 25s	620	34°52′30″,0	**38g 75m**
10	33′45″,0	62m 50s	640	36° 0′ 0″,0	**40g**
15	50′37″,5	93m 75s	660	37° 7′30″,0	**41g 25m**
20	1° 7′30″,0	1g 25m	680	38°15′ 0°,0	**42g 50m**
25	1°24′22″,5	1g 56m 25s	720	40°30′ 0″,0	**45g**
30	1°41′13″,0	1g 87m 5s	740	41°37′30″,0	**46g 25m**
35	1°58′ 7″,5	2g 18m 75s	760	42°45′ 0″,0	**47g 50m**
40	2°15′ 0″,0	2g 50m	780	43°52′30″,0	**48g 75m**
45	2°31′52″,5	2g 91m 25s	820	46° 7′30″,0	**51g 25m**
50	2°48′45″,0	3g 12m 50s	840	47°15′ 0″,0	**52g 50m**
55	2° 5′37″,5	3g 43m 75s	860	48°22′30″,0	**53g 75m**
60	3°22′30″,0	3g 75m	880	49°30′ 0″,0	**55g 00m**
65	3°39′22″5	4g 6m 25s	920	51°45′ 0″,0	**57g 50m**
70	3°56′13″,0	4g 37m 5s	940	52°52′30″,0	**58g 75m**
75	4°13′ 7″,5	4g 68m 75s	960	54° 0′ 0″,0	**60g 00m**
80	4°30′ 0″,0	5g	980	55° 7′30″,0	**61g 25m**
85	4°46′52″,5	5g 31m 25s	1000	56°15′ 0″,0	**62g 50m**
90	5° 3′45″,0	5g 62m 50s	1100	61°52′30″,0	**68g 75m**
95	5°20′37″,5	5g 93m 75s	1200	67°30′ 0″,0	**72g 00m**
100	5°37′30″,0	6g 25m	1300	73° 7′ 0″,0	**81g 25m**
120	6°45′ 0″,0	7g 50m	1400	78°45′ 0″ 0	**87g 50m**
140	7°52′ 0″,0	8g 75m	1500	84°22′30″,0	**93g 75m**
160	9° 0′ 0″,0	**10g**	1600	90° 0′ 0″,0	**100g 00m**
180	10° 7′30″,0	11g 25m	1700	95°37′30″,0	**106g 25m**
200	11°15′ 0″,0	12g 50m	1800	101°15′ 0″,0	**112g 50m**
220	12°22′30″,0	**13g 75m**	1900	105°52′30″,0	**118g 75m**
240	13°30′ 0″,0	**15g**	2000	112°30′ 0″,0	**125g 00m**
260	14°37′30″,0	**16g 25m**	3000	168°45′ 0″,0	**187g 50m**
280	15°45′ 0″,0	**17g 50m**	3200	180° 0′ 0″,0	**200g 00m**
300	16°52′30″,0	**18g 75m**	4000	225° 0′ 0″,0	**250g 00m**
320	18° 0′ 0″,0	**20g**	4800	270° 0′ 0″,0	**300g 00m**
340	19° 7′30″,0	**21g 25m**	5000	281°15′ 0″,0	**312g 50m**
360	20°15′ 0″,0	**22g 50m**	6000	337°30′ 0″,0	**375g 00m**
380	21°22′30″,0	**23g 75m**	6400	360° 0′ 0″,0	**400g 00m**
400	22°30′ 0″ 0	**25g**			

Grados sexagesimales a milésimas artilleras

Grados sexagesimales	Milésimas Artilleras	Grados sexagesimales	Milésimas Artilleras
0° 0′ 1″	0,0049	9°	160,00
0° 0′10″	0,049	9°30′	168,89
0° 0′20″	0,098	10°	177,78
0° 0′30″	0,147	15°	266,66
0° 0′40″	0,196	20°	355,55
0° 0′50″	0,245	25°	443,89
0° 1′	0,296	30°	533,33
0° 2′	0,59	35°	622,22
0° 3′	0,89	40°	711,11
0° 4′	1,19	45°	800,00
0° 5′	1,48	50°	888,89
0° 6′	1,78	55°	977,78
0° 7′	2,07	60°	1066,67
0° 8′	2,37	65°	1155,56
0° 9′	2,67	70°	1244,44
0°10′	2,96		1333,33
0°15′	4,44	80°	1422,22
0°20′	5,92	85°	1511,11
0°25′	7,40	90°	1600,00
0°30′	8,89	95°	1688,89
0°35′	10,37	100°	1777,78
0°40′	11,84	120°	2133,33
0°45′	13,32	140°	2488,89
0°50′	14,81	160°	2844,44
0°55′	16,29	180°	3200,00
1°	17,78	200°	3555,55
1°30′	26,66	220°	3911,11
2°	35,55	240°	4266,66
2°30′	44.44	260°	4622,22
3°	53,33	270°	4800,00
3°30′	62.22	280°	4.977,77
4°	71,11	300°	5.333,33
4°30′	80,00	320°	5688,88
5°	88,89	340°	6044,33
5°30′	97,77	360°	6400,00
6°	106,66		
6°30′	115,55		
7°	124,44		
7°30′	133,33		
8°	142,22		
8°30′	151,11		

Grados sexagesimales a centesimales

Grados sexages.	Grados Centesimales	Grados sexages.	Grados Centesimales
1°	1g 11m 11,1s	46°	51g 11m 11,1s
2°	2g 22m 22,2s	47°	52g 22m 22,2s
3°	3g 33m 33,3s	48°	23g 33m 33,3s
4°	4g 44m 44,4s	49°	54g 44m 44,4s
5°	5g 55m 55,6s	50°	55g 55m 55,6s
6°	6g 66m 66,7s	51°	56g 66m 66,7s
7°	7g 77m 77,8s	52°	57g 77m 77,8s
8°	8g 88m 88,9s	53°	58g 88m 88,9s
9°	10g 00m 00,0s	54°	60g 00m 00,0s
10°	11g 11m 11,1s	55°	61g 11m 11,1s
11°	12g 22m 22,2s	56°	62g 22m 22,2s
12°	13g 33m 33,3s	57°	63g 33m 33,3s
13°	14g 44m 44,4s	58°	64g 44m 44,4s
14°	15g 55m 55,6s	59°	65g 55m 55,6s
15°	16g 66m 66,7s	60°	66g 66m 66,7s
16°	17g 77m 77,8s	61°	67g 77m 77,8s
17°	18g 88m 88,9s	62°	68g 88m 88,9s
18°	20g 00m 00,0s	63°	70g 00m 00,0s
19°	21g 11m 11,1s	64°	71g 11m 11,1s
20°	22g 22m 22,2s	65°	72g 22m 22,2s
21°	23g 33m 33,3s	66°	73g 33m 33,3s
22°	24g 44m 44,4s	67°	74g 44m 44,4s
23°	25g 55m 55.6s	68°	75g 55m 55,6s
24°	26g 66m 66,7s	69°	76g 66m 66.7s
25°	27g 77m 77,8s	70°	77g 77m 77.8s
26°	28g 88m 88,9s	71°	78g 88m 88,9s
27°	30g 00m 00,0s	72°	80g 00m 00.0s
28°	31g 11m 11,1s	73°	81g 11m 11.1s
29°	32g 22m 22.2s	74°	82g 22m 22,2s
30°	33g 33m 33.3s	75°	83g 33m 33,3s
31°	34g 44m 44.4s	76°	84g 44m 44,4s
32°	35g 55m 55,6s	77°	85g 55m 55,6s
33°	36g 66m 66,7s	78°	86g 66m 66.7s
34°	37g 77m 77.8s	79°	87g 77m 77,8s
35°	38g 88m 88,9s	80°	88g 88m 88,9s
36°	40g 00m 00,0s	81°	90g 00m 00,0s
37°	41g 11m 11,1s	82°	91g 11m 11,1s
38°	42g 22m 22,2s	83°	92g 22m 22.2s
39°	43g 33m 33,3s	84°	93g 33m 33,3s
40°	44g 44m 44.4s	85°	94g 44m 44,4s
41°	45g 55m 55,6s	86°	95g 55m 55,6s
42°	46g 66m 66,7s	87°	96g 66m 66,7s
43°	47g 77m 77.8s	88°	97g 77m 77,8s
44°	48g 88m 88.9s	89°	98g 88m 88,9s
45°	50g 00m 00,0s	90°	100g 00m 00,0s

CAPITULO IX

A.—PERSPECTIVA.

Definiciones.

Antes de tratar lo referente a "crcquis panorámico", creo necesario primeramente que demos una mirada rápida a la base misma de todo lo relacionado con el dibujo a fin de comprenderlo en forma más sólida y lógica.

El arte del dibujo tiene sus bases en innumerables leyes que se denominan leyes de "Perspectiva" y cuyo autor, en la mayoría de los casos es "Leonardo Da Vinci".

Objeto de la perspectiva.—El objeto de la perspectiva es el de representar sobre una superficie llamada cuadro, los objetos tal como los vemos en la naturaleza o sea que cualquier panorama u objeto representado en él, debe darnos la impresión exactamente como si lo observáramos en la realidad.

Si nosotros observamos o miramos un objeto cualquiera, recibimos cierta impresión general o de conjunto que podemos descomponerla en dos sensaciones fundamentales:

1.º—Sensación de forma o de contornos, la cual se puede representar por medio de líneas.

2.º—Sensación de colorido, que es complemento de lo anterior.

La perspectiva lineal es la que reproduce la primera de estas sensaciones y siendo ella la que más nos interesa, será sobre ella que daremos algunas nociones elementales.

Fenómeno de la visión.—Todo objeto lo percibimos por medio de los rayos VISUALES que unen nuestro ojo con los distintos puntos del objetivo.

Sea por ejemplo un objeto cualquiera (ADBFE) observado desde (V) a través de un cuadro transparente (Figura 65) y consideremos al punto (V) de observación un punto matemático dada la pequeñez del orificio.

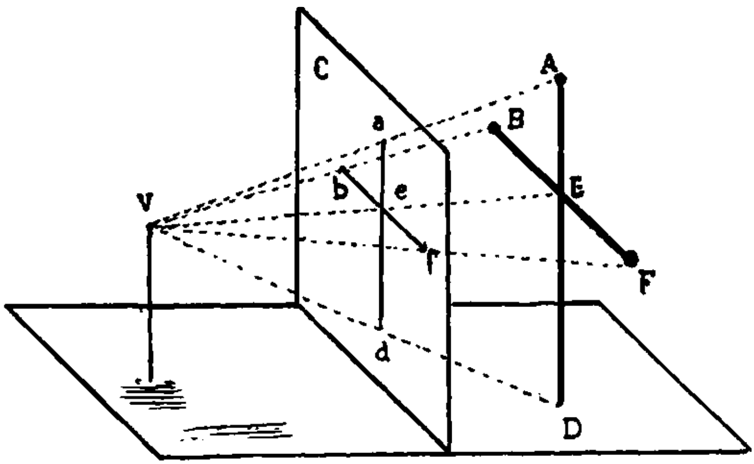


Fig. 65

Si ahora el observador con un lápiz va marcando en el cuadro los puntos objeto tal como los ve, esto equivaldría a la fijación en él, de los puntos de penetración de los rayos visuales tales como VA, Vb, Ve, Vf, etc., recibiendo igual sensación de forma que cuando miraba el objeto ahora oculto.

El dibujante que reproduce cierto objeto, aplica en su trabajo el mismo principio del ejemplo ya descrito y que fué enunciado por Leonardo Da Vinci, constituyendo la base fundamental de la "perspectiva".

Resumiendo, diremos que la perspectiva se reduce a encontrar penetraciones de rayos visuales en un cierto plano denominado cuadro.

Los elementos determinantes de la perspectiva son: el *objeto,* el *cuadro* y el *observador o punto de vista.*

a) *El cuadro.*—Puede tener diferentes posiciones y formas; pero nosotros sólo lo consideramos como un plano colocado vertical entre el observador y el objeto.

b) *Observador o punto de vista.*—El ojo del observador lo consideramos como un punto matemático (punto de vista) y hacia el cual convergen todos los rayos visuales.

Además, en todo trabajo perspectivo se considera al punto de vista (V) como fijo e inmóvil y en una situación tal que abarque el objeto en conjunto.

Esta manera de considerar al punto de vista se debe a que un objeto se percibe en formas muy diferentes si lo observamos de diversos puntos o sea que el punto de vista no fuera fijo.

Por otra parte, considerando que todo espectador que mira un cuadro, por lo general se ubica frente a él, por lógica se deduce que es conveniente elegir el punto de vista frente y al medio del ancho del cuadro.

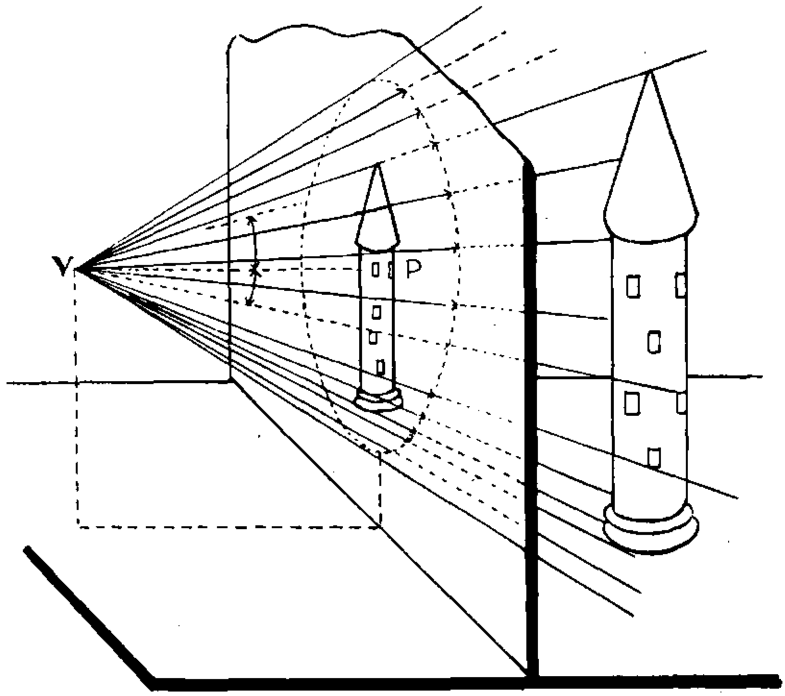


Fig. 66

CONO VISUAL Y PUNTO PRINCIPAL DE FUGA. (Figura 66). Cuando observamos en forma fija un objeto, nuestra percepción clara de él, se reduce a las visuales comprendidas dentro de un cono de revolución de eje perpendicular al cuadro (línea imaginaria que une nuestro ojo con el punto del objeto que observamos) y que recibe el nombre de cono visual o cono óptico.

Para el ojo humano, el ángulo de la cúspide de este cono es de 60° a 70°, por lo cual es necesario que el punto de vista (V) ocupe una situación tal, que el objeto pueda ser captado dentro del cono óptico.

El eje del cono visual, o sea, la línea horizontal y perpendicular al cuadro se denomina *"RAYO PRINCIPAL"* (V) y su penetración en el mismo plano se llama *"PUNTO PRINCIPAL"* o *"Punto principal de fuga"* y cuya mejor posición es en la mitad del ancho del cuadro.

Otros elementos. (Figura 67) Además de los ya conocidos, debemos nombrar otros elementos principales y necesarios para el estudio de las leyes de la perspectiva y ellos son: "El geometral", "La línea de tierra", (L. T.), "El plano del horizonte" y "Puntos de distancia".

a) *La geometral y línea de la tierra.*—La geometral no es otra cosa que el plano horizontal que representa generalmente la superficie del terreno, aguas, etc.

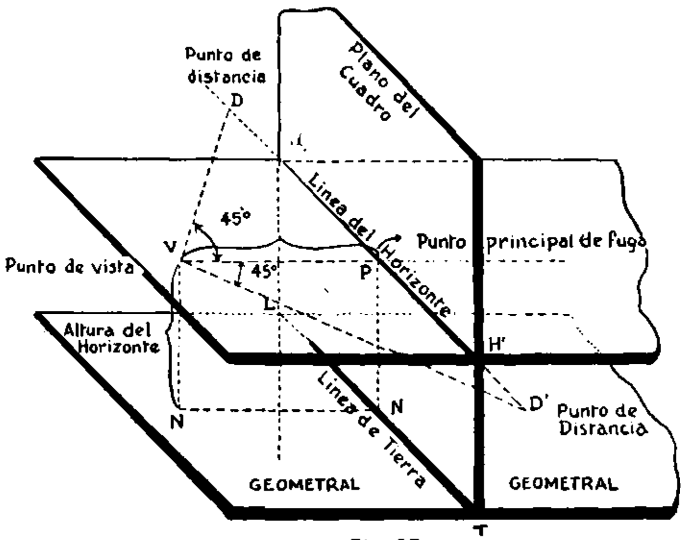


Fig. 67

La línea de la tierra (L. T.).—Es la intersección del geometral en el plano del cuadro, constituyendo por lo tanto la parte inferior del cuadro casi en la generalidad de los casos. (Figuras 67 y 68).

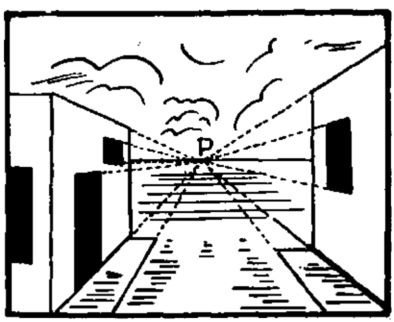


Fig. 68

b) *Plano del horizonte y línea del horizonte.*—Figura 67. Plano del horizonte es el plano horizontal que pasa por el ojo del observador o punto de vista.

Este plano contiene al rayo principal de fuga y en su intersección con el plano del cuadro se denomina "Línea del horizonte" (HH') (Figuras 67 y 68).

El punto principal de fuga (P) estará situado siempre sobre la línea del horizonte. (Figura 68).

c) *Altura del horizonte.*—(Figura 67). En nuestra figura está representada por la recta (NP) y constituye la cota de la "línea del horizonte".

La elección de la altura del horizonte dependerá casi exclusivamente de la altura que se considere para el punto de vista (V) a fin de obtener el mejor efecto de la perspectiva del panorama u objeto.

Según esto, podemos considerar las siguientes alturas características:

1.—Menor que la estatura de un hombre. (Caso que el observador esté sentado).

2.—Igual a la estatura de un hombre. (Observador de pie).

3.—Superior a la estatura de un hombre. (Aquí se supone que el observador esté situado en alguna parte alta desde la cual tiene dominio visual a todo el panorama).

Esta altura del horizonte es la que más nos interesa y será ella la que consideraremos general y conveniente en nuestros croquis panorámicos militares.

4.—*Vuelo de pájaro con cuadro vertical.* (Desde avión).

d) *Puntos de distancia.* (Figura 67.) Ubicados en el (Plano del horizonte) y a partir del (Punto de vista) (V), se trazan líneas que forman ángulos de 45° con el rayo principal. Estos se encontrarán la "línea del horizonte" (HH') en los punto (D) y (D') denominados puntos de distancia.

Los puntos de distancia dan exactamente las distancias a que se encuentra el observador del cuadro.

PERSPECTIVA DE LAS LINEAS.

Algunos teoremas elementales.

Recta cualquiera. Teorema 1 *"La perspectiva de una recta es otra recta".* Figura 69.

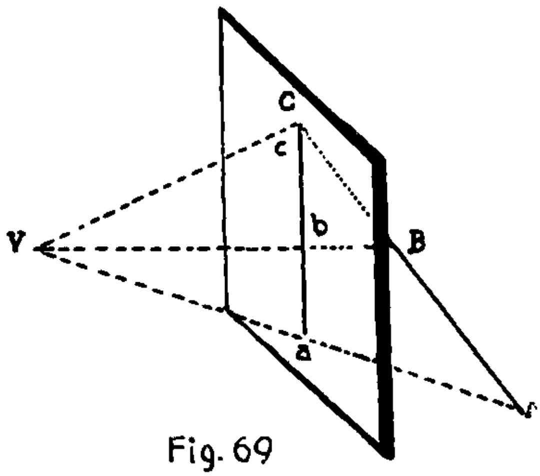


Fig. 69

Demostración.—En la figura puede observarse que la perspectiva de una recta es la intersección del cuadro con el plano de los rayos visuales que partiendo del punto de vista (V) se apoyan en la recta. De esta manera tenemos que la perspectiva de una recta será la intersección de dos planos y en consecuencia, será también una recta.

Corolario I.—"El punto de penetración de una recta en el plano del cuadro es perspectiva de sí misma".

En la misma figura 69 vemos que el punto (C) es la penetración de la recta (AB) en el plano del cuadro y puede observarse fácilmente que (C) es la perspectiva de sí mismo.

Líneas paralelas al cuadro. Teorema II (Figura 70).

La perspectiva de una línea paralela al cuadro es paralela y semejante a ella.

Demostración.—Sea (ABCDE) de la figura 70 una línea curva, plana y paralela al cuadro. Los rayos visuales que partiendo del punto de vista (V), se apoyan sobre la línea en referencia, forman una superficie cónica. La perspectiva de la línea, será la intersección del plano del cuadro con el citado cono. Pues bien, siendo el cuadro por definición paralelo a la línea curva, su intersección con el cono será una sección plana del cono y paralela a la base. Por una sencilla proyección de triángulos semejantes se puede demostrar que la perspectiva, además de ser paralela a la línea del espacio, es también semejante a ella.

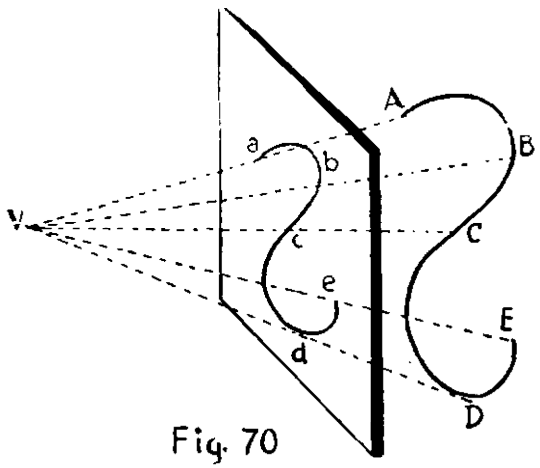


Fig. 70

Corolario I "La perspectiva de una horizontal paralela al cuadro es otra horizontal paralela a la línea de tierra".

Sea (AB) Figura 71, la horizontal paralela al cuadro. Su perspectiva será (ab) que como vemos es paralela a la línea de tierra (L. T.).

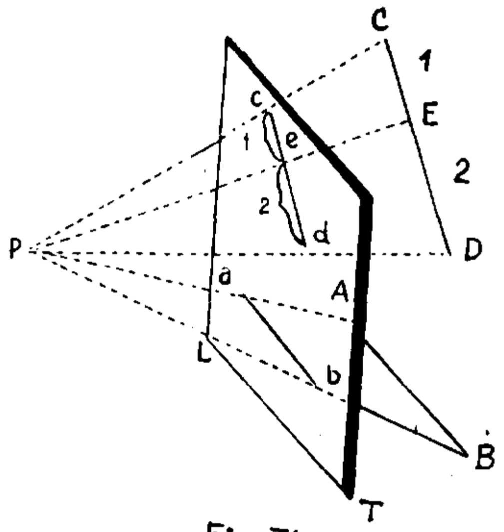


Fig. 71

Corolario II.—Si se divide una recta paralela al cuadro, su perspectiva quedará dividida proporcionalmente.

Sea la recta (CD) figura 71 paralela al cuadro y dividámosla en una cierta porción, por ejemplo:

$$\frac{CE}{ED} = \frac{1}{2}$$

La perspectiva de la recta quedará dividida en la misma proporción, de modo que se realiza que:

$$\frac{ce}{ed} = \frac{1}{2}$$

Puntos de fuga. Perspectivas de rectas ilimitadas. Teorema III. (Figura 72).

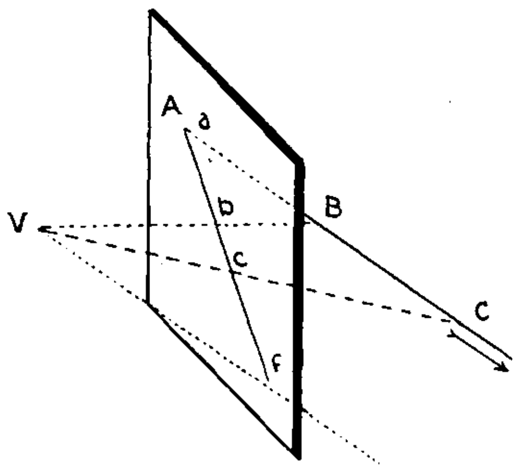


Fig. 72

La perspectiva de una recta de longitud ilimitada (o infinitamente larga) tiene su límite en la traza sobre el cuadro, de la paralela a la recta dada y trazada por el punto de vista.

Demostración.—En la figura 72, sea (ABC) una recta infinitamente larga a continuación del punto (C) y en la dirección indicada por la flecha.

Si ahora el punto (B) se aleja más y más del punto (A), su perspectiva (b) se alejará en la misma forma de (a). Cuando (B) coincida con (C) la perspectiva (b) coincidirá con (c).

Pues bien, si el punto (B) prosigue su camino más allá de (C), en dirección a la flecha, las visuales sucesivas que parten del punto de vista (V) y cuyas penetraciones en el cuadro forman las perspectivas correspondientes del punto móvil van tendiendo a hacerse paralelas a la recta (ABC).

Al límite, cuando el punto (B) ha llegado al infinito, el rayo visual que el observador en (B) debe dirigir para poder observarlo debe ser paralelo a la recta (ABC). Por definición, la penetración en el cuadro de este rayo visual paralelo será la perspectiva del punto infinitamente lejano de la recta en el espacio. De lo expuesto se deduce que la perspectiva de dicha recta quedará limitada en el punto de penetración de la paralela a la recta trazada por el punto de vista (V), como lo establece el teorema que se trata de demostrar. En nuestra figura 72 será (f) el punto límite de la perspectiva de la recta (ABC).

En estos puntos, tales como (f), que representan la perspectiva de los puntos infinitamente lejanos de las rectas se les denominan "Punto de fuga de las rectas".

Corolario I.—Rectas paralelas entre sí. (Figura 73). *Rectas paralelas en el espacio* tienen perspectivas concurrentes a un *punto de fuga común.*

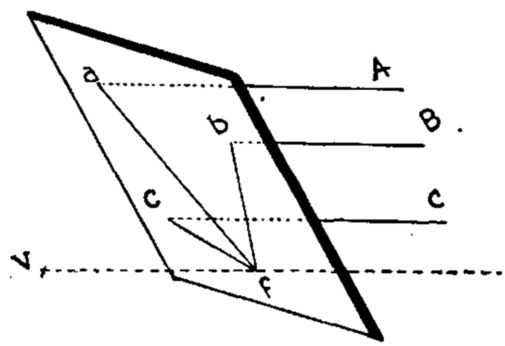


Fig. 73

En la figura 73, sean (A), (B), y (C) las rectas paralelas. Para obtener el punto de fuga de cualquiera de ellas según el teorema anterior, debemos trazar por el punto de vista (V) las paralelas a cada una de las rectas.

Estas paralelas trazadas todas por (V), coincidirán, siendo el punto de penetración (f) en el cuadro, el punto de fuga común a todas las rectas paralelas (A) (B) (C), etc., de espacio.

Por otra parte, según el corolario primero (I) del teorema I los puntos de penetración en el cuadro de las rectas son: (a) (b) y (c), y siendo dichos puntos de penetración constituyen las perspectivas de si mismas, deduciendo que (a f), (b f) y (c f) serán las perspectivas correspondientes a las rectas (A) (B) y (C).

Corolario II.—Rectas perpendiculares al cuadro. (Figura 74). *"Rectas perpendiculares al cuadro, tienen perspectivas que concurren al punto principal de fuga"*. Sean en la figura 74, (A), (B), (C) y (D) las rectas perpendiculares al cuadro y (a), (b), (c) y (d) sus penetraciones en él.

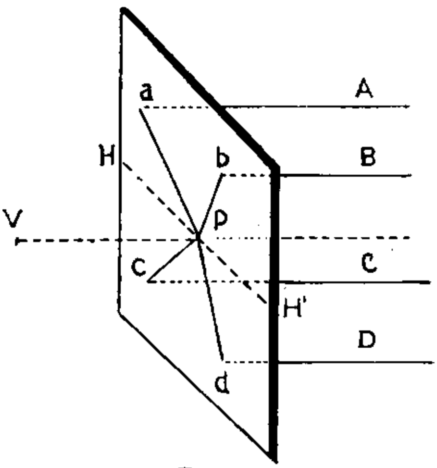


Fig. 74

Para obtener el punto de fuga de las rectas, trazaremos por el punto de vista (V) la paralela a las rectas, es decir la perpendicular al cuadro y esta recta coincidirá con el rayo principal, por lo que penetrará en el cuadro en el mismo punto principal (P). Así pues, las perspectivas de las rectas indicadas concurrirán todas al punto de fuga principal (P) como lo establece el corolario enunciado.

Un ejemplo práctico del corolario último lo tenemos en la figura 75.

El cuadro representa la perspectiva de una calle situada normal al cuadro. Las líneas de los edificios, veredas, etc., serán todas perpendiculares al cuadro y como tales sus perspectivas concurrirán al punto principal de fuga (P), situado en la línea del horizonte (HH').

La línea de tierra (L. T.) corresponderá a la intersección del plano del terreno (geometral) con el plano del cuadro.

Corolario III.—Rectas horizontales. (Figura 76).

"Rectas horizontales tienen sus puntos de fuga sobre la línea del horizonte".

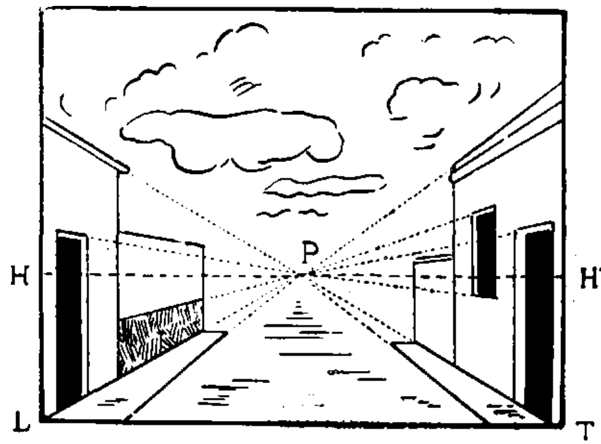


Fig. 75

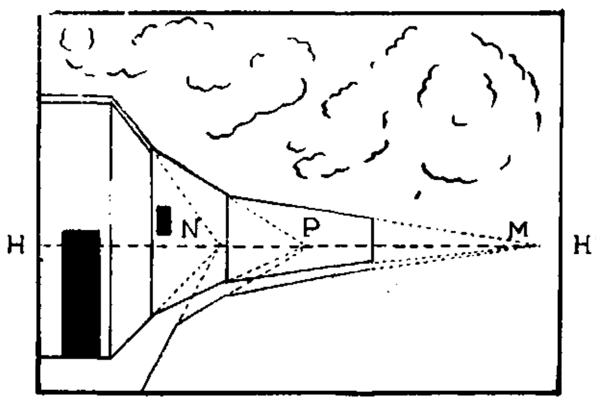


Fig. 76

En la figura 76, tenemos el caso aplicado del corolario enunciado. El cuadro representa la perspectiva de una calle sinuosa. Las líneas de los edificios, puertas, veredas, etc., serán horizontales y como tales concurrirán a los puntos de fuga (N), (P) y (M), respectivamente. Las líneas que concurren al punto principal (P) son además de horizontales, perpendiculares al cuadro.

CAPITULO X

CROQUIS PERSPECTIVOS O PANORAMICOS.

Objeto y propiedades.—Los croquis panorámicos tienen por objeto fijar en un dibujo sencillo, preciso y de fácil lectura o captación, todos los detalles del terreno bajo el punto de vista militar.

Como todo dibujo, el croquis panorámico se obtiene tomando como punto de vista el ojo del observador y como superficie de proyección o cuadro, una hoja de papel.

Las leyes a seguir para su confección son las mismas tratadas para este fin el capítulo anterior y diremos que en resumen, todos los croquis panorámicos tienen las siguientes propiedades:

1.—Todos los puntos situados en un plano vertical que pasa por el ojo del observador, se representa sobre una misma línea vertical.

2.—La separación entre dos líneas verticales del croquis es proporcional a la separación angular de los planos verticales que ellas representan.

3.—Todos los puntos que tienen el mismo ángulo de situación se representan sobre la misma línea horizontal.

4.—La línea horizontal que corresponde a un ángulo de situación cero para el observador, corresponde a la línea del Horizonte.

5.—Por las pequeñas dimensiones en altura de los croquis, se puede admitir que la separación entre dos líneas horizontales del mismo, es proporcional a la diferencia de los ángulos de situación que aquellas definen.

Del resumen de las propiedades expuestas, se deriva la conveniencia de graduar nuestros croquis panorámicos en divisiones que correspondan, respectivamente, a los ángulos horizontales y verticales, facilitando la deducción de la posición de un punto del croquis por la medición de los desvíos o medidas angulares ya nombradas.

Condiciones que deben reunir los croquis.—Los croquis deben ser precisos, sencillos y claros.

La precisión se consigue confeccionándolos en una escala angular determinada en dirección y altura, poniendo un cuidado especial en las mediciones.

La sencillez exige despreocuparse un poco de la parte artística, haciendo que sólo figuren en él los detalles interesantes.

La claridad es inobjetable, si saltan a la vista cuantos detalles militares interesantes se perciban en la zona de observación.

Ejecución del croquis.—Es aconsejable construir o confeccionar los croquis en una hoja de papel cuadriculado graduándole de manera que cada 10 milésimas representen 5 milímetros. Cuando el croquis exija un gran número de detalles, es conveniente elegir una escala mayor.

Cuando se trata de terrenos poco accidentados, la escala de alturas (ángulo vertical) se elige mayor que la de los desvíos laterales (horizontales), pero se procurará que la primera no exceda del duplo de la segunda, a fin de evitar grandes deformaciones en el panorama.

El dibujo del croquis debe hacerse de tal manera que en cualquier momento de su confección pueda dar una idea más o menos detallada, del terreno que representa.

Se obtiene un croquis claro, empleando un lapiz blando N.º 2 y bien afilado; evitando todo trazo inútil y excluyendo del mismo, los contornos imprecisos. Las crestas se indicarán con trazos más gruesos y cargados, cuanto más cerca se encuentren del observador.

Las pendientes se representan por líneas de máxima pendiente, y con trazos horizontales, los límites de los cultivos lejanos.

Los árboles deben ser representados por el perfil de su silueta, rayando el interior de la misma. Los bosques por el perfil de su conjunto y con el sombreado correspondiente.

Las casas y poblados se dibujan en forma esquemática y sólo aquellos detalles que sirvan de referencia.

Las huellas y senderos se representarán por dos trazos de línea cortada siguiendo las leyes de la perspectiva, y con dos trazos continuos los caminos de mayor importancia.

Los puntos, por su signo topográfico, o sea, por su forma esquemática.

Por último, diremos que lógicamente, los croquis cumplirán tanto mejor su finalidad, cuanto más condiciones artísticas tenga el dibujante.

Rotulado y graduación del croquis.—A aquellos puntos de importancia representados en el croquis debe colocárseles el nombre carcaterístico o aclaratorio a fin de completar la representación.

Para esto, desde los puntos ya nombrados, se trazan rectas verticales terminadas por flechas en sus extremos, y colocando la escritura aclaratoria en la parte superior.

A aquellos puntos de importancia para nuestros fines y que no tengan un nombre especial se le coloca uno en relación con su forma, como por ejemplo: "árbol buque" "peladura triangular", etc., etc., etc.

En cuanto a graduaciones horizontales, figura una en la parte superior que, teniendo por origen el centro de la región estudiada, lleva divisiones a la derecha e izquierda del mismo y las verticales tienen su origen en el mismo punto, con divisiones hacia arriba y abajo y siendo por lo general a una escala doble de la horizontal.

Leyenda.—En la parte inferior y centro de la hoja se coloca el nombre del punto de observación, por ejemplo: observatorio del I. R. A. 1. en cerro "La Leona" o puesto de combate del I. R. I. 13, en "Cerro caída oeste, cerro Chena".

En la parte inferior izquierda se anota la unidad de medida angular empleada en la confección del croquis y por último una flecha indicadora del norte magnético y geográfico.

Empleo y utilidad del croquis panorámico.—Los croquis panorámicos prestan una gran ayuda en las diferentes actividades de combate de las tropas, muy especialmente en las unidades operativas menores.

Dentro de las armas, la infantería se ayuda por medio de los croquis panorámicos para el mejor entendimiento dentro de sus diferentes escalones, en el cumplimiento de sus diferentes misiones de caracter táctico, siendo estos croquis panorámicos indispensables en la defensa y muy especialmente en los P. A. C., en los cuales, para efectuar los relevos, permiten que el oficial o el subcficial entrante, se haga cargo del terreno que ha de ser objeto de su observación.

En la Artillería, en todos sus escalones y muy especialmente en el Grupo y las Baterías, es de gran utilidad el croquis panorámico para la mejor comprensión de los objetivos y como un complemento a la carta y planos de circunstancia.

Por otra parte, por medio de un croquis panorámico, el artillero puede hacerse comprender en forma más clara y precisa por el comandante de su infantería y cumplir con éxito los pedidos de fuego que éste le haga.

Para la caballería, ingenieros, etc., la utilidad del croquis panorámico es múltiple en todos los momentos tácticos en que deben actuar.

Además, podemos agregar, que en general todo Comandante de tropas, al cual van dirigidos estos croquis pueden, sin ver el terreno, formarse una idea bastante aproximada de las condiciones del mismo.

Si los croquis están graduados, sirven en mejor forma para dar datos de dirección y situación de los diversos objetivos.

Dibujo del croquis panorámico.—Premunidos de la hoja de papel, dividida según la escala determinada, se procede a dibujar el croquis.

Elegimos primeramente nuestra línea del "horizonte" y en la parte media y sobre él, un punto notable del terreno, fácil de distinguir y que será el punto de origen para medir las separaciones angulares de los demas puntos. Este punto de origen se denomina, como ya sabemos, "punto principal de fuga".

En el croquis, el "punto principal de fuga" estará situado generalmente en el punto de encuentro de la vertical y la horizontal que dividen al dibujo en 4 partes iguales o sea, coincidiendo con el origen del sistema de coordenadas.

De lo expuesto, se desprende que lógicamente la línea del horizonte coincidirá, aproximadamente, con la línea horizontal cero del sistema de coordenadas, o cuadriculado (00).

La medición de las separaciones angulares en el terreno puede hacerse con el uso de un doble decímetro o con los instrumentos propios de la batería: goniómetro, anteojo chico de antenas, anteojo de campaña o cualquier otro instrumento de medición angular.

A fin de facilitar la comprensión en la ejecución del croquis daremos las diversas fases que entran en su desarrollo.

1.ª *Fase.—Dibujo del cánevas.* Partiendo de la base que tenemos trazada la línea del horizonte (línea cero horizontal) y el "punto principal de fuga" (parte central y origen del sistema) se procede a buscar un cierto número de puntos de referencia, regularmente distanciados en dirección, por ejemplo, cada 50 milésimas y se miden sus separaciones angulares tanto en el sentido vertical como horizontal y a partir del punto principal de fuga, fijándose en el croquis nada más que por sus siluetas.

Estos puntos nos servirán de referencias para el relleno del dibujo (Fig. 1.ª Fase).

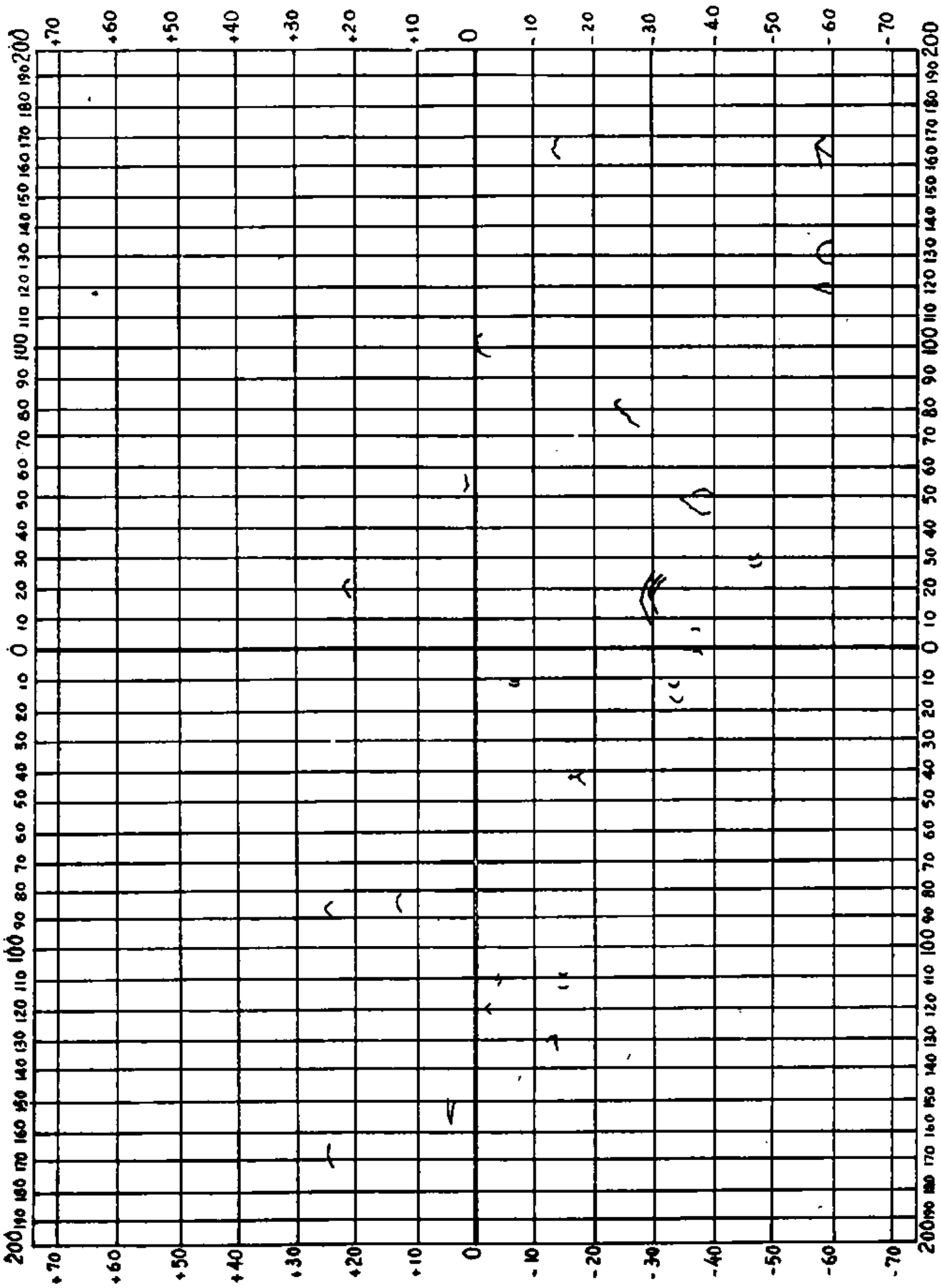
2.ª *Fase.—Dibujo de accidente topográficos.* Se procede a dibujar el trazado esquemático de los accidentes topográficos naturales y artificiales, como ser: silueta de los cerros, bosques, caminos, organizaciones enemigas, etc. (Fig. 2.ª Fase).

3.ª *Fase.—Dibujo de los detalles.* Se completa el croquis representando todos aquellos detalles que con un estudio más minucioso del terreno, es posible hacerse con la ayuda del anteojo de campaña, goniómetros, anteojo chico de antenas, etc.

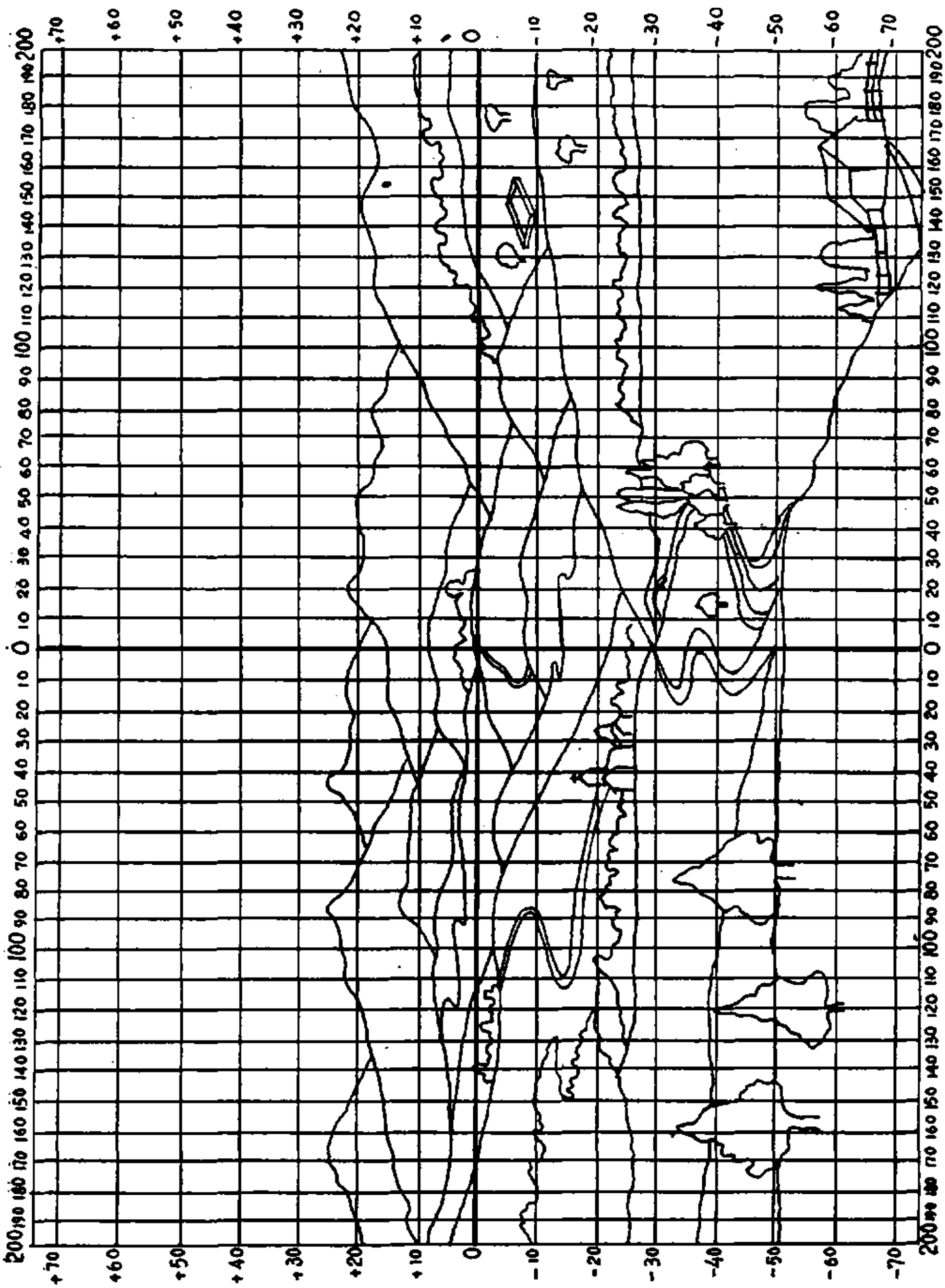
El artillero debe, además, dibujar en él aquellos detalles poco visibles y que sen interesantes, de los cuales se sabe su situación por medio de la carta o del plano director, (cruce de caminos, pasos obligados del enemigo y partes desenfiladas del enemigo). (Fig. 3.ª Fase).

4.ª *Fase.—Término del croquis.* En esta última parte, corresponde lo que denominaremos el "retoque" o sea, reforzar los trazos, sombrear el terreno y detalles y colocar la nomenclatura, leyendas, etc. (Fig. 4.ª Fase).

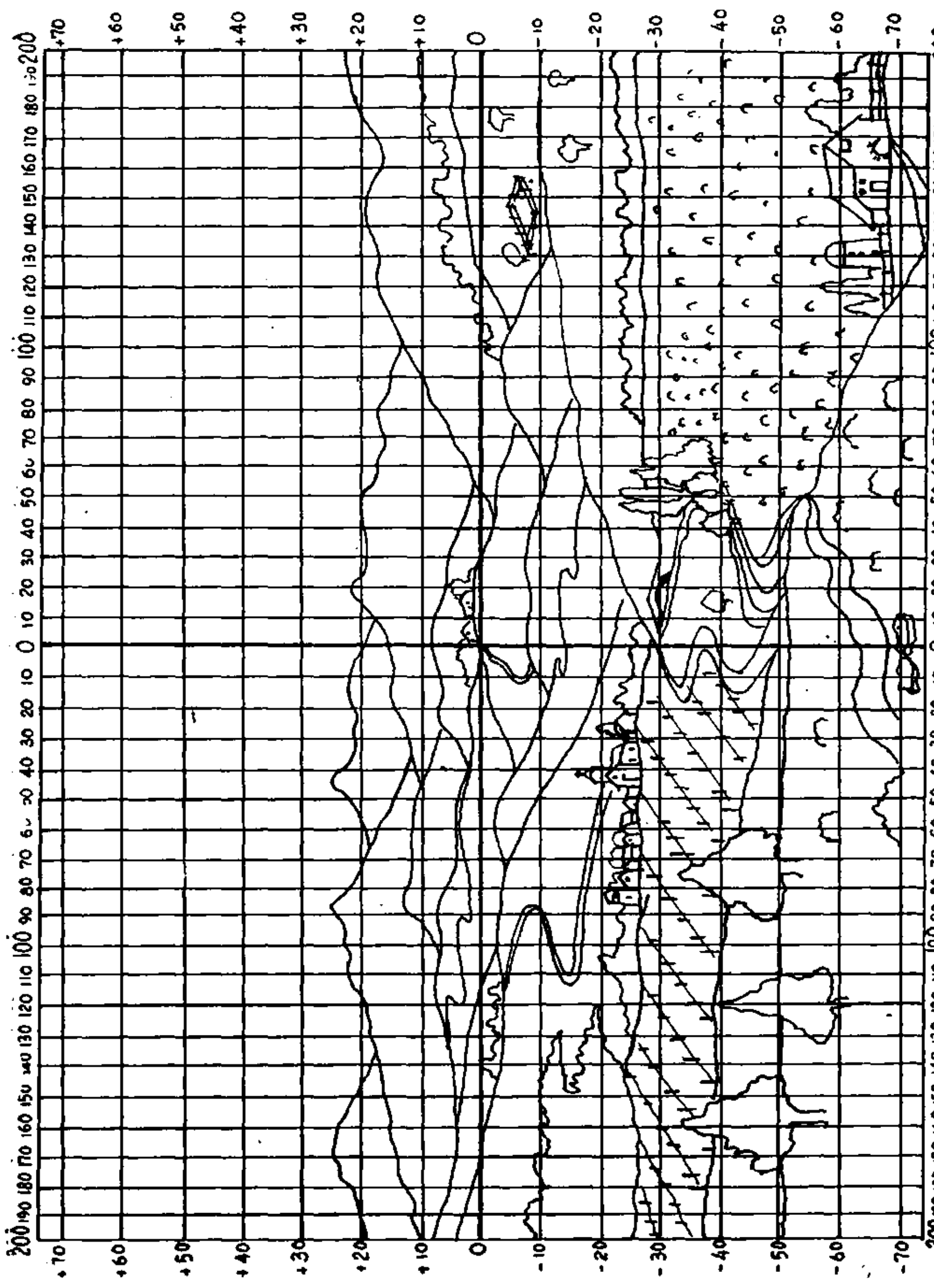
Es conveniente dibujar en colores las organizaciones de las tropas enemigas y propias, conforme a los signos convencionales respectivos y conocidos por medio de nuestros reglamentos tácticos.



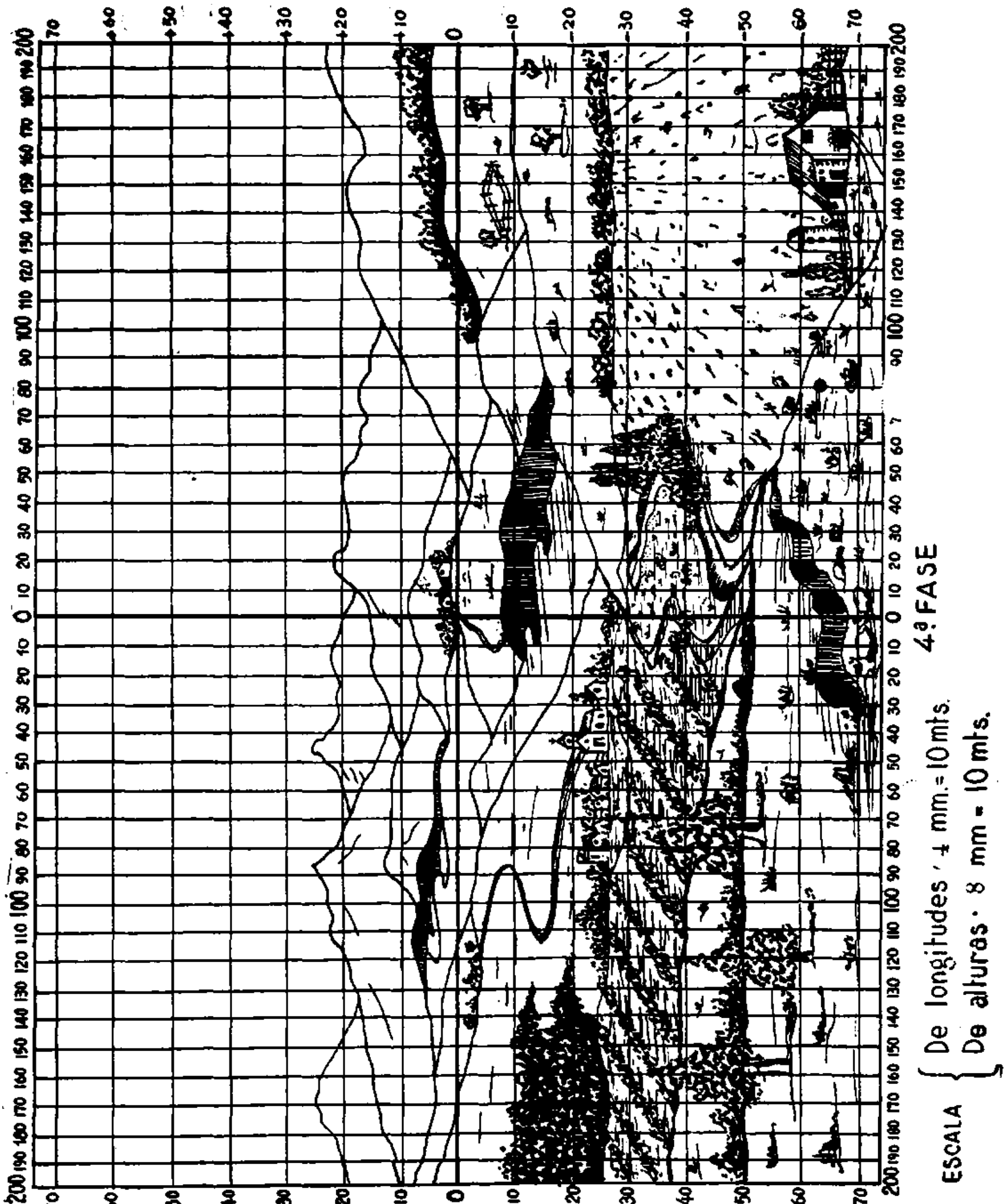
1ª FASE



2ª FASE


+70 +60 +50 +40 +30 +20 +10 0 -10 -20 -30 -40 -50 -60 -70
200 190 180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

3ª FASE


4ª FASE
ESCALA
De longitudes 4 mm.=10 mts.
De alturas 8 mm = 10 mts.

CAPITULO XI

COPIA, AMPLIACION Y REDUCCION DE PLANOS.

Copia de Planos.

Se denomina *copia de planos* a la operación que se efectúa con el fin de reproducirlos a la misma escala, y tiene su principal aplicación para obtener en papel tela o en otro material de suficiente resistencia y transparencia, (material plástico: acetato, vinylite, etc., o simplemente papel transparente en trabajos de poca importancia), un dibujo exacto del plano que se desee reproducir, con el cual, por procedimientos tan conocidos como el *ferroprusiato*, *oxalid*, etc., se obtienen después las copias o ejemplares que se deseen.

Para obtener la copia de un plano se pueden seguir diferentes procedimientos, dependiendo su elección de los medios disponibles en el momento, de la clase de papel en que esté hecho el original, de la clase de material de que se dispone para hacer la copia, del tiempo a invertir en la operación como asimismo de la urgencia con que se necesiten las copias.

POR TRANSPARENCIA.—Es necesario que el original esté dibujado en papel transparente, y de contar o disponer de una mesa de copiar o simplemente de un cristal grueso, que puede servir de tablero y que se ilumina por debajo, y sobre el cual se colocan convenientemente unidos entre sí, el original y el papel transparente (material plástico: acetato, vinylite, etc.), donde va a dibujarse la copia; traspasándose luego con cuidado y directamente con tinta china todos los puntos y detalles que interesen hasta obtener el dibujo terminado.

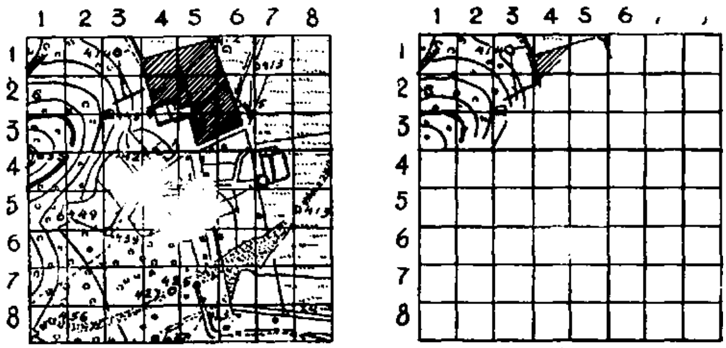
POR CALCO.—Cuando el original no se tiene dibujado en transparente, que será lo corriente, ofrece mayor facilidad y es más práctico el procedimiento *por calco.*

Para obtenerlo, se procede como sigue: se extiende sobre una mesa o tablero de dibujo el plano original, sobre el cual se coloca el papel o material transparente donde va a hacerse la copia; luego y cuidadosamente se van pasando todos los detalles del dibujo.

Otro procedimiento de calco, consiste en colocar primero el papel limpio, donde se va a dibujar la copia, y encima el original cuyo reverso se ha lapizado; luego se va pasando un lápiz duro y muy bien aguzado, por todos los detalles del plano; se saca el original y se limpia con goma blanda el calco, procediéndose en seguida a pasarle tinta china a las líneas y puntos calcados.

POR CUADRICULA.—Anto todo, se hace un cuadriculado más o menos denso sobre el original y otro igual en el papel en que se va a dibujar la copia, procediéndose además a numerar ambos cuadriculados en idéntica manera, o sea que se construye un sistema de coordenadas similares en el original y en la copia.

Por el sistema ya indicado, dentro de cada cuadrícula se van situando los puntos a la vista del original, procediéndose luego de terminado el dibujo, a borrar el cuadriculado.

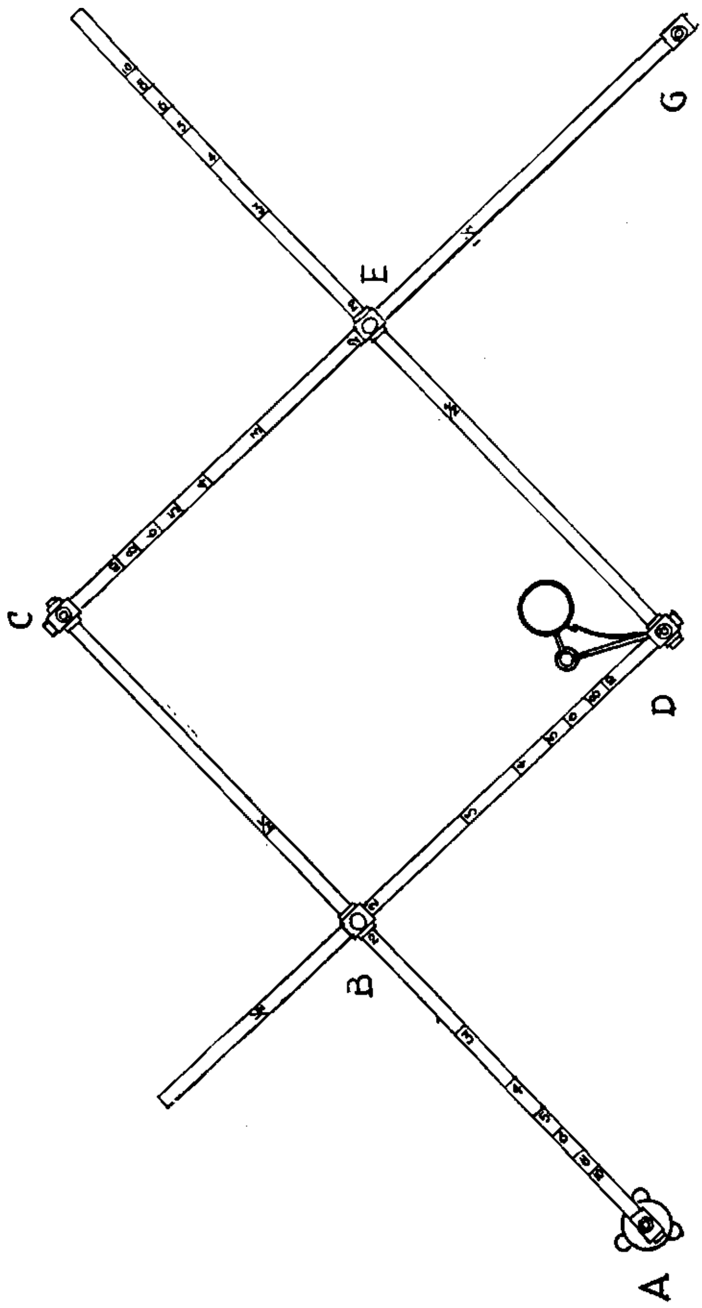


CON EL PANTOGRAFO.—Este instrumento sirve para copiar un plano como también para ampliarlo o reducirlo sin más diferencia que regular convenientemente el perno y el lápiz, de manera que la relación de los lados homólogos de las figuras que señale el punzón y la punta del lápiz sea la unidad en el primer caso.

AMPLIACION Y REDUCCION DE UN PLANO.—Pueden efectuarse por el mismo sistema ya expuesto de las *cuadrículas*, haciéndose el cuadriculado más grande o más pequeño y proporcionalmente a la escala en que se desee hacer la *ampliación* o *reducción*.

Otro sistema es el ya indicado anteriormente por medio del pantógrafo y cuya descripción es la siguiente: es un aparato, como se dijo anteriormente, empleado además para efectuar ampliaciones y reducciones de planos.

Descripción.—Se compone de cuatro reglas metálicas, graduadas y articuladas, como lo indica la figura siguiente.


G
E
C
D
B
A

Las articulaciones B y E pueden resbalar a lo largo de las cuatro regletas, pudiendo fijarse por tornillos de presión en la graduación que se desee.

El extremo *A* lleva el eje fijo del aparato; el *C*, un soporte de apoyo; el *D*, el guía y el extremo G, el lápiz, colocándose estos últimos, inversamente según se trate de una ampliación o de una reducción.

Además, la mayoría de estos aparatos tiene una lente con brazo articulado que se coloca en el vértice en que está el guia, con el fin de ir siguiendo con mayor exactitud los detalles del original.

FORMA DE OPERAR.—Se colocan las articulaciones *B* y *E* en las cuatro regletas, marcando las graduaciones correspondientes a la ampliación o reducción que se desea obtener. Luego se fija el extremo *A* en el tablero o mesa de dibujo, colocándose el original o modelo debajo del vértice *D*, en el que se dispondrá el guía. El lápiz colocado en G irá trazando la ampliación a medida que el guía se vaya pasando por los detalles del original.

Cuando se trate de reducir, se colocan el original y el guía en G y el lápiz en el vértice *D*.

INDICE

FE DE ERRATAS

PAGINA	LINEA	DICE	DEBE DECIR
5	1	de a superficie	de la superficie
6	2	1:10.000	1:100.000
17	1	patrir	partir.
23	11	longitud e 4.000 mts.	longitud de 4.000 mts.
37	2	tangente A b. = h	tangente A B = h.
50	7 letra b)	180 m	125 m.
64	1	triángulos: A B' B.	triángulos: A B' B''
76	1	minutos en decimales	minutos centecimales
77	19	Según se expone en el capítulo siguiente	Según lo indica la experiencia

Errores en las figuras.

PAGINA	FIGURA	DICE	DEBE DECIR
54	35	a, b, c, d, e, f, g, h.	a', b', c', d', e', f', g', h'.
58	44	340	348
65	54	——	vértice superior del triángulo colocar C (348)