CAPITULO 5º

LOCALIZACION

Ejemplo de instrucciones dadas para el trazado definitivo de un ferrocarril de montaña

1º.—La localización debe hacerse con la mayor precisión posible, con el objeto de que el trazado para enrielar se aproxime al de construcción. Sobre todo, la medida de distancia debe hacerse con cinta metálica y plomada, de 10 en 10 metros.

2º.—Deben trazarse las espirales de empalme entre recta y la curva para que la construcción se haga por ellas;

3º.—Se deben poner espirales para curvas de 4º y mayores;

4º.—La longitud de la espiral debe ser de 200 a 400 veces el peralte;

5º.—El peralte se computará a razón de 1 cm. por cada grado.

Curvas verticales

6º.—Deben ponerse curvas verticales para diferencias de pendiente de 0,2% y mayores. Su longitud debe ser tal que entre estaciones no resulte un cambio de pendiente mayor de 0,2%;

7º.—Las curvas verticales deben ponerse en el perfil para chaflanar con las cotas que ellas den.

Perfil

8º.—La compensación debe ser de 0,05 como máximo por cada grado de curvatura, bajándole un poco en el caso de grado impar y de 5 grados en adelante, y subiéndola un poco para curvas de 1, 3 y 5 grados, a fin de evitar fracciones menores de 0,10 y no perder altura;

9º.—El perfil definitivo debe proyectarse sobre el perfil compensado, en secciones de pendiente uniforme no menores de 200 metros, a fin de evitar pendientes en escala a tramos cortos y de difícil sostenimiento;

10º.—La pendiente en los túneles no debe ser mayor de ¾ de la pendiente máxima compensada;

11º.—Para el arranque de trenes a la salida de las estaciones, debe dejarse entre el tramo a nivel y la pendiente máxima compensada, un trayecto no menor de 200 metros con pendiente que no pase de 1,7% compensado.

Fajas

12º.—Una vez chaflanada la línea, se puede levantar el plano de las fajas. Los linderos de las fajas deben fijarse por medio de una línea poligonal con rectas no menores de 30 metros de longitud y apartadas por lo menos 5 metros de los chaflanes más alejados del eje, a fin de evitar los ángulos muy agudos.

Planos

13º.—Todo plano, aunque sea en borrador, debe llevar la fecha, la escala, la línea norte, la firma del ingeniero y el rótulo de lo que representa;

14º.—Las escalas de los planos y perfiles de trabajo deben ser las siguientes:

Plano.	1 cm. = 10 mts.
Perfil horizontal.	1 cm. = 20 mts.
Perfil vertical.	1 cm. = 2 mts.

Banca y talud

15º.—Ancho de la banca en cortes, 4.90 mts.

Ancho de la banca en terraplenes, 4.50 mts.

Talud para tierra ½ a 1: 1, según la tierra.

Talud en roca: ¼.

El ingeniero jefe de la construcción podrá hacer en los taludes las variaciones que juzgue convenientes de acuerdo con la naturaleza de las tierras;

16º.—Una vez terminado el trazado, se deben sacar los puntos, es decir, poner puntos de referencia de la banca y colocarlos de manera que los trabajos de construcción no los toquen ni los cubran.

Los puntos que se deben sacar son: los dos extremos de todas las rectas y uno o varios puntos intermedios de las curvas, cuando éstas sean las más largas, y de las rectas cuando éstas sean las mayores.

17º.—Debe evitarse, hasta donde sea posible, que el T. P. y el P. C. de las curvas queden a una distancia menor de 20 mts. de los extremos de los puentes;

18º.—Pendiente máxima compensada, 3%.

Radio mínimo de curva, 80 mts.

Tangente mínima entre curvas reversas, 40 mts.

Tangente mínima entre curvas del mismo sentido, 80 mts.

En caso de no poder poner esta tangente entre curvas del mismo sentido, es preferible usar una curva compuesta;

19º.—Al hacer el trazo definitivo se debe evitar, hasta donde sea económicamente posible, los cortes altos y los grandes terraplenes, los cuales pueden ser reemplazados por túneles y viaductos respectivamente, a fin de obtener la línea más estable.

Los túneles en curva, además de ser una construcción más difícil, son más costosos por el mayor ancho que hay que darles; por consiguiente, si las condiciones del terreno lo permiten, hay que procurar que éstos sean en recta. Lo mismo puede decirse para los viaductos;

20º.—En los viaductos no debe hacerse reducción ninguna en la pendiente.

Nota.—En la curva de 3º se compensa 0,2% o sea, se pone 2,8%.

En la curva de 9º se compensa 0.40% o sea, se pone 2,6%.

Curvas

En el proyecto del capítulo anterior, había alineamientos en recta y curvas.

En ferrocarriles se usan tres clases de curvas: las curvas circulares simples, las curvas circulares compuestas, de uno o más radios, y las espirales.

La curva circular simple es una parte de una circunferencia con un radio determinado. La mayor o menor curvatura depende del menor o mayor radio; así, a mayor radio corresponde menor curvatura.

El **grado de una curva** es el ángulo subtendido por una cuerda de 20 metros en una circunferencia que tenga por radio el radio dado (véase la fig. 7). De la fig. 8 y de la definición anterior se tiene:

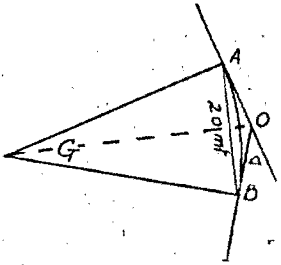

Fig. 7

$$\frac{20}{2} = R \times \text{ sen } {}^1/_2 \text{ G} \therefore R = \frac{10}{\text{sen } {}^1/_2 \text{ G}}$$

En las tablas adjuntas, conociendo el grado, se obtiene el radio y el logaritmo del radio.

De la fig. 8 también se obtiene que AO, o sea la tangente, es: AO=T=R. tan. ½ Δ

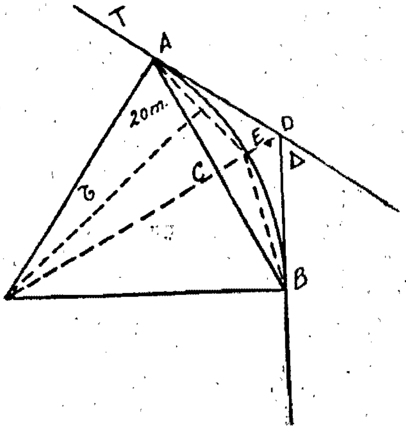

Fig. 8

Ahora, la longitud de la curva se obtiene así: Si a G corresponde una cuerda de 20 metros, a Δ corresponde una longitud L; de donde:

$$L = \frac{20\,\Delta}{G}$$

fórmula que es aproximada si se toma como longitud de la curva la del arco; pero es exacta si se toma como longitud la que en realidad se pone en el terreno, y es: la suma de una serie de cuerdas que forman un polígono inscrito a la curva.

Fuera de las fórmulas anteriores, a veces son necesarias, para localizar, las dos fórmulas siguientes: la cuerda larga: $C = 2R.\ \text{sen}\ \frac{1}{2}\ \Delta$ y la secante externa: $E = T.\ \tan \frac{1}{4}\Delta$

Localización en el terreno

El método generalmente usado es el siguiente: Se lleva el plano al lugar donde se va a ejecutar el trabajo y de él se sacan todos los datos necesarios para localizar el proyecto con respecto a la preliminar. Cuando se emplee este procedimiento no hay necesidad de dibujar la localización.

El proyecto que se muestra en el plano se localizó de la manera siguiente (para mayor claridad supongamos que la fig. 9 representa la primera parte del proyecto): se fijó la posición del punto A, que, como se ve en el plano, corresponde al punto de intersección de la preliminar con el proyecto y queda en la estación 66099 de la preliminar, que corresponde a la estación 66136,79 del proyecto localizado. La posición de A se fijó en el terreno midiendo un metro hacia atrás de la estación 66100 de la preliminar, que estaba marcado en el terreno, y clavando una estaca. Luégo se midió en el plano la ordenada BM a la preliminar, en la estación 66174 y en el terreno se levantó una ordenada a la preliminar en la estación 66174, igual a la medida en el plano (3,80 mts.)

De esta manera quedó fijada la posición de la tangente AM, con respecto a la preliminar.

La posición de CN se fijó de una manera semejante. Se fijó la posición del punto C, punto de intersección de la preliminar con el proyecto; como se vé en el plano, el punto C corresponde a la estación 66229 de la preliminar. La posición del punto C se fijó en el terreno, midiendo un metro hacia atrás de la estación 66230 de la preliminar y clavando una estaca en este punto.

Luégo se midió en el plano la ordenada RN a la preliminar en la estación 66270 y en el terreno se hizo lo mismo. De esta manera se fijó la posición de la tangente CN con respecto a la preliminar.

Una vez hallada la posición de estas dos tangentes, se halló el punto de intersección, es decir, el P. I.

Este punto se halla de la manera siguiente: (véase la fig. 9): se centra el aparato en el punto M, se toma la línea al punto A, se transita y en la dirección de la visual, se ponen dos estacas, D y E, de tal manera que la prolongación de la tangente CN, intercepte la línea DE; luégo se pasa el aparato a C, se toma línea en N, se transita y los cadeneros tienden un hilo entre D y E sobre el cual se hace mover una plomada y en el punto donde la visual intercepte el hilo de la plomada se clava una estaca que corresponde al P. I.

Una vez hallado el P. I., se mide el ángulo entre las dos tangentes, es decir, el ángulo que hace la prolongación de la tangente MA con la tangente CN; este ángulo se llama **ángulo de deflección** y se representa con la letra Δ . Para medir este ángulo se centra el aparato en el P. I., se pone el vernier horizontal en ceros y con el anteojo transitado se toma línea en M (Véase la fig. 9), se ajusta el movimiento inferior, se transita, se afloja el movimiento superior, se toma línea en C y se hace la lectura del ángulo; en este caso Δ =43°30' Izq. Es bueno repetir la lectura del ángulo siquiera dos veces.

Una vez hallado el ángulo Δ , se calcula el valor de la tangente por la fórmula siguiente:

$$T = R. \tan \tfrac{1}{2} \Delta$$

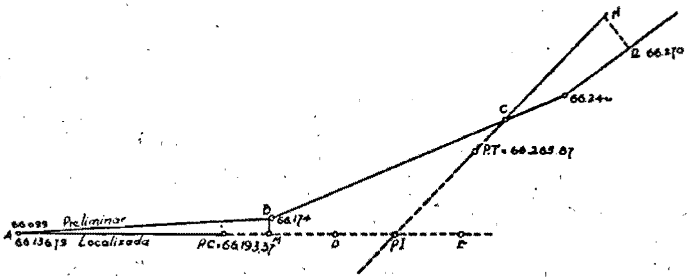

Fig. 9

Siendo: T=valor de la tangente.

R=radio de la curva, el cual se saca de las tablas conociendo el grado de la curva.

Δ= ángulo entre las dos tangentes.

Para este caso: Δ =43°30'.

G=D=12°=grado de la curva.

R=95,668 mts. (de las tablas).

Por lo tanto, T=95,668 tan½ (43°-30')=38,17 mts.

Luégo, desde el P. I y sobre cada una de las tangentes, se mide el valor de T=38,17 mts., quedando así fija la posición del P. C. y P. T. de la curva. Después, se estaca la tangente de 10 en 10 mts. desde A hasta el P. C. Se acostumbra marcar las estaciones con una estaca que se coloca a un lado del eje y que tiene una cara labrada en donde se marca el número de la estación. También, al lado del P. C., se clava una estaca en donde se marca el número de la estación, que en este caso es 66193,37, y se marca así:

P. C. 66193,37

Luégo se calcula el desarrollo de la curva por la fórmula:

$$L=\frac{20\,\Delta}{G}$$

Siendo: L=desarrollo de la curva en metros.
Δ=ángulo al centro de la curva=ángulo entre las tangentes; se toma en grados y decimales de grado.
G=grado de la curva; se toma también en grados y decimales de grado.

Para este caso: Δ =43°-30'=43,5°
G =12

luego

$$L=\frac{20\times 43.50}{12}=72{,}50\text{m}.$$

Si a la abscisa o estación del P. C. se le suma el desarrollo de la curva se obtiene la abscisa del P. T. Así, en este caso, la abscisa del P. T. es igual a 66193,37+72,50=66265,84. (Véase la fig. 10).

Localización de la curva.—El método generalmente usado es el de las deflecciones, poniendo estacas de 10 en 10 metros.

Regla práctica.—La deflección para un metro es igual al grado, más la mitad del grado tomando el total en minutos. Esta regla se aplica sólo para las curvas métricas.

Demostración.—Llamando G=ángulo al centro que subtiende una cuerda de 20 metros.

$\therefore$ G/2=deflección para una cuerda de 20 mts.

d= deflección para una cuerda de 1 m.

Por consiguiente $d=\frac{G}{2x20}$ (en grados)$=\frac{Gx60}{2x20}={}^3/_2G$ (en minutos).

Es decir, que la deflección por metro es igual al grado más la mitad del grado, tomando el total en minutos.

Así, para una curva de 12° la deflección para un metro será 12+6=18, y para 20 metros será:

$$18\times20=360'=6^\circ=\frac{1}{2}G$$

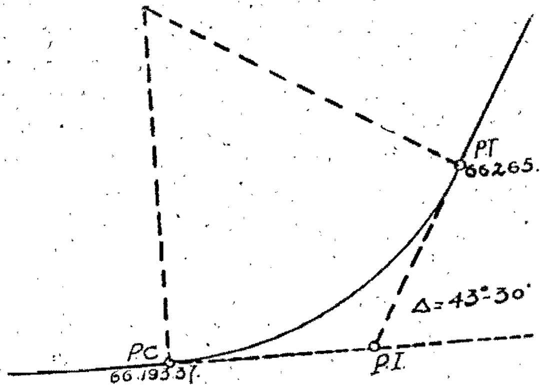

Fig. 10

La fig. 10 representa la curva que vamos a localizar. Lo primero que se hace es calcular las deflecciones para estaciones de 10 en 10 metros.

Así, en este caso se calculan las deflecciones para las estaciones 66200-66210-66220-66230-66240-66250-260 y 265, 87. Sean d_1, d_2, d_3, etc. las deflecciones correspondientes a cada una de las estaciones anteriores.

Como la curva es de 12 grados, la deflección por metro es 18 minutos y para 10 mts.$=3^{\circ}$

Luego: Para la estación	66200	$d_1=6{,}63 \times 18 = 1^{\circ}\text{-}59'$
Para la estación	210	$d_2= 1^{\circ}\text{-}59'+10\times 18= 4^{\circ}\text{-}59'$
Para la estación	220	$d_3= 4^{\circ}\text{-}59'+10\times 18= 7^{\circ}\text{-}59'$
Para la estación	230	$d_4= 7^{\circ}\text{-}59'+10\times 18=10^{\circ}\text{-}59'$
Para la estación	240	$d_5=10^{\circ}\text{-}59'+10\times 18=13^{\circ}\text{-}59'$
Para la estación	250	$d_6=13^{\circ}\text{-}59'+3 =16^{\circ}\text{-}59'$
Para la estación	260	$d_7=16^{\circ}\text{-}59'+3 =19^{\circ}\text{-}59'$

Y para la estación 66265,87

$$d_8=19^{\circ}\text{-}59'+5{,}87\times 18=21^{\circ}.45'=\tfrac{1}{2}\Delta$$

Estas deflecciones se apuntan en la cartera de tránsito de la manera indicada más adelante.

Para deflectar la curva se procede de la manera siguiente: Se centra el aparato en el P. C., se pone el vernier horizontal en ceros, se toma línea al P. I. o a cualquier punto de la tangente, se fija el movimiento inferior del aparato, se suelta el movimiento superior y se pone el vernier horizontal leyendo $d_1=1^{\circ}\text{-}59'$ y los cadeneros miden en la dirección de la visual, 6,63 metros, que es lo que falta para poner una estación completa (la estación 66200), y clava una estaca en el punto; una vez clavada la estaca, se hace de nuevo la medida con la ayuda de la plomada marcando dicha medida sobre la estaca. Esto se hace con las demás estacas.

Luego se pone el vernier horizontal leyendo $4^{\circ}\text{-}59$ y el cadenero de atrás sujeta la cinta en cero, en el punto marcado en la estaca anterior, y el de adelante toma la cinta en una mano, marcando 10 metros, y en la otra un jalón; manteniendo horizontal la cinta y vertical el jalón, se mueve hasta lograr que la visual intercepte el jalón; cuando haya logrado ésto, deja caer el jalón y con una estaca se marca el punto. Este punto corresponde a la estación 66210.

Para localizar la estación 66220, se pone el vernier horizontal leyendo 7°-59', el cadenero de atrás no se mueve y sujeta la cinta en cero sobre la estaca de la estación 66200; el cadenero de adelante la coge en 20 metros y se mueve hasta interceptar la visual; en el punto donde esto suceda se clava una estaca que estará sobre la curva y que corresponde a la estación 66220.

Para localizar la estación 230, se pone el vernier horizontal leyendo 10°-59'; el cadenero de atrás se pasa a la estación 220 y sujeta la cinta en cero sobre la estaca; entonces el de adelante la toma en 10 metros y se mueve hasta terminar la visual.

De esta manera se continúa para las demás estaciones, teniendo siempre en cuenta que la medida debe hacerse por cuerdas de 20 metros y no por cuerdas de 10 metros. Esto, porque el cálculo del desarrollo de la curva se hizo en función de cuerdas de 20 metros.

Para poner el P. T., se pone el vernier horizontal leyendo ½ Δ =21°-45', y si el trabajo está bien hecho la visual debe coincidir con la estaca del P. T. puesta anteriormente; la abscisa con que se llegue en la localización al P. T. debe ser igual a la calculada anteriormente, esto es, 66265,87.

Las diferencias en ángulo y distancia se llaman error de cierre y son admisibles diferencias de 0.03 y 0.05, respectivamente, en buen terreno, y 0.05 y 0.10 en terreno difícil.

Cuando desde el P. T. no son visibles todas las estaciones se pasa el aparato a la última estación que se haya puesto, se pone el vernier horizontal en cero y con el anteojo transitado se toma línea al P. C.; luego se transita y se mide, en el sentido de la curva deflectada, las deflecciones calculadas antes. Es conveniente rectificar en una estaca de las puestas anteriormente.

Cuando no son visibles desde ese nuevo punto donde está el aparato, todas las estaciones que siguen, se pasa el aparato a la última estación que se haya puesto, se pone el vernier horizontal leyendo la deflección correspondiente al punto en donde estaba el aparato y con el anteojo transitado se toma línea en ese punto, se transita y se hace girar el tránsito en el sentido en que la curva se deflecta, un número de ángulos correspondiente a las deflecciones calculadas antes.

Así, por ejemplo: Si se tiene el aparato en la estación 210 y sólo se alcanza a localizar hasta la estación 230, entonces, para seguir adelante, se pasa el aparato a la estación 230, se pone el vernier horizontal leyendo la deflección correspondiente a la estación 210, es decir, 4°-59', se mira con el anteojo transitado a la estación 210, se fija el movimiento inferior, se transita y queda el aparato listo para seguir la localización de la curva, con las deflecciones calculadas antes.

Cuando el terreno es inclinado y no se puede hacer la medida extendiendo de una sola vez los 20 metros de la lienza, el cadenero de adelante pide línea extendiendo la lienza una distancia mayor de los 20 metros; porque la distancia horizontal, que es como debe quedar la medida, y la inclinada, no son iguales y si no se opera así no quedaría donde debe ser el punto de intersección de la cuerda y el ángulo, que es el verdadero punto de la curva. El mayor valor que debe agregarle el cadenero a los 20 metros depende del terreno; si es muy inclinado, es más, y si poco, es menos. Este detalle es indispensable tenerlo en cuenta para la buena medida de la curva.

Una vez terminada la localización de la curva, se pasa el aparato al P. T. y se pone en tangente. Para esto se toma la línea de atrás, con el anteojo transitado, en el punto de donde se arrancó el aparato, con el vernier leyendo la deflección correspondiente a este punto, se transita y se mueve el vernier horizontal hasta leer ½ Δ y así queda el aparato en tangencia, listo para seguir la localización de la tangente. En este punto debe comprobarse con la brújula el rumbo calculado que se trae.

Es conveniente no trazar toda la curva desde el P. C., aun cuando se pueda hacer; el mejor procedimiento es trazar la mitad desde el P. C. y la otra mitad del P. T. Para trazar desde el P. T. se centra allí el aparato y antes de mirar en el sentido de la tangente se pone en el vernier un ángulo igual a ½ Δ en sentido contrario a aquél en el cual se está deflectando la curva. En el ejemplo que tenemos sería 21°-45'; después se van poniendo las deflecciones así: para la 240, 13°-59; para la 250, 16°-59' y para la 260, 19°59'. (Véase el ejemplo).

LOCALIZACION DE LA CURVA POR ORDENADAS SOBRE LA TANGENTE

Cuando la curva comienza en una estación: Supongamos que A, (fig. 11) sea el P. C. en una estación. La próxima estación **a** se localiza por la ordenada **t** calculada por la ecuación.

$$t = R. \text{ vers } G.$$

Para calcular las distancias y las ordenadas para las siguientes estaciones **b, c,** etc., en el diagrama se trazan líneas a través de los puntos **b, c,** etc., paralelas a la tangente AV, intersectando el radio AO, en g', g'', etc, y trazando las líneas bx', cx'', etc., perpendiculares a la tangente, se tiene:

Ax'=g'b=Ob sen bOA
Ax'=R. sen. 2G
Ax''=R. sen 3 G
También: bx'=g'A=Ob vers. bOA
t'=R. vers. 2G
t''=R. vers. 3G etc.

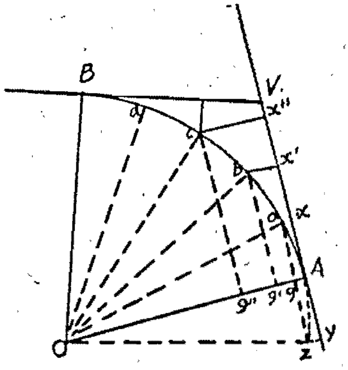

Fig. 11

Pero estos cálculos pueden ser simplificados si se tiene en cuenta que dos veces **ag** es igual a la cuerda de dos estaciones, dos veces **bg'**, es igual a la cuerda de cuatro estaciones y dos veces **cg''** es igual a la cuerda de seis estaciones, etc. Por lo tanto, **Ag** es la ordenada media de dos estaciones, **Ag'** es la ordenada media de cuatro estaciones, y **Ag''** la ordenada media de seis estaciones, etc.; luego podemos establecer la siguiente regla:

La distancia media en la tangente y comprendida entre el punto de tangencia y el punto en que la ordenada que pasa por el extremo del arco encuentra la tangente, es igual a la mitad de la cuerda larga para el doble de dicho arco; y la ordenada desde la tangente hasta la extremidad de un arco, es igual a la ordenada media del doble de este arco.

Las cuerdas largas y ordenadas medias pueden ser tomadas de las tablas VII y VIII de la cartera de Searles o de otra cualquiera, para 2, 4, 6, 8, etc, estaciones, cuando el P. C. está en una estación, o para 1, 3, 5, 7 etc., estaciones, cuando el P. C. está en 0,50, o en media estación.

Si las ordenadas trazadas sobre la primera tangente AV, presentan algún inconveniente por ser demasiado largas, la segunda mitad de la curva puede ser localizada desde la otra tangente BV, comenzando en el punto de tangencia B, y cerrando en una estación colocada desde la primera tangente.

Cuando la curva comienza con una subcuerda. —Si d=al ángulo en el centro, subtendido por la tangente. (Véase la fig. 12).

Ax=R. sen. d
Ax'=R. sen. (d+G))
Ax"=R. sen. (d+2G)
Etc.
Y para las ordenadas
t=R. vers. d
t'=R. vers (d+G)
t"=R. vers. (d+2G)
Etc.

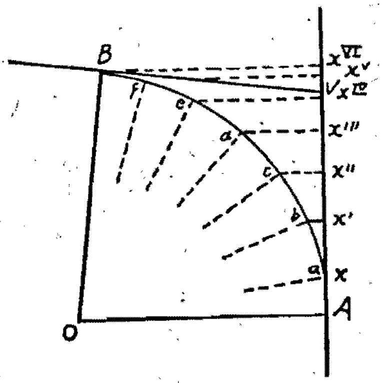

Fig. 12

Si la primera subcuerda es igual a 10 metros, entonces d=½ G.

Las tablas pueden ser usadas en todo caso, adoptando una tangente provisional a través de cualquiera estación, obteniendo las distancias y deduciendo las ordenadas.

Cuando la curva está localizada por ordendas, debe llevarse la lienza al rededor de la curva, hasta donde sea posible, para cerciorarse de que las estaciones están apartadas 20 metros.

LOCALIZACION DE LA CURVA POR ORDENADAS SOBRE LA CUERDA LARGA

Cuando la curva comienza y termina en una estación: En la fig. 13 se traza la cuerda larga, AB, juntando los puntos de tangencia, y de ésta se trazan ordenadas a todas las estaciones de la curva. Es preciso conocer las varias distancias Aa', a'b', b'c', etc, y la longitud de la ordenada en cada punto. Supongamos que C es igual a la cuerda larga AB, entonces:

$$C = 2R \operatorname{sen} \tfrac{1}{2} \Delta$$

Uniendo **a**, segunda estación de la curva con **i**, penúltima, tendremos la cuerda **ai=C'**. Entonces, siendo los arcos **Aa=ik=G**, el ángulo en el centro subtendido por C', será: (Δ-2G).

$$\therefore C' = 2R. \operatorname{sen} \tfrac{1}{2} (\Delta - 2G)$$

También, si juntamos **b** con **h** (tercera y antepenúltima estaciones) y hacemos **bh**=C'', tendremos:

$$C'' = 2R. \operatorname{sen.} \tfrac{1}{2} (\Delta - 4G)$$

Y así para todas las demás cuerdas.

$$Aa' = ki', \quad C = C' + 2Aá \quad \therefore Aa' = \frac{C - C'}{2}$$

$$\text{Y similarmente} \ldots\ldots \quad a'b' = \frac{C' - C''}{2}$$

Y así se continúa hasta encontrar la distancia al punto medio de la cuerda, después de lo cual se repite en sentido inverso.

Cuando la cuerda larga subtiende un número par de estaciones (como la figura 13), la ordenada media de la cuerda es la ordenada de la estación media, en este caso **e.** Siendo las cuerdas AB y **ai** paralelas, la ordenada **a'a o i'i** es evidentemente igual a la diferencia de las ordenadas medias de estas cuerdas.

Supongamos que M, M', M'', etc., sean las ordenadas medias de las cuerdas C, C', C'', etc., entonces, de la ecuación M=R. vers. ½ Δ, tenemos:

$$M = R.\ \text{vers.}\ \tfrac{1}{2}\ \Delta$$
$$M' = R.\ \text{vers.}\ \tfrac{1}{2}\ (\Delta - 2G)$$
$$M'' = R.\ \text{vers.}\ \tfrac{1}{2}\ (\Delta - 4G)$$
etc.

También:

$$a'a = i'i = M - M'$$
$$b'b = h'h = M - M''$$
etc.

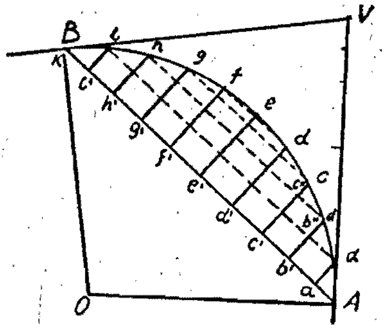

Fig. 13

Cuando la curva comienza o termina con una subcuerda.—Supongamos que A, fig. 14, sea el P. C. y Aa=c la primera subcuerda, y d el ángulo que ella subtiende en el centro. En el diagrama se traza la cuerda larga, AB, y las ordenadas a cada estación, y a través de cada estación se traza una línea paralela a AB, y se supone que AOB=Δ

Si el ángulo VAB=½ Δ, y VAa=½d, el ángulo aAB=½ (Δ -d). El ángulo comprendido entre la subcuerda Aa prolongada y la subcuerda ab, es ½ (d+G), y el ángulo de deflección entre cada dos cuerdas consecutivas, de 20 mts., es ½(G+G) =G. Por lo tanto, el ángulo

bab''=½ (Δ -d)-½ (d+G)=½ (Δ-2d-G)
cbc''=½ (Δ -2d-G)-½ (2G) = ½ (Δ-2d-3G).
cdd''=½ (Δ -2d-3G)- ½ (2G)=½ (Δ -2d-5G)
etc.

Resolviendo los triángulos rectángulos, se tiene:
Aá=c. cos ½ (Δ -d)
ab''=20 cos ½(Δ-2d-G)
bc''=20 cos ½(Δ-2d-3G)
dd''=20 cos ½(Δ-2d-5G)
etc.

áa= c. sen ½ (Δ -d)
b''b=20 sen ½(Δ-2d-G)
c''c=20 sen ½(Δ-2d-3G)
d''c=20 sen ½(Δ-2d-5 G)
etc.

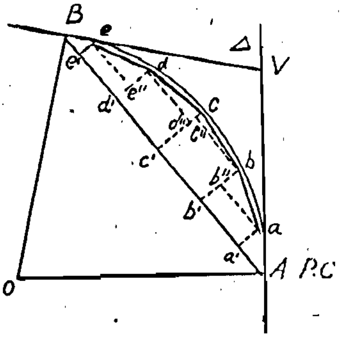

Fig. 14

Cuando la segunda parte del paréntesis es mayor que Δ, el paréntesis se vuelve negativo, y por consiguiente, el seno es negativo; por lo tanto estos valores deben ser medidos sobre la cuerda larga AB.

Sumando las cantidades determinadas por las dos últimas series de ecuaciones, se obtienen las distancias Aa', Ab', Ac', etc., y las ordenadas a'a, b'b, c'c, etc., y la curva puede ser localizada. Es conveniente hacer todos los cálculos necesarios antes de empezar a poner las líneas en el terreno, con el fin de evitar confusiones y errores.

Cuando la cuerda larga C, subtiende un número impar de estaciones, la ordenada media caerá en la mitad entre dos estaciones consecutivas, y por lo tanto no hay necesidad de trazarla.

Si las ordenadas próximas al centro de la curva resultan de difícil colocación por su longitud, se puede restar M-M', M'-M", etc., y así se obtienen a'a, b"b, c"c, etc. (fig. 14); luégo se trazan Aa', a'a, ab", b"b, bc", etc., girando un ángulo recto en cada punto. Al mismo tiempo la lienza debe ser llevada a lo largo de la curva para comprobar que las estaciones queden separadas 20 mts.

El método de localizar curvas por medidas lineales no requiere el uso del tránsito. Cuando el tránsito no se usa, los alineamientos deben hacerse con líneas de plomada, suspendiendo ésta sobre puntos exactos marcados previamente sobre la cabeza de las estacas. Un triángulo rectángulo puede ser fácilmente obtenido, sin necesidad de instrumento, colocando en el terreno los tres lados de un triángulo rectángulo cualquiera. Se acostumbra que la base coincida con la línea dada.

CALCULO DE LAS CURVAS EN CARRETERAS

En carreteras el trazado preliminar se hace de la manera ya indicada. La localización varía en la forma que se va a explicar.

Los elementos de una curva de carreteras son: G=grado de la curva=ángulo al centro subtendido por una cuerda de 5 metros; T=tangente a la curva; L=longitud de la curva; R=radio de la curva; Δ = ángulo de intersección de las tangentes; d_5 =deflección para una cuerda de 5 metros; d_1 = deflección para cuerda de 1 metro; d_c =deflección para cuerda menor de 5 metros, siendo c la cuerda.

G y R se obtienen de las tablas (pág. 110)

$T = R \tan {}^1/_2\Delta$ .... (1); $L = \frac{5\Delta}{G}$ .... (2)

$d_5 = \frac{G}{2}$........ (3); $d_1 = 6.G$ (en minutos)..... (4);

$d_c = 6Gc$.........(5)

Ejemplo:-Dados: $G=5^\circ$ y $\Delta = 33^\circ$, calcular la curva.

Solución: De las tablas: R=57.31
Log R=1.7582604

Reemplazando en las fórmulas, tenemos:

$T = 57{,}31 \times \tan 16^\circ 3o'$..de (1)
log 57,31.. .. ..=1.7582604
log tan 16°-30' =$\bar{1}$.4533418

log T.... ....=1.2116022 ∴ T=16,278 mts.

$L = \frac{5 \times 33}{5} = 33$ mts. de (2); $d_5 = {}^5/_2 = 2^\circ\text{-}30'$....de (3);
$d_1 = 6 \times 5 = 30'$....de (4); para c=3 mts., tenemos:
$d_3 = 6 \times 5 \times 3 = 1^\circ\text{-}3C'$........de (5).

Cálculo de la curva

Estación	Deflec.
P. T. 33	16°-30'
30	15°-00'
25	12°-30'
20	10°-00'
15	7°-30'
10	5°-00'
5	2°-00'
P. C. 0	0°-00'

Las deflecciones se han calculado a base del ejemplo propuesto y se ha tomado como P. C. la estación 0 (cero) para mayor sencillez.

Comprobación: la deflección para localizar el P. T., debe ser igual a ½ $\triangle$

ADVERTENCIAS

a)—Cuando las curvas se tracen por el método de las cuerdas largas, téngase en cuenta que éstas van medidas desde el P. C.; (véase su valor en el cuadro, página siguiente).

b).—Cualquiera que sea el sistema de cuerdas, el número de deflecciones hecho desde un punto no debe ser mayor de 7, o el ángulo de deflección de un solo punto no debe pasar de 30°;

c).—Cuando no se pueda localizar una estaca, debido a un obstáculo, se procede así: pásese el instrumento a una estaca ya colocada, desde la cual pueda verse la que se va a localizar; póngase en el limbo horizontal la deflección corespondiente a una estaca de las anteriores; mírese a ésta y transítese; luégo se hacen las deflecciones de aquí en adelante, como queda indicado. Si puede verse el P. C., es más sencillo mirar a él poniendo en ceros el limbo.

ELEMENTOS PARA EL TRAZO DE CURVAS CIRCULARES EN CARRETERAS
CUERDAS LARGAS

G	R	Log R	2 est.	3 est.	4 est.	5 est.	6 est.	7 est.
0.30	572.98	2.7581240	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00
1	286.48	2.4570981	10.00	15.00	20.00	24.99	29.99	34.98
1.30	190.99	2.2810138	10.00	15.00	19.99	24.98	29.97	34.95
2	143.34	2.1560847	10.00	15.00	19.98	24.97	29.95	34.92
2.15	127.33	2.1049500	10.00	15.00	19.98	24.97	29.95	34.91
2.30	114.60	2.0591871	10.00	14.99	19.98	24.95	29.92	34.87
2.45	104.18	2.0178096	10.00	14.99	19.98	24.94	29.90	34.86
3.00	95.50	1.9800210	10.00	14.99	19.97	24.93	29.88	34.81
3.15	88.16	1.9452732	10.00	14.99	19.96	24.92	29.86	34.78
3.30	81.86	1.9130921	10.00	14.98	19.95	24.91	29.84	34.74
3.45	76.41	1.8831432	10.00	14.98	19.95	24.90	29.82	34.68
4.00	71.63	1.8551208	9.99	14.98	19.94	24.88	29.78	34.66
4.15	67.42	1.8288177	9.99	14.98	19.93	24.87	29.77	34.63
4.30	63.67	1.8039917	9.99	14.97	19.92	24.85	29.73	34.57
4.45	60.34	1.7806171	9.99	14.97	19.92	24.83	29.71	34.53
5.00	57.31	1.7582604	9.99	14.96	19.91	24.81	29.67	34.47
5.15	54.58	1.7370935	9.99	14.96	19.90	24.79	29.64	34.43
5.30	52.10	1.7168967	9.99	14.95	19.88	24.77	29.60	34.36
5.45	50.07	1.6996099	9.99	14.95	19.88	24.75	29.57	34.32
6	47.77	1.6791398	9.99	14.95	19.86	24.73	29.52	34.23
6.15	45.87	1.6615305	9.99	14.95	19.85	24.71	29.49	34.19
6.30	44.10	1.6444122	9.98	14.94	19.84	24.68	29.44	34.11
6.45	42.46	1.6280414	9.98	14.94	19.83	24.66	29.41	34.01
7	40.95	1.6122647	9.98	14.93	19.82	24.63	29.35	33.96
7.15	39.54	1.5970556	9.98	14.93	19.80	24.61	29.32	33.91
7.30	38.22	1.5823415	9.98	14.91	19.79	24.57	29.26	33.81

G	R	Log R	2 est.	3 est.	4 est.	5 est.	6 est.	7 est.
7.45	36.99	1.5681231	9.98	14.91	19.77	24.55	29.22	33.76
8	35.84	1.5543451	9.98	14.90	19.75	24.51	29.15	33.65
8.15	34.75	1.5410149	9.97	14.90	19.74	24.49	29.07	33.59
8.30	33.73	1.5280721	9.97	14.89	19.72	24.45	29.04	33.48
8.45	32.77	1.5155075	9.97	14.88	19.71	24.43	29.01	33.36
9	31.86	1.5032971	9.97	14.88	19.69	24.39	28.93	33.30
9.15	31.07	1.4924244	9.97	14.87	19.68	24.36	28.84	33.23
9.30	30.19	1.4798666	9.97	14.86	19.66	24.32	28.81	33.11
9.45	29.42	1.4686138	9.97	14.86	19.64	24.29	28.72	33.04
10	28.68	1.4576438	9.97	14.85	19.62	24.25	28.68	32.91
10.15	27.98	1.4469486	9.96	14.84	19.61	24.22	28.64	32.83
10.30	27.32	1.4365111	9.96	14.83	19.58	24.17	28.55	32.69
10.45	26.68	1.4263219	9.95	14.82	19.57	24.14	28.50	32.62
11	26.08	1.4163671	9.95	14.82	19.54	24.09	28.41	32.48
11.15	25.48	1.4063385	9.95	14.81	19.53	24.06	28.36	32.40
11.30	24.95	1.3971241	9.95	14.80	19.50	24.05	28.27	32.35
11.45	24.42	1.3878165	9.95	14.79	19.48	23.97	28.21	32.19
12	23.92	1.3787050	9.94	14.78	19.46	23.92	28.12	32.01
12.15	23.48	1.3707845	9.94	14.77	19.44	23.88	28.06	31.92
12.30	22.96	1.3610440	9.94	14.76	19.41	23.83	27.96	31.76
12.45	22.51	1.3524793	9.94	14.76	19.39	23.79	27.90	31.67
13	22.08	1.3440811	9.94	14.75	19.36	23.73	27.80	31.50
13.15	21.67	1.3358453	9.94	14.73	19.34	23.70	27.74	31.41
13.30	21.27	1.3277640	9.93	14.72	19.31	23.63	27.63	31.24
13.45	20.88	1.3198329	9.93	14.71	19.29	23.60	27.52	31.19
14	20.51	1.3120461	9.93	14.70	19.26	23.53	27.45	30.96
14.15	20.15	1.3043980	9.92	14.69	19.24	23.50	27.39	30.87
14.30	19.81	1.2968841	9.92	14.68	19.21	23.43	27.27	30.68
14.45	19.47	1.2895008	9.91	14.67	19.19	23.39	27.21	30.58
15	19.15	1.2822423	9.91	14.66	19.15	23.32	27.09	30.39

Equipo y personal.—El equipo es el mismo que quedó enumerado al tratar del preliminar y lo mismo puede decirse del personal, con la excepción del topógrafo, que se suprime.

PROBLEMAS DE CAMPO

Cuando el P. I. es inaccesible.—Ejemplo: En la fig. 15 se presenta el caso de dos tangentes, OA y OB, cuyo P. I. es inaccesible.

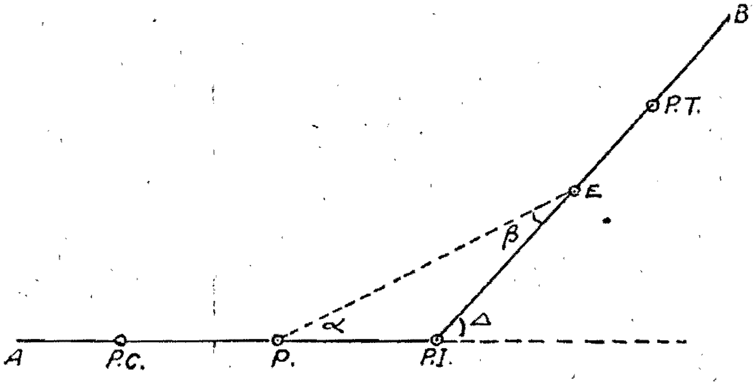

Fig. 15

Procedimiento: Se escogen dos puntos, D y E, tan cerca como sea posible del P. I.; se miden los ángulos α y β y la distancia DE. Para medir el ángulo α, se procede así: se coloca el aparato en el punto D, se pone el vernier horizontal en cero, se mira a A, se transita y tendremos el telescopio en la dirección DO; luégo se fija el movimiento inferior y se deflecta hasta que se vea el punto E; terminada esta operación, quedará marcado en el limbo horizontal el valor del ángulo α

Colocado el aparato en el punto E, se repite el mismo procedimiento para obtener el valor del ángulo β. Ahora se tiene:

Por geometría: $\Delta=\alpha+\beta$

Por trigonometría: $OD=\dfrac{DE\ \text{sen}\ \beta}{\text{Sen}\ \Delta}$

$$OE=\frac{DE\ \text{Sen}\ \alpha}{\text{Sen}\ \Delta}$$

Conocido el valor de Δ, se calcula T por la fórmula: $T=R.\ \tan\frac{1}{2}\Delta$

Si al valor de T le restamos OD, obtendremos lo que hay que medir de D hacia A para localizar el P. C.

De la misma manera, si al valor de T le restamos OE, obtenemos lo que hay que medir desde E hacia B para localizar el P. T.

Cuando el P. I. es inaccesible se puede poner también el P. T. con la cuerda larga $C=2R\ \text{sen}\frac{1}{2}\ \Delta$ tomando del dibujo el P. C.

Localizar una curva cuando el P. C. es inaccesible.—Supongamos que en un tramo inaccesible de curva, Ap, p es el primer punto accesible. (Fig. 16)

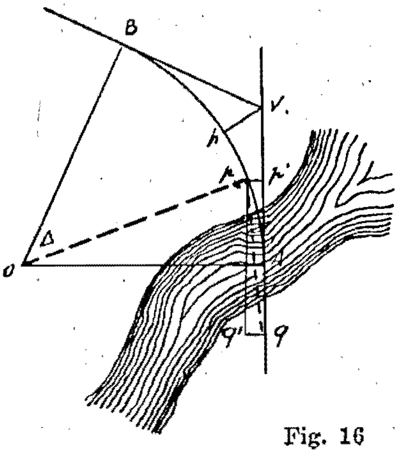

Fig. 16

De la ecuación: $\Delta = \frac{a \times L}{20}$, tenemos:

$$pOA = \frac{a \times Ap}{20}$$

$$Ap' = R.\ \mathrm{sen}\ pOA$$
$$p'p = R.\ \mathrm{vers}\ pOA$$
$$Vp' = VA - Ap'$$

Midiendo Vp' y p'p, para localizar un punto de tránsito en p, y midiendo una ordenada igual desde algún punto de tránsito sobre la tangente, como qq', obtendremos una línea, pq', paralela a la tangente; luégo, desde p, se deflecta un ángulo igual a pOA, para obtener la dirección de la tangente a través del punto p.

En caso de inconvenientes para medir la segunda ordenada, qq', se puede colocar el aparato en p, orientar el telescopio en la dirección pq y deflectar el ángulo qpq' cuya tangente es qp'; de esta manera obtendremos la línea pq' paralela a la tangente. También puede mirarse a V, transitar y deflectar el ángulo pVp' cuya tangente es $\frac{pp'}{Vp'}$ y así tendremos el telescopio en la dirección pq'; luégo, para orientarlo en el sentido de la tangente, se procede como quedó indicado arriba.

También es fácil poner la bisectriz del ángulo AVB, y sobre ella marcar la distancia Vh, dada por la fórmula $Vh = \tan \frac{1}{4} \Delta$. Obtenido el punto h, se traza allí una perpendicular a la línea hV, y esta perpendicular es la tangente a la curva en el punto **h**; con esta tangente se puede localizar la curva en ambas direcciones.

También se puede localizar la curva al revés, desde el P. T., por el método de las deflecciones. Para el efecto de la numeración de la abscisa correspondiente al P. C. se hace una cosa análoga a lo que se indicará al estudiar el caso en el que el P. T. es inaccesible.

Localizar una curva cuando el P. I. y el P. C. son inaccesibles.—De un punto p, en la tangente, se traza una línea pq' a la otra tangente, y así se determina el P. C., como quedó explicado en el primer ejemplo.

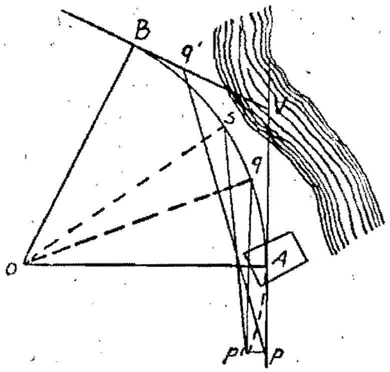

Fig. 17

Supongamos la curva prolongada hasta **p'**, sobre la ordenada perpendicular, pp'; entonces:

sen p'OA$=\frac{PA}{R}$ y pp'=R vers p'OA

Habiendo localizado el punto p', se traza una cuerda paralela, p'q, que nos dará sobre la curva el punto q por la igualdad: p'q=2×pA.

Con el aparato colocado en q y orientado en la dirección qp', se deflecta un ángulo igual a p'OA, y obtendremos una tangente a la curva en el punto q.

Si por causa de un obstáculo es imposible trazar la cuerda p'q, se aprovecha otra cuerda, p's, por ejemplo, deflectando de la dirección p'q, el ángulo qp's=½ (qOs). La longitud de la cuerda p's= 2R sen (pOA+qp's).

Con el aparato colocado en el punto s, y orientado en la dirección sp', deflectamos un ángulo igual a (p'OA+qp's) y obtendremos la tangente a la curva en el punto s.

Localizar una curva cuando el P. T. es inaccesible.—Supongamos, como en el caso de la figura que el P. T. cayó dentro de una casa y es imposible determinarlo.

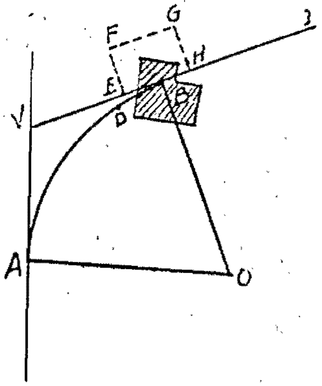

Fig. 18

El modo de solucionar este problema es muy sencillo: por el método ya conocido de las deflecciones se determinan desde el P. C. todos los puntos de la curva posibles, hasta llegar, por ejemplo, al punto D tan cercano al obstáculo como sea posible. Ahora, para el efecto de la continuación de la numeración, como se sabe a qué distancia de V ha de quedar el P. T., lo que se hace es que se comienza a medir la tangente desde V y cuando ya se vaya a llegar al obstáculo, (p. ej. en D en la fig. 18) se vence éste de la manera indicada en la fig., por medio de la construcción auxiliar EFGH u otra que la substituya; de esta manera se pasa la medida de la tangente desde V hasta H. Conocida la longitud VH y conocida también la tangente VB, la diferencia dará la longitud BH; y como se conoce la abscisa del P. T., se conocerá entonces la del punto H, y así se podrá continuar con la numeración a todo lo largo de la tangente HI.

Localizar una curva cuando hay necesidad de salvar un obstáculo.—Sea, p. ej., el caso representado en la fig. 19, en el que al localizar sobre el terreno la cuerda CE de la curva se tropieza con el obstáculo F.

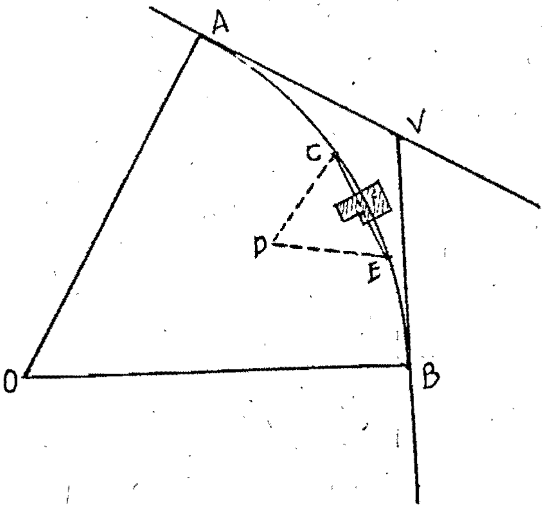

Fig. 19

Este caso se resuelve así: Después de localizar desde A todos los puntos de la curva anteriores al obstáculo, se localiza con estaca y puntilla el punto C que es uno de los que corresponden a dicha curva; luégo se pasa el aparato a dicho punto, en donde se centra y se nivela; por el método indicado antes se orienta el telescopio en la dirección de la cuerda CE; pero como no se puede medir directamente esta cuerda, se apela a la construcción auxiliar CDE. Suponiendo que la cuerda CE sea de 10 m. entonces, una vez orientado el tránsito en la dirección CE, se deflecta un ángulo ECD de 60º, se mide una distancia de 10 m. y así se determina el punto con estaca y tachuela; luégo se centra el aparato en dicho punto, se toma línea en C, se deflecta otro ángulo CDE igual también a 60º y se miden en esta nueva dirección 10 m. Es evidente que el punto E así determinado pertenece a la curva y queda así salvado el obstáculo. Luégo se pasa el aparato al P. T. y se cierra la curva en el punto E.

En lugar de esta construcción se puede apelar a la de un rectángulo o a la de un triángulo isósceles, pero aquélla se escoge casi siempre por ser la más sencilla de ejecutar.

Además, la curva entera o una parte de ella, puede ser trazada por ordenadas sobre la tangente o sobre la cuerda larga, como queda explicado atrás.

En caso de que alguna distancia de la curva deba ser medida por triangulación, como en el caso de atravesar un río, debe elegirse una cuerda larga cuyos extremos sean accesibles, y la triangulación se hace sobre esta cuerda o sobre una parte de ella, como si se tratara de una línea recta cualquiera.

CURVAS COMPUESTAS

Cuando en un trazado dos curvas tienen una tangente común en su punto de unión y ambas quedan al mismo lado de la tangente común, se dice que las dos curvas forman una **curva compuesta** (véase la fig. 20).

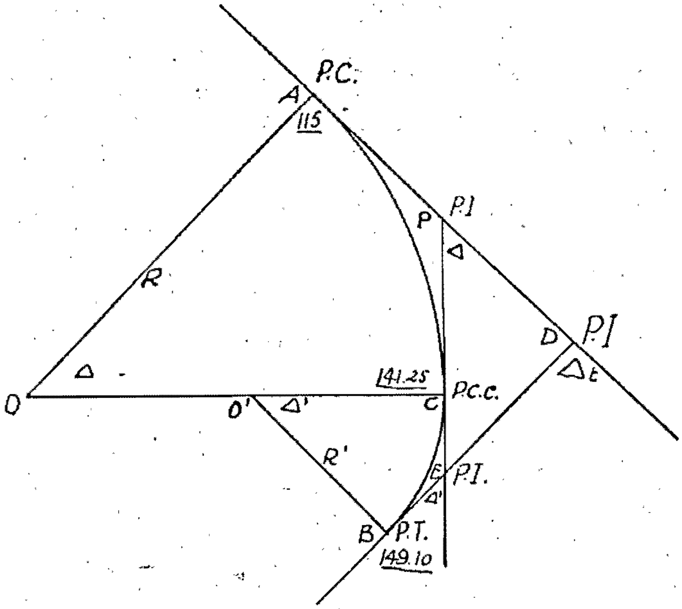

Fig. 20

Si de estas curvas queda una a un lado y otra al otro lado de la tangente común, entonces se dice que las dos curvas forman una **curva reversa.** En una **curva compuesta** el punto C de las dos curvas se denomina el P. C. C.

En una **curva reversa** dicho punto se llama el P. R. C.

Estudio de la curva compuesta.—El punto de intersección, D, de las tangentes AP y BE, es el P. I. común para las dos curvas.

Los números subrayados indican las abscisas.

El ángulo en el P. I. común, se denomina Δ_t y $\Delta_t = \Delta + \Delta'$

Entonces, tenemos como en la curva simple:

$$AP=PC=R.\ \tan\frac{\Delta}{2}$$

$$CE=EB=R'.\ \tan\frac{\Delta'}{2}$$

$$\left.\begin{array}{r}\text{Ahora bien: } AD=AP+PD \\ \text{y } BD=EB+ED\end{array}\right\}\ \text{Tangentes totales}$$

Los puntos P (P. I. de la primera curva), E (P. I. de la segunda) y D (P. I. común), nos dan el triángulo PED, del cual sacamos los valores de PD y ED, tangentes comunes, así:

$$\frac{PD}{\text{Sen }\Delta'}=\frac{PC+CE}{\text{Sen}[180\text{-}(\Delta+\Delta')]}\ \therefore PD=\frac{(PC+CE)\ \text{Sen }\Delta'}{\text{Sen}[180\text{-}(\Delta+\Delta')]}$$

$$\frac{ED}{\text{Sen}\Delta}=\frac{PC+CE}{\text{SEN}[180\text{-}(\Delta+\Delta')]}\ \therefore ED=\frac{(PC+CE)\ \text{Sen }\Delta}{\text{Sen}[180\text{-}(\Delta+\Delta')]}$$

Ejemplo para una curva compuesta (en carreteras)

G de la primera curva=8°
G de la segunda curva=14°

$$\Delta=42^{\circ}\ \text{y}\ \Delta'=22^{\circ}\ \therefore\ \Delta t=64^{\circ}.$$

Ahora bien:

$$AP=PC=R.\ \tan 21^{\circ}=275{,}15$$
$$EB=CE=R\ \tan 11^{\circ}=79{,}75$$
$$PD=\frac{354{,}90\ \text{sen }22^{\circ}}{\text{sen }116^{\circ}}=147{,}92$$
$$ED=\frac{354{,}90\times\text{sen }42^{\circ}}{\text{sen }116^{\circ}}=264{,}21$$

Luego $AD=AP+PD=275{,}15+147{,}92=423{,}07$
$BD=EB+ED=79{,}75+264{,}21=343{,}96$

De donde $AD=AP+PD=275{,}15+147{,}92=423{,}07$
$BD=EB+ED=79{,}75+264{,}21=343{,}96$

Luégo se miden, a partir del P. I. común, 423,07 metros hacia A y 343,96 metros hacia B, y se tiene el P. C. y el P. T. de la curva compuesta. (Véase la fig. 20).

Por lo tanto: P. I.=538,07
P. C.=538,07—423,07=115
P. T.=538,07+343,96=882,03
P. T. (por la curva)=115+26,25 +7,85=149,10

$$\text{Porque: } L=\frac{5\Delta}{G}=\frac{5\times 42}{8}=26{,}25$$

$$L'=\frac{5\Delta'}{G'}=\frac{5\times 22}{14}=7{,}85$$

Luego el punto C estará a 115+26,25=141,25.
el punto B estará a 141,25+7,85=149,10

Después se calcula la curva, así:

	Abscisa	Deflección
P. C.	115	0°-
	120	4°-
	125	8°-
	130	12°-
	135	16°-
	140	20°-
P. C. C.	141,25	21°-
	145	26°-15'
P. T	149,10	32°-

Para el trazado de la primera curva se procede como si fuera una sola, siendo la deflección para el P. C. C. igual a $\frac{\Delta}{2}$. Al llegar al P. C. C., se pasa el aparato a este punto y de ahí se puede seguir de dos maneras:

1ª.—Se pone en cero, se mira el P. C., se transita y se deflectan sucesivamente 26°-15' y 32°; de este modo debe obtenerse:

$$\text{Deflección para el P. T.} = \frac{\Delta_t}{2}$$

2ª.—Se pone en 21° el vernier en sentido contrario a aquél en que se deflecta la curva, se mira al P. C. y se transita; se pone el vernier en cero para ponerse en tangente y luégo se deflectan 5°-15' y 11°; de este modo, la deflección para el P. T. debe ser igual a $\frac{\Delta'}{2}$. Es más recomendable el primer método.

MODELO DE NOTAS DE CAMPO

Localización de la Estación 66136,79 en adelante

Página de la izquierda — **Página de la derecha**

Est.	Ptos.	Defl.	Datos de las curvas	Rumbos Mag. y Cal.	Observaciones
66310					66311,37 = 66270
300					Localizada Preliminar
290					
280					
270					66268,87 = 66229
265,87	P. T.	21°-45'		S61°-E	Localizada Preliminar
260		19°-59'	T=38,17	(S61°-04'E)	
250		16°-59'	L=72,50		
240		13°-59'	D=12°		
230		10°-59'	$\triangle$=43°-30 I		
220		7°-59'			
210		4°-59'			
200		1°-59'			
193,37	P. C.				
190					
180					
170				S17°-30' E	
160				(S17°-35'E)	
150					
140					
66136,79					66099 = 66136,79
					Preliminar Localizada

TABLA PARA EL TRAZADO DE CURVAS CON CUERDAS DE 20 METROS (SISTEMA METRICO)

Grado G	Radio R	Logtmo. del radio	Grado G	Radio R	Logtmo. del radio
0º-20'	3437,75	3.536274	8º-20'	137,63	2.138717
1º-00'	1145,93	3.059158	9º-00'	127,45	2.105357
1º-20'	859,46	2.934224	9º-20'	122,91	2.089596
2º-00'	572,99	2.758145	10º-00'	114,74	2.059704
2º-20'	491,14	2.691206	10º-20'	111,05	2.045501
3º-00	382,02	2.582081	11º-00'	104,33	2.018427
3º-20'	343,82	2.536335	11º-20'	101,28	2.005503
4º-00'	286,54	2.457181	12º-00'	95,67	1.980765
4º-20'	264,51	2.422434	12º-20'	93,09	1.968911
5º-00'	229,26	2.360320	13º-00'	88,34	1.946141
5º-20'	214,94	2.332311	13º-20'	86,14	1.935194
6º-00'	191,07	2.281200	14º-00'	82,06	1.914106
6º-20'	181,03	2.257741	14º-20'	80,16	1.903938
7º-00'	163,80	2.214325	15º-00'	76,61	1.884302
7º-20'	156,37	2.194148	16º-00'	71,85	1.856445
8º-00'	143,36	2.156415			

Comparación entre las curvas del sistema métrico (cuerda de 20 mts.) y las curvas en el sistema americano (cuerda de 100 pies).

Como entre nosotros es muy común el uso de las carteras americanas, es bueno que se sepa la equivalencia de un sistema a otro para poder usar las tablas americanas de radio y de funciones para la curva de 1º en el trazado con cuerdas de 20 mts.

La cuerda de 100 pies, con que se miden las curvas en el sistema americano, es 5 veces menor que la cuerda de 20 mts. empleada en el sistema métrico (naturalmente se entiende que es números absolutos). De manera que para usar bien las tablas americanas dichas, basta multiplicar el grado G por 5 y con ese valor como grado verdadero se usa la tabla, obteniendo un resultado correcto en metros directamente.

Ejemplo: $G=10^\circ$
$\Delta=80^\circ$

Para un Δ de 80º la tabla de funciones para un grado en cualquier cartera americana da T=4807.7 pies. Para reducirlo al sistema métrico se hará así:

$$T=\frac{4807.7}{10 \times 5}=96.15$$

que es la tangente en el sistema métrico calculada con la fórmula $T=R \tan \frac{1}{2}\Delta$

De la misma manera se haría para buscar en las tablas la secante externa E.

Para averiguar el radio R de una curva de grado G, conociendo el radio de la curva de 1º se procede así:

Ejemplo: G=8° ∴ R=143,35 en sistema métrico.

En el sistema americano se averigua dividiendo 5.730 pies por 8×5=40, así:

$$R=\frac{5730}{8\times 5}=143.26.$$

Si se emplean las tablas de radios, bastará dividir el valor tabular en pies por 5 para obtener el radio en mts. así: la tabla da para 8 grados 716,18 pies; dividiendo por 5 da $R=\frac{716.18}{5}=143.35$ que es el radio en el sistema métrico.