

**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES  
"TOPOGRAFIA ELEMENTAL"

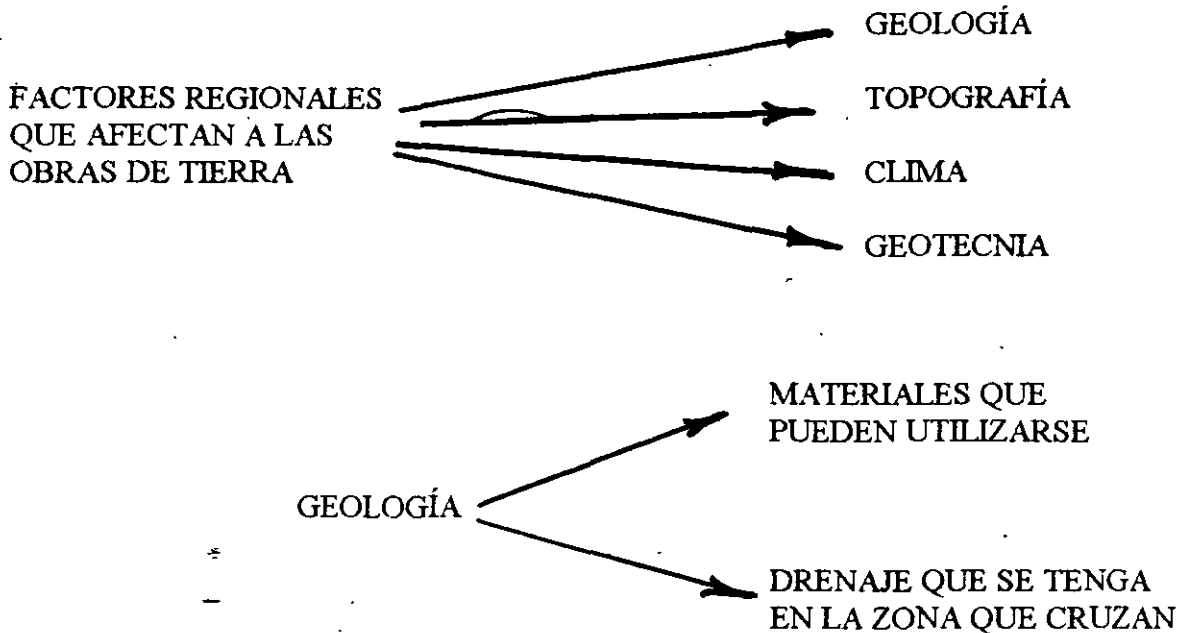
DEL 26 AL 30 DE MAYO

CAMINOS Y PUENTES FEDERALES

MATERIAL DIDACTICO

ING. RAÚL IBARRA RUIZ  
LA "PERA" CUERNAVACA"  
1997

## ELEMENTOS BASICOS DE ESTUDIOS TOPO-HIDRÁULICOS



POR LO CUAL ES CONVENIENTE CONOCER LA FORMACIÓN Y LOS ACCIDENTES GEOLÓGICOS QUE SE PRESENTAN:  
POR EJEMPLO: SI LA ROCA ES MASIVA O FRACTURADA, SI LOS SUELOS SON ARENOSOS O ARCILLOSOS.

TRATANDOSE DE LOS MANTOS ROCOSOS Y BANCOS DE AGLOMERADOS:

- ELECCIÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
- TRATAMIENTOS NECESARIOS
- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN
- COSTOS

POR LO QUE SE REFIERE A LA TOPOGRAFÍA Y AL CLIMA DEFINEN LA POSICIÓN DE LA RASANTE Y EL DRENAJE. ZONAS CON TEMPERATURAS ALTAS REQUIEREN CARPETAS ASFÁLTICAS DE MAYOR ESTABILIDAD.

LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS O GEOTÉCNICAS DEL SUELO SERÁN LAS QUE INTERVENGAN EN EL PROYECTO Y CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN DE ALCANTARILLAS Y PUENTES Y EN EL USO DE LOS MATERIALES Y SUS COSTOS.

PARA LLEVAR A BUEN TÉRMINO UNA OBRA ES NECESARIO CONOCER

CON DETALLE ESTAS CARACTERÍSTICAS A TRAVÉS DE LAS ZONAS EN QUE SE LOCALIZA, DURANTE LAS TRES ETAPAS PRINCIPALES:

A).- ELECCIÓN DE RUTA

B).- ANTEPROYECTO

C).- PROYECTO DEFINITIVO.

A).- ELECCIÓN DE RUTA:- INTERVIENEN : INGENIEROS ESPECIALISTAS EN PROYECTO, ESPECIALISTAS EN PLANEACIÓN Y GEÓLOGOS.

SE HACE UN EXHAUSTIVO ACOPIO DE DATOS DE LA REGIÓN:

- MAPAS CON CURVAS DE NIVEL

- CLIMA

- GEOLÓGICOS

- PLANOS FOTOGRAFÉTRICOS

- FOTOGRAFÍAS AEREAS

SE PROPONEN VARIAS ALTERNATIVAS QUE SE RECORREN PRIMERO CON VUELOS ALTOS EN AVIONETAS, POSTERIORMENTE SE ESTUDIAN LAS MÁS VIABLES POR MEDIO DE HELICÓPTEROS CON LOS CUALES SE REALIZAN VUELOS BAJOS QUE PERMITEN ESTUDIAR EN FORMA DIRECTA PROBLEMAS IMPORTANTES.

EN ESTA ETAPA SE PUEDEN RECABAR DATOS DE :

- PENDIENTES TRANSVERSALES DEL TERRENO

- POSIBLE PENDIENTE LONGITUDINAL

- TIPO Y DENSIDAD DEL DRENAJE

-FALLAS ESTRUCTURALES

-ZONAS PANTANOSAS Y DE INUNDACIÓN

B).-ANTEPROYECTO:- SE REQUIERE CONOCER CON DETALLE LA TOPOGRAFÍA EN UN ANCHO DE 100 M. APROXIMADAMENTE A CADA LADO DE LA LÍNEA ACEPTADA COMO PROBABLE EN LA PRIMERA ETAPA.

SE REALIZAN ESTOS ESTUDIOS POR:

-MEDIO TRADICIONAL DE BRIGADAS TERRESTRES

-MEDIOS FOTOGRAMÉTRICOS ELECTRÓNICOS

-INGENIEROS GEÓLOGOS QUE REALIZAN INSPECCIONES A DIFERENTES PUNTOS DE CONTROL PARA VERIFICAR Y AFINAR LA FOTOINTERPRETACIÓN REALIZADA Y ESTUDIAR CON DETALLE ALGUNOS FENÓMENOS QUE CONSIDERAN DE IMPORTANCIA.

-INGENIEROS HIDRÓLOGOS QUE DETALLAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE Y DE HIDROLOGÍA A LO LARGO DE LA RUTA, RECABAN DATOS DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL.

-ESPECIALISTAS EN MECÁNICA DE SUELOS: REALIZAN ESTUDIOS GENERALES PARA FAMILIARIZARSE CON LA ZONA.

-EN GABINETE SE PROYECTA LA LÍNEA DEFINITIVA EN FOTOGRAFÍAS AÉREAS A ESCALA 1: 10,000 Ó 1: 5,000 Y EN PLANTAS TOPOGRÁFICAS ESCALA 1: 2,000 CON PERFILES DEDUCIDOS ESCALA 1: 2'000,000

C).- PROYECTO DEFINITIVO:- SE HACEN LOS ESTUDIOS NECESARIOS PARA OBTENER LOS PLANOS DETALLADOS COMO SON:

-PROYECTO HORIZONTAL:- PLANTA A ESCALA 1: 2,000 EN LA QUE SE INCLUYE LA POSICIÓN , TIPO Y DIMENSIONES DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y LA CURVA MASA .

-PROYECTO GEOMÉTRICO

EN ESTA ETAPA INTERVIENEN:

- EL INGENIERO GEÓLOGO ASESORANDO A LOS ESPECIALISTAS QUE REALIZAN LOS ESTUDIOS DEFINITIVOS.

-INGENIEROS HIDRÓLOGOS EN LA LOCALIZACIÓN Y PROYECTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE.

-INGENIEROS ESPECIALISTAS EN GEOTÉCNIA QUIENES PROPORCIONAN DATOS SOBRE:

- a).- CAPACIDAD DE CARGA PARA LAS CIMENTACIONES DE LAS TERRACERÍAS Y OBRAS DE DRENAJE.
- b).- PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS.
- c).- CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES
- d).- POSIBLES PROBLEMAS DE SUB-DRENAJE Y FORMA DE RESOLVERLOS.
- e).- LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS DE MATERIALES.

#### DRENAJE EN VIAS TERRESTRES

UNO DE LOS ELEMENTOS QUE MAYORES PROBLEMAS CAUSA A LOS CAMINOS, SINO EL QUE MÁS, ES EL AGUA, YA QUE EN GENERAL PROVOCA LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS SUELOS, POR LO QUE SE PRESEN-

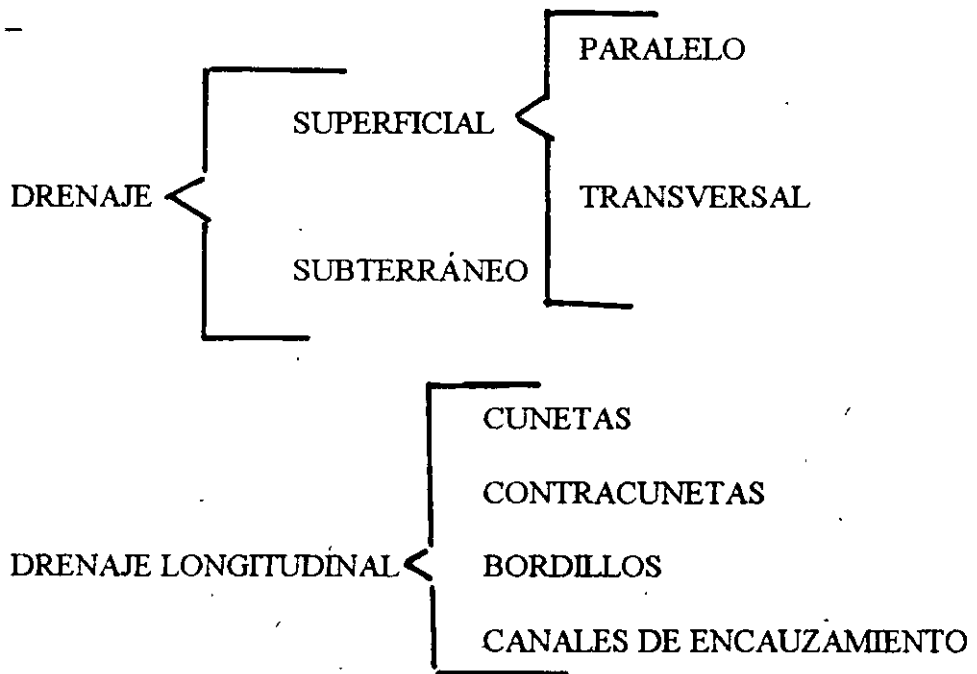
TAN FALLAS EN TERRAPLENES, CORTES Y SUPERFICIES DE RODAMIENTO.

### DRENAJE ARTIFICIAL

CONJUNTO DE OBRAS QUE SIRVEN PARA CAPTAR, CONDUCIR Y ALEJAR DEL CAMINO AL AGUA QUE PUEDE CAUSARLE PROBLEMAS.

LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS CUENCAS SE VERÁN AFECTADAS AL CONSTRUIRSE EL CAMINO, POR EJEMPLO CON LOS DESMONTES .

EL ESTUDIO DEL DRENAJE DEBE INICIARSE DESDE LA ELECCIÓN DE LA RUTA, PARA LO CUAL SE DEBERÁ ELEGIR LA ZONA QUE PROVOQUE MENOS PROBLEMAS DE ESCURRIMIENTO.



TIENE POR OBJETO CAPTAR LOS ESCURRIMIENTOS PARA EVITAR QUE LLEGUEN AL CAMINO O PERMANEZCAN EN ÉL.

EL DRENAJE TRANSVERSAL ES EL QUE TIENE POR OBJETO DAR PASO EXPE-

DITO AL AGUA QUE CRUZA DE UN LADO AL OTRO DEL CAMINO, O BIEN,  
RETIRAR LO MÁS PRONTO POSIBLE EL AGUA DE SU CORONA.

LO CONSTITUYEN:

- TUBOS
- LOSAS
- CAJONES
- .-BÓVEDAS
- .-LAVADEROS
- .-VADOS
- .-SIFONES INVERTIDOS
- .-PUENTES
- .-BOMBEO DE LA CORONA

DE ACUERDO A LA DIMENSIÓN DEL CLARO SE DIVIDE EN:

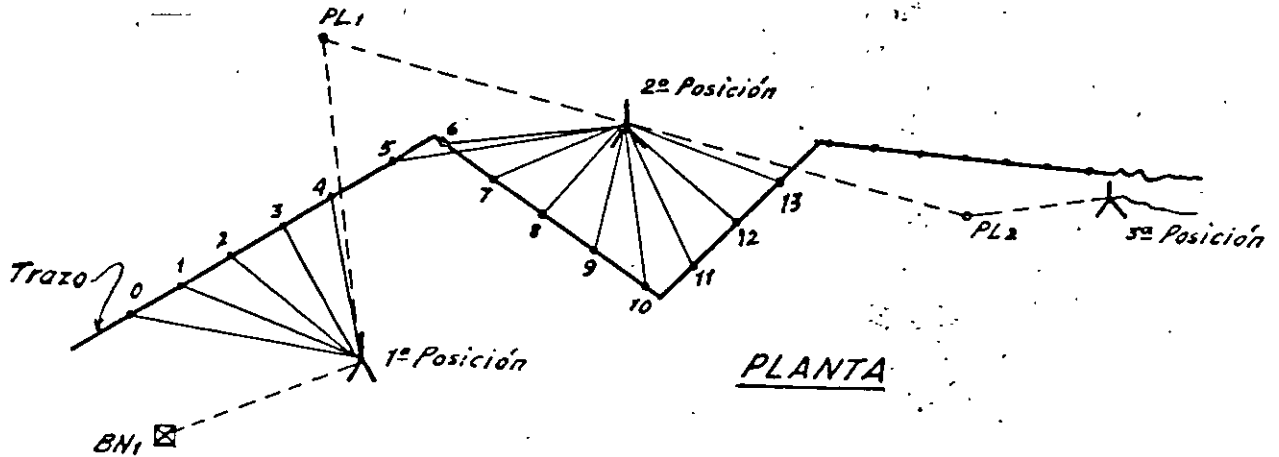
MENOR:- CLARO MENOR A 6.00 M (ALCANTARILLADO)

MAYOR:-CLARO MAYOR A 6.00 M. (PUENTES)

#### CUNETAS

CANALES QUE SE HACEN A LOS LADOS DEL CAMINO EN CORTES Y TIENEN  
COMO FUNCIÓN INTERCEPTAR EL AGUA QUE ESCURRE DE LA CORONA, DEL  
TALUD DEL CORTE Y DEL TERRENO NATURAL ADYACENTE, PARA  
CONDUCLRLA HACIA UNA CORRIENTE NATURAL O A UNA OBRA TRANSVER-  
SAL PARA ALEJARLA LO MÁS PRONTO POSIBLE DE LA ZONA QUE OCUPA EL  
CAMINO.

Los (PL) pueden ser puntos del trazo, si reúnen los requisitos para ello.



### REGISTRO

Trabajo \_\_\_\_\_ Observador \_\_\_\_\_  
 Lugar \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_ Aparato \_\_\_\_\_

*Anotaciones en la 1ª posición del aparato*

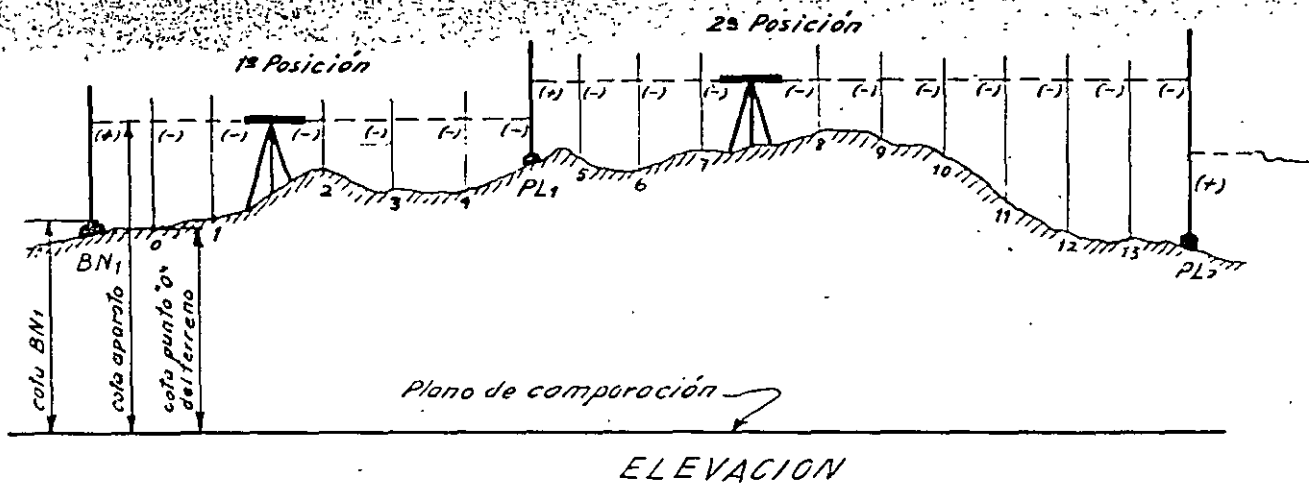
*Anotaciones en la 2ª posición del aparato*

P.O. <sup>o</sup>	+	Cota Aparato	lecturas (-) BN y PL	Puntos (-)	Cotas
BN <sub>1</sub>	2.950	52.950			50.000
0			(-)	2.668	50.282
1			(-)	2.391	50.559
2			(-)	1.955	50.995
3			(-)	1.447	51.503
4			(-)	1.582	51.368
PL <sub>1</sub>	1.666	54.224	(-)	0.392	52.558
5			(-)	0.590	53.634
6				0.591	53.633
7				0.912	53.312
8				1.235	52.989
etc.				etc.	
PL <sub>2</sub>				3.699	50.525
BN <sub>2</sub>					Cota BN <sub>2</sub>

$\Sigma (+)$

$\Sigma (-)$





### ELEVACION

Nótese que los puntos de partida y llegada son bancos, para controlar y poder comprobar la nivelación.

Si no se tienen cotas ya establecidas, puede suponerse una cualquiera para un banco, de tal magnitud que no vayan a resultar cotas negativas a los puntos del perfil.

Comprobación.— Se lleva una nivelación diferencial por los (PL), de BN<sub>2</sub> a BN<sub>1</sub> (de regreso) para llegar a la cota de partida, conocida, de BN<sub>1</sub>. Lo más probable es que haya una diferencia (error) cuyo valor máximo aceptable será la tolerancia fijada.

Conviene revisar previamente el registro tomando únicamente las columnas 1a., 2a., y 4a., que constituyen una nivelación diferencial de BN<sub>1</sub> a BN<sub>2</sub>, debiendo cumplirse que:

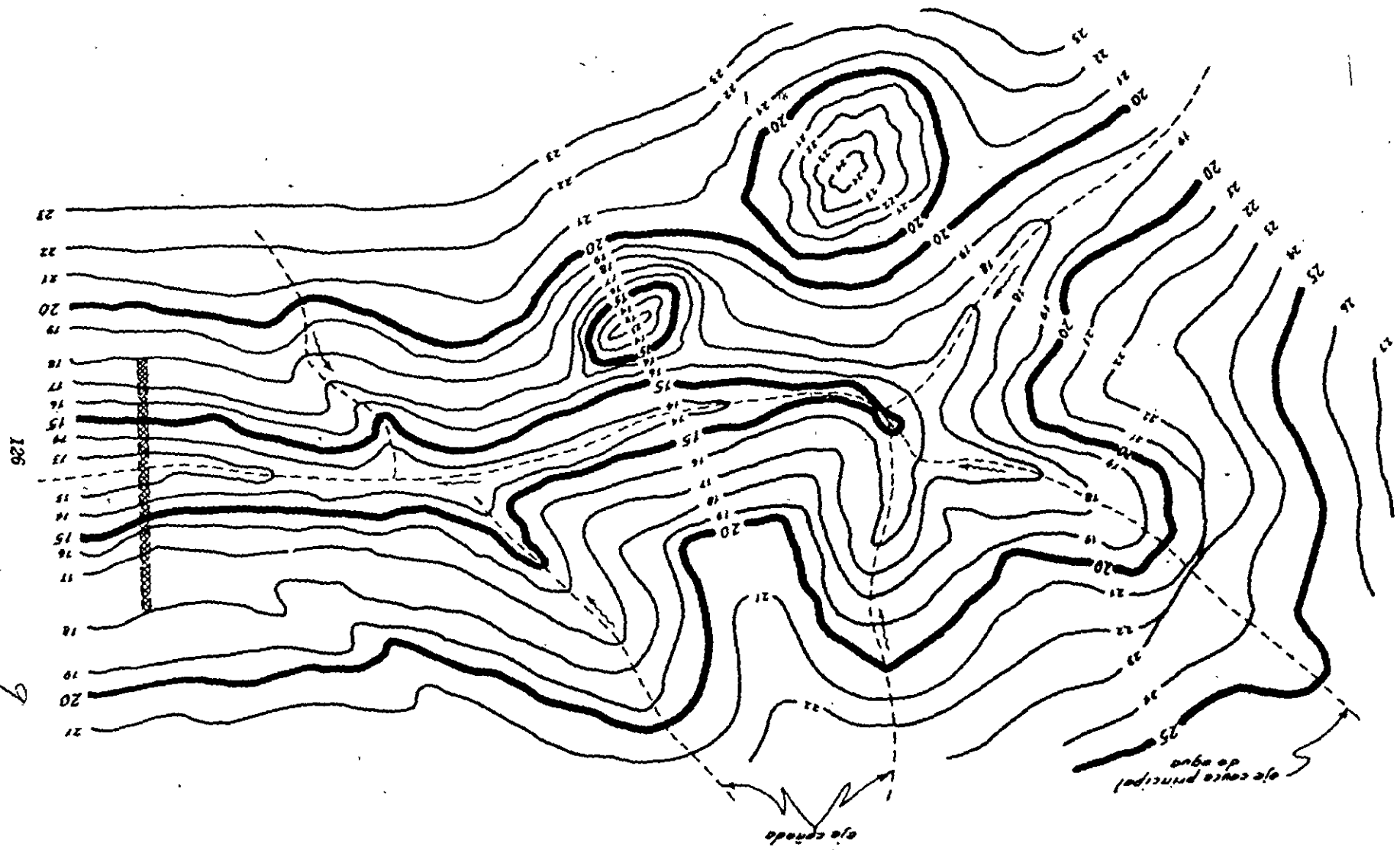
$$[\Sigma (+)] - [\Sigma (-)] = \text{desnivel de BN}_1 \text{ a BN}_2$$

Con lo cual conocida la cota de BN<sub>1</sub>, directamente se determina la cota de BN<sub>2</sub> para comprobar la obtenida a través de la nivelación de perfil.

Esto NO es comprobación de la nivelación, sino simplemente comprueba las operaciones aritméticas del registro.

Teniendo ya las cotas de todos los puntos del terreno y sus distancias, se puede dibujar el perfil del trazo.

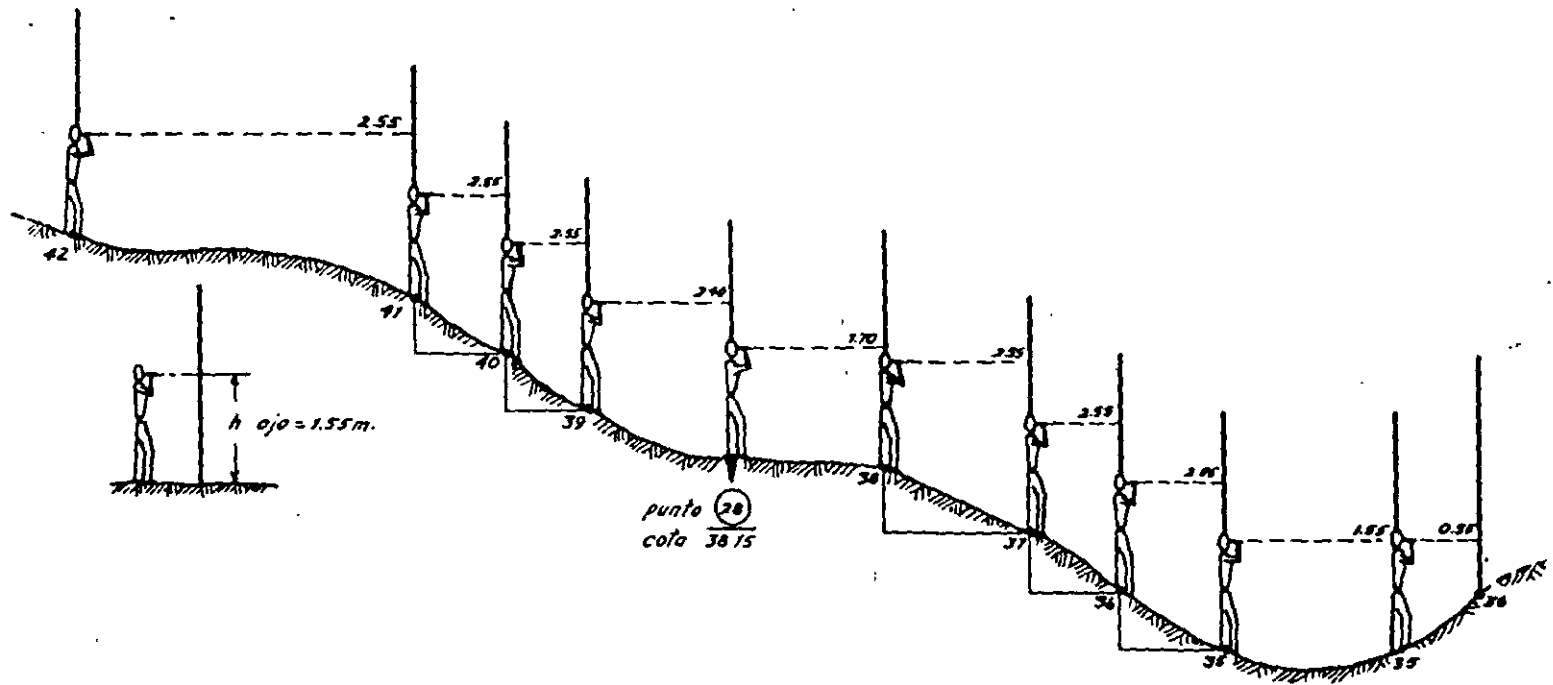
Si las escalas horizontal y vertical son iguales se obtiene un perfil normal. En algunos casos se aminora la escala vertical para exagerar y apreciar mejor los desniveles.



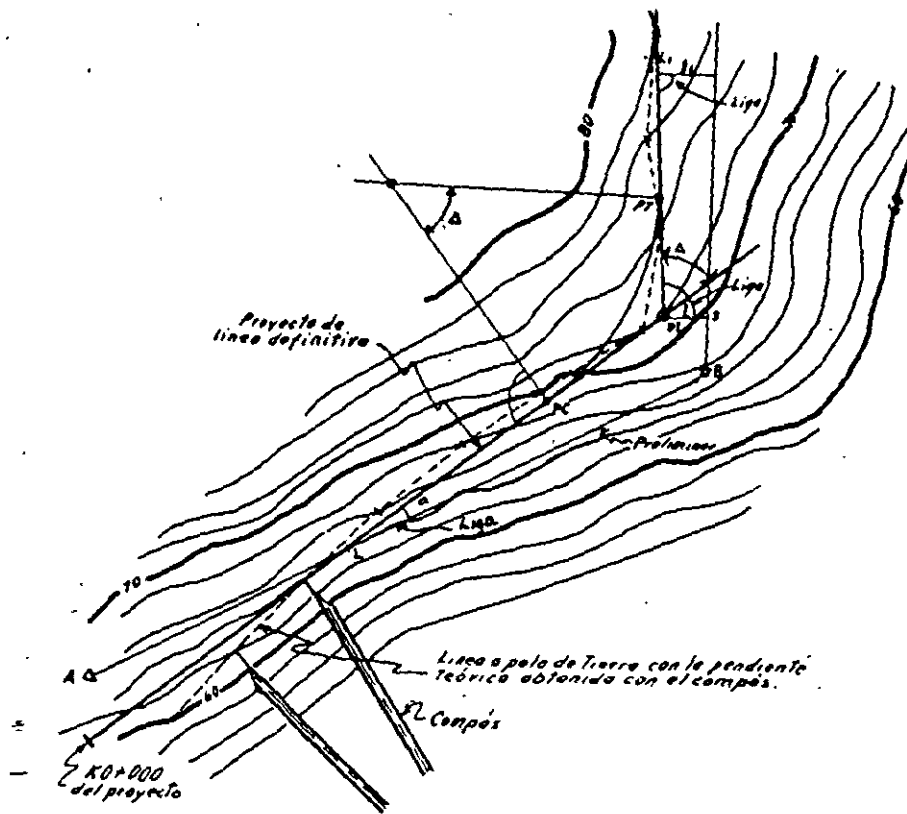
126

9

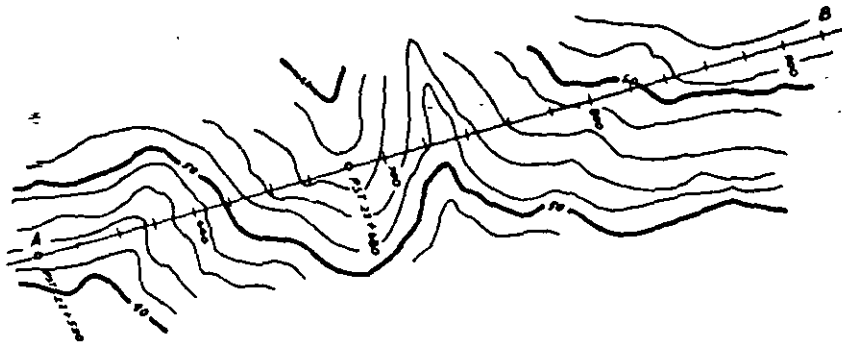
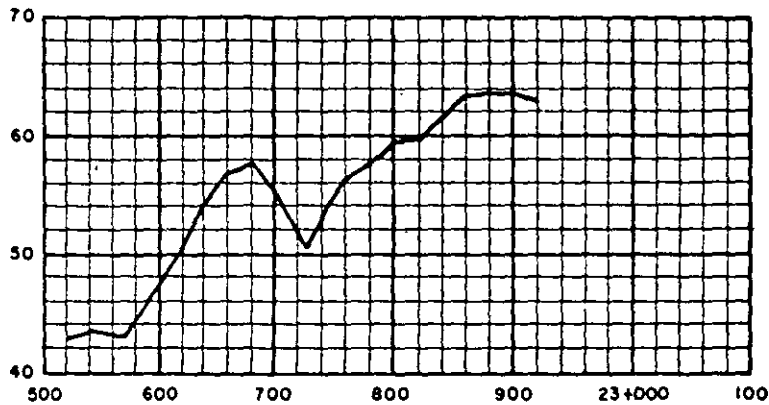
130



10



2<sup>a</sup> Perfil del eje proyectado. En la misma forma vista anteriormente para obtener el dibujo de la sección del terreno según un cierto trazado se puede obtener la sección, o sea el perfil, del eje de la vía proyectado en planta, es decir, se obtiene del plano de la planta el kilometraje correspondiente a los cruces de las curvas de nivel con el eje, y así se van marcando los puntos del perfil, subiendo o bajando de curva a curva de nivel. Cuando una curva de nivel cruce dos veces consecutivas la línea, como sucede en los fondos de escurrideros o contrafuertes, y cimas, se estima por medio de la cercanía de las curvas de nivel adyacentes, la cota de mínima o máxima elevación, y se verá cual es su kilometraje para dibujarla en el perfil.



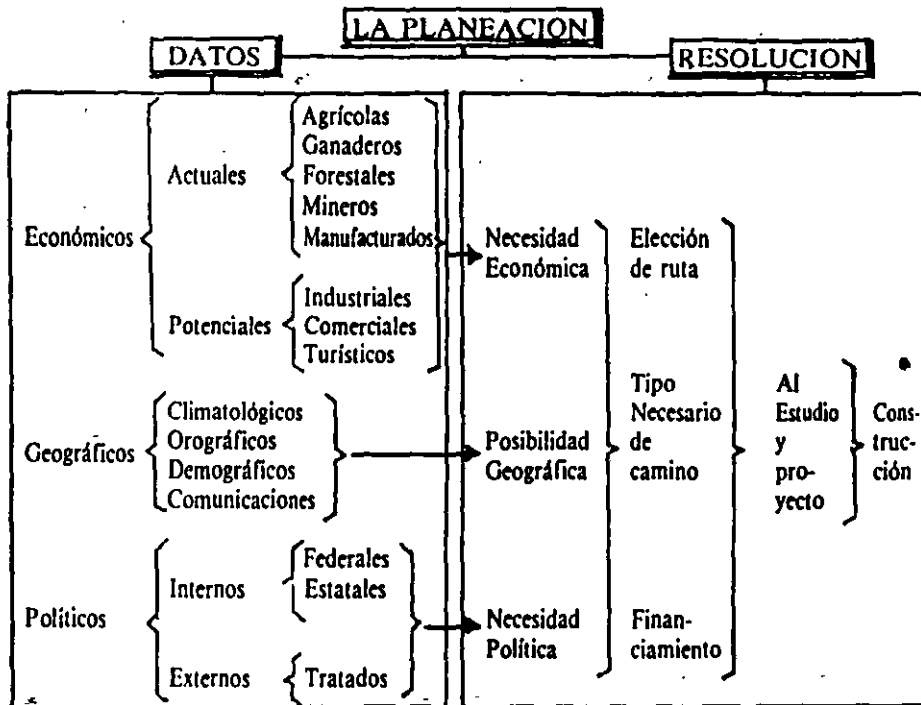
El perfil se dibuja en papel milimétrico, grueso para que no se maltrate al borrar cuando se hagan varios ensayos al trazar la subrasante.

Como los datos para calcular espesores (diferencia de cotas en un punto entre el terreno y la subrasante) y volúmenes, se obtienen gráficamente de este dibujo, para poder tener mayor aproximación en estas medidas, se exageran los desniveles dibujando en la escala vertical de cotas, a una escala que sea cinco o diez veces menor que la vertical,

por ejemplo:  $\left\{ \begin{array}{l} 1: 2,000 \text{ horizontal} \\ 1: 200 \text{ vertical} \end{array} \right.$  ó  $\left\{ \begin{array}{l} 1: 500 \text{ horizontal} \\ 1: 100 \text{ vertical} \end{array} \right.$

Este perfil será entonces el del eje de la vía proyectada, siguiendo por las tangentes (tramos rectos) y curvas horizontales.

3ª Proyecto de la subrasante sobre el perfil.- Se habla de subrasante por que ésta es el perfil del eje de las terracerías terminadas.- La rasante es el perfil de la superficie de rodamiento, o riel, o plantilla de canal, según sea la vía de que se trate, y en general es paralela a la subrasante y desde luego queda sobre ella.



### RECONOCIMIENTO.

Los reconocimientos que se requieren para el proyecto, diseño y construcción de caminos, adquieren mayor importancia que la que tienen los que se realizan para la construcción de otras vías de comunicación ya que al aspecto puramente ingenieril debe añadirse el punto de vista del beneficio social.

El reconocimiento del terreno puede ser aéreo, terrestre o combinado.

#### Reconocimiento aéreo.

Como su nombre lo indica, el reconocimiento aéreo se hace desde el aire por medio de aviones ó helicópteros. Estos vuelos se llevan al cabo con el fin de darse cuenta de la forma general del terreno, la densidadde la vegetación y su tipo, la hidrografía, la cantidad y calidad de las vías de comunicación y de una manera aproximada la constitución geológica del terreno.

El reconocimiento aéreo efectuado en la forma expuesta, da una información general, pero para obtener información más completa es necesario disponer de las fotografías aéreas de toda la zona.

El reconocimiento aéreo ofrece ventajas notables sobre el terrestre, siendo las principales las siguientes:

de la región y de personas conocedoras de la misma pues aunque los datos que proporcionan generalmente son exagerados, resultan de gran utilidad al combinarse con los que toma el localizador durante su estudio. No siempre conviene seguir en la localización los caminos viejos porque con frecuencia dan alineamientos forzados, fuertes pendientes y costo antieconómico.

El localizador recorrerá la ruta que en términos generales se haya fijado previamente y recabará todos los datos necesarios para poder formular el estudio preliminar.

#### **Datos que se deben recoger durante el reconocimiento.**

*a) Ubicación del camino.*- Por ubicación se entiende el Estado de la República en que se encuentra el camino.

*b) Distancias,* medidas aproximadamente, con podómetro o telémetro, recorriéndolas a pié (4 Km/h) o a caballo (6 a 7 Km/h) o bien en un vehículo apropiado.

*c) Direcciones de las líneas,* por medio de la brújula.

*d) Pendientes longitudinales entre los puntos obligados y pendientes transversales,* tomadas con el clisímetro, con el cual se puede ir buscando la línea cuya pendiente se acerque más a la pendiente que deberá tener el camino.

*e) Elevaciones de los puntos obligados y de los que sean característicos del relieve del terreno,* con aneroide o altímetro.

*f) Características generales de la topografía del terreno.*

*g) Recursos naturales y producción de los lugares de paso.*

*h) Condiciones climatológicas de la región.*

*i) Precipitación pluvial a fin de considerar la necesidad de las obras de arte en el estudio del drenaje.*

*jj) Naturaleza del terreno en que se cimentará la construcción.*

*k) Clasificación geológica a que pertenece el material de construcción de que se dispone. Se deben recoger muestras del material para analizarlas en el laboratorio, lo que facilitará la determinación del costo de la obra y de la clase de maquinaria que deba utilizarse.*

*l) Ubicación de bancos y clase de material de revestimiento.*

*m) Volúmenes probables por kilómetro que tendrá el camino, obtenidos con bastante aproximación; con los datos recabados especialmente por lo que hace a pendientes transversales y topografía en general.*

*n) Puntos importantes que se toquen o crucen, como centros agrícolas, ganaderos y mineros, lugares de interés turístico, ríos, barrancas, puertos, etc.*

*o) Propiedades que se toquen, etc.*

La elección de ruta no es sólo un problema técnico y, por tanto, requiere analizar cuidadosamente todas las posibilidades existentes, inclusive las de carácter político y balancear todas las consecuencias, para facilitar la decisión final.

### TRAZO PRELIMINAR

Terminado el reconocimiento del terreno donde posiblemente se ubicará el camino, se procede a trazar una poligonal abierta que ligue todos los puntos obligados que marcó el ingeniero localizador y que siga aproximadamente la dirección y la pendiente que deberá tener el camino que se pretende construir.

La línea preliminar ideal será aquella que, salvo pequeñas modificaciones, pueda servir después como línea definitiva.

#### **Brigada de Trazo.**

Se integra como sigue:

##### *A.- Personal.*

- Ingeniero trazador, jefe de la brigada.
- Cadenero de primera
- Cadenero de segunda
- Peón aparatero
- Peón trompero
- Peones brecheros

##### *B.- Equipo.*

- Tránsito de 1'
- Cinta de acero, de 20 metros
- 2 balizas
- Marro
- Trompos, estacas y tachuelas
- Machetes y hachas.

La misión consiste en buscar en el terreno tangentes largas con deflexiones pequeñas, que satisfagan la condición de pendiente, evitando en lo posible las obras de arte, los tajos profundos y los terraplenes altos. Se procurará que las tangentes se puedan enlazar por curvas en forma fácil y económica.

El trazo de la línea preliminar se hace por el método de deflexiones y la comprobación angular de la poligonal se obtiene por medio de orientaciones astronómicas que se efectúan cada 5 Km o 10 Km.

En zonas montañosas las tangentes son cortas con grandes deflexiones, inversamente en los valles las tangentes son largas con deflexiones pequeñas.

Centrado el tránsito en la estaca inicial y una vez establecido en el terreno el extremo del primer lado de la poligonal, se van clavando estacas cada 20 metros y en los puntos notables hasta llegar al extremo del lado, anotando el kilometraje respectivo, con crayón rojo, en una estaca testigo que se clava procurando que la cara en que se hace la anotación quede hacia el trazador para que



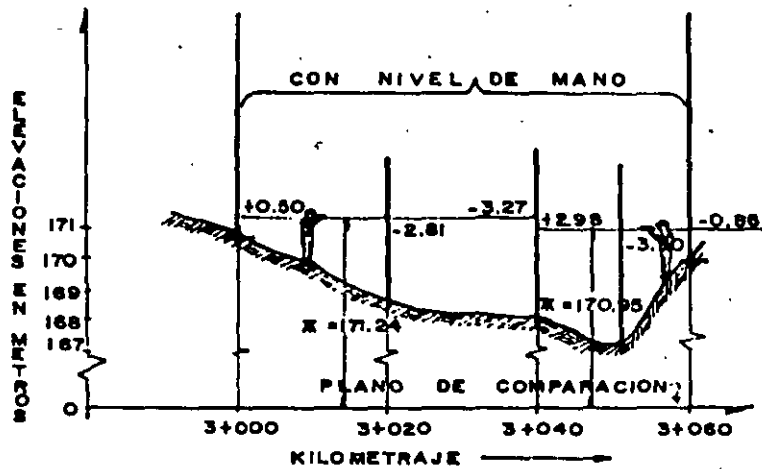


FIGURA No. 120

### SECCIONES TRANSVERSALES.

La configuración del terreno se puede obtener mediante secciones transversales apoyadas en la poligonal que permiten conocer los puntos de cota cerrada o la cota de los puntos de influencia en el perfil de la sección o sea aquellos que determinen el relieve del terreno.

#### Brigada de secciones transversales.

##### A.- Personal.

Topógrafo, jefe de la brigada  
 Estadalero  
 2 cadeneros  
 Peones brecheros

##### B.- Equipo.

Nivel de mano  
 Estadal  
 Cinta de género, de 30 metros  
 1 juego de fichas  
 Machetes y hachas

El ancho de la faja que se levanta depende esencialmente de las condiciones topográficas del terreno; si éste es prácticamente plano, la sección podrá ser de 150 m a 200 m hacia uno y otro lado de la estación considerada y si es accidentado, es recomendable hacerla hasta alcanzar un desnivel de 20 m como máximo.

de nivel y la pendiente gobernadora, se calcula la abertura del compás para que al interceptar con sus puntas dos curvas de nivel consecutivas, la línea imaginaria que une esos dos puntos tenga la pendiente deseada. Por ejemplo, si la equidistancia es de 2 metros y la pendiente es del 4%, la separación entre las puntas del compás deberá ser de 50 metros.

A la misma escala del plano, se toma la separación entre las puntas del compás y partiendo del punto inicial se procede a ascender ó descender, de curva en curva, marcando así los puntos en que una línea ideal encuentre las curvas de nivel dibujadas en el plano. Esta línea quebrada "a pelo de tierra" es la base para proyectar el trazo de la línea definitiva que, con tangentes de la mayor longitud posible, deberá ajustarse lo más que se pueda a la línea "a pelo de tierra".

### ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

El alineamiento horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que lo integran son: tangentes, curvas circulares y curvas de transición.

**TANGENTES.** Las tangentes son los tramos rectos del camino y se unen con curvas que también se apeguen lo más posible a la línea "a pelo de tierra" o compensen su trazo a izquierda y derecha aproximadamente. La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad, ya que las tangentes muy largas son causa potencial de accidentes; la longitud mínima de tangente entre dos curvas consecutivas está definida por la distancia necesaria para dar la sobreelevación y la ampliación en esas curvas.

Las tangentes se pueden cambiar de posición cuando con un nuevo trazo más largo, se eviten curvas o se disminuya por lo menos su curvatura. También puede adoptarse un trazo si reduce la pendiente sin gran aumento de longitud o cuando se sustituyen algunas curvas innecesarias por una sola que permita buena visibilidad y que quede ligada a las curvas anterior y posterior por tangentes de transición adecuadas que hagan del camino una ruta cómoda y segura.

Los rumbos y longitudes de las tangentes proyectadas se calculan con las coordenadas de los P.I. obtenidas gráficamente en el plano de localización.

Cada vez que en el plano la línea definitiva cruce la preliminar, se calculará el kilometraje de ésta que corresponda al punto de cruce así como el ángulo de cruce. Cuando en una longitud de un kilómetro aproximadamente, la línea de proyecto no cruce la preliminar, se determinará gráficamente la distancia que separe ambas líneas escogiendo puntos conocidos, como PI y PST. Estos puntos se llaman ligas y sirven para que el ingeniero inicie el trazo definitivo en uno de ellos y, en lo sucesivo, vaya comprobando que la línea que proyectó en el plano, va siendo trasladada fielmente al terreno.