

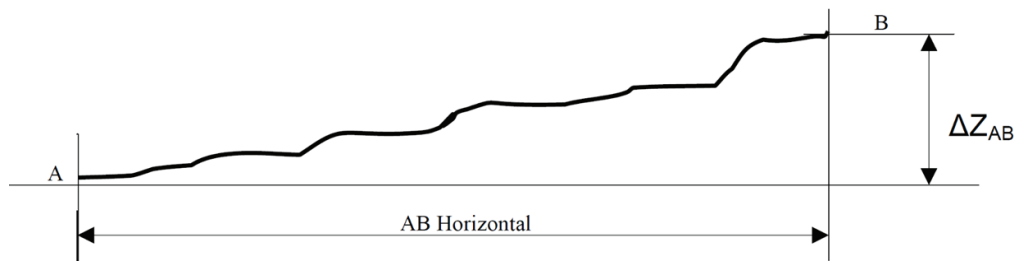


## TEMA 3 - -NIVELACION GEOMETRICA DE PERFILES Y DE SUPERFICIES

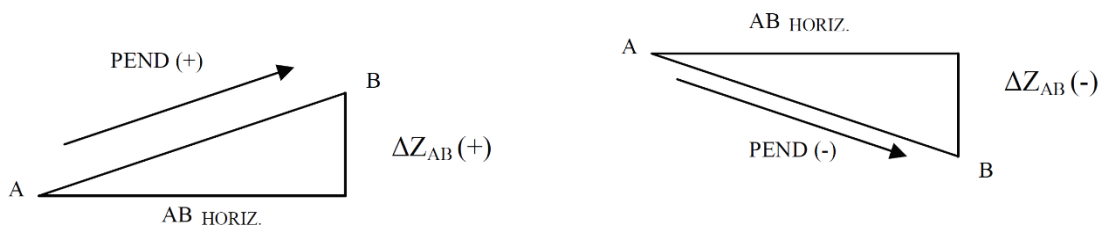
### 1. PENDIENTE

Habiendo visto en Topografía I los tres tipos de nivelación (barométrica, trigonométrica y geométrica), y que por aplicación de algunas de ellas podemos calcular desniveles, definiremos el concepto de pendiente diciendo que la pendiente entre dos puntos es la relación entre el desnivel existente entre ambos con la distancia horizontal que los separa.

$$\text{Pend}_{AB} (\%) = (\Delta Z_{AB} / AB_{\text{HORIZ}}) \times 100$$



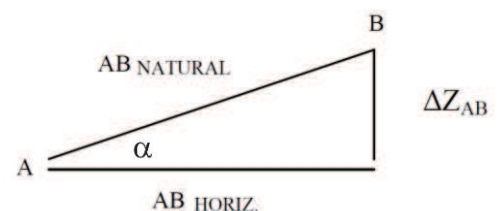
Por ser este un término adimensional, se suele multiplicar por 100 y expresarlo en porcentaje (%). La pendiente en por ciento indica **cuantos metros sube o baja el terreno por cada 100 metros medidos en horizontal**. Decimos que la pendiente es positiva cuando en el sentido de marcha, el terreno sube (B tiene mayor cota que A). Por el contrario, será negativa cuando en el sentido de marcha, el terreno baja (cota de B menor que cota de A)



Es fundamental, para poder determinar el signo de la pendiente, establecer un sentido de marcha; en el caso planteado, dicho sentido es yendo de A hacia B. Debe tenerse presente además que la distancia AB para el cálculo de la pendiente, es la distancia topográfica (distancia AB reducida al horizonte) y no la distancia inclinada o natural.

Si consideramos  $\alpha$ , el ángulo de la inclinación del terreno natural con respecto al horizonte, podemos decir por resolución de triángulos que la pendiente es la tangente del ángulo  $\alpha$ .

$$\text{Tg } \alpha = \Delta Z_{AB} / AB_{\text{HORIZ}} = \text{pend. AB}$$



### 2. PERFILES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

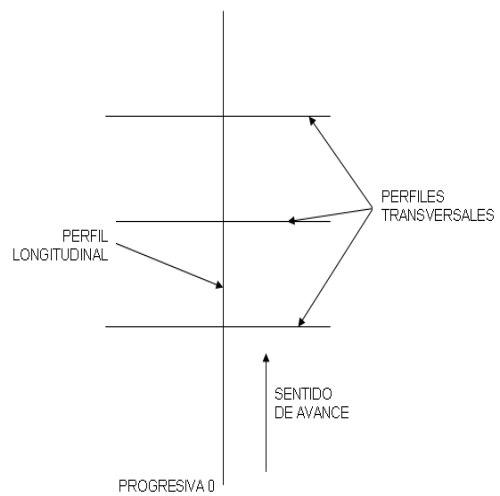
El levantamiento de perfiles, llamándose **topografía lineal**, se realiza previamente a la construcción de una obra de **tipo lineal**. Se llama así a ciertas obras donde su ancho es

muy pequeño comparado con la longitud de las mismas. (Ejemplo: canales, caminos, calles, etc.)

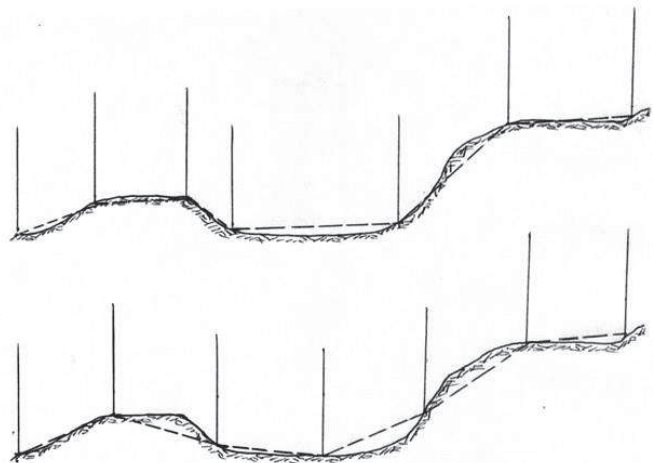
Mediante el levantamiento de perfiles, es posible conocer la forma y dimensiones del terreno en el que se requiere realizar la obra, compararlo con el proyecto de ejecutar y así poder calcular los **volúmenes de suelo a mover**, ítem desmonte o excavaciones e ítem terraplén o rellenos.

El objetivo en un levantamiento de perfiles es llegar a representar en el plano, lo más fielmente posible, el relieve del terreno a lo largo de una franja que contendrá a la obra. Para esto se realizan los levantamientos a lo largo del eje o traza de la futura obra, obteniendo cotas de puntos que sean representativos del terreno, es decir, aquellos en donde aparezca un cambio en la pendiente. El perfil que se va obteniendo con esta metodología se lo llama **longitudinal**. Al mismo tiempo se efectúan relevamientos transversales que permiten conocer cómo será la forma del terreno a ambos lados del eje central. Estos levantamientos perpendiculares al longitudinal se los llama perfil **transversal**.

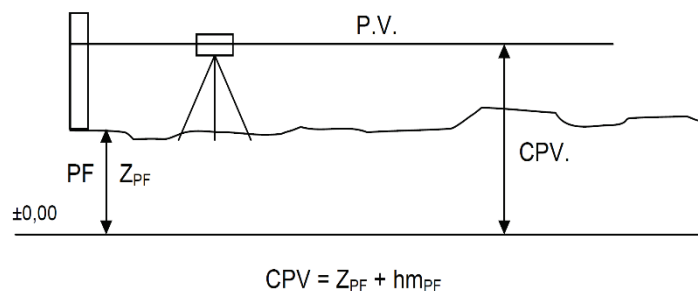
A la distancia recorrida durante el levantamiento de los perfiles se la denomina **progresiva**, tomando ésta el valor cero en el origen del levantamiento y aumentando en el sentido de avance. Dicha progresiva se va midiendo con cinta o con medición lineal electrónica (MED) y sirve además para determinar la ubicación de los perfiles transversales.



Representar exactamente el relieve del terreno es una operación prácticamente imposible, pues habría que calcular la cota de innumerables puntos ubicados uno a continuación de otros. Es por eso que en los perfiles se realiza una simplificación y que consiste en tomar la cota de puntos representativos del terreno, es decir, aquellos en que existe un cambio importante en la pendiente y suponer que la variación del relieve entre puntos es lineal.

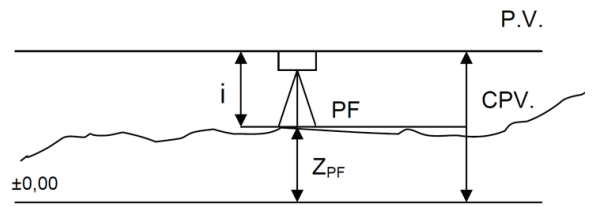


La cota de los puntos se calcula determinando primeramente la cota de la visual. A dicha cota se la denomina **CPV: Cota del plano visual**. Esta CPV es la cota del plano que pasa por el centro del anteojo, a

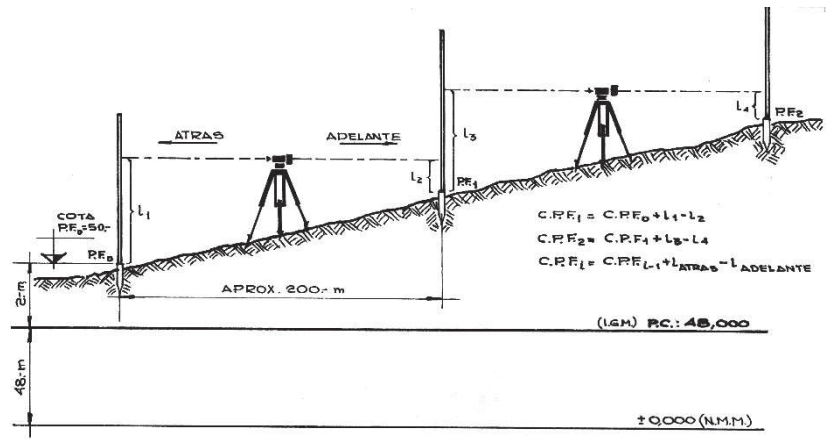


la altura del hilo medio y se obtiene realizando lectura de  $H_a$  sobre un punto de cota conocida.

Otra posibilidad de calcular la CPV sería estacionando el nivel sobre un punto de cota conocida PF y tomar la altura del instrumento (i).



Una vez obtenida la CPV, se procede a calcular la cota de los puntos del perfil restando a la CPV las lecturas del Hm en cada punto. De esta manera se levantan puntos mientras se tenga visual sobre la mira. En el momento en que ya no se puede leer (ya sea por exceso de distancia o porque la visual cae fuera de la (mira) se corre el nivel a una nueva estación considerando ahora el último punto que se calculó su cota como punto para determinar un nuevo CPV y se repite la operación anterior.



Es común en perfiles tomar las lecturas de mira al centímetro. Mayor precisión no se justifica porque, debemos recordar, el objetivo final de este trabajo es el movimiento de suelos.

Los perfiles se representan a escala. Se fija una escala horizontal para representar las progresivas y distancias horizontales (en el perfil transversal) y una escala vertical, por lo general mayor que la horizontal, para representar las cotas. Esto es a los efectos de resaltar las diferencias de altura.

También se establece un plano de comparación, PC, para no tener gráficos de perfiles excesivamente “altos” que pudieran salir fuera de la hoja de dibujo.

### Ejemplo

A continuación se resuelve un ejemplo de perfil longitudinal de un tramo de un proyecto de un canal. La longitud del mismo es de 2500 m, pero se toma para el ejemplo solo una estación de nivel (estación II) entre progresivas 150 m y 300 m. Se representan además los perfiles transversales correspondientes a las progresivas 180 m y 240 m.

#### PLANILLAS DEL LEVANTAMIENTO

ESTACIÓN	PROGRESIVAS	HILO MEDIO Hm <sub>i</sub>	CPV	COTA DEL PUNTO
II	150	1,30	19,80	+ 18,50
	180	1,63		+ 18,17
	240	1,98		+ 17,82
	300	2,23		+ 17,57

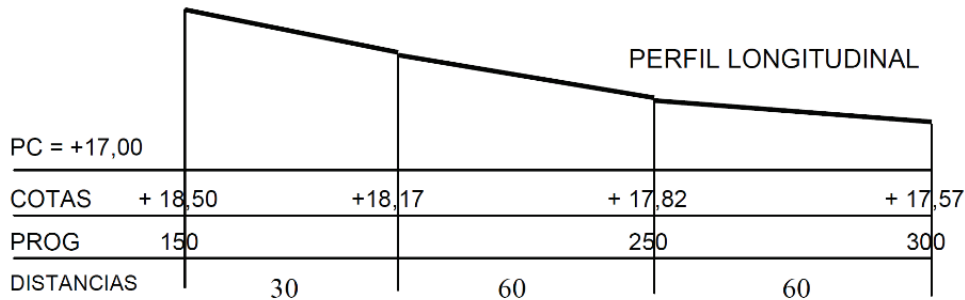
#### PERFIL LONGITUDINAL

DISTANCIA DEL EJE	hm	CPV	COTA DEL PUNTO
0,00	1,63	+ 19,80	+ 18,17
3,00	1,75		+ 18,05
6,00	1,87		+ 17,93
9,00	1,99		+ 17,81
- 3,00	1,79		+ 18,01
- 6,00	1,61		+ 18,19
- 9,00	1,47		+ 18,33

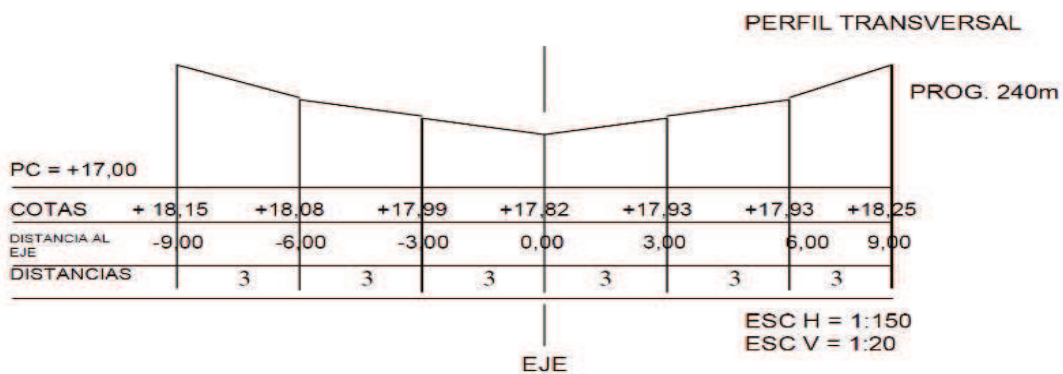
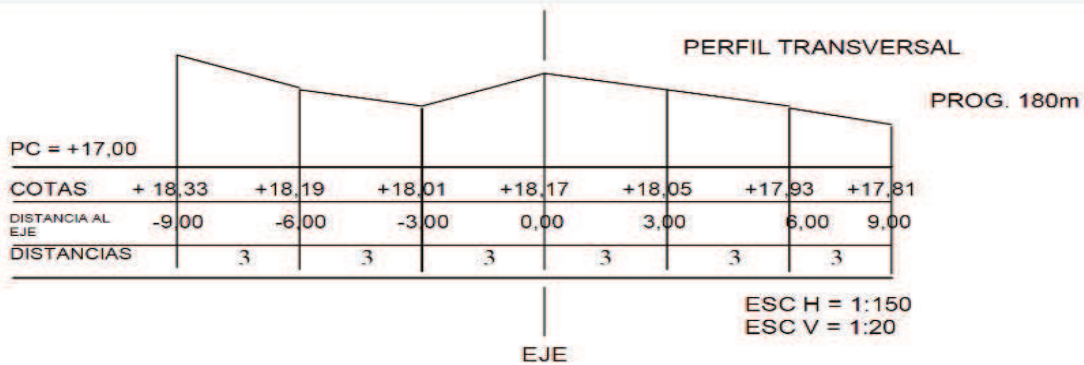
DISTANCIA DEL EJE	hm	CPV	COTA DEL PUNTO
0,00	1,98	+ 19,80	+ 17,85
3,00	1,87		+ 17,93
6,00	1,71		+ 18,09
9,00	1,55		+ 18,25
- 3,00	1,81		+ 17,99
- 6,00	1,72		+ 18,08
- 9,00	1,65		+ 18,15

PERFIL TRANSVERSAL PROG. 240m.

### Representación de los perfiles



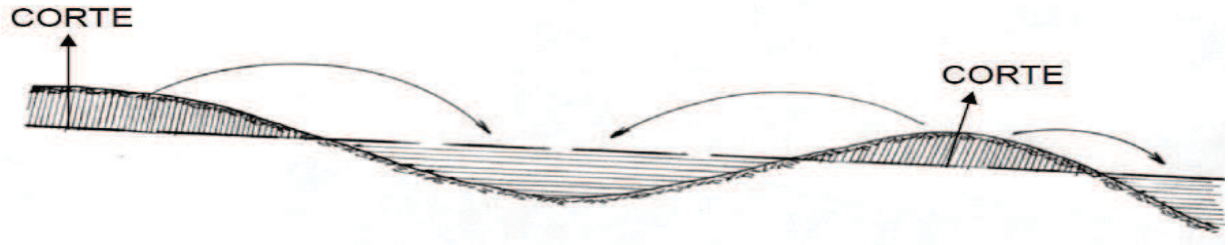
ESC H = 1:1000  
ESC V = 1:20



Aplicaciones: se recurre al levantamiento de perfiles en:

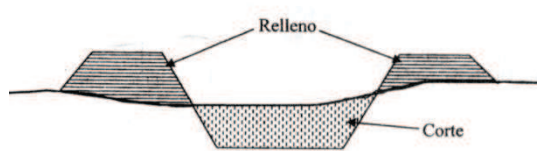
- Construcción de canales de riego y de desagües o colectores
- Construcción de caminos viales, rural, urbano.
- Excavación para tendido de cañerías de riego, desagües, etc

Siempre que se deba realizar este tipo de obras, será necesario conocer previamente el relieve del terreno y así minimizar el movimiento de suelo. En lo posible se tratará de equilibrar los volúmenes de desmonte y terraplén. Es decir, el suelo que se extrae de determinadas zonas elevadas sea suficiente para rellenar otras zonas bajas

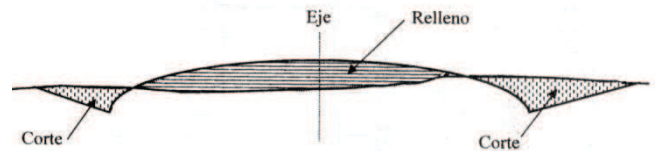


En línea de trazos se representa el recorrido del futuro canal o camino y puede verse como el exceso de suelo en determinadas zonas es utilizado para rellenar las partes bajas del terreno.

En la figura siguiente se puede ver el corte transversal de un canal y un camino rural. En ambos aparece en línea más gruesa el relieve del terreno.



Perfil transversal de un canal



Perfil transversal de un camino

### 3. CONSIDERACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA MOVIMIENTOS DE SUELOS

#### 3.1. Desmonte

Los terrenos en los que se van a efectuar excavaciones, hacer rellenos, ó a nivelarse, deben desmontarse primero.

En el desmonte se incluye la remoción de la vegetación, que pueden ser hierbas, malezas, matorrales y tocones o raíces grandes.

#### 3.2. Terraplenes

Los terraplenes se construyen para elevar el terreno hasta la rasante en un camino o superficie; para elevarse arriba del nivel del agua, ó de las corrientes de nieve, para enterrar tocones o rocas, o para añadir resistencia a los terrenos muy inestables para soportar el pavimento del camino o el tránsito.

El terraplén puede obtenerse de la excavación de los lugares altos o bancos a lo largo del mismo camino u obra, excavando cunetas o zanjas a lo largo o cerca del terreno de trabajo, ya sea acarreándolo de las excavaciones necesarias en otros lugares de la obra.

#### 3.3. Tipos de terraplenes

Cualquier tipo de tierra mineral o roca se puede utilizar para terraplenes en un camino, pero la arcilla y el limo son generalmente malos.

El humus debe evitarse, especialmente cuando está puro, debido a su falta de resistencia y a la mucha agua que absorbe.

Los suelos ligeros (normales) con un elevado porcentaje de arena o grava son buenos cuando el trabajo debe hacerse en lugares o estaciones lluviosas. Absorben y drenan grandes cantidades de agua y no se hacen resbalosos con facilidad. Se debe tener en cuenta, la humedad, absorbedamiento y compactación.

Compactación por medio de las unidades de acarreo, equipos de compactación, bases para los terraplenes, eliminación de la roca, etc.

### **3.4. Levantamientos Topográficos**

Según el trabajo a realizar, y por orden, son:

- 1.- Plancheta catastral
- 2.- Relevamiento de la zona o franja
- 3.- Relevamiento de sectores determinados
- 4.- Estudios de las Obras

En la construcción de caminos pueden entrar los conceptos de desmontes, despalle y almacenamiento de tierra vegetal; excavación de tierra y roca para cortar el terreno natural y darle la rasante del camino; acarreo del material excavado a los terraplenes o a bancos de desperdicio, construcción de alcantarillas, puentes, y sistemas de drenajes; la elevación de zonas bajas a la rasante del camino tomando material de los cortes o de bancos de préstamos, el afirmamiento, recubrimiento de tierra vegetal, siembra de los taludes y limpieza general de la obra. Los factores básicos que deben considerarse para calcular el desarrollo de un movimiento de tierra en un camino son los siguientes:

- 1.- Costos de desmonte
- 2.- Retiro de tierra vegetal, almacenamiento, recuperación, extendido y sembrado.
- 3.- Volumen y tipo de suelo que se tiene que excavar en los cortes y préstamos.
- 4.- Volumen y tipo de excavación de roca.
- 5.- Posibilidad de explotar bancos de préstamo y su costo de compra.
- 6.- Construcción de los caminos de acarreo, su conservación y la longitud de ellos.
- 7.- Calidad requerida para el material de terraplenes y tratamiento requerido por el material de cortes y bancos.
- 8.- Compactación de terraplenes, distribución de sobrantes.
- 9.- Acabado y protección de taludes.
- 10.- Condiciones del agua subterránea y requisitos del sobrante.
- 11.- Estructuras de puentes, alcantarillas y muros de sostenimiento. (obras de arquitectura)
- 12.- Disponibilidad de máquinas adecuadas y abastecimiento.
- 13.- Existencias de materiales, como tuberías, etc.
- 14.- Personal disponible.
- 15.- El clima, lluvia, nieve, hielo, polvo, terreno congelado, equipo congelado, etc.

## **4. LEVANTAMIENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA PROYECTO DE OBRAS LINEALES (Rutas o caminos rurales)<sup>1</sup>**

La realización de los relevamientos para obras de desarrollo lineal, como ferrocarriles, canales, líneas de alta tensión, gasoductos, otros tipos de obras de conducción, etc.. Cada uno de ellos tendrá requerimientos específicos, que marcarán la diferencia. Dentro de estos trabajos hay que considerar las etapas fundamentales del desarrollo, de las obras viales:

- a) estudios y relevamientos para el proyecto;
- b) replanteo de la obra para su construcción;
- c) mediciones de la obra.

d) Además, en la etapa de las obras y aún luego de terminadas, especialmente aquellas que se desarrollan en zonas montañosas, puede llegar a ser necesario realizar mediciones topográficas para estudiar la evolución que puedan tener fallas o deformaciones en grandes terraplenes o desmontes, por falta de estabilidad de los suelos.

Desarrollaremos el punto a)

### **4.1. ESTUDIOS Y RELEVAMIENTOS PARA EL PROYECTO**

#### **4.1.1. Estudios de antecedentes**

Previo a la iniciación de las tareas de campaña, se deberán recabar los antecedentes referentes al proyecto (Cartografía, fotografías aéreas, proyectos anteriores, etc.), y las normas que serán de aplicación.

Sobre la cartografía a la mayor escala disponible, que cubra la zona de emplazamiento del trazado, se estudiarán distintas alternativas.

Luego, con la ayuda de la observación estereoscópica de las fotos aéreas, (si las hubiera), el proyectista podrá definir la alternativa más conveniente, teniendo en cuenta los parámetros de diseño establecidos, las condiciones morfológicas del terreno, el tipo, calidad y uso de los suelos que atraviesa, la cantidad y tipo de tránsito previstos, las características de escurrimiento hidráulico de las cuencas que se atraviesan, la conformación catastral de la parcelas afectadas, la existencia de calles o caminos, que corran paralelos a la traza dentro de la zona de camino o que la crucen, los ángulo de cruce con vías de ferrocarril, líneas de alta tensión y otros tipo de obras o mejoras que estén en la zona de emplazamiento del proyecto.

En general, puede decirse que en zonas llanas, con suelos normales, tendrá mucho peso en la decisión el aspecto catastral.

En zonas montañosas, las pendientes longitudinales y transversales serán dos de los factores determinantes para la ubicación del trazado.

Es muy importante que en esta tarea participe activamente quién luego tendrá a su cargo los relevamientos topográficos.

#### **4.1.2. Reconocimiento del terreno**

Sobre la base del resultado del estudio de antecedentes efectuado en gabinete, es necesario corroborar sus resultados con una recorrida en el terreno de la o las alternativas, elegidas.

---

<sup>1</sup> Agrim. Lisis O. Tonin. Catedra Topografía Aplicada (1998). UNLP

En esta instancia, la ubicación de los vértices de la poligonal del trazado, se efectuará en forma expeditiva, mediante identificación fotográfica, con los datos obtenidos gráficamente de la cartografía, y ahora también con un posicionador satelital de poca precisión y bajo costo.

Evaluadas las distintas alternativas, se adoptará una de ellas, ya sea en forma total o parcial, combinando sectores de cada una de ellas.

#### 4.1.3. Tareas de campaña

Según sean las características morfológicas de la zona (terrenos llanos, ondulados, quebrados o montañosos); el tipo de vegetación; los tipos de suelo (arenosos, pantanosos, zona de tierras bajas inundables o humedal, mallines, rocosos, etc.); y cualquier otra circunstancia particular, se elegirá el procedimiento para efectuar el relevamiento planialtimétrico dentro de las precisiones requeridas, utilizando el instrumental y los métodos adecuados.

También habrá que considerar los medios materiales que serán necesarios (por ejemplo: movilidades, mojones, estacas, jalones u otros tipos de señales, lugar de alojamiento y comidas, ayudantes, servicio sanidad, sistema de intercomunicación, provisión de fondos para cubrir los gastos, etc.).

Comenzarán las tareas topográficas marcando en el terreno los vértices de la o las trazas elegidas, con la precisión requerida en las normas respectivas.

Por ejemplo, la Dirección de Vialidad de la Provincia del Neuquén, fija como tolerancia planimétrica:

Tolerancia Lineal:  $0,05 \text{ m} + 1,00 \text{ m} \sqrt{L}$  siendo L = longitud en kilómetros;

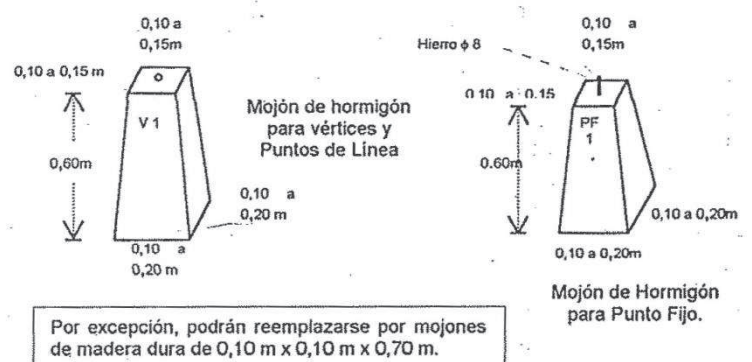
Tolerancia Angular:  $20'' \sqrt{n}$  siendo n = número de vértices

En lo posible, se efectuará la georeferenciación o vinculación planimétrica a los puntos ubicados en ambos extremos del camino, para dar coordenadas geográficas a los vértices, del mismo y tener control de cierre planimétrico.

Si fuera necesaria una evaluación más ajustada de algún sector, se efectuarán relevamientos expeditivos parciales, y un nuevo reconocimiento. Esto quedará obviado cuando la traza elegida no ofrezca dudas de su bondad frente a las demás alternativas.

La operación así definida, establece lo que se llama una "LINEA DE BANDERA", que debe ser motivo de inspección antes de adoptarla en definitiva.

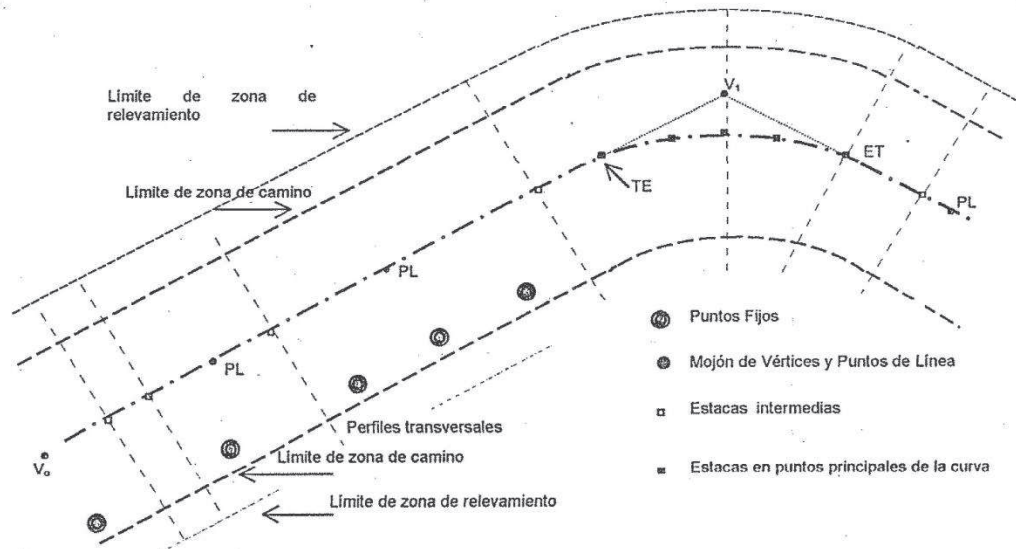
Partiendo de los vértices marcados en el terreno con mojones de hormigón (ver gráfico) se colocarán puntos de línea intermedios, también con mojones de hormigón, a distancias que aseguren la intervisibilidad entre ellos, teniendo en cuenta que se utilizarán señales de altura



media de 3,00 m y que el instrumento estará colocado a una altura media de 1,50 m aproximadamente.



Una vez replanteada y medida la poligonal del eje del trazado, se replantearán las curvas horizontales, mediante la colocación de estacas de madera dura (ver gráfico), con sus cabezas pintadas de rojo y con la identificación que corresponda ( $TE_1$ ,  $EC_1$ ,  $CC_1$ ,  $CE_1$ ,  $ET_1$ ).



Los parámetros de diseño deberán cumplir lo establecido por las respectivas normas, según sea la categoría asignada (en nuestro país, se utilizan habitualmente las “Normas de diseño geométrico de caminos rurales” de la Dirección Nacional de Vialidad (ver en Biblioteca de la Facultad), de dónde obtendremos los radios mínimos y las longitudes de las transiciones a utilizar en las curvas horizontales, las pendientes máximas admitidas y demás parámetros determinantes del proyecto.

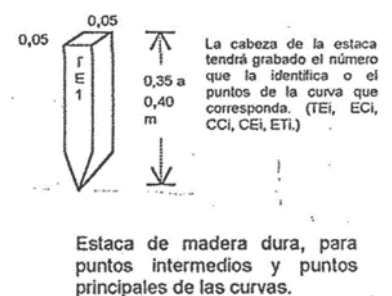
Replanteados los vértices (V), los puntos de línea (PL) y los puntos principales de las curvas horizontales, se procederá al estaqueo de los puntos intermedios del trazado. El espaciamiento entre ellos dependerá del tipo de terreno.

Debe tenerse presente que cada uno de esos puntos conformarán el perfil longitudinal del terreno a lo largo de la traza, por lo que deberán marcarse todas las singularidades, cambios de pendientes, y demás puntos que sean de interés para el proyecto.

Estos puntos intermedios se marcan con estacas de las mismas características que las usadas para las curvas, pintadas de color amarillo o blanco.

En zonas montañosas puede llegar a ser necesario colocar una estaca en el eje cada 10 m; en zonas quebradas cada 25 m metros; en zonas onduladas esa distancia, será de 50 m; y en zonas llanas se admite colocarlas cada 100 m.

Hay Direcciones de Vialidad que obligan a colocar una estaca cada 100 m (estacas hectométricas) y luego completar con las intermedias que sean necesarias. Las estacas hectométricas llevan grabada: o pintada la numeración hectométrica consecutiva, y se pintan de distinto color que las intermedias. Con la numeración indicada es fácil identificar



en el terreno la progresiva de ese punto, por ejemplo: la estaca N° 12 se corresponde con la progresiva 1,2 Km, la estaca N° 153, con la progresiva 15,3 Km.

Esta forma de identificación de las progresivas nos está indicando que la colocación de las estacas hectométricas (también las intermedias) deberá efectuarse alineándolas sobre el eje del trazado, en los tramos rectos y sobre las curvas (por eso es necesario replantearlas con anterioridad o a lo sumo en forma simultánea).

Las Normas de la Dirección Nacional de Vialidad no exige de colocar las estacas hectométricas.

La estaca se puede colocar en la progresiva que corresponda a un punto característico, siempre que la distancia entre dos consecutivas no supere los máximos establecidos para cada tipo de terreno. Se pintan y se numeran en forma correlativa.

Con el eje replanteado, se procede al relevamiento planialtimétrico de la zona de camino establecida, en general, para la planimetría se toma un ancho de 100 m a cada lado del eje, y para la altimetría se toma el ancho de la zona de camino más una franja de 15 m a cada lado, utilizando el método e instrumental definido (nivel óptico y/o estación total). Cuando existe alguna imposibilidad de trabajar exactamente sobre el eje del trazado, se define una poligonal auxiliar, que se ubicará dentro de la zona de camino, y de ser posible, se marcará paralela al eje de proyecto. Esta última no será una condición imprescindible.

Desde ella se relevará la zona antes descrita y se ubicarán los puntos del eje que correspondan incluyendo los de las curvas horizontales proyectadas.

Este relevamiento incluirá a todos los hechos existentes dentro de la zona de camino, tales como:

- a) Alambrados Divisorio.
- b) Acequias, molinos
- c) Calles, rutas, cruce con caminos y vías férreas.
- d) Líneas de transmisión de energía y telefónicas.
- e) Construcciones y/o edificios cercanos al camino, mejoras.
- f) Grupo de árboles fuera y dentro del camino.
- g) Acceso a Propiedades particulares.
- h) Obras de Arte existentes.
- i) Cauces de ríos, arroyos y canales, sistemas de riego, zonas en que existan aguas detenidas.
- j) Ubicaciones de lugares, donde se pueda extraer suelos.
- k) Ubicación de lugares donde se pueda extraer materiales granulares.
- l) Oleoductos, poliductos, gasoductos,
- m) grupo de árboles (indicando cantidad, ubicación y diámetro), cambios en la característica del suelo, etc.
- n) Datos, (nombre y apellido) de los propietarios de las parcelas afectadas por el camino, ubicando los alambrados límites de propiedades, uso y estado de la tierra y tipos de cultivos.
- o) Obras de drenaje tales como alcantarillas y "puentes, se indicará el tipo y estado de la obra, sus dimensiones (luz libre, altura, ancho de coronamiento, etc.), el

sentido del escurrimiento de las aguas, y las marcas de crecientes máximas o referencias obtenidas de los pobladores de la región.

Antiguamente el relevamiento planimétrico se hacía con escuadra prismática y cinta, tomando como eje de las abscisas la poligonal del eje del trazado y como ordenadas las distancias al eje, identificando claramente de qué lado fueron tomadas. Hoy se emplea con mayor exactitud y rendimiento la estación total por radiaciones y los receptores satelitales (GPS). En general se define el lado, ubicándose en el eje y mirando en el sentido de las progresivas crecientes. Este criterio también se utiliza en el levantamiento de los perfiles transversales.

Para el relevamiento altimétrico se construirá una red de puntos fijos a lo largo de la traza, con espaciamiento variable según el tipo de terreno. Esta red estará compuesta por mojones de hormigón colocados en la proximidad de los límites de la zona de camino la Dirección Nacional de Vialidad pide que se coloquen a 0,50 m alambrado, dentro de la zona de camino. El máximo espaciamiento admitido es de 500 m. Hay reparticiones que reducen esa distancia a 200 m, pero admiten que se utilicen tirafondos (tornillos enroscados) colocados en postes de madera del alambrado o de líneas de transmisión de energía. Cuando no se encuentren estos elementos dentro de la zona de camino, se deberán colocar mojones.

También se colocarán Puntos Fijos de nivelación en las proximidades del lugar previsto para la construcción de un puente.

Los Puntos Fijos serán identificados con una numeración correlativa pintada sobre los mismos postes o mojones, o grabados sobre una chapa empotrada al mojón.

Para asignarles la cota correspondiente se efectuará una nivelación cerrada entre Puntos Fijos del I.G.N. o pertenecientes a otras reparticiones. Eventualmente, (aunque no es aconsejable) se podrá utilizar un plano de comparación arbitrario, dándole una cota entera al primer Punto Fijo del trazado.

Las cotas de los Puntos Fijos serán determinadas estimando el milímetro, mediante una nivelación geométrica cerrada. Las tolerancias para este tipo de trabajos son las siguientes:

Zona llana:  $\pm 3 \text{ cm } \sqrt{L}$ , L en km

Zona ondulada:  $\pm 6 \text{ cm } \sqrt{L}$  L en km

Zona montañosa:  $\pm 9 \text{ cm } \sqrt{L}$  L en km

Para relevar altimétricamente la zona de interés, se levantarán perfiles transversales en cada punto singular del eje, teniendo en cuenta lo indicado respectó del espaciamiento máximo entre estadas del eje. Cuando la pendiente transversal del terreno no supere el 3%, se podrán tomar sólo perfiles transversales característicos, espaciados cada 1.000 m.

Al momento de relevar los perfiles transversales mediante nivelación geométrica, hay que determinar previamente el error del nivel, ya que en estos casos no se podrán tomar todas las visuales adelante a igual distancia que la visual atrás, sobre el punto fijo o punto de paso. Un límite admisible para dicho error es 0,005 m / 50 m. Cuando el alfilero tenga un error mayor, será necesario corregirlo antes de comenzar el relevamiento de

perfiles transversales, y aún del perfil longitudinal, si no puede trabajarse con nivelación geométrica desde el medio.

Distinta es, la situación cuando se trata de la nivelación de Puntos Fijos, porque en ese caso se puede trabajar con nivelación geométrica desde el medio, con lo cual se puede evitar la influencia de dicho error.

Cuando la traza sea cruzada por un cauce, canal o acequia que requiera la construcción de un puente otro tipo de obra de cierta envergadura, se relevará dicho curso de agua en una longitud mínima de 150 m aguas arriba y 200 m aguas abajo del eje del proyecto.

La cantidad de puntos a relevar en cada perfil, transversal dependerá de la forma del terreno en cada progresiva; también en este caso deben tomarse, los puntos característicos que definen cambios de pendiente. La cota de estos puntos será tomada al centímetro. Según las características del terreno, este trabajo se puede hacer con nivel pentaprismas y cinta; o mediante nivelación trigonométrica (con teodolito y mira); o lo más conveniente con estación total.

A lo largo del eje del camino a proyectar se efectuarán estudios de la napa freática, para determinar su profundidad, utilizando pozos o perforaciones existentes. De no existir esa posibilidad, se harán perforaciones de una profundidad mínima de 2,00 m, y espaciadas cada un kilómetro aproximadamente. Lo mismo se deberán realizar extracción de muestras de suelos.

#### **4.1.4. Registros**

Para registrar estos relevamientos, tanto planimétricos como altimétricos, existen planillas de medición, con distintos formatos según las normas de cada Repartición, que dependen del método de trabajo e instrumental que se utilizará.

Para ejecutar todas las operaciones de campaña, las Reparticiones a cuyo cargo está el estudio de caminos adoptan el uso de Libretas de Campaña, cuyo contenido es el siguiente:

- **Tapa:** Figura el camino a estudiar. Localidades que une y progresivas de la libreta en cuestión -cada libreta admite los datos de dos kilómetros-. Asimismo figura el apellido y nombre del Operador, mirero delantero, mirero trasero, estaqueador, chofer, fecha de iniciación y terminación. Se numeran en la parte superior derecha - en orden correlativo-
- **Contratapa:** Generalmente se utilizan para el replanteo de curvas y además datos de interés.
- **Hojas:** En forma alternada se encuentran las hojas correspondientes a la planimetría y en la siguiente lo relacionado con la altimetría. Las anotaciones se hacen desde abajo hacia arriba, en el mismo sentido de avance del camino.

**Izquierda:** Se encuentran las Progresivas del camino cada 100 mts., en zonas llanas -caso de la Pcia de Bs. As.- iniciándose en la Progresiva 0,000. El 1er número corresponde a kilómetros, el 2do a hectómetros. Después de la distancia hectométrica figura la distancia a la estaca hectométrica anterior, expresada en metros, indicando cualquier punto característico: cruce de vías férreas, cruce de alambrados, etc. Asimismo se hace constar, en el lado izquierdo, el cálculo de las curvas horizontales, indicando el comienzo y fin de la curva.

**Derecha:** En la mitad de la hoja derecha, se dibuja el eje del camino con las estacas indicando los kilómetros y las estacas hectométricas. En estas hojas se encuentra dibujado "en planta" todo el

relevamiento planimétrico, con todos sus accidentes: árboles, alambrados, vías ferreas, etc. Aquí se consignan las distancias a la estaca hectométrica anterior y su distancia normal (al eje del camino).

Ej: Los números que figuran + 38; + 55; + 50; + 62, etc. son distancias verticales, tomadas con referencia a la estaca anterior y en el sentido longitudinal del camino. Los números (45); (48), etc. son distancias normales al eje del camino.

Los alambrados se anotan, haciendo una descripción del estado de los mismos.

Ej: 5 h.b.e. = 5 hilos buen estado

5 h.r.e. = 5 hilos regular estado

5 h.m.e. = 5 hilos mal estado

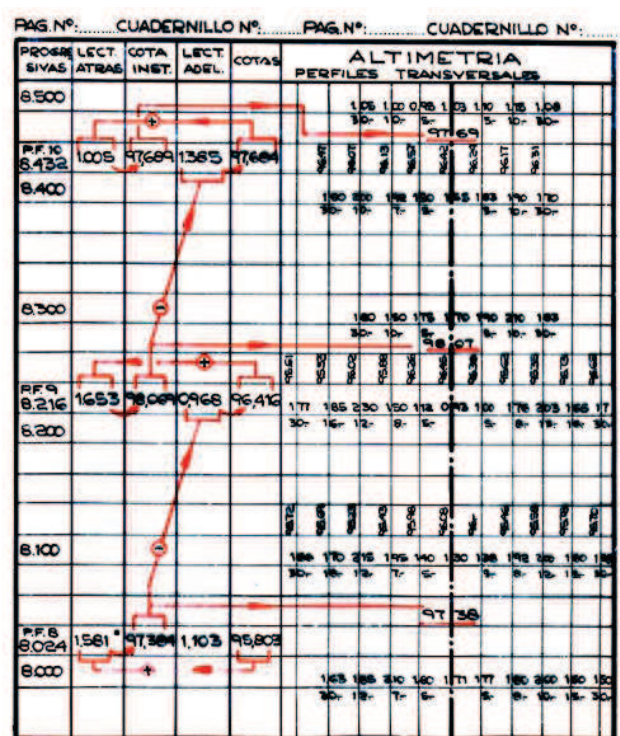
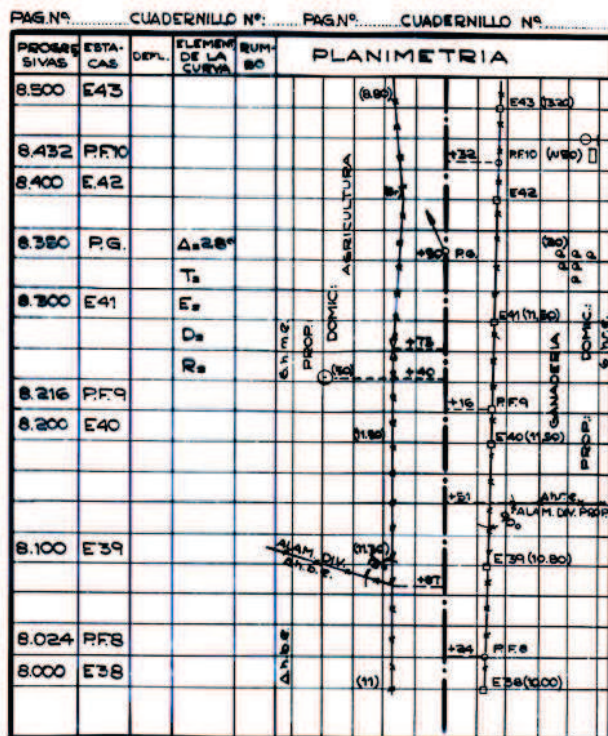
Asimismo se puede describir si el alambrado es liso (letra l) o alambrado de púas (letra p).

El relevamiento planimétrico, se efectúa hasta una distancia lateral de 100 mts. (a cada lado) del camino. Si hay detalles que merecen ser tenidos en cuenta, como ser: bañados, molinos, etc. hay que anotarlos aunque estén a más de 100 mts.

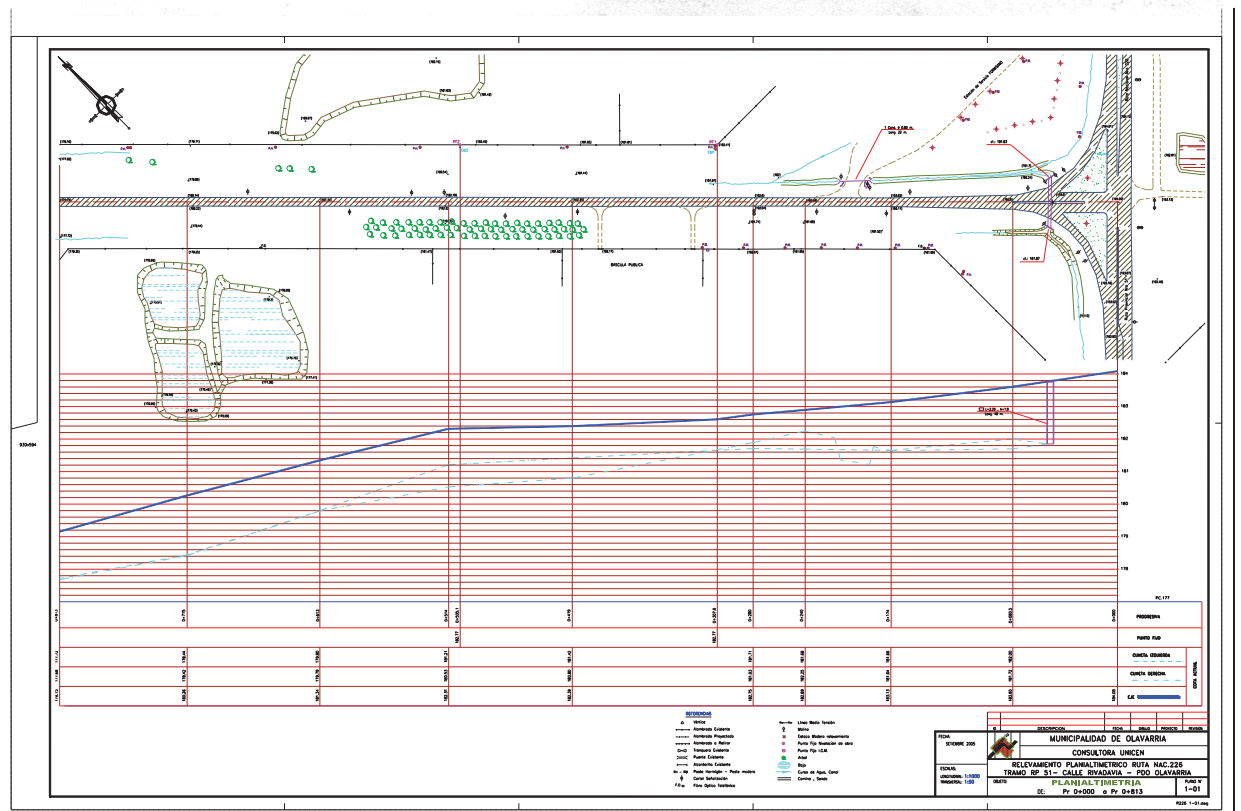
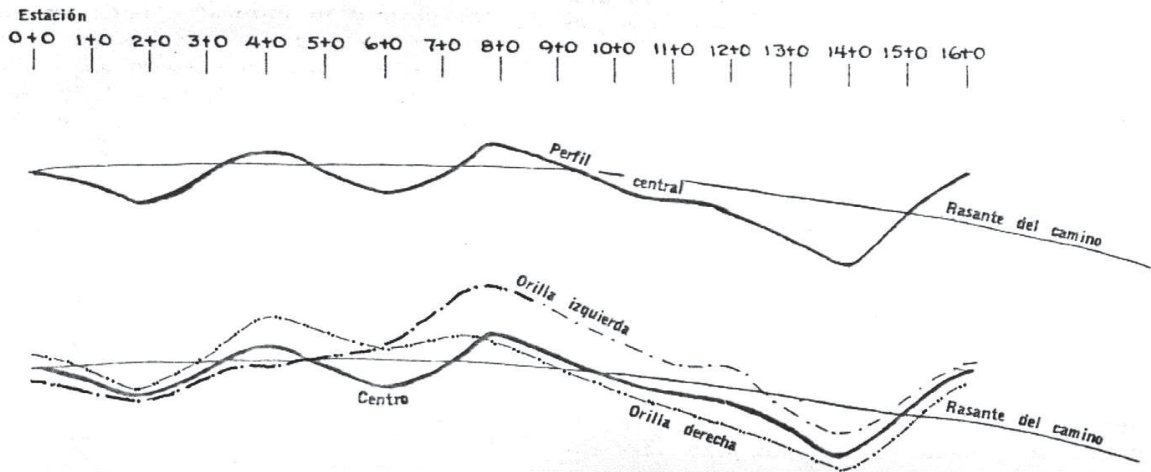
**Izquierda:** Figura la progresiva, que está en correspondencia con la hoja anterior de planimetría, lectura atrás, cota instrumental, lectura adelante y cotas. Es usual, al iniciar el estudio de un camino comenzar con una cota arbitraria + 100 mts. previendo desniveles pronunciados. Generalmente los puntos fijos se colocan a una distancia no mayor de 400 mts.

**Derecha:** En el centro de la hoja, está en correspondencia con el eje del camino. En esta hoja se vuelcan las lecturas, en sentido normal al eje, con las correspondientes lecturas.

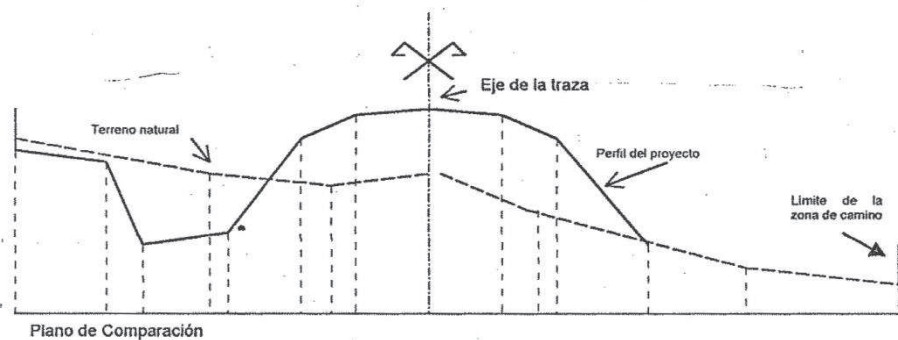
Las medidas o apartamientos del eje se colocan en correspondencia con las progresivas y en sentido horizontal. Las lecturas de mira se anotan transversalmente a estas medidas. Esta hoja sirve de base para la confección de los perfiles transversales.

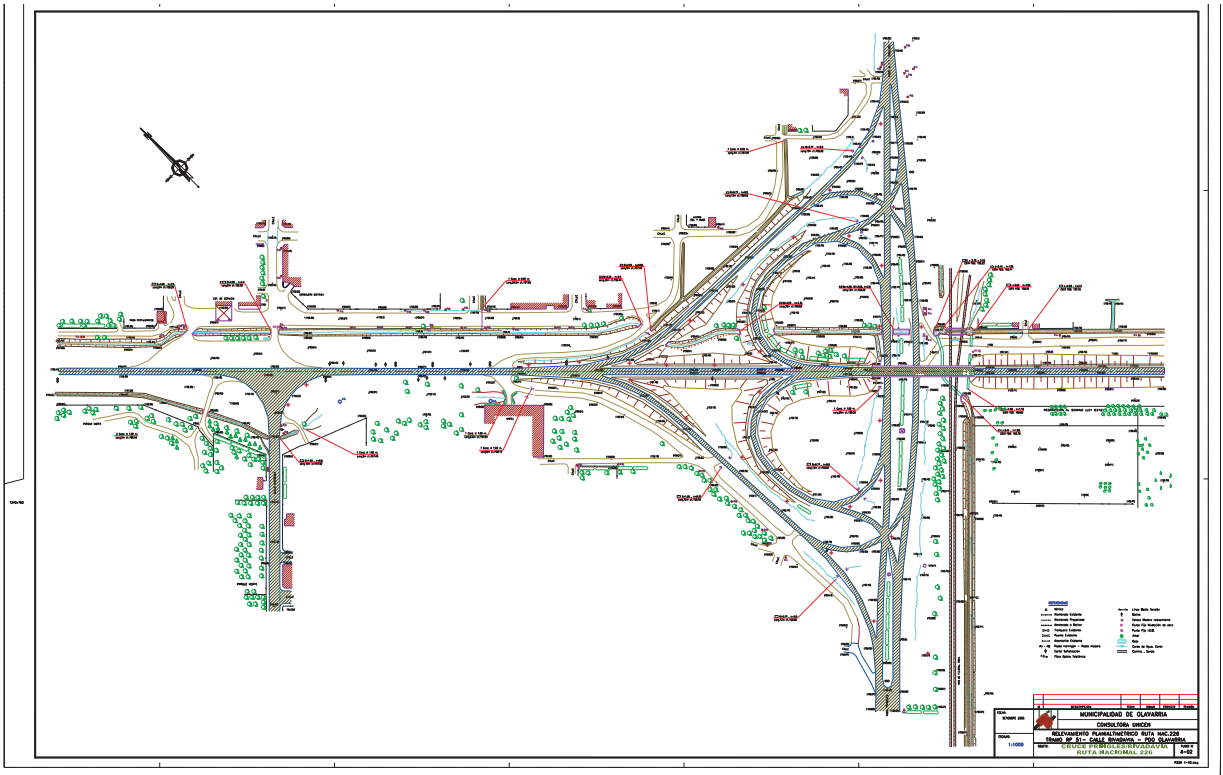
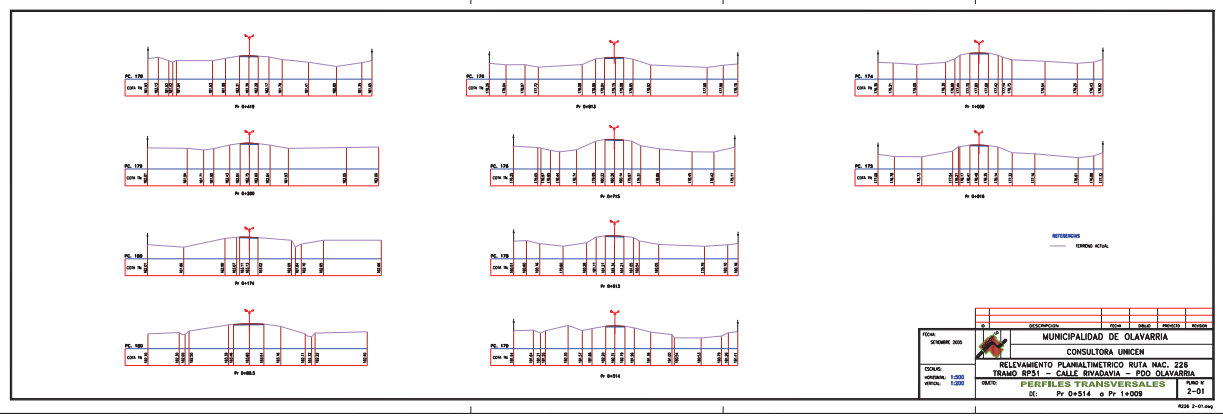
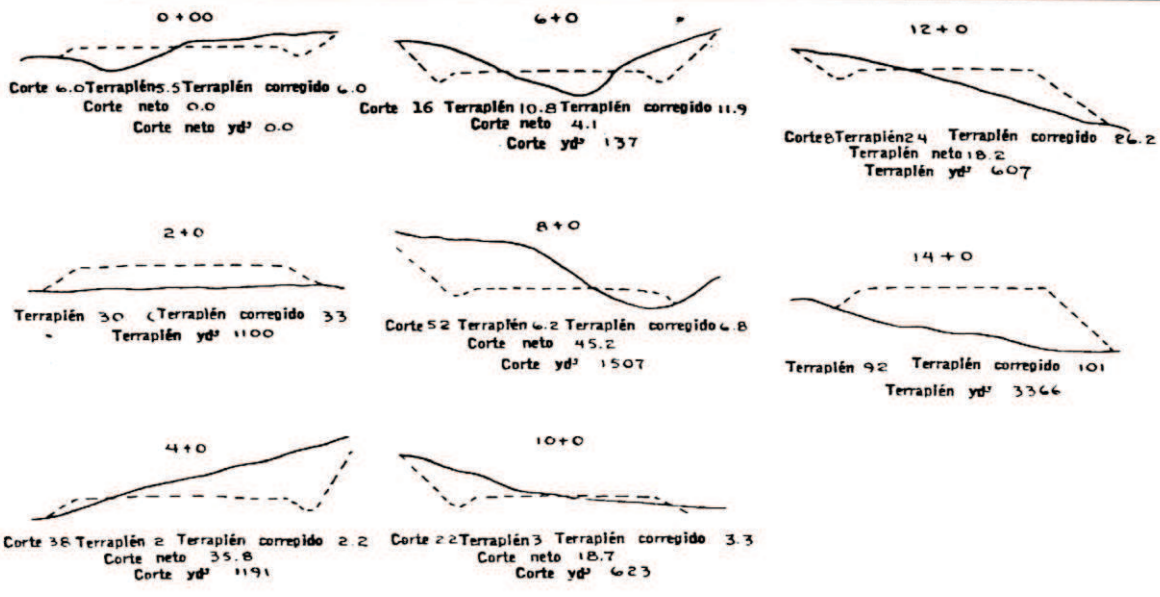






- **Perfiles Transversales:** en láminas separadas, se dibujarán los perfiles transversales, utilizando Escala Transversal 1:100 o 1:200. La elección de la Escala Vertical dependerá de la pendiente transversal del terreno, la que podrá variar entre 1:20 a 1:100.







### 4.3. PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN

Existen programas que resuelven el cálculo, dibujo de curvas de nivel, planimetría, perfil longitudinal y perfiles transversales, a partir de las coordenadas y cotas relevadas. Estos programas también permiten efectuar el cálculo de movimiento de suelos y otros cálculos métricos.

En caso de utilizar una Estación Total, se pueden registrar las mediciones en la memoria interna o en una colectora de datos, identificando claramente cada uno de los puntos relevados; mediante una codificación detallada. Esta información se ingresa como dato en los programas y se obtienen los resultados antes indicados, evitando los errores y el tiempo de cálculo y transcripción. Para verificar los resultados, siempre es necesario hacer un croquis del relevamiento, con la ubicación relativa de los distintos puntos, agregando comentarios o referencias útiles para el proyecto.

### 4.4. RELEVAMIENTOS DE DETALLE

En los casos que exista un cruce de la traza con una ruta o ferrocarril, donde sea necesario proyectar una intersección, se efectuará un relevamiento planialtimétrico más detallado, relevando perfiles longitudinales a lo largo de las trazas que se cruzan, en longitud suficiente para proyectar el tipo de intersección previsto. También se relevarán los perfiles transversales correspondientes, en cantidad y ancho que sean necesarios.

- Ver copia facsímil de “Normas de la Dirección Nacional de Vialidad”; y planillas modelo de registro.

## 5. LEVANTAMIENTO DE CALLES EN ZONA URBANA - PERFILES LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

La nivelación longitudinal es útil para la representación altimétrica de una línea de terreno que une dos puntos, ya sea recta o poligonal; suponiendo que ya ha sido revelada planimétricamente, se procede a la nivelación longitudinal, se puede realizar aplicando el método de nivelación geométrica compuesta y determinar las diferencias de nivel entre los puntos de la línea.

En el caso muy común de efectuarse la nivelación de calles y avenidas ya existentes, en donde se intenta efectuar un proyecto de pavimento o de un nuevo consolidado, es necesario:

- Realizar un **estudio de la cuenca** a los efectos de analizar el sentido de escurrimiento actual, cuencas de aportes, caudales, sentidos de desagües naturales. Para ello se deberá contar con cartas topográficas (planchetas), relevamientos planialtimétricos del sector y alrededores (escurrimiento de las aguas), nivelar planimétricamente (con una taquimetría) todas las calles y manzanas de la zona, cuencas de aportes. Es necesario recopilar, elaborar y confeccionar toda la información a los efectos de definir la cuenca general y parcial de cada manzana. Se define el **coeficiente de escurrimiento y como consecuencia las pendientes y caudales**.

- Además de nivelar la línea que siguen los ejes de las calles **-perfil longitudinal-**, se deberán nivelar otros puntos de interés: umbrales de las casas existentes, alcantarillas, arroyos, puentes, intersecciones con otras calles, cunetas existentes; conductos, cámaras de inspección, bocas de registros, pavimentos existentes, puntos adyacentes a la zona, perfiles normales al eje en estudio, de donde se obtienen los llamados **perfiles transversales**, que tendrán en común un punto con el perfil

longitudinal, Completan la información el levantamiento planialtimétrico de: línea de edificación, vereda, cunetas, borde de calzada, centro de calles y manzana, puntos de inflexión, posibles intersecciones a desplazar o demoler o reemplazar (árboles, postes de: energía, teléfono, televisión por cable, propagandas, iluminación, etc, nichos de gas y/o luz, cabinas telefónicas, escaparates, refugios, cordones cunetas, etc).

- Previamente en la zona a proyectar se deberá materializar puntos fijos altimétricos, con un mínimo de un punto cada cuatro cuadras o manzana, para ello se traza una **mall a de nivelación de puntos fijos** y se lo nivela con el método de **nivelación geométrica compuesta**, cumpliendo con las tolerancias oficiales.

- Obtener datos estadísticos de lluvias, temperaturas, presión, promedios anuales, picos pluviométricos, picos de mm/hora, intensidad de lluvias, recurrencias, datos de inundación (aportes, cotas máximas, duración, caudales, etc.).

- Escalas: como en los perfiles longitudinales las distancias horizontales son mucho más grandes que los desniveles, es necesario, emplear diferentes reducciones para el dibujo del perfil, por ejemplo las escalas:

1 :500, 1 :1000, 1 :20000, para las longitudes y  
1 : 50, 1 : 100, 1 : 2000, para las alturas

- Los perfiles transversales son complementos de los perfiles longitudinales, siendo su escala generalmente la de las alturas de los correspondientes perfiles longitudinales. La dirección, generalmente perpendicular, de esos perfiles es fijada convenientemente por medio de una escuadra de prisma.

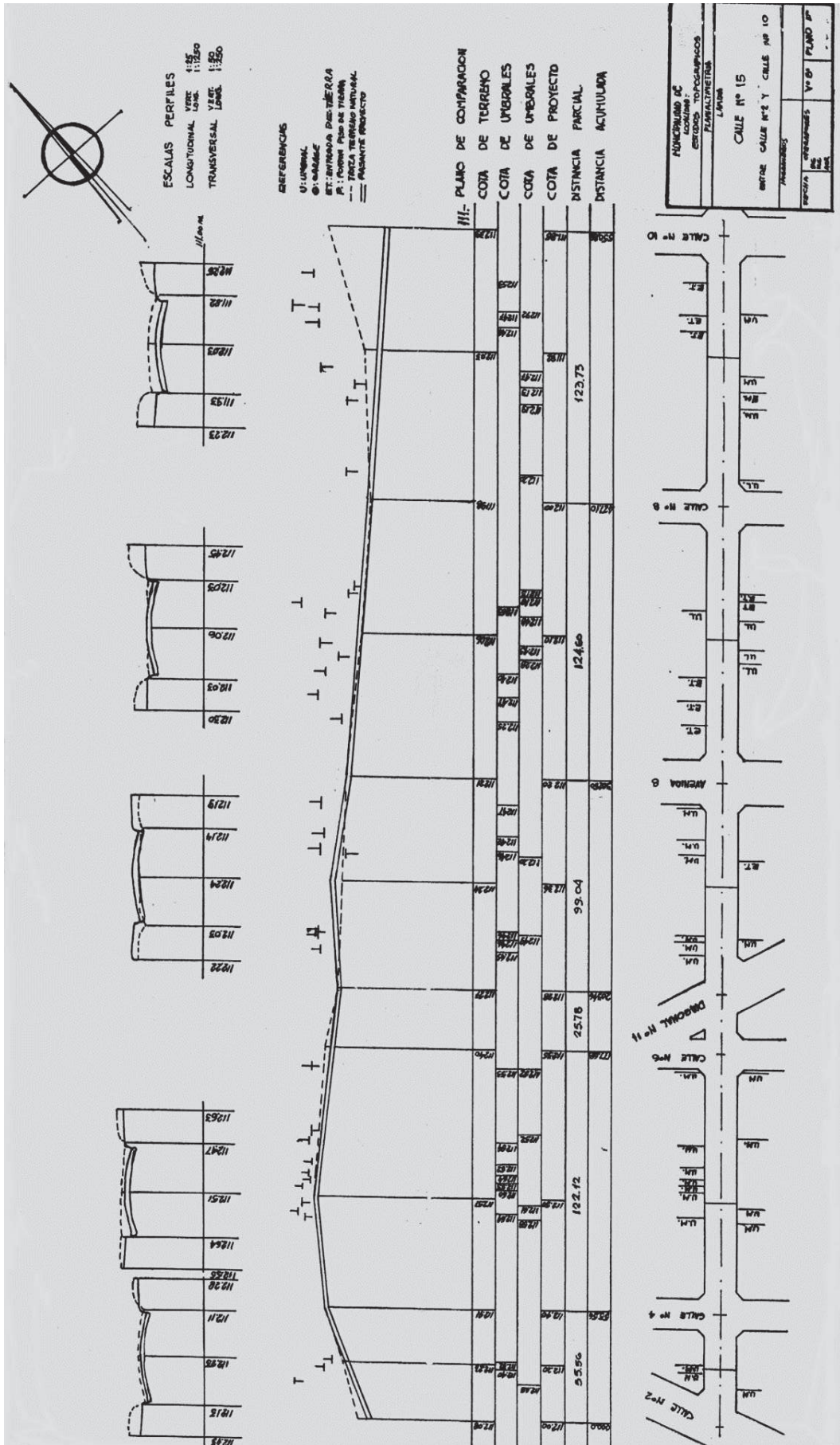
- Posteriormente, y con los datos obtenidos, el Ingeniero especialista hace un estudio y proyecta los futuros pavimentos, cunetas, conductos, etc. Luego se confecciona el plano de replanteo del cual resultarán los restantes proyectos de pavimentos, cordones cunetas, calzadas, sumideros, conductos, etc. de las calles transversales o de futuras ampliaciones.

Los planos a elaborar son:

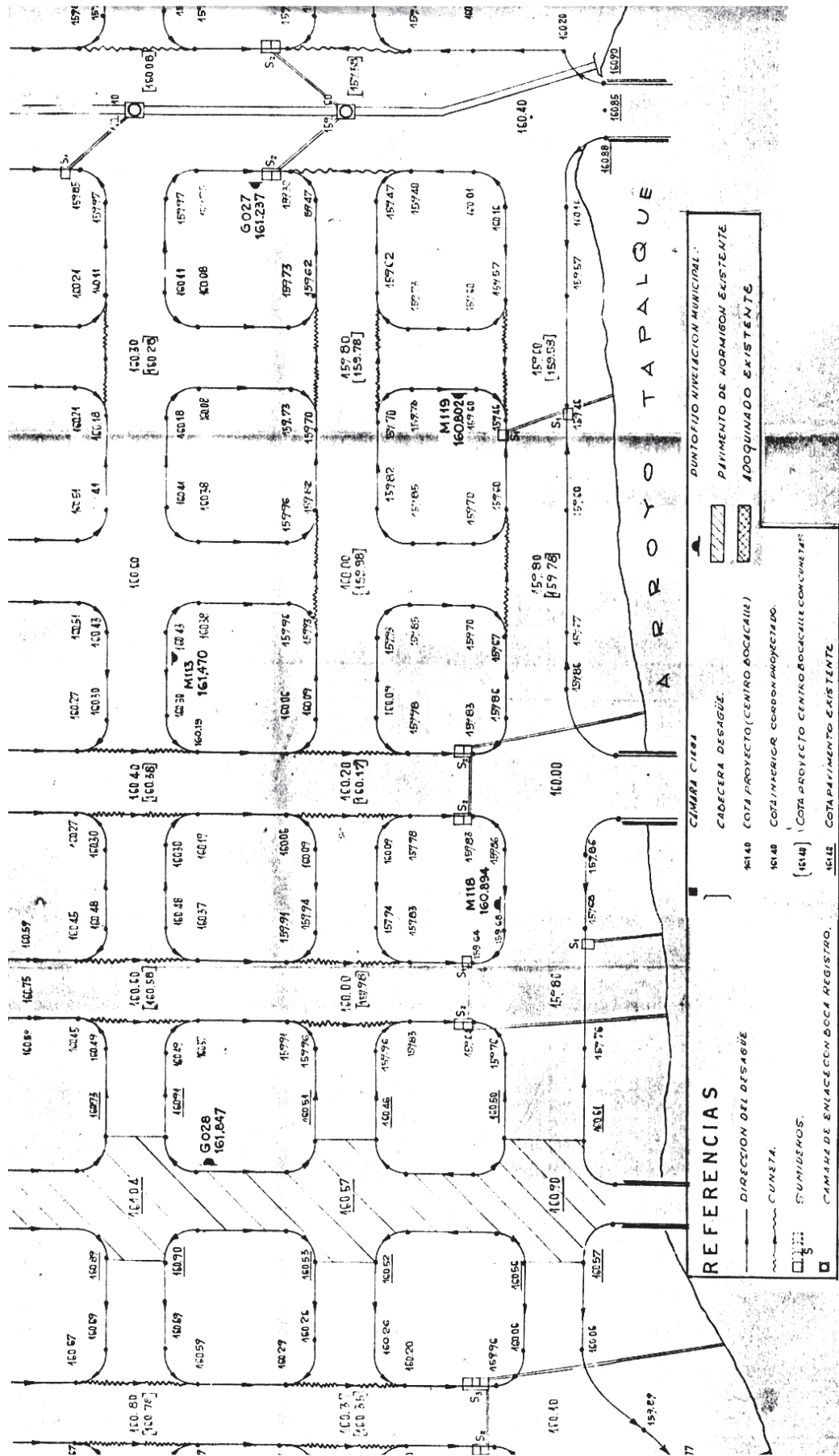
- Plano con sentido de escurrimiento natural (actual).
- Plano con definición de cuenca de cada manzana.
- Plano de replanteo.
- Planos de perfiles longitudinales y transversales.
- Plano de conductos.
- Plano detalles cordón cuneta, pavimento.

Los planos de proyectos y documentación a presentar en un pliego son:

- Plano de ubicación de las obras
- Plano malla y puntos fijos.
- Plano de largo y ancho de calles.
- Plano de replanteo.
- Plano de perfiles longitudinales y transversales – Proyecto rasantes
- Plano detalles
- Memorias descriptivas, cómputos volúmenes.
- Especificaciones Técnicas



Plano de perfiles longitudinales y transversales – Proyecto rasantes

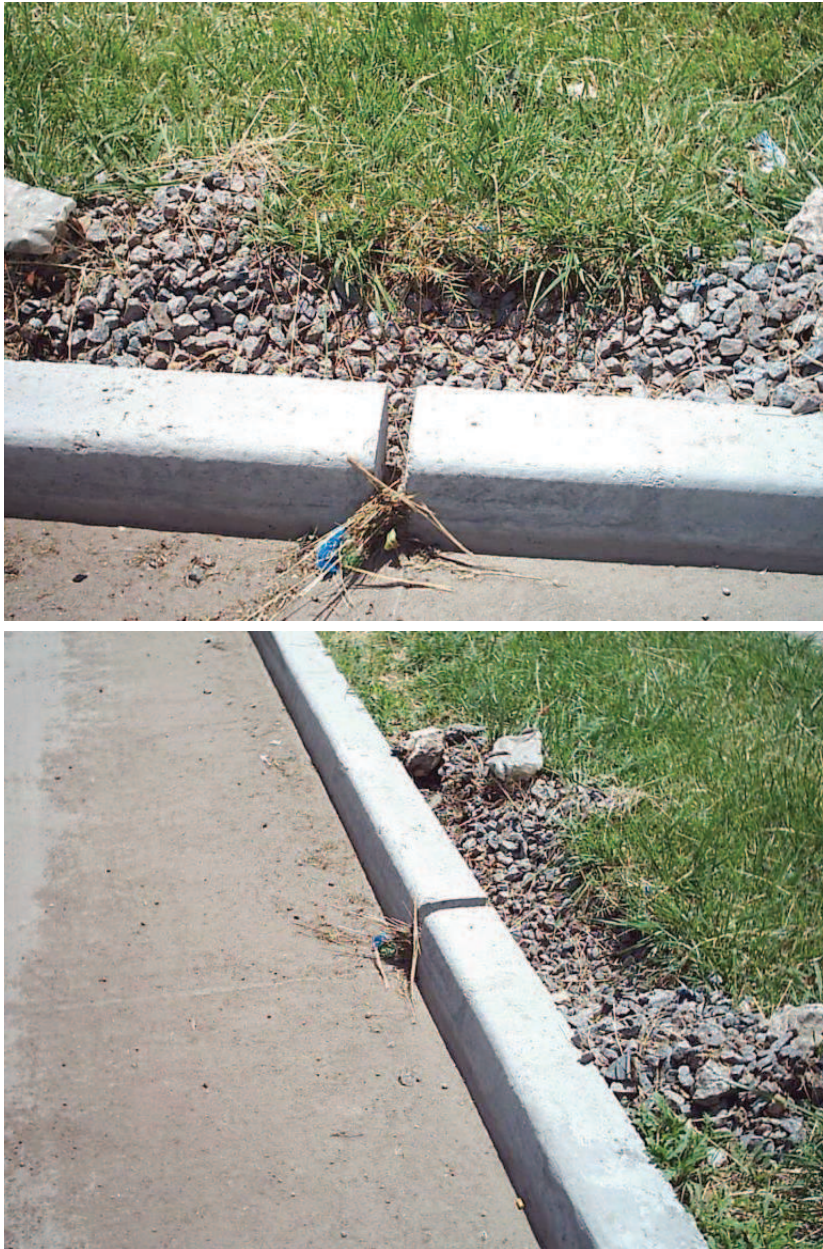


Plano de replanteo.

Imágenes ejemplos de consecuencias por falta de: serios estudios planialtimétricos, experiencia, improvisación y control de inspección. Actuación de profesionales o técnicos no idóneos.



Solución técnica ??????, por falta de estudios planialtimétricos, experiencia, improvisación y control de inspec



### **3. NIVELACION DE SUPERFICIES**

Para poder conocer como es el relieve de una determinada superficie, de reducida extensión y mejor aún, cuando es más o menos plano; como también cuando se necesite calcular movimientos de suelos de reducida extensión, se recurre a la nivelación areal.

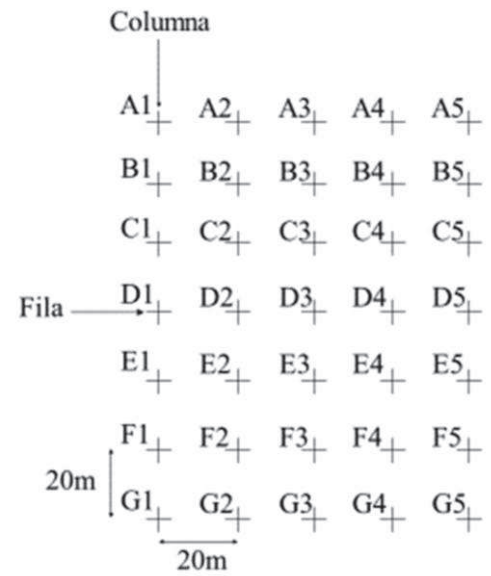
Dentro de la nivelación geométrica (consistente en dirigir visuales horizontales sobre miras verticales) existen dos formas de realizar la nivelación de áreas: Nivelación Areal por Cuadrícula y Nivelación Areal por Radiación (también llamada taquimetría con nivel.

#### **3.1. NIVELACIÓN POR MALLAS O ALINEAMIENTOS PARALELOS o CUADRICULA O RETICULADO**

La nivelación areal por cuadrícula consiste en determinar la cota de puntos uniformemente distribuidos en el terreno por medio de un reticulado, malla o cuadrícula. El tamaño del reticulado puede variar entre 10 m y 50 m de acuerdo a la precisión buscada y al relieve del terreno siendo menor cuando se desee mayor precisión y cuando más quebrado sea el relieve.

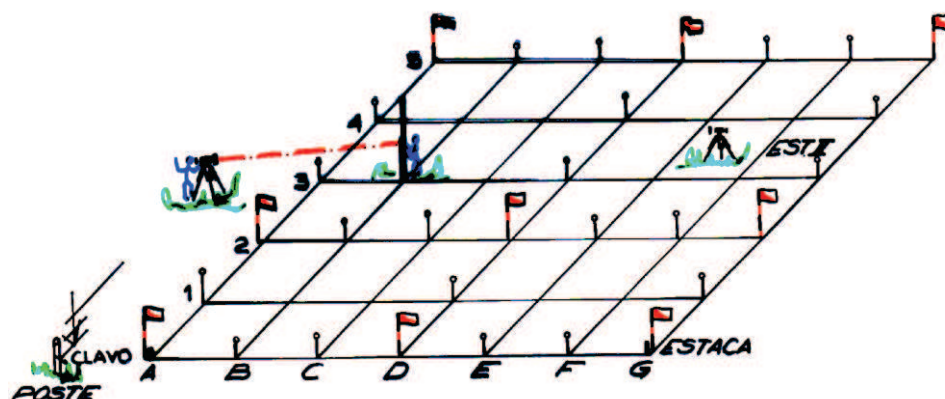
### 3.1.1. Marcación de la cuadrícula

Los elementos empleados para realizar la marcación de la cuadrícula son cinta de agrimensor o metro láser (para medir las distancias), escuadras o teodolitos (para determinar perpendiculares) o estación total, estacas o fichas y jalones (para marcar los puntos sobre el terreno). Elegida la distancia entre puntos se toma un eje de partida (A-G) o arranque, que es jalonado y un punto de arranque (A). A partir de este punto se marcan puntos cada una determinada distancia (distancia que se ha tomado como tamaño de retícula, (p. ej. 20m) y se dejan marcados sobre el suelo con estacas o fichas.



A partir de este eje de arranque (A-G) y empleando escuadra óptica o teodolito o E.T. se determinan las perpendiculares al mismo en las estacas colocadas cada 20m. Obtenidas las perpendiculares y materializadas con jalones se colocan sobre estas direcciones estacas cada 20 m a partir del eje de arranque. Queda finalmente marcado sobre el terreno un reticulado de columnas (verticales) y filas (horizontales) que cubren totalmente el área de la que se desea conocer el relieve. Las filas habitualmente se denominan con letras mayúsculas y las columnas con números arábigos. En la figura la fila superior lleva la letra A y la inferior la G y la columna de más a la izquierda el número 1 mientras que la de más a la derecha el número 5.

Puede variarse la denominación a la comodidad del operador, por ejemplo se traza una alineación entre dos puntos fijos A y G del terreno (es decir, puntos cuya acotación se ha determinado definitivamente) ya relevados planimétricamente, sobre la cual se clavan piquetes (estacas), de modo que las distancias que los separan sean iguales y que se midan por un número redondo de metros, si es posible.



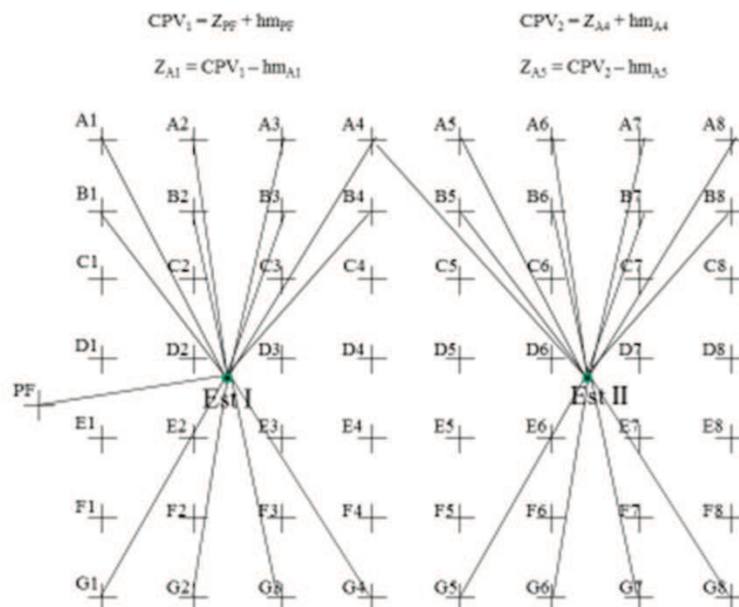
Por los dos extremos A y G y por un punto intermedio D se trazan luego tres alineaciones perpendiculares a AG, sobre los que se lleva la misma distancia de separación que sobre AG, individualizando tales puntos con otros tantos piquetes. Finalmente repetimos la misma operación para el alineamiento externo 5 y el intermedio 2. Tendremos así en el terreno una serie de alineamientos ortogonales cada uno determinado por tres estacas, que se puede representar fácilmente en planimetría. El portamira deberá simplemente colocarse en la intersección de dos alineaciones para tomar la altimetría del terreno.

### 3.1.2. Nivelación de la cuadrícula

El operador del nivel hará estación en el centro de la cuadrícula demarcada (si ésta fuese de un tamaño relativamente pequeño que le permitiese abarcar toda el área con una sola estación) o fuera de ella y hará lectura de hilo medio ( $h_m$ ) en un punto fijo o punto de cota conocida. De esta manera determinará la Cota del Plano Visual (CPV) que es la cota o altura del plano que contiene al eje de colimación (eje del anteojo). La cota de dicho plano será igual a la cota del punto fijo más la lectura de  $h_m$  que se haga en ese punto. A continuación se realizarán lecturas de  $h_{mi}$  en las miras colocadas verticalmente sobre los puntos marcados previamente.

No se realizarán lecturas de hilo superior ( $h_s$ ), hilo inferior ( $h$ ) ni dirección horizontal ya que se conoce la ubicación de los puntos en el terreno y los mismos quedan materializados con estacas o alineamiento del mirero. El operador del nivel va realizando lecturas de  $h_m$  y va anotando los datos en una planilla semejante a la de la tabla modelo. Las cotas de los puntos surgen de restarle al plano visual la lectura de hilo medio en cada punto. Ej.: la cota de A1 surge de:  $CPV_1 - h_{mA1}$ . De modo semejante se calculan las cotas de los restantes puntos A2, A3, etc.

Si el tamaño de la cuadrícula fuese demasiado grande y aumentaran demasiado las distancias instrumento-mira debería realizarse más de una estación debiendo recalcular la cota del plano visual de la segunda estación a partir del punto fijo o si éste quedase muy alejado, a partir de alguno de los puntos que fueron nivelados anteriormente y que por lo tanto pasan a ser puntos de cota conocida. Según la cuadrícula, será necesarios hacer otra estación como muestra la figuras, Est. I y Est. II.

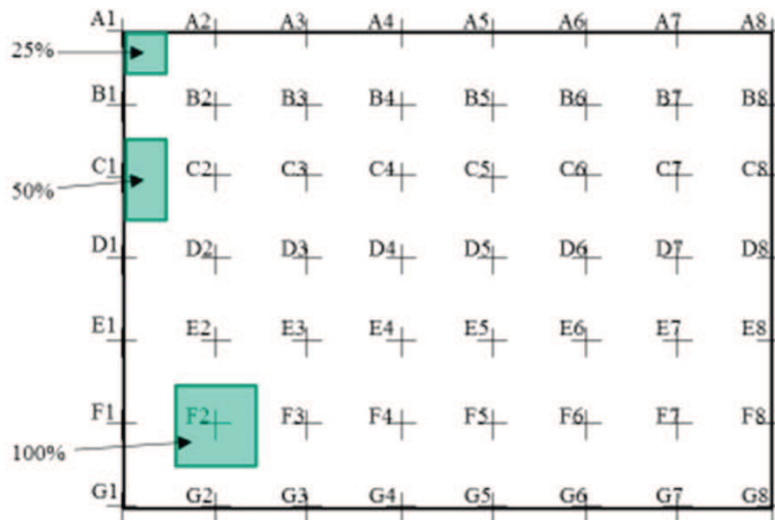


**El objetivo** que se persigue con la nivelación areal por cuadrícula es determinar el relieve del terreno para proceder luego a las tareas de sistematización consistentes en llevar la superficie del terreno a una **pendiente constante y/o aplanamiento**. Con la



sistematización se eliminan los micros relieves que presenta el terreno natural mediante el pasaje de una pala niveladora.

### 3.1.3. Representatividad de las estacas



25% = A1, A8, G1, G8    50% = A2 a A7, B1, B8, C1, C8, D1, D8, E1, E8, F1, F8, G2 a G7

100% = Resto de las estacas

#### Nivelación areal por cuadrícula: Planilla tipo

Estaca	Lectura de hm	CPV	Cota Punto
Punto Fijo	2,22	55,44	53,22
A1	2,18		53,26
A2	2,29		53,15
A3	2,4		53,04
A4	2,45		52,99
A5	2,62		52,82
A6	2,65		52,79
B1	2,09		53,35
B2	2,17		53,27
B3	2,27		53,17
B4	2,39		53,05
B5	2,47		52,97
B6	2,59		52,85
C1	2,02		53,42
C2	2,04		53,4
C3	2,15		53,29
C4	2,26		53,18
C5	2,38		53,06
C6	2,42		53,02

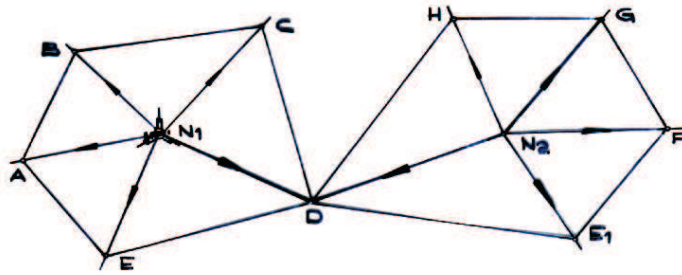
### 3.2. POR RADIACIÓN

Cuando se quiere determinar la diferencia de nivel entre un gran número de puntos, diseminados sobre una superficie muy extendida en todo sentido, se puede usar una nivelación de esta clase.

Consiste en ubicar el nivel en un punto interior del polígono y desde él, nivelar todos los puntos que caracterizan cambios de pendiente, suponiéndolos previamente fijados

planimétricamente y además conocida la cota de uno de ellos que tomaremos como "base".

Sean A, B, C, D, E cinco de estos puntos, N<sub>1</sub> la estación del nivel. Desde N<sub>1</sub> dirigimos visuales a dichos puntos y leemos sus alturas de mira. Nivelados estos puntos, se prolonga la nivelación llevando el nivel a un punto N<sub>2</sub>, tal que desde él se vean todos los puntos del nuevo polígono y además uno de los ya nivelados. Se nivela como antes y así sucesivamente.



Sus resultados se anotan en una planilla especial que se llama Registro de Nivelación por Radiación, cuyo tipo es el siguiente:

Nivel Optico:

Fecha:

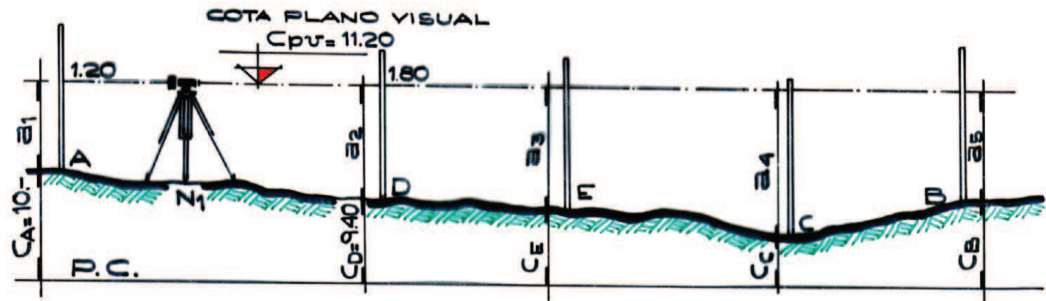
Desde: Hasta:

Hoja N°

ESTACION	PUNTOS	LECTURAS DE HILOS DEL NIVEL		ANGULO	DISTANCIA	COTAS PLANO VISUAL	COTAS (m)	OBSERVACIONES	
		SUPERIOR	MEDIO	Acimutal	(H <sub>s</sub> -H <sub>i</sub> ) x100 (m)	(m)			
				z ° ' "					
N1	A	X,xxx	1,20	xx°xx'	xxx	11,20	10,00	Punto Fijo	
		X,xxx							
	B	X,xxx	x,xxx	xx°xx'	xxx			xx,xx	t.n.
		X,xxx							
	C	X,xxx	x,xxx	xx°xx'	xxx			xx,xx	t.n.
X,xxx									
E	X,xxx	x,xxx	xx°xx'	xxx	xx,xx	t.n.			
	X,xxx								
D	X,xxx	1,80	xx°xx'	xxx	9,40	P.P. (punto de paso)			
	X,xxx								
N2	D	X,xxx	0,925	xx°xx'	xxx	10,325	9,40	P.P. (punto de paso)	
		X,xxx							
	E1	X,xxx	x,xxx	xx°xx'	xxx			xx,xx	
		X,xxx							
	F	X,xxx	x,xxx	xx°xx'	xxx			xx,xx	
		X,xxx							
	G	X,xxx	x,xxx	xx°xx'	xxx			xx,xx	
		X,xxx							
H	X,xxx	x,xxx	xx°xx'	xxx	xx,xx				
	X,xxx								

Para determinar la cota de los puntos nivelados se procede de la siguiente manera:

Se fija la cota de un punto respecto a un plano de comparación; tomemos en este caso el punto A, y supongamos que su cota sea de 10 m. Luego la "cota del plano visual", que en cada estación describe el eje óptico del anteojo al girar éste alrededor del eje vertical. Se deduce fácilmente, que:  $C_{pv} = C_A + a_1$

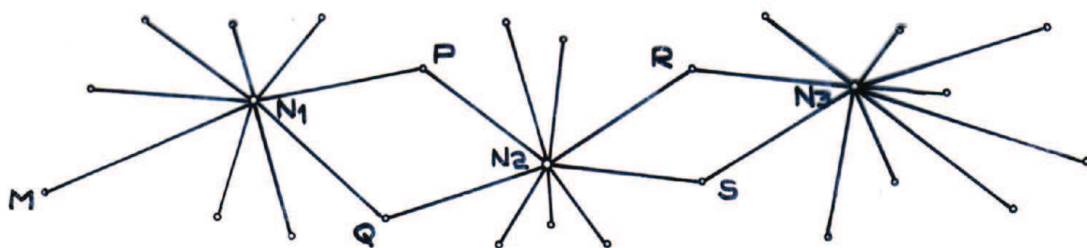


Es decir, que en general "la cota del plano visual es igual a la cota del punto base, aumentada de la altura de mira hecha sobre el mismo punto"; en nuestro caso suponiendo que la altura de mira es 1,20 m tendremos  $10 + 1,20 = 11,20$  m. Además, vemos que  $C_{pv} = C_A + a_2$ , o sea que *la cota de un punto cualquiera visado desde la estación de nivel, es igual a la cota del plano visual, disminuida de la altura de mira hecha sobre ese punto.*

Por ejemplo, para el punto D, si la altura de mira hecha sobre ese punto es de 1,80 m, su cota es  $11,20 - 1,80 = 9,40$ , y así sucesivamente para los demás puntos.

Como en la segunda estación de nivel  $N_2$ , se toma como punto base uno de cota determinada, el D por ejemplo, en el que se vuelve a leer su altura de mira, se deduce análogamente la cota correspondiente al plano visual y luego las de los demás puntos nivelados.

Caso particular: Si se trata de una superficie de terreno alargada, como se muestra en la figura, se procede así



Se hacen varias estaciones de radiación  $N_1, N_2, N_3, \dots$ , que se unen por una poligonal trazada entre el punto inicial M y puntos P, Q, ... que pueden ser nivelados desde dos estaciones consecutivas. Se coloca el nivel en  $N_1$ , se lee "atrás" la mira puesta en M y se nivelan los diversos puntos terminándose con el P (visual "adelante"). Allí queda el portamira sin moverse, para que el punto de pasaje no se pierda, salvo que fuera un punto ya caracterizado por un piquete especial; y luego desde  $N_2$  se visa de nuevo a P (visual "atrás") y Q, se sigue como antes.

Esta poligonal, constituida por los puntos comunes, puede ser limitada por dos referencias de cotas absolutas, o bien cerrarse sobre sí misma, para realizar el control de cierre, como hemos visto al estudiar la nivelación geométrica compuesta.

Este método de radiación tiene la ventaja de que hay que hacer una sola estación de nivel para muchos puntos, lo que hace muy rápidas las operaciones, pero los errores que se cometen se transmiten de una estación a la siguiente, acumulándose.

## 5. PANO ACOTADO

Los planos del terreno se representan en Topografía mediante el sistema de "proyección acotada", o sea que un punto queda ubicado planimétricamente por su proyección sobre un plano horizontal de comparación (pie de la perpendicular trazada del punto al plano) y altimétricamente por su cota (distancia del punto al plano), cuyo valor se escribe entre paréntesis a su lado.

