# APUNTES DE TOPOGRAFÍA

## TEMA 5
## APLICACIONES DEL TEODOLITO Y NIVEL

### RELEVAMIENTOS

*Relevamiento y Levantamiento* son sinónimos y significa medir hechos exitentes, alambrados, edificios, cunetas y además accidentes topográficos, como también muros divisorios, columnas de hormigón o metálicas, existentes. Y después dichos datos serán volcados a planos, ya sea con su planimetría o altimetría o con sus vistas en planta y cortes. O también compararlos con los planos de proyecto que vulgarmente los llamamos de "expresión de deseos" pues generalmente no coinciden con los hechos realizados.
En cambio Replanteo significa materializar en el terreno lo que manifiesta un plano de proyecto, comúnmente estos planos llevan el título de "replanteo" o "planos de encofrado".

**1. ALINEACIÓN DE PUNTOS INTERMEDIOS.**

**a)** Siendo intervisibles: Si se quiere realizar un relleno de la alineación AB (fig.143) y colocamos el teodolito estacionado en B, tenemos que hacer coincidir el hilo vertical en el testigo colocado en A (jalón, ficha, etc.) y luego se colocan las señales de relleno desde A hacia B. Es conveniente realizarlo de este modo pues si realizamos el relleno a la inversa, desde B hacia A, puede que los elementos utilizados para materializar los puntos se interpongan en la visual y de este modo no logramos una eficiente alineación.

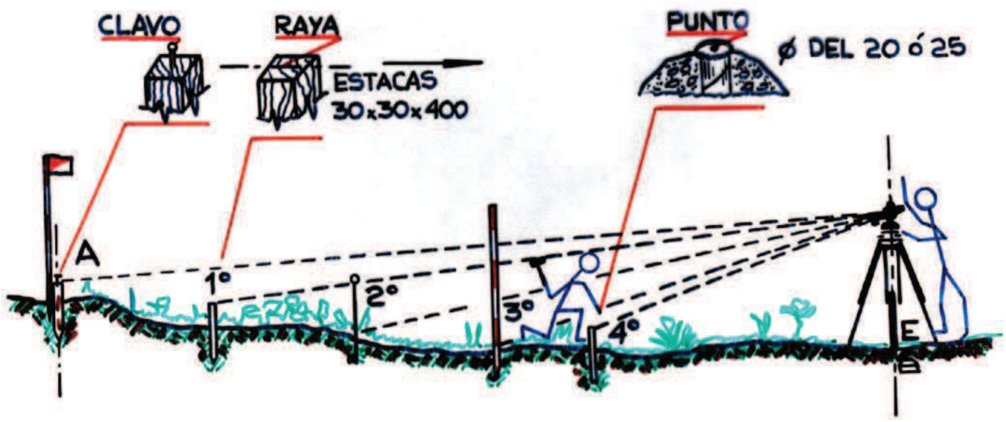



Fig. 143

Los puntos intermedios se materializan generalmente por medio de una estaca en la cual se efectúa una raya alineada con el hilo vertical, o bien mediante un clavo. Si se desea que el punto quede materializado por mucho tiempo se lo materializa mediante una barra de hierro (mojón de hierro) de diámetro 10 a 25 milímetros, en el cual se realiza una marca o punto, alineado con el hilo vertical, y se lo deja sobresaliendo a 2 ó 3 cm o bien al ras del suelo, afirmado con concreto ("torta" o base) y protegido con señales o corralito para evitar su destrucción.

**b)** Alineación del teodolito con puntos que no son intervisibles o son inaccesibles.

Si quisiéramos alinearnos con el teodolito en un punto intermedio P podemos proceder de tres maneras:

**b.1.** Intentamos con M (fig. 144) y medimos el ángulo $\alpha$ que al ser menor de 180° nos dice que debemos desplazarnos.

$\alpha < 180°$

$\overline{M}\ \overline{N} = d \Rightarrow \beta$

$(\beta-\alpha)/d=(180°-\beta)/d_1$

$\Rightarrow d_1 = \dfrac{(180°-\beta)\ .\ d}{(\beta - \alpha)}$

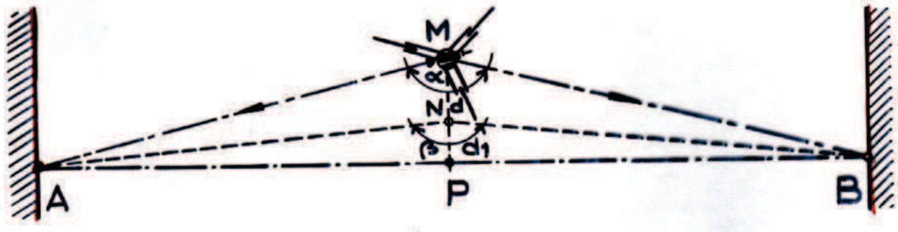



Fig. 144

Probamos con N midiendo $\overline{M}\ \overline{N} = d$; tomamos el ángulo $\beta$, aún menor de 180°, pero más próximo a este valor. Y luego mediante la relación $(\beta - \alpha)/d = (180° - \beta)/ d_1$, obtemos despejando el valor de $d_1$, que es la distancia que tenemos que desplazarnos en la alineación $\underline{\overline{M}\ \overline{N}}$ para llegar al punto P. Es probable que en esta estación tengamos el ángulo APB = 180°. Si ello no sucede nos quedará muy poco a desplazar el aparato para conseguir nuestro objetivo.

**b.2.** Otra forma de conseguir alinear el teodolito con dos puntos inaccesibles o no intervisibles es: (fig. 145) Colocamos el instrumento en un punto cualquiera P, bisectamos el punto A y girando la alidada 180°, tomamos la menor distancia que existe de ésta visual al punto B, que llamamos d, medimos la distancia entre AB = D y la distancia entre AP = L, la cual si el ángulo es pequeño será aproximadamente igual a L', entonces por semejanza de triángulos obtenemos que $L'/ D \cong l / d$ entonces $l' \cong d.L' / D$.

AB = D

AP = $L \cong L'$

$L'/ D \cong l / d \Rightarrow$

$l' \cong d.L' / D$

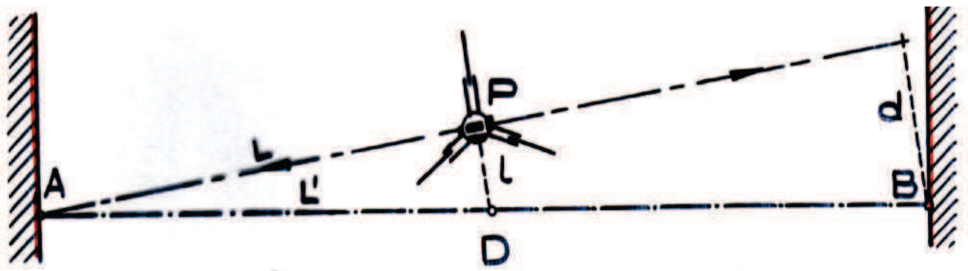



Fig. 145

**b.3.** Existe otra manera de colocarnos con el teodolito en una alineación de acuerdo a la fig. 146. Colocamos el instrumento en P y dirijimos una visual al punto A, al girar 180°, la visual no coincide con B, entonces medimos la distancia de la visual al punto B (d) y giramos el eje de colimación -nos desplazamos- a la mitad de ese valor; provocamos entonces la lectura d/2 desde B a la visual. Giramos 180° y medimos la distancia de A a la visual (d”) y suponiendo que ésta fuera menor que d/2, tendremos que aumentar ese valor en la mitad del “error” cometido. Provocamos entonces este valor en la distancia de A a la visual (d’) y giramos 180°, debiendo coincidir este último valor de d' con la distancia de la visual al punto B. En ese instante estaremos en una alineación paralela a AB, pudiendo ahora correr el teodolito la distancia d', con lo cual estaremos en la alineación deseada o trabajar a esa distancia como eje auxiliar. Este método es muy eficaz en obra para resolver múltiples inconvenientes de intervisibilidad.


Fig. 146

## 2. VERTICALIZACIÓN DE COLUMNAS

Generalmente en la construcción de naves industriales o galpones se utiliza una estructura mixta, columnas de Hormigón Armado y cerchas (cabriadas) metálicas. Las cerchas se construyen en el taller y luego son montadas en obra, para lo cual debe existir una perfecta coincidencia entre los pernos colocados en las columnas y los orificios de las placas de apoyo de las cerchas. Como los ejes de las columnas se materializan a nivel del suelo, para la correcta colocación o construcción de las columnas y sus bases, se debe lograr una perfecta verticalización de las columnas para obtener la perfecta coincidencia antes mencionada.
Existen dos casos, la verticalización de columnas prefabricadas, y la verticalización de encofrados para la fabricación en el lugar ("in situ").

**a)** La verticalización de columnas prefabricadas (fig. 147) se realiza mediante un molde de hormigón armado que se construye en el lugar y luego se introducen cuñas de madera entre éste y la columna hasta ubicarla correctamente, luego se introduce material entre el molde y la columna hasta que fragua y recién entonces se retiran las cuñas.

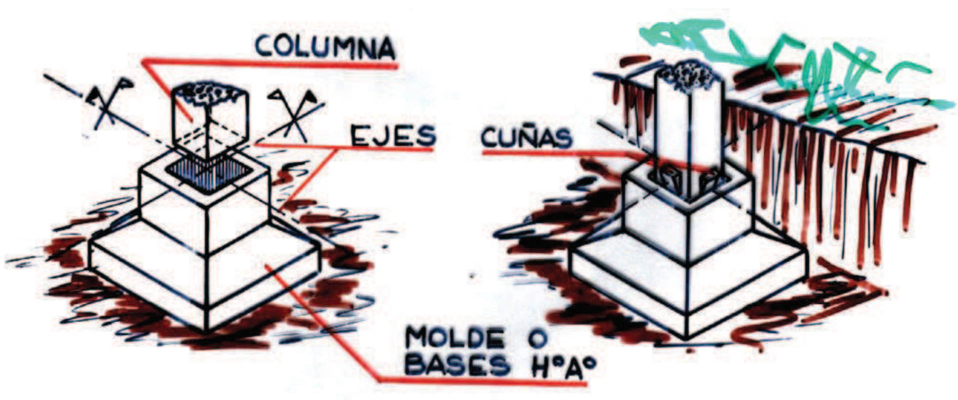



Fig. 147

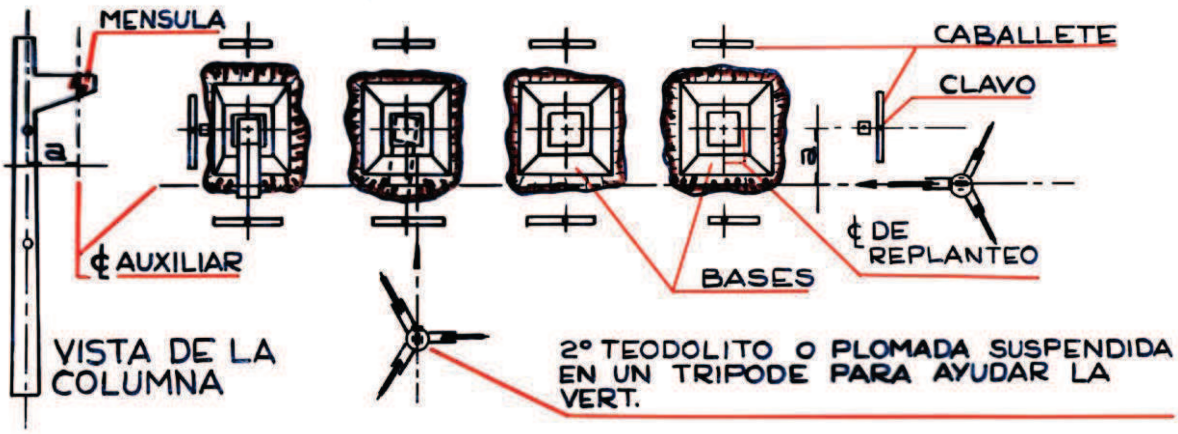



Fig. 148

Tomemos el caso de columnas prefabricadas con ménsula de apoyo para las cerchas (fig. 148), o para el caso de cerchas abulonadas en el extremo de la columna y ménsula para viga carrilera de un puente grúa. En este caso conviene trazar un eje paralelo al eje de replanteo y materializar éste, con señales, en las ménsulas de la columna. Se estaciona el teodolito en un extremo del eje y se van verticalizando las columnas partiendo del extremo más alejado, dirigiendo visuales al eje materializado en la ménsula y midiendo la distancia entre la visual y la columna en su base (dist. a).

Puede ocurrir que la columna quede girada -"retorcida"-, o sea que la ménsula no se encuentre normal al eje de replanteo, para evitarlo se marcan previamente los ejes de la columna en el molde y luego se los hace coincidir en el momento de la colocación.

La verticalización se debe realizar luego en sentido normal a la primera dirección para cada columna.

**b)** Si la columna se debe ejecutar en el lugar, habrá que controlar además de la armadura, el encofrado. Generalmente se coloca un dado de material para empezar el encofrado. (fig. 149)

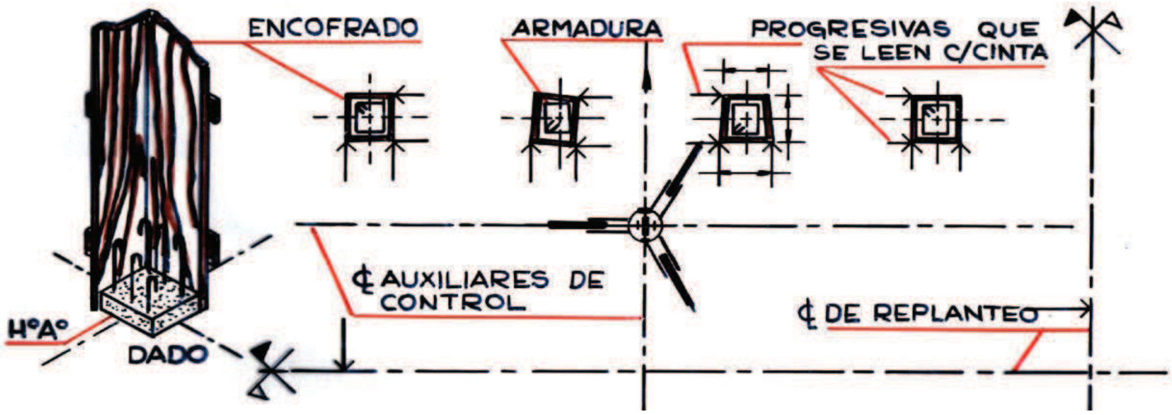



Fig. 149

Se utilizan dos ejes auxiliares, que se refieren a los ejes de replanteo y se calculan de antemano qué progresivas hay que leer en cada esquinero del encofrado, chequeando en los esquineros determinados si están bien, o sea en su colocación original, si

tenemos las correctas progresivas en el ancho del encofrado y si está desplazado o girado.
Y para verificar la verticalidad se hacen observaciones arriba y abajo. Dicho procedimiento se realiza en el sentido de los dos ejes auxiliares.(ver fig. 6)

**c)** Para el montaje de una placa de apoyo vertical, habrá que alinear y verticalizar simultáneamente, esto se logra con una regla o metro que se apoya en las cuatro esquinas sucesivamente.(fig. 150)

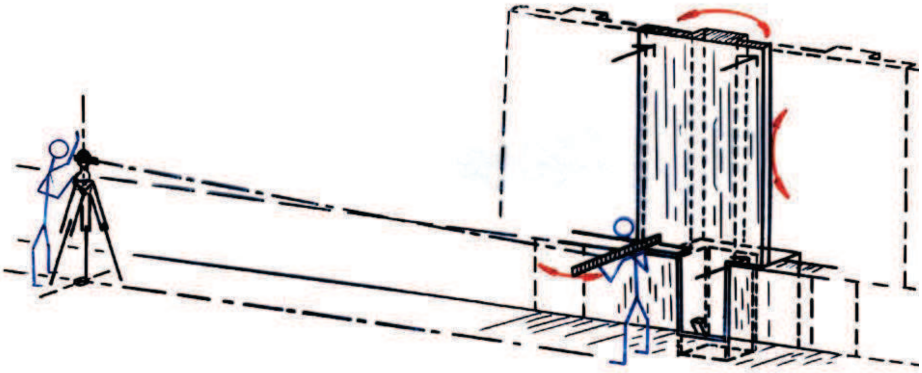


Fig. 150

## 3. MEDICIÓN EXCÉNTRICA DE ÁNGULOS

Generalmente es imposible hacer estaciones en vértices de polígonos a causa de los alambrados. Surge entonces el problema de como medir estos ángulos (los de quiebre de la poligonal), contándose para solucionar este problema con los siguientes métodos:

a) Estación fuera de centro o estación excéntrica

Consiste en estacionar el teodolito próximo al vértice inaccesible. Según se desprende de las fig. 151 a 155 hay distintas posiciones a adoptar, según lo exija el terreno. En la fig. 151 se grafica el caso de desplazarse hacia afuera del ángulo; la fig. 152 muestra el estacionamiento elegido dentro del ángulo; la fig. 153 y 154 suponen estacionamientos a izquierda y derecha, respectivamente del vértice. La fig.155 presenta el caso de poder prolongar una de las líneas y en esa prolongación hacer la estación. En estos casos se conocerán los lados MP y NP por ser lados del polígono. Se medirá también la excentricidad e con toda precaución. Para calcular los ángulos auxiliares $\gamma$ y $\delta$ se aplica el teorema del seno: para fig. 151 y 152 :

$$\text{sen}\,\gamma = e \,.\, \text{sen}\,\alpha / NP \quad \text{y} \quad \text{sen}\,\delta = e.\,\text{Sen}\,\beta / MP$$

p/ Fig. 151 $P = \alpha + \beta + \gamma + \delta$ p/ Fig. 152 $P = 360° - (\alpha + \beta + \gamma + \delta)$

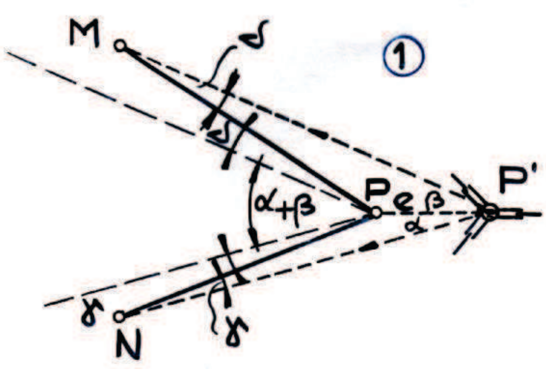



Fig. 151

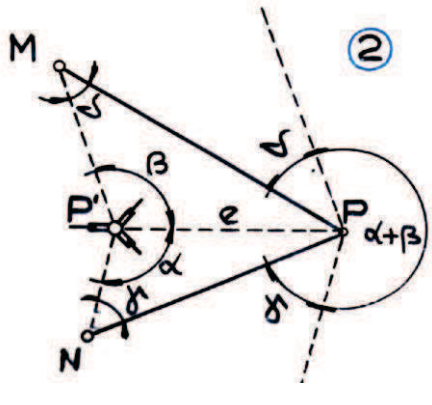



Fig. 152

p/ Fig. 153 sen $\gamma$ = e . sen ($\alpha$ +$\beta$) /NP
sen $\delta$ = e . sen $\beta$ /MP
P = $\gamma + \alpha - \delta$

p/ Fig. 154 sen $\gamma$ = e . sen $\alpha$ /NP
sen $\delta$ = e . sen ( $\alpha$ + $\beta$) / MP
P = $\beta - \gamma + \delta$

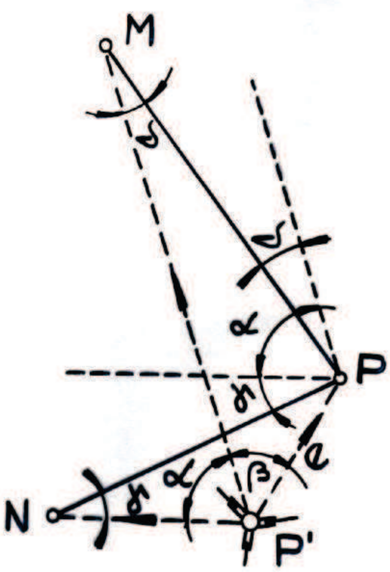



Fig. 153

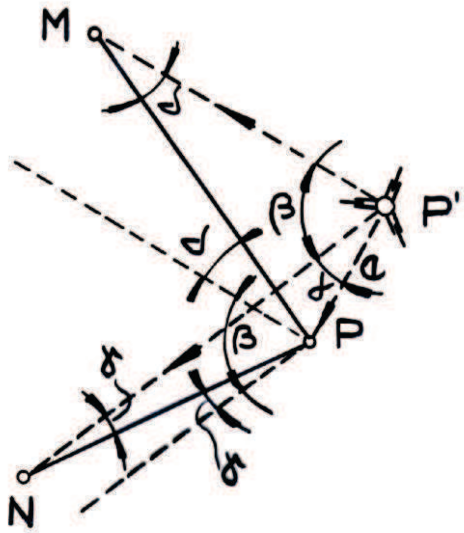



Fig. 154

p/ Fig. 155
sen $\gamma$ = e . sen $\alpha$ /MP
obteniéndose
P = $\alpha + \gamma$

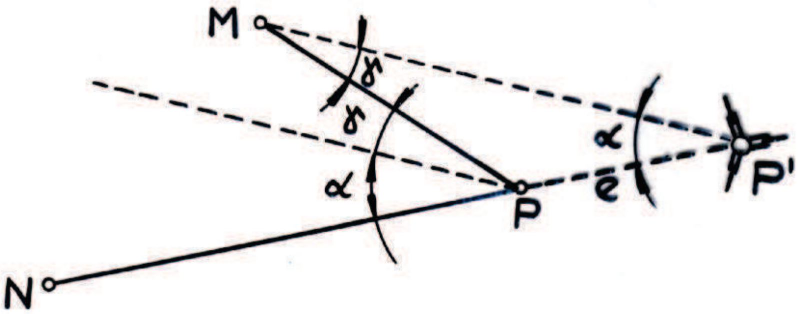



Fig. 155

Vemos que estas soluciones, donde por el vértice P se han trazado las paralelas a las visuales dirigidas desde P' a los puntos M y N, traen aparejados cálculos que, si queremos realizarlos para comprobar el cierre angular de nuestro polígono, nos insumirá considerable tiempo y, en caso contrario, corremos el riesgo de que al realizarlo en gabinete, encontremos diferencias de cierre que excedan las tolerancias, obligándonos a retornar al terreno. Por tal causa es que prácticamente, no se aconsejan, salvo en casos de única solución, estas estaciones fuera de centro. Es preferible el método descrito en el inciso b.

b) <u>Construcción de ángulos de lados paralelos a los del polígono</u> (fig 156)
Se desplazan normalmente a MP jalones a una misma distancia, convenientemente corta, haciendo otro tanto con respecto a NP que puede ser o no la misma distancia

usada para desplazar MP. La prolongación de los lados así obtenidos da, en su intersección, el punto P' de estación.

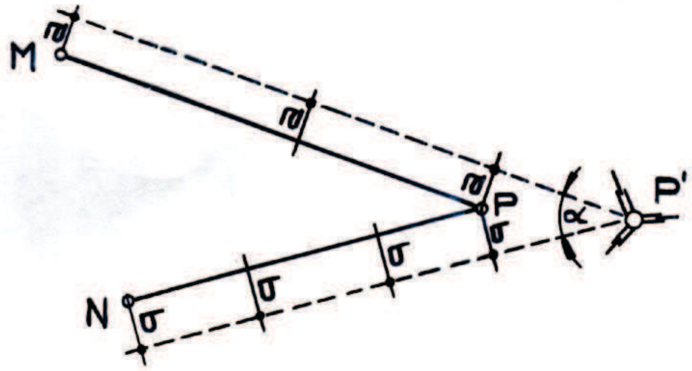



Fig. 156

El ángulo en P' llamado $\alpha$ en la figura, será el mismo que en P. Si es posible deberán alinearse más de dos puntos para mayor seguridad.

Podemos hacer el traslado paralelamente hacia afuera, hacia adentro o dentro y fuera del polígono (fig 157).

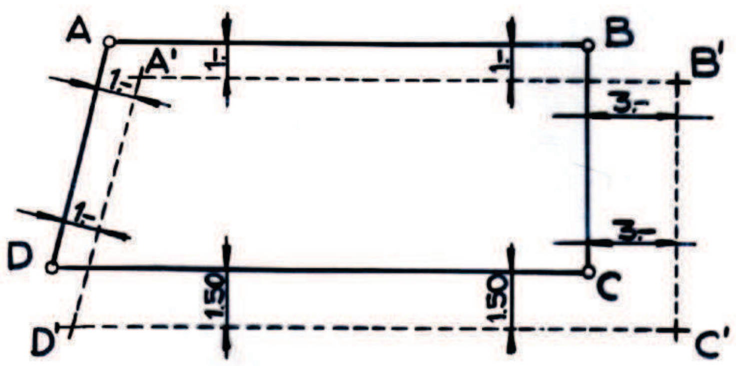



Fig. 157

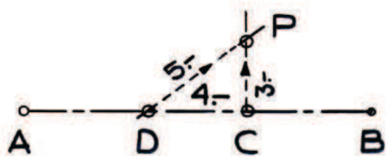
Este método es más rápido que el de estación excéntrica, especialmente por permitir hallar ángulos que son los mismos del polígono, operación que ofrece el inmediato control de cierre angular.

Además, los ángulos del método anterior son funciones de la longitud de los lados poligonales y de la excentricidad, valor éste muy pequeño con respecto a aquellos y obliga a trabajar con los ángulos $\gamma$ y $\delta$ muy agudos, y, por ello, sumamente peligrosos.

- Hablamos, al enunciar los desplazamientos paralelos, que los jalones debían colocarse a una distancia tomada normalmente a los lados. No por conocida dejaremos de recordar la regla para levantar perpendiculares.

a) Sea la fig.158: supongamos que sobre la línea AB tomamos un punto C, alineado en ella, desde el que necesitamos levantar una perpendicular. Ubicamos, alineado con AC, el punto D situado a 4 metros de C. Luego, desde C medimos 3 metros y desde D tomamos 5 metros y el punto de cruce de ambas medidas dará el punto P sobre la perpendicular PC a la línea AB. Igualmente podemos tomar tres valores que sean múltiplos de los usados 3, 4 y 5 ; como ser 6, 8 y 10; 15, 20 y 25; 30, 40 y 50 pues todos obedecen al teorema de Pitágoras.

$$\overline{DP} = \sqrt{\overline{DC}^2 + \overline{CP}^2}$$



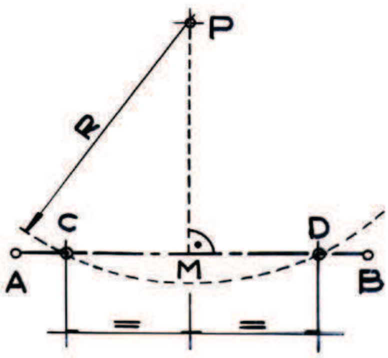




Fig. 158 Fig. 159

b) Si en vez de levantar nos proponemos bajar una perpendicular desde un punto a un lado del polígono, teniendo solamente una cinta o un hilo podemos hallar la solución de la siguiente manera (fig.159). Con centro en P y con la cinta o el hilo bien tenso (haciendo las veces de radio) se corta AB en C y D. Midiendo la distancia CD se alinea su punto medio M que será el pié de la perpendicular.
Es obvio que el radio habrá que elegirlo mayor que la distancia que separa al punto de la recta. Si utilizamos un hilo, fijados los puntos C y D, bastará con tender el mismo entre ellos y luego con la mitad hallada por doblez del cordel se ubica M.

c) Si por el punto P, necesitamos trazar una paralela a AB podemos valernos del siguiente recurso (fig.160): Elegimos dos puntos del lado AB tales como C y D. Se mide PD y se determina el punto medio M: PM = MD. Luego, desde C se establece en una alineación la relación CM = ME. Los puntos P y E determinan una recta paralela a CD y, por lo tanto, lo que deseábamos: PE / / AB.

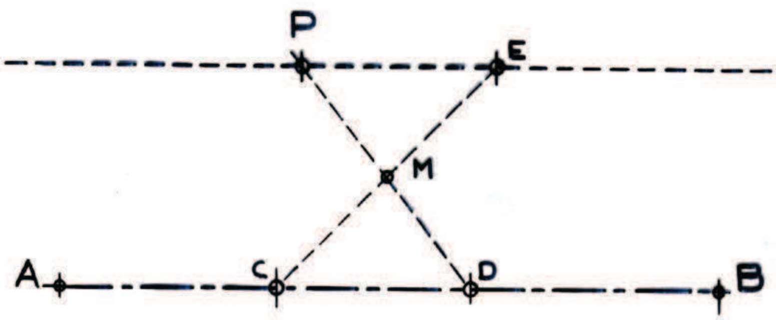


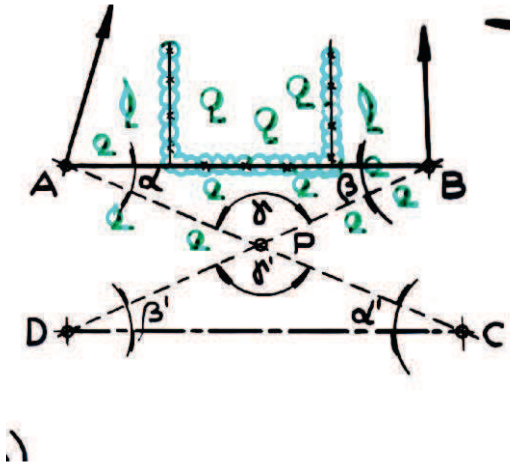

Fig. 160

## 4. MEDICION INDIRECTA DE DISTANCIAS

Veremos, ahora, las soluciones para obtener la longitud de un tramo de poligonal que es inaccesible por diferentes motivos, lagunas, montes, edificios, etc.

a) Mencionaremos, primero, una elegante solución apoyada en el principio mencionado en último término para trazar una paralela a una alineación dada, para el caso tan común de imposibilidad de medición directa de un lado poligonal cubierto de enredaderas espinosas, etc, que demandarían mucho tiempo en ser limpiadas para el correcto tendido de la cinta métrica.

- Sea en fig.161 el lado AB obstaculizado, pero cuyos extremos son accesibles, aunque sea a machete y pala. Elegimos un punto P intervisible con A y B. Por el procedimiento de fig.160 podemos construir CD paralela a AB y nos hemos salvado de la limpieza del lado AB, pues midiendo CD tenemos medido AB ya que CD = AB, ya que los triángulos ABP y DPC son iguales puesto que $\alpha = \alpha'$ y $\beta = \beta'$ por alternos internos, entre paralelas; $\gamma = \gamma'$ por opuestos por el vértice y como hicimos AP = PC y BP = PD nos sobran elementos probativos de la igualdad de los triángulos construidos en el terreno.



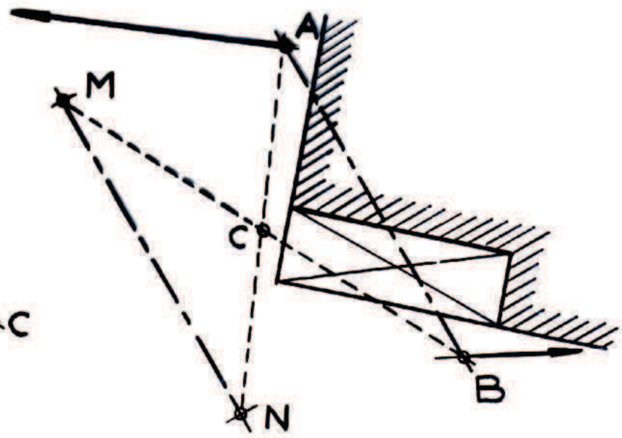




Fig. 161 Fig. 162

- La misma solución podemos emplearla en casos como el indicado en fig.162 donde necesitamos conocer la longitud AB y un obstáculo impide tomarla directamente. Haciendo AC = CN y BC = MC resulta MN / / AB y MN = AB como en el caso anterior.

b) Entre los problemas de obstáculos podemos darle lugar preferente, por lo común, a la existencia de una laguna cruzada por un lado del polígono, fig. 163. El obstáculo es de paso, pero no de visual, por lo tanto será posible alinear sobre AB los puntos C y D cercanos a la laguna. Medimos AC y DB y nos falta el tramo CD para tener el total AB. Hay varias soluciones:

- Fig. 163. Caso de levantamiento expeditivo o cuando AB es mucho mayor que CD, es decir, que pequeñas inseguridades en la determinación de CD no influyan considerablemente sobre el lado poligonal AB. En tal aso con una escuadra óptica podemos levantar en C y en D perpendiculares a AB de igual longitud y hacia el mismo lado: CM = DN. Midiendo MN que será igual a CD resulta: AC + MN + DB = AB.

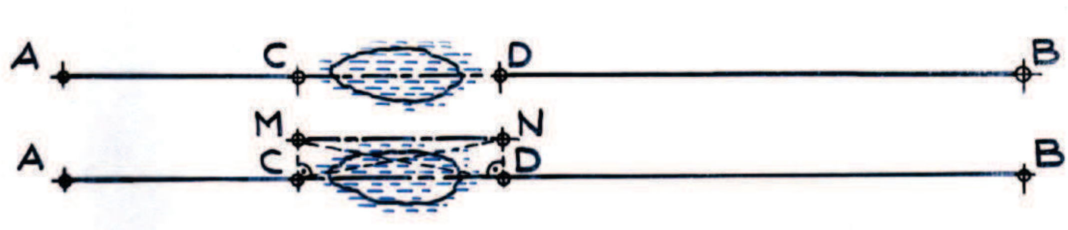



Fig. 163

No olvidemos que un operador práctico puede asegurar los 5 cm en una normal de 50 metros levantada con escuadra. Por lo tanto, en el peor de los casos, en que la falta de perpendicularidad en C y D sean de tal sentido que se acumulen, tendríamos el valor MN paralelo a 50 m con CD, produciendo un error del orden de los 10 cm. Tenemos, aún, un control geométrico ya que lo pretendidamente construido es un rectángulo, podemos medir las diagonales MD y CN que deberán ser iguales. Esto nos permite asegurar más el trabajo cuyo afinamiento definitivo se consigue con el procedimiento siguiente:

- Usando un teodolito en C y  D y procediendo en forma análoga, pudiendo asegurar la operación con una estación en M o en N comprobando por el ángulo recto en ella, el paralelismo de MN y CD, tarea superflua si aseguramos al medir la igualdad CM = DN.

Dada la fundamental importancia que tiene el tiempo empleado en campaña, vemos que el método enunciado exige tomar dos ángulos ACM y ADN y tres valores lineales CM, DN y MN, procurando, además CM = DN y alinear desde C y D los jalones o fichas en M y N. Toda esta tarea insume mucho más tiempo que el necesario para desarrollar el siguiente procedimiento:

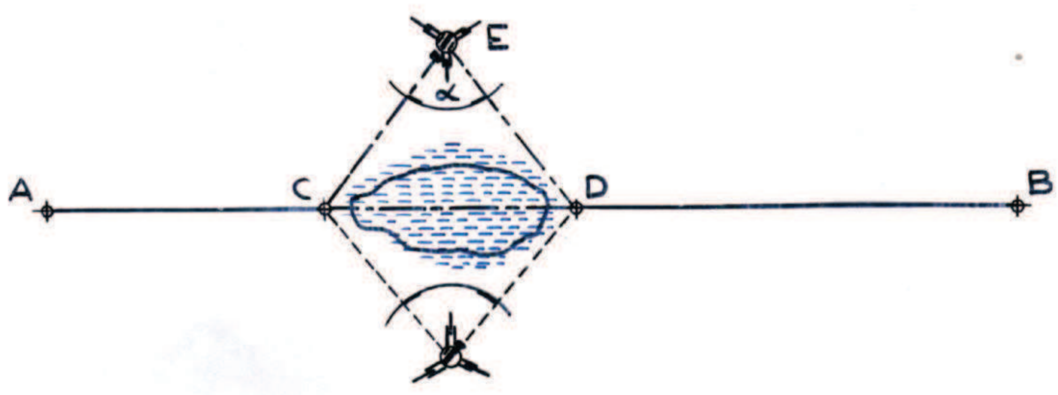



Fig. 164

- Ver fig. 164. Ubicados los puntos C y D elegimos un punto cualquiera E donde hacemos una estación de teodolito midiendo el ángulo $\alpha$. Tomando los valores lineales CE y DE tenemos los datos necesarios para resolver el triángulo CED que nos da el cálculo de CD. Es conveniente para esta solución buscar el punto E de manera que, a ojo, se aprecie la formación de un triángulo próximo al equilátero.

Si el ángulo $\alpha$ = 90°, resulta rápido el cálculo del valor CD como hipotenusa, pero esta celeridad se pierde con la ubicación del punto D (ó C) desplazándolo sobre la línea AB, por lo que la práctica aconseja no premeditar el valor angular.

Hasta ahora, en esta solución no tenemos elementos de control, siempre necesarios (en Topografía lo que abunda no daña...excepto los errores) por lo que se tomará una observación sobrante: el ángulo ECD o el CDE o mejor ambos, estacionando en C y D.

Otro camino de control es elegir un nuevo punto similar al E y hacer un nuevo triángulo por el mismo método. El segundo vértice así elegido podrá, también, estar aproximadamente simétrico de E con respecto al lado AB (fig. 164).

c) Supongamos que el obstáculo es, ahora, un edificio o un monte colocado en forma análoga a la laguna (fig. 165). Ya no son intervisibles los puntos A y B por lo que es imposible alinear puntos como los C y D del caso anterior.

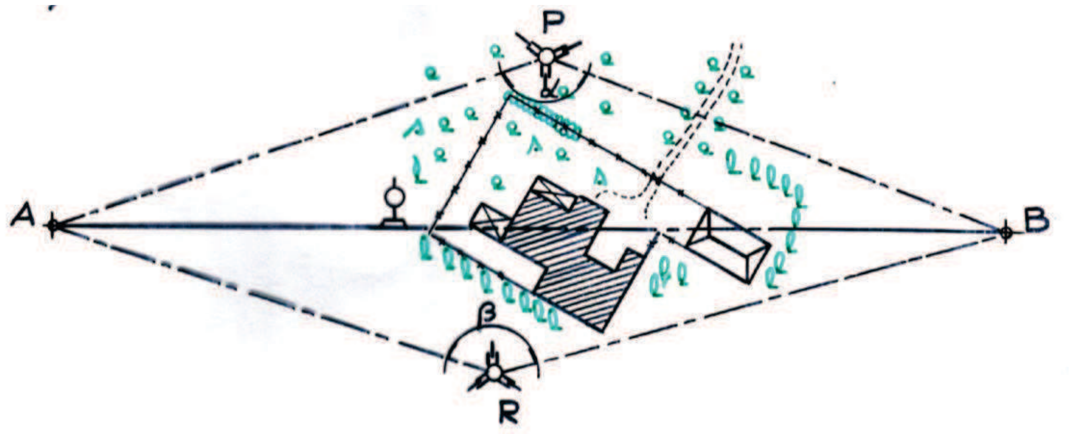


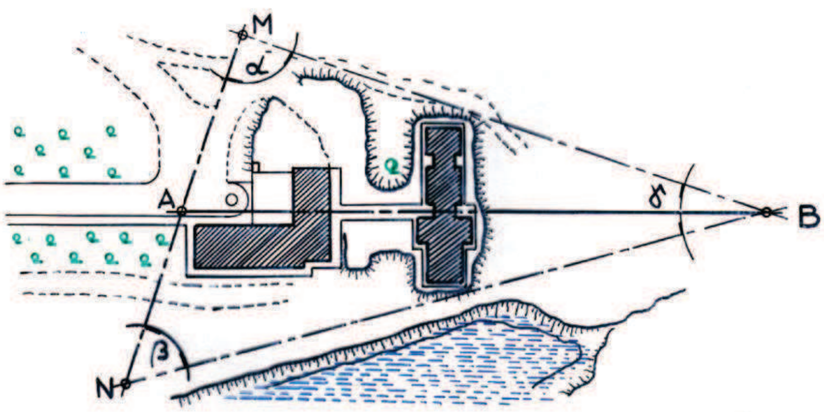

Fig. 165

- El recurso más utilizado es el graficado en la fig. 165. Se elige un punto P, desde donde sean visibles A y B. Se miden los lados AP y PB y el ángulo $\alpha$. Tenemos los elementos necesarios para el cálculo del triángulo APB que nos dará un primer valor de AB, que promediaremos con el segundo valor calculado al resolver el triángulo ARB del que medimos AR, RB, y $\beta$ para tener una operación controlada.

No debemos olvidar el inconveniente y lo inseguro que es el cálculo con ángulos muy pequeños, cuando ubicamos los puntos P y R que los elegiremos alejados del lado AB aunque ello traiga aparejado medir líneas (AP-PB-AR y RB) más largas, pues este aparente mayor trabajo se compensa con la seguridad en el resultado.

- Otro método es el indicado en fig. 166. Estacionando en M se alínea con A el punto N. Se mide el ángulo $\alpha$. Con estación en N se mide $\beta$. Tomando las medidas MA y NA, por su suma se obtiene MN que con $\alpha$ y $\beta$ nos dan los elementos necesarios para calcular el triángulo MBN. Una observación de control podría ser el ángulo $\gamma$ o medir MB o NB, y lo aconsejable es medir los tres. Resuelto el triángulo MNB se resuelven, luego, los otros dos, el MAB y el NAB, que tendrán en común el valor objeto de este trabajo, es decir, hallaremos dos valores del lado obstaculizado AB. La solución rápida y a adoptar, especialmente cuando sea dificultosa la medición de MB y NB, es tomar los ángulos $\alpha$, $\beta$ y $\gamma$ y los lados MA y AN, donde el único elemento de control sería el ángulo $\gamma$ por lo que será necesario extremar las precauciones.

Fig. 166



**d)** Es frecuente la necesidad de abrir una picada a través de un monte (fig. 167). Desde A no es visible B. Se toma una línea arbitraria AM (lo más próxima posible a AB) y sobre ella se ubica C, pié de la perpendicular a AM que pasa por B. Se miden AC y CB. El bajado de la perpendicular se hace con escuadra y en caso de ser C un punto muy lejano a A, lo que no permitiría divisar el jalón en A, se alinean jalones a lo largo de la línea AM, para posibilitar la operación. Luego se ubican puntos tales como D, E y F alineados sobre AM. Con los valores de AC y BC y midiendo CD, DE y EF (por diferencia con AC, ya medido, se obtiene AF) se pueden calcular, por la semejanza de los triángulos rectángulos formados, los catetos DJ, EH, FG, etc. a levantar para dar puntos como G, H, J, que quedarán alineados con AB:

BC / AC = DJ / AD
de donde
DJ = BC.AD / AC ;
EH = BC.AE / AC ;
FG = BC.AF / AC ; etc.

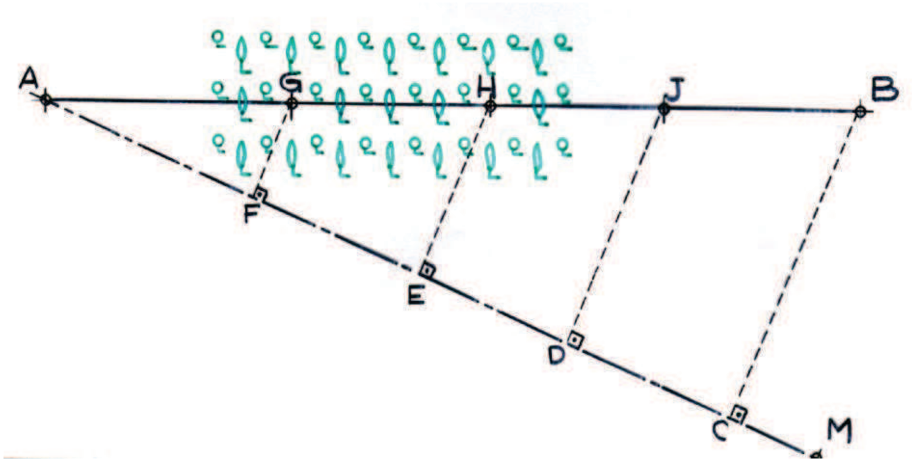



Fig. 167

Lógicamente, si los valores que se toman son números redondos la operación se facilita, pero como las perpendiculares deben llegar hasta la línea AB, los árboles suelen no permitir el paso de la normal y hay que desplazarse variando las distancias a tomar sobre la alineación AM.
Por otra parte, dentro del monte será necesario colocar puntos, tales que sean visibles dos sucesivos para proceder al talado.
Este método puede utilizarse para situar puntos como el J después del monte o del obstáculo, en general.

e) Propongámonos <u>medir una distancia inaccesible</u>, por ejemplo, situada en el lado opuesto de un arroyo. (fig.168)
Pretendemos medir AB indirectamente. Elegimos una base MN que medimos. Luego en M tomamos los ángulos $\alpha$ y $\beta$ , y en N los ángulos $\gamma$ y $\delta$.
Tenemos posibilitado el cálculo de AB. Veamos:

$\Delta$ AMN datos: MN; ($\alpha + \beta$ ); $\gamma$
$\Delta$ BMN datos: MN; ($\gamma + \delta$ ); $\beta$

Resueltos ambos triángulos conoceremos del triángulo ABM los lados AM y MB que con el ángulo $\alpha$ nos dan la solución del mismo y por ende un primer valor de AB. Además, de los mismos anteriores triángulos, tenemos calculados AN y BN que, con el ángulo $\delta$ constituyen los datos para resolver el triángulo ABN y obtener, así, un segundo valor de AB, a comparar con el hallado antes, y si es compatible, promediarlo.

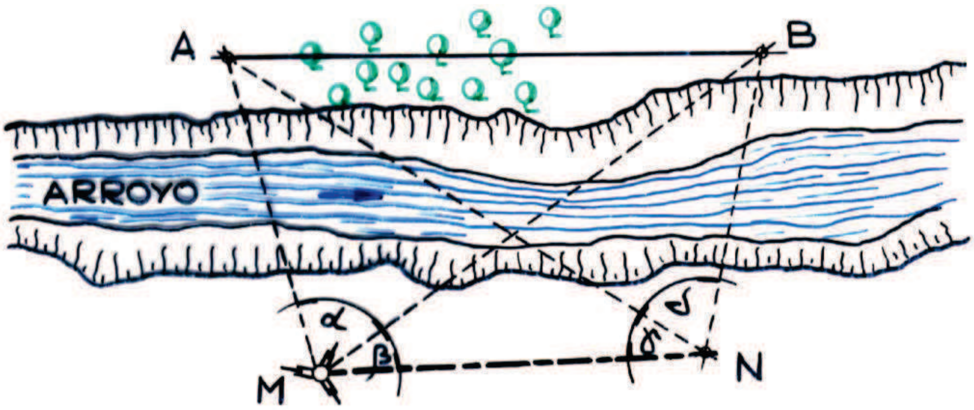



Fig. 168

- Si nuestro problema fuese averiguar el <u>ancho del arroyo</u> procederíamos de la siguiente manera:

a) Sea fig. 169, donde P es un punto marcado sobre el borde opuesto del arroyo. Estacionando en A se alinea C con P (convenido que AP será la normal al curso de agua) y, luego tomando un ángulo de 90° se coloca un punto B. Se mide AB. Con estación en B se mide $\alpha$. Podemos calcular el triángulo rectángulo PAB y por tanto, AP, al que restamos AC medido en el terreno, resultando el ancho del cauce CP.

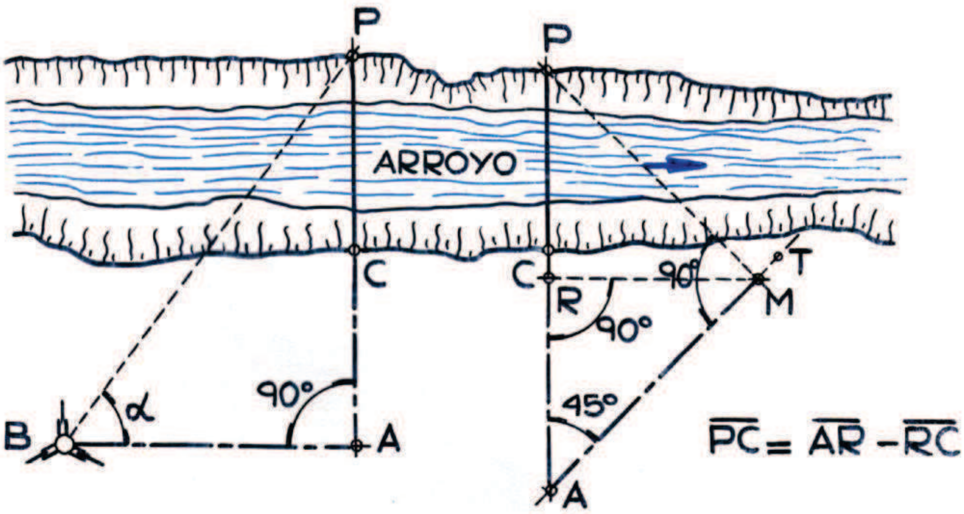



Fig. 169 Fig. 170

b) En la fig. 170 se da otra solución; consiste en estacionarse en un punto A alineado con PC y tomar un ángulo de 45° dando la dirección AT. Con escuadra óptica será posible buscar el pié de la perpendicular bajada desde P. Si bajamos la perpendicular a PA pasante por M obtenemos el punto R que será el punto medio de PA por ser RM la altura del triángulo isósceles AMP. Luego

$$PC = AR + RP - AC = 2\ AR - AC = AR - RC$$

En donde AR y RC son dos elementos medibles en el terreno. Podemos, aún, controlar midiendo y recordando

$$AM = \sqrt{(AR^2 + Rm^2)} \quad \text{donde } AR = RM.$$

c) Sobre el procedimiento anterior veamos una variante más rápida y sencilla. Construimos el triángulo APM de figura 171 y, luego, desde C levantamos una perpendicular a PA pasante por un punto N alineado desde M con P. Como el ángulo en P = 45° es evidente que: PC = CN.
Si la sinuosidad del borde del arroyo nos impide levantar la normal en C (y no deseamos cambiar de lugar), pues N cae en el cauce podemos hacerlo en C' obteniendo N'.
Resultará:PC = C'N' - C'C.

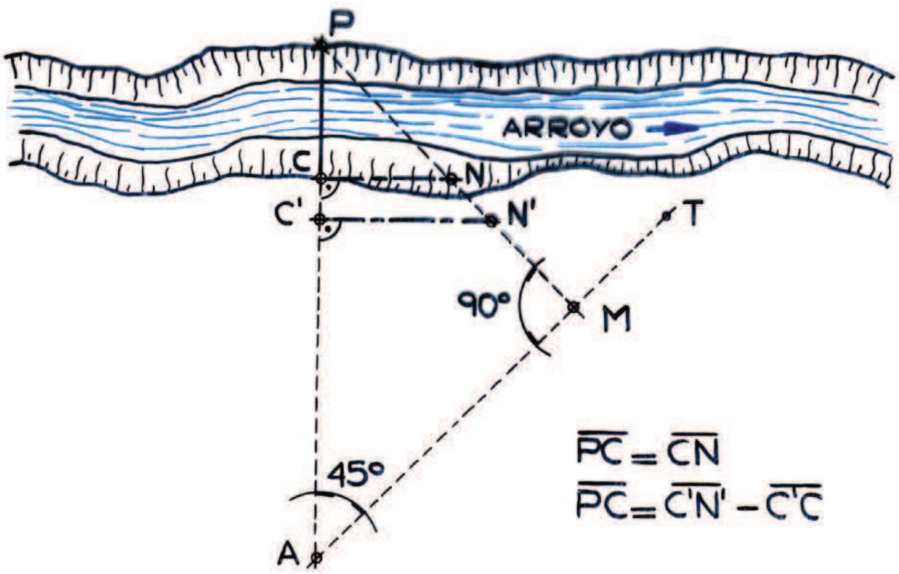



Fig. 171

Aparentemente, es más sencillo ubicar el punto N y a 45° buscar el punto C, cumpliendo la condición de perpendicularidad de PC con CN, pero en la práctica se complica esta tentativa pues C puede caer dentro del cauce y será necesario desplazar N a lo largo de PM hacia M hasta hacer posible esta solución y además PC tendrá que quedar como la menor distancia entre ambas márgenes, lo que al no cumplirse, obligaría a correr N a lo largo de la orilla, demorándose doblemente la tarea.

## 5. NIVELACION GEOMETRICA COMPUESTA (*Itinerario Altimétrico*)

Sea el caso general de determinar la cota de un punto A, enlazándolo con un punto de <u>cota conocida</u> (punto altimétrico pre-determinado, o punto fijo altimétrico perteneciente a la red del país), se procede, según indicamos, repitiendo la nivelación geométrica simple en la dirección de PFI a A, es decir:

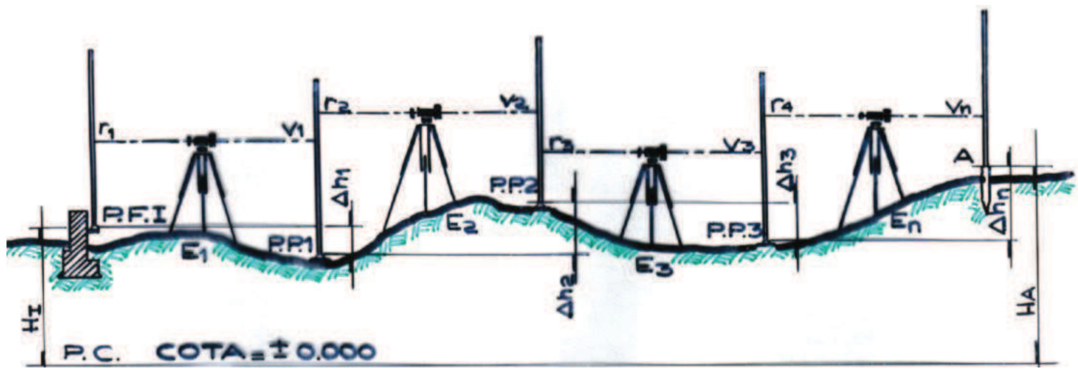



Fig. 172

colocando el nivel en la primera estación $E_1$, en el punto medio –equidistante- de PFI y $PP_1$ (punto de paso) (fig.172), y efectuando la lectura $r_1$ sobre la mira colocada "*atrás"* en PFI y la $v_1$, sobre la colocada *"adelante*" en $PP_1$, habremos determinado, por diferencia de la lectura atrás y la lectura adelante, el desnivel parcial $\Delta h_1 = r_1 - v_1$. Una vez leída la mira colocada en PFI y anotada en el registro de campaña, haremos la señal correspondiente al portamira para que avance hacia $PP_1$ donde se hace la lectura "adelante". El portamira situado en $PP_1$ permanecerá en su sitio y luego de leído girará la mira sobre el pivote de la placa de h° f° (zócalo o sapo), sin levantarla del apoyo, entretanto el operador cargará el nivel sobre sus hombros y contando la misma cantidad de pasos determinada, a partir de $PP_1$ estacionará ahora el nivel en $E_2$ y efectuará la lecturas "*atrás"* $r_2$. Posteriormente el portamira situado en $PP_1$ contará la cantidad de pasos hasta $E_2$, y repetirá la misma cantidad de pasos colocando el sapo en $PP_2$; el operador ejecutará la lectura *"adelante*" $v_2$. Habremos determinado, por diferencia de la lectura atrás y la lectura adelante, el segundo desnivel parcial $\Delta h_2 = r_2 - v_2$. Así sucesivamente hasta llegar al punto extremo A sobre el que se hace la última lectura hacia delante $v_n$, desde la última estación del aparato $E_n$.
En los puntos de *"paso"* o de "*cambio*" $PP_i$, las miras son apoyadas sobre placas de h° f° y deben ser mantenidas verticales e invariables hasta que se hayan hecho en cada una de ellas las dos lecturas: *"atrás" y "adelante".*
Debemos agregar que no es necesario situar el nivel en la recta de unión de dos puntos sucesivos, pudiendo hallarse fuera de ella, pero <u>manteniendo siempre la equidistancia</u>, lo fundamental es elegir bien un punto seguro de estación sobre la mediatriz del tiro a nivelar. A veces es conveniente, determinar la cota de puntos característicos intermedios (fijos), como umbrales, cordones, centro de pavimento, etc., para el caso de una interrupción del trabajo o de cualquier perturbación en él. De acuerdo a lo establecido en lo que precede, entre PFI y $PP_1$ habremos establecido el desnivel parcial $\Delta h_1$, entre PP1 y $PP_2$ el $\Delta h_2$ ....., y así sucesivamente, obteniéndose entonces le diferencia de altura entre el punto conocido P.F.I y el nuevo A, mediante la fórmula:

$$\Delta H = H_A - H_I = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + .... + \Delta h_n = \Sigma^n{}_{n=1}\ \Delta h_n$$

pero: $\Delta h_n = r_n - v_n$ , podemos poner entonces:

$$\Delta H = H_A - H_I = r_1 - v_1 + r_2 - v_2 + .... r_n - v_n = \Sigma^n{}_{n=1}\ r_n - \Sigma^n{}_{n=1}\ v_n \ \therefore$$

$$\boxed{H_A = H_I + \Sigma^n{}_{n=1}\ r_n - \Sigma^n{}_{n=1}\ v_n = H_I + \Sigma^n{}_{n=1}\ \Delta h_n}$$

En consecuencia, tendremos las siguientes pruebas de cálculo:

$$\boxed{\Sigma^n{}_{n=1}\ \Delta h_n = \Sigma^n{}_{n=1}\ r_n - \Sigma^n{}_{n=1}\ v_n}$$

$$\boxed{H_A - H_I = \Sigma^n{}_{n=1}\ \Delta h_n}$$

Un itinerario altimétrico, lo mismo que el planimétrico, necesita un control de cierre, y así, en nuestro ejemplo, si lo que se pretende es dar cota al punto A, una vez que se ha llegado a él, será preciso efectuar la <u>nivelación de "vuelta",</u> es decir, repetir la operación pero tomando ahora como origen al punto A y repitiendo las operaciones en sentido contrario hasta alcanzar el PFI. En este caso debemos llegar al PFI con la cota $H_{I,}$ de la cual hemos partido, pero debido a los inevitables errores, es probable que lleguemos con una discrepancia que se llama error de cierre, que deberá mantenerse menor que la tolerancia establecida:

**$T = 10 \sqrt{L}$** donde L se expresa en km y T en mm (Niv. de 2do Orden)

**$T = 30 \sqrt{L}$** donde L se expresa en km y T en mm (Niv. de 3er Orden)

Para el registro en campaña se empleará la planilla que figura a continuación :

PLANILLA DE OBSERVACIONES

Nivel Optico: N° Operador: Fecha:
Desde: Hasta: Condiciones Atmosf. Hoja N°

| ESTACION | PUNTOS VISADOS | DISTANCIAS EN PASOS | DISTANCIAS (hs-hi) x100 (m) | DISTANCIAS di (m) | LECTURAS DE HILOS DEL NIVEL OPTICO ATRAS SUPERIOR / INFERIOR | ATRAS MEDIO r | ADELANTE SUPERIOR / INFERIOR | ADELANTE MEDIO v | PUNTOS INTERMEDIOS PV | PUNTOS INTERMEDIOS MEDIO | DESNIVELES $\Delta H = r - v$ + | DESNIVELES - | CORRECCION | $\Delta$hc CORREGIDO +/- | $\Delta$hc | COTAS DEFINITIVAS (m) | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | PFI | xxx | xxx | xxx | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | | | | | | | | | | | |
| | 1 | xxx | xxx | | | | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | | | | | | | | | |
| B | | xxx | xxx | xxx | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | | | | | | | | | | | |
| | 2 | xxx | xxx | | | | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | | | | | | | | | |
| C | | xxx | xxx | xxx | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | | | | | | | | | | | |
| | ni | xxx | xxx | | | | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | | | | | | | | | |
| .. | | …. | ….. | …. | … | | ….. | … | | … | … | … | … | … | … | | |
| J | | xxx | xxx | xxx | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | | | | | | | | | | | |
| | PFI | xxx | xxx | | | | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | | | | | | | | | |
| **Sumas** $\Sigma$di= | | | | D | $\Sigma$r = | | $\Sigma$ v= | | | | $\Sigma\Delta$h+ | $\Sigma\Delta$h- | $\Sigma$c=0 | $\Sigma$ $\Delta$h= | | | |

- **Cálculo del error de cierre y su compensación**

Para un itinerario encuadrado o cerrado la discrepancia de la suma algebraica de los desniveles parciales nos dará el error de cierre:

$$\Sigma^{n}_{n=1} \Delta h_n = \varepsilon \quad \text{donde} \quad \varepsilon \angle T$$

es decir que si el itinerario es de enlace el error de cierre se obtiene por la diferencia entre el nivel ahora hallado y el previamente conocido:

$$\Sigma^{n}_{n=1} \Delta h_n - \Delta H = \varepsilon$$

Una vez que tenemos el error de cierre dentro de la tolerancia establecida, en gabinete se procede a su compensación, a veces, si las longitudes de nivelación son sensiblemente iguales podemos repartirlo en partes iguales entre los desniveles parciales.
En general el error de cierre se reparte proporcionalmente a las longitudes de las niveladas, es decir :

$$\text{si } \varepsilon \leq T$$

la corrección será :

$$c_n = -(\varepsilon / D) \cdot d_n \text{ (mm)}$$

donde :

$D = \sum_{n=1}^{n} d_n$ : longitud del itinerario en metros.

d = distancia nivelada (tramo) en metros

$\varepsilon$ = error de cierre en mm

- **Recomendaciones de Orden Practico**

a) Posición del nivel de anteojo
Se aconseja, cuando esto es posible, colocar la línea que une dos patas del trípode paralela a la visual, pues se puede situar el operador cómodamente en los espacios 1 y 2 (fig. 173) sin riesgo de tropezar con el trípode, y además el peso del operador que se transmite al suelo influirá en menor escala sobre la estabilidad del instrumento. Alternando esta posición se atenúan errores sistemáticos debidos al hundimiento del suelo y a su reacción elástica bajo el peso del instrumento y operador.

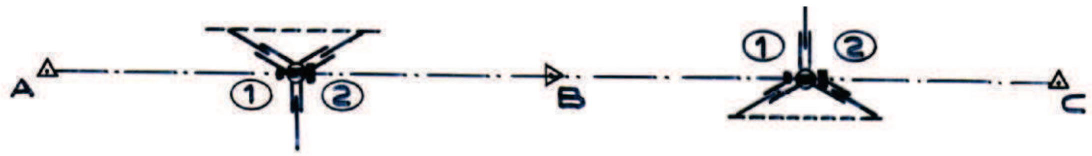



Fig. 173

b) Desigualdad de la refracción
Para disminuir los errores provenientes de la desigualdad de la refracción en las visuales atrás y adelante (terreno inclinado) se tratará que las visuales mayores de 25 m de largo disten por lo menos 0,50 m del suelo al bisectar la mira. En visuales más cortas se permite una aproximación de 0,25 m.

c) Modo de operar con el nivel

1) Se cala el instrumento con el nivel esférico.
2) Es necesario ver nítidamente los hilos del retículo y la graduación de la mira. Las dos imágenes deben formarse en el mismo plano para evitar el paralaje. Se enfoca en primer término los hilos del retículo lo mejor posible, actuando sobre el ocular, luego se apunta a la mira y girando el tornillo de la lente analítica de enfoque interno se busca que aparezca bien definida la graduación de ésta.
3) Se bisecta la mira con el hilo vertical girando el tornillo de pequeños movimientos horizontales.
4) Con el tornillo basculador se hace coincidir los meniscos formando media vista a través de la caja de prismas, o se centra la burbuja simple, según el tipo de nivel.
5) Se lee primero el hilo nivelador (hilo medio) con burbuja centrada y se verifica con el promedio de los hilos estadimétricos, apreciando el mm. Terminada la lectura hay que cerciorarse que la burbuja ha permanecido centrada.

6) Se repiten las operaciones de 2) a 5) para las visuales que irradian de una misma estación.

## 6. NIVELACION BAROMETRICA

La presión atmosférica varía en forma inversa a la altura sobre el nivel del mar debido a que al elevarnos deja de ejercer presión la capa de aire que queda por debajo. Si se conoce la diferencia de presión atmosférica entre dos puntos, se puede determinar la diferencia de nivel existente entre ellos. En este principio se basa la nivelación barométrica llamada así por ser el barómetro el instrumento utilizado para medir dicha presión.

Existen dos clases de barómetros: los *barómetros de mercurio* en los que la presión se obtiene en función de la altura de la columna de mercurio en un tubo al vacío, y los *barómetros aneroides*, que miden la deformación que experimenta una membrana extendida en una caja metálica en cuyo interior se ha hecho el vacío, al ser sometida a la presión ejercida por la atmósfera.

Esa deformación es amplificada y transformada por medios mecánicos en el movimiento giratorio de una aguja cuyo extremo enfrenta a un sector circular graduado en el que se lee directamente la presión atmosférica. En algunos casos se agrega otra escala con la equivalencia en metros sobre el nivel del mar (altímetros).

Los barómetros de mercurio son más precisos que los aneroides, pero debido a las dificultades para el manejo de los primeros, se prefieren los aneroides de pequeñas dimensiones y rápida lectura.

Periódicamente los aneroides deben contrastarse con barómetros de mercurio para calibrar el mecanismo de transmisión.

Teniendo presente que cada milímetro de variación en la longitud de la columna mercurial, corresponde a una diferencia de nivel de aproximadamente 10,5 m y admitiendo que pueda determinarse dicha variación con una vacilación de +/- 0,1 milímetro mediante la utilización de un vernier, resulta que con los buenos barómetros de mercurio pueden establecerse diferencias de nivel del orden de un metro.

Pero debe tenerse presente que la densidad del aire no es constante, sino que disminuye a medida que se asciende debido a su enrarecimiento, por lo que resulta necesario corregir las lecturas efectuadas teniendo en cuenta: la presión atmosférica, la temperatura, la latitud geográfica (por las variaciones de la gravedad), la humedad atmosférica, etc. Además deberá considerarse la dilatación de la escala con la que se mide la altura de la columna, y la influencia que en las lecturas efectuadas tiene el menisco debido a la capilaridad del tubo.

La nivelación barométrica resulta particularmente útil en tareas de reconocimiento, sobre todo en zonas montañosas donde se hace posible obtener rápida y cómodamente, mediante altímetros y con indeterminación de pocos metros, la cota de numerosos puntos.

Se acostumbra a trabajar con varios altímetros en forma simultánea, de los cuales uno constituye la estación maestra que permanece fija, y los restantes previamente comparados con el primero, son trasladados a los distintos puntos de la zona, realizándose observaciones simultáneas a horas preestablecidas.

Observándose la variación de lecturas en la estación maestra, se corrigen luego las otras determinaciones. Este procedimiento expeditivo supone la homogeneidad de las condiciones atmosféricas en toda la zona de trabajo.

## 7. NIVELACION DE SUPERFICIES

**Nivelación por Mallas (ó Alineamientos paralelos)**

Cuando haya que nivelar un terreno de no muy grande extensión y mejor cuando es más o menos plano, como también cuando se necesite calcular movimientos de tierra, con el objeto de efectuar un aplanamiento, puede emplearse el siguiente procedimiento (fig. 174):

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.

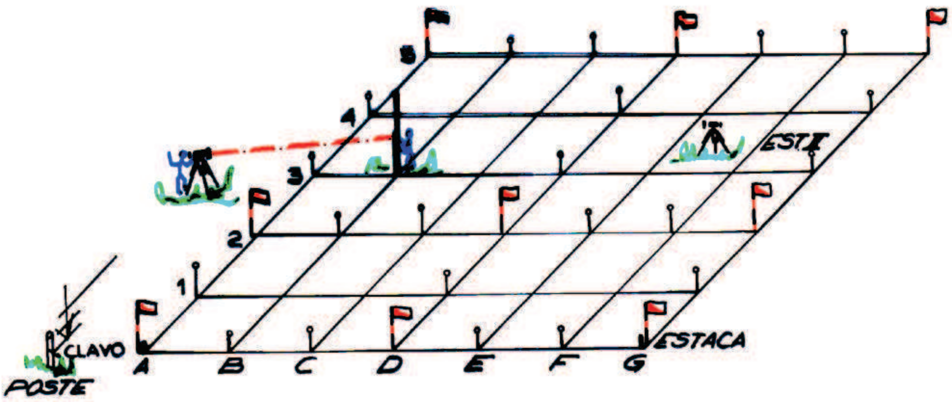


Fig. 174

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.

Se hace entonces estación en un punto interno, se relaciona esta estación a un punto fijo y se manda sucesivamente la mira sobre cada vértice del reticulado, para lo cual el portamira deberá simplemente colocarse en la intersección de dos alineaciones.

**Nivelación 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" (fig. 175)

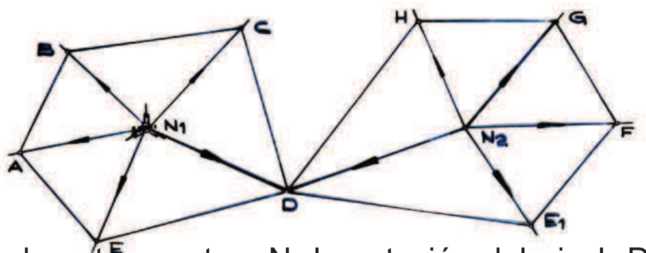


Fig. 175

Sean A B C D E cinco de estos puntos, $N_1$ la estación del nivel. Desde $N_1$ dirigimos visuales a dichos puntos y leemos sus alturas de mira. Nivelados estos puntos, se prolonga la nivelación llevando el nivel a un punto $N_2$, 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 VISADOS | LECTURAS DE HILOS DEL NIVEL | | ANGULO Acimutal z | DISTANCIA (Hs-Hi) x100 (m) | COTAS PLANO VISUAL (m) | COTAS (m) | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | SUPERIOR<br>INFERIOR | MEDIO | ° ' | | | | |
| N1 | A | x,xxx<br>x,xxx | 1,20 | xx°xx' | xxx | 11,20 | 10,00 | Punto Fijo |
| | B | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | t.n. |
| | C | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | t.n. |
| | E | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | t.n. |
| | D | x,xxx<br>x,xxx | 1,80 | xx°xx' | xxx | | 9,40 | P.P. (punto de paso) |
| N2 | D | x,xxx<br>x,xxx | 0,925 | xx°xx' | xxx | 10,325 | 9,40 | P.P. (punto de paso) |
| | E1 | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | |
| | F | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | |
| | G | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | |
| | H | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | |

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 (fig. 176), que: $C_{pv} = C_A + a_1$

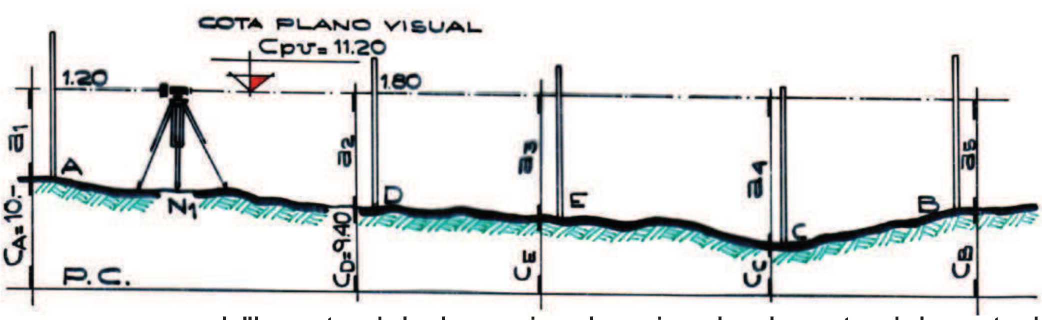



Fig. 176

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 (fig. 177):

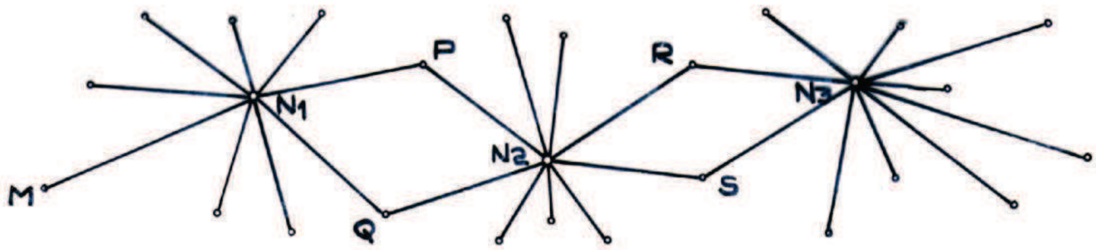



Fig. 177

Se hacen varias estaciones de radiación $N_1$, $N_2$, $N_3$, ..., 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.

## 8. MEDICION DE ALTURAS INACCESIBLES

Puede ocurrir que en un relevamiento deseemos conocer la altura de algún elemento del terreno como ser mástiles, tanques de agua elevados, torres de alta tensión, etc., los cuales son imposibles de medir en forma directa.
La medición se realiza con teodolito y cintas y pueden presentarse dos casos:
a) Base de la torre accesible (figs. 178 y 179).
El doble estacionamiento del teodolito, en los puntos C y D se efectúa al sólo efecto de obtener por doble observación y cálculo, un control del resultado operativo, promediándose ambos valores finales.
Se procede a marcar con estacas los puntos estación y desde los mismos, con cinta métrica, se miden sus distancias al pié de la torre. Luego, con el teodolito en C y D sucesivamente, se miden los ángulos $\alpha$ y $\beta$ formados por la horizontal trazada por el centro del teodolito en los planos C'A'B y D'A"B con los rayos visuales C'B y D'B dirigidos a la cúspide de la torre.

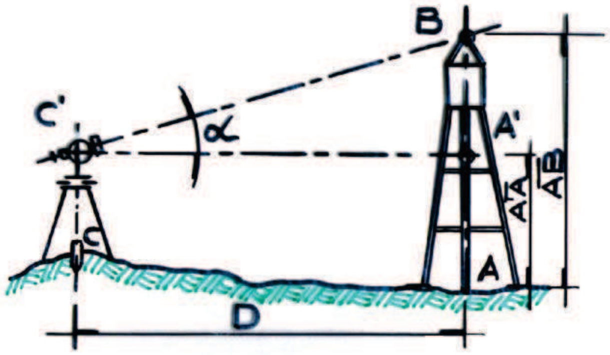



Fig. 178

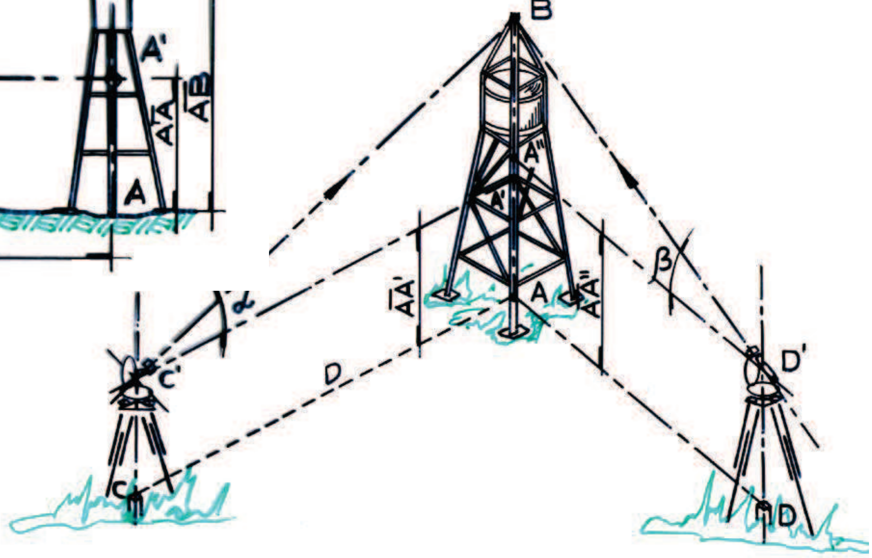



Fig. 179

Luego de medir el ángulo en cada una de las estaciones y antes de trasladar el instrumento colocamos una mira de nivelación o en su defecto un metro y medimos la distancia entre A' y A y la distancia A"A. Finalmente obtenemos la altura de la torre mediante:

$$AB = A'A + D.tg\,\alpha = A''A + D'.tg\,\beta$$

b) <u>Base de la torre inaccesible</u> (fig. 180)

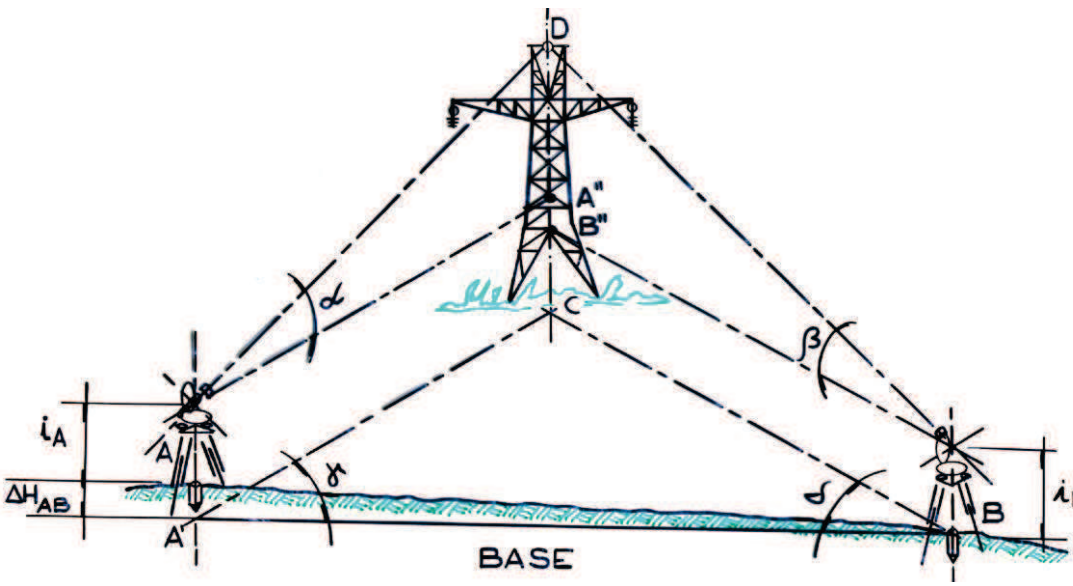



Fig. 180

En este caso no se obtiene directamente la altura de la torre pero sí su cota referida a cualquiera de los puntos utilizados como estación o a un plano de referencia previamente adoptado.

Primeramente se mide la línea de base AB, y mediante una nivelación geométrica sencilla se obtiene el desnivel entre los puntos A y B, y a continuación se calcula la distancia horizontal A'B.

Desde la estación A se miden los ángulos, de altura $\alpha$ y horizontal $\gamma$. También se toma altura del instrumento ($i_A$).
Desde B se miden: el ángulo de altura $\beta$ y el ángulo horizontal $\delta$ y además la altura del instrumento ($i_B$).
Con los datos obtenidos en el terreno se puede resolver el triángulo A'CB por medio del teorema del seno, obteniendo la longitud de los lados A'C y CB con los cuales y los ángulos de altura podemos conocer A"D y B"D.
Finalmente la cota del punto superior de la torre será:

$$\text{Cota D} = 1/2.\ (\text{Cota A} + iA + A''D + \text{Cota B} + iB + B''D)$$

Este método de nivelación se lo conoce como **NIVELACION TRIGONOMETRICA**.

## 9. NOCIONES SOBRE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

La realización de un levantamiento topográfico implica la ejecución de todas las tareas de campaña y gabinete, conducentes a representar en un plano topográfico una parte de la superficie terrestre. Para ello deberán combinarse adecuadamente los procedimientos a emplear para determinar la posición planialtimétrica de los puntos del terreno y, mediante la utilización de instrumental y métodos apropiados satisfacer las exigencias métricas impuestas por la Escala, la que a su vez dependerá de la finalidad técnica del documento a elaborar.

Establecida la zona a representar y fijada la escala, la primera etapa a cumplir es proveerse de toda la información disponible concerniente a la tarea a desarrollar. Para ello deberán recopilarse todos los antecedentes existentes, indagando en las reparticiones y empresas que presuntivamente pudieran disponer de los mismos.

El análisis de toda esa documentación permite al topógrafo compenetrarse en primera instancia, de las características morfológicas del terreno y de los hechos naturales y artificiales que en el mismo se encuentran, lo que en frecuentes ocasiones permite reducir la tarea a realizar.

Cumplida esta primera etapa, y ya trasladado a la zona de trabajo, el topógrafo debe consustanciarse con el terreno, para lo cual es imprescindible realizar un minucioso reconocimiento del mismo, recorriéndolo y tratando de croquizar y memorizar la ubicación de los accidentes notables que a su vez procurará identificar en la documentación de que dispone. La tarea del reconocimiento es sumamente importante, y no sólo permitirá economizar tiempo en las operaciones futuras, sino que muchas veces por no haberla cumplido cabalmente, se llega en el desarrollo del trabajo a situaciones insolucionables que obligan a rehacer parte de la tarea.

Por ello no es exagerado invertir en esta operación un 10% del tiempo total que demande la permanencia en el terreno.

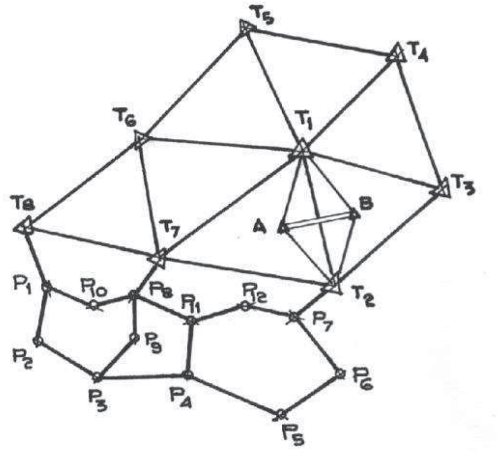
Atendiendo a que el levantamiento se realiza por sectores de extensión limitada, como se verá al analizar la taquimetría, es imprescindible contar con un marco rígido de apoyo al que se vinculan todos esos sectores de manera tal de constituir un conjunto en el que cada uno de ellos ocupe el lugar que le corresponde, tanto en forma absoluta como en relación a los demás.

Ese marco se materializa por medio de las redes básicas de apoyo, mediante las cuales se obtienen las coordenadas planialtimétricas de puntos cuyo error de ubicación es tal que, frente al que se pretende para los puntos a levantar, pueden considerarse exentos de error.

## 10. REDES BÁSICAS DE APOYO

El recurso más empleado por la comodidad en su ejecución así como por la precisión que es posible obtener, es la triangulación.

Fig. 181




Consiste en elegir puntos del terreno, denominados vértices, de manera tal que configuren triángulos en lo posible aproximadamente equiláteros, ya que esa configuración es la óptima, a la que siempre debe tenderse aunque en la práctica muy pocas veces se alcanza. (fig. 181)

Los vértices deben ubicarse en puntos dominantes del terreno, que ofrezcan amplio horizonte para poder ser observados desde una extensa zona a la que servirán de apoyo, y desde los restantes vértices que concurran a formar los triángulos.

Se materializan en primera instancia en forma provisoria, y recién cuando se ha comprobado la intervisibilidad con los restantes y determinado en forma aproximada los valores angulares resultantes no presentan valores menores de 15°(ángulos excesivamente agudos), se procede a materializarlos en forma definitiva.

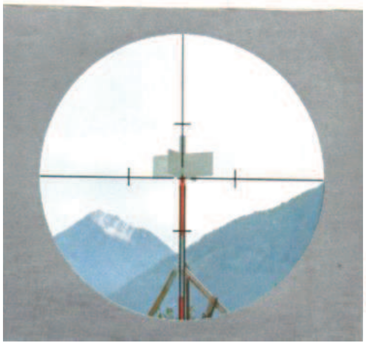
Para obtener las coordenadas de todos los vértices se deben resolver los triángulos, de los que se miden en cada vértice las direcciones a los restantes, con lo que se obtienen todos los valores angulares y de ser posible, se debería medir los lados con instrumentales electrónicos. Pero es necesario conocer la longitud de un lado como mínimo, para ello se mide uno elegido de tal modo que permita hacerlo en las mejores condiciones. Luego por aplicación del teorema del seno se van resolviendo todos los triángulos. Si no es posible medir algún lado de la triangulación que cumpla las mejores condiciones (terreno llano y despejado de obstáculos) se busca una zona apta, de menor longitud, donde se mide la base, lado AB, que luego se amplía al lado $T_1T_2$ mediante mediciones angulares.

Atendiendo a que los lados de las triangulaciones topográficas tienen longitudes que pueden variar entre algunos centenares de metros a una decena de kilómetros, deberán dimensionarse adecuadamente las señales a colocar en los mismos para poder ser bisectadas desde los restantes.

Por ejemplo para una distancia de 10 km se necesita una altura de 7 metros (**$H_{(cm)} = 7\ S^2_{(km)}$**) fig. 182).

Fig. 182

Tampoco resulta conveniente que la trayectoria del rayo luminoso pase cerca del terreno por la influencia perniciosa de la refracción en las capas más bajas de la atmósfera, así que en esos casos se procura elevar los vértices mediante la erección de torres. (fig. 184)
No obstante este recurso, cuando la zona es llana o suavemente ondulada, es preferible utilizar la poligonación para establecer la red de apoyo (puntos $P_i$).
Los vértices de la red básica de apoyo deben estar acotados. Para lograrlo es apropiado utilizar la nivelación trigonométrica, sobre todo en zonas quebradas donde al hacer estación con el teodolito en los vértices de triangulación, con muy pequeño trabajo adicional se miden los ángulos verticales necesarios para realizarla.
Cuando en la zona del levantamiento existen puntos trigonométricos geodésicos, la red básica se vincula a ellos para obtener las coordenadas de todos los puntos en el sistema de representación cartográfica adoptado oficialmente por el I.G.M. y así quedar todos los levantamientos relacionados entre sí (fig. 183).



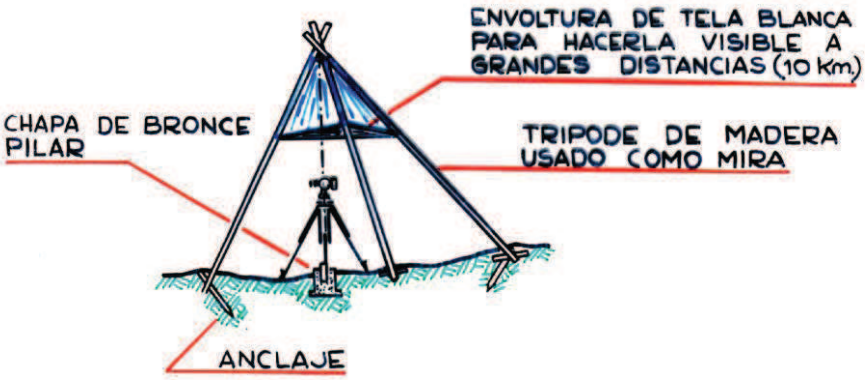



Fig. 183

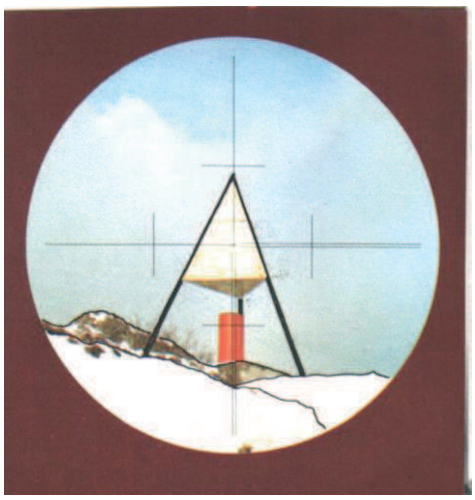
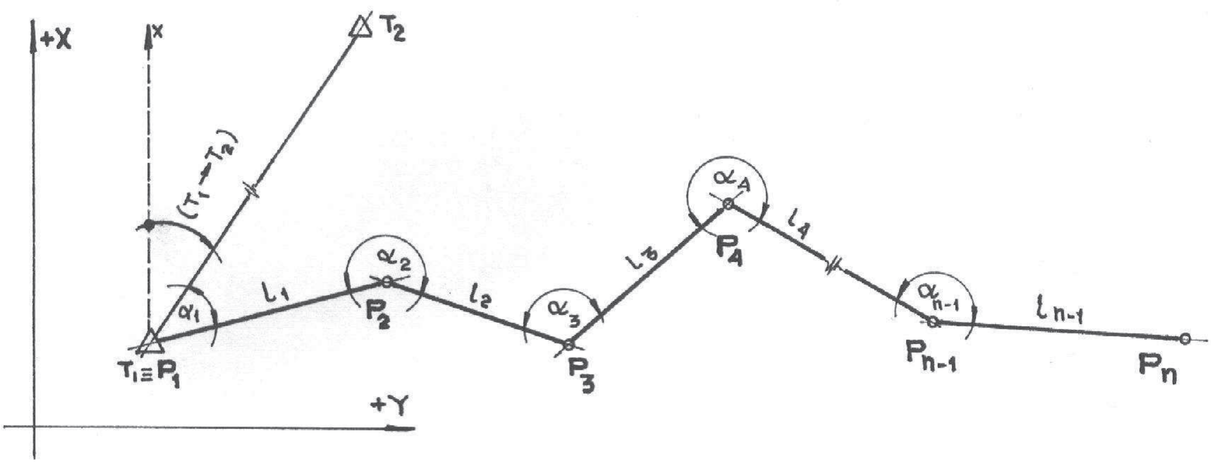


Fig. 184
Torre utilizada para triangulaciones.
El apoyo del teodolito es independiente del que se usa el operador

## Poligonación

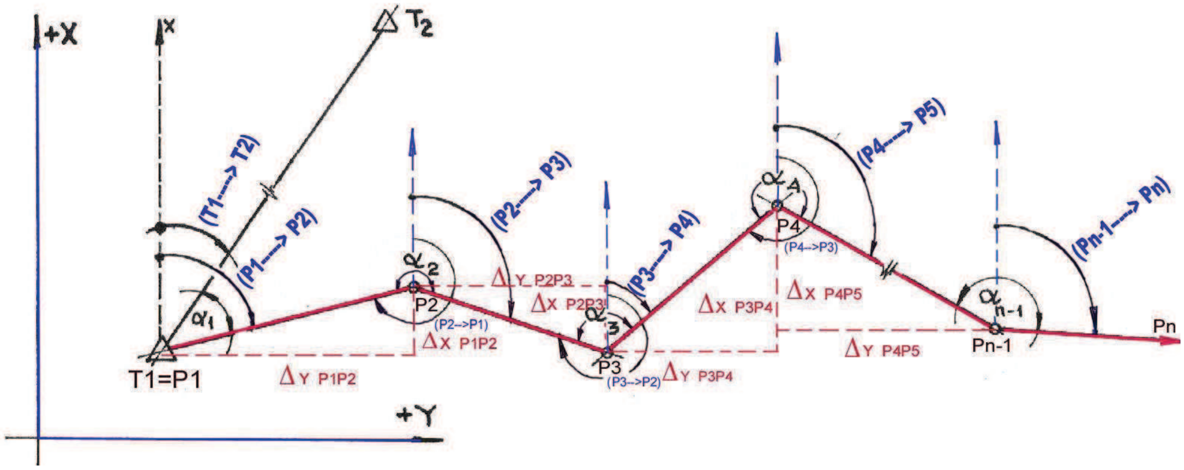
La poligonación consiste esencialmente en la medición de ángulos y distancias




horizontales que vinculan entre sí una serie de puntos del terreno $P_1$, $P_2$, ...., $P_n$ cuya

situación planimétrica se desea determinar, refiriéndola a un par de ejes coordenadas X e Y .
Es frecuente que además se desee conocer la posición altimétrica de dichos vértices $P_1$, $P_2$, ...., $P_n$, en cuyo caso resulta cómodo e inmediato medir también los ángulos verticales en cada uno de ellos (en forma recíproca) a efectos de obtener sus desniveles mediante Nivelación Trigonométrica. Estas poligonales se denominan planialtimétricas.
En la figura los vértices trigonométricos $T_1$ y $T_2$ **son puntos de coordenadas conocidas,** las que en general se han determinado con un orden de precisión superior al que exigimos para los vértices de la poligonal. Pueden ser Puntos trigonométricos con su pilar de Acimut
Ellos constituyen el apoyo necesario para el "arranque" de la misma, pues permiten partir de un punto de coordenadas conocidas, y además, de una "orientación respecto del eje de las X" que se denomina acimut, que queda determinado en base a las coordenadas de $T_1$ y $T_2$.
Los ejes de coordenadas, recordemos que se disponen con el semieje positivo de las X hacia arriba, generalmente coincidente con el Norte, y el semieje de de las Y hacia la derecha.
Recordemos que se denomina ACIMUT de un lado $T_1T_2$ ($T_1 \rightarrow T_2$) al ángulo que gira con vértice en $T_1$, una paralela semieje positivo de las X, hacia el semieje de la Y, hasta superponerse con dicho lado $T_1T_2$.
Acimut del lado $P_1P_2$ o sea ($P_1 \rightarrow P_2$), es el Acimut $T_1 \rightarrow T_2$ más $\alpha_1$. “este difiere de en 180° del Acimut del lado $P_2P_1$, es por ello que se estila escribir:

($P_1 \rightarrow P_2$) Acimut del lado $P_1P_2$; acimut directo del lado $P_1P_2$
($P_2 \rightarrow P_1$) Acimut del lado $P_2P_1$; acimut recíproco del lado $P_1P_2$




De aquí surge que:

$$\Delta x_{P1P2} = P_1P_2 \cos (P_1 \rightarrow P_2)$$

$$\Delta y_{P1P2} = P_1P_2 \operatorname{sen} (P_1 \rightarrow P_2)$$

Los cálculos de los sucesivos acimutes de los lados de la poligonal se ejemplifican del siguiente modo:

| | X | Y | |
|---|---|---|---|
| $T_2$ = | 5.439,91 | 1.686,51 | |
| $T_1$ = | 2.315.73 | 218,42 | |
| $\Delta x_{T1T2}$ | 3.124,18 | 1.468,09 | $\Delta y_{T1T2}$ |

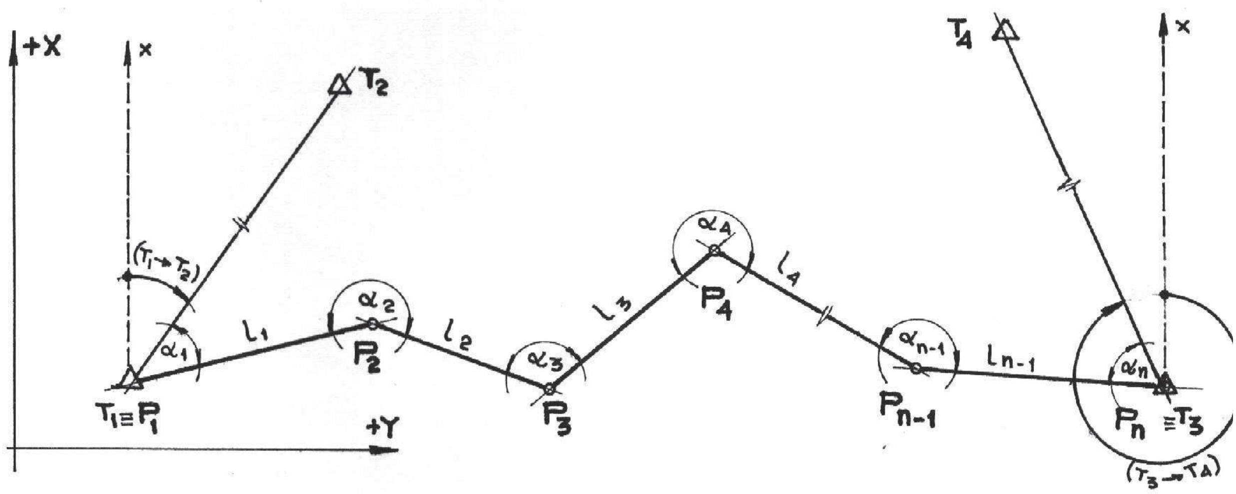
$$tg\ (T_1 \rightarrow T_2) = \Delta y_{T1T2} / \Delta x_{T1T2} = +0{,}4699121049 \Rightarrow arc\ tg\ (+0{,}4699121049) =$$

$$(T_1 \rightarrow T_2)\ =\ \mathbf{25°\ 10'\ 10''}$$

| | | |
|---|---|---|
| | $(T_1 \rightarrow T_2)$ | 25° 10' 10" |
| | $\alpha_1$ | 48° 22' 20" |
| $(T_1 \rightarrow P_2)$ | $(P_1 \rightarrow P_2)$ | 73° 32' 30" |
| | $(P_2 \rightarrow P_1)$ | 253° 32' 30" |
| | $\alpha_2$ | 208° 30' 00" |
| | $(P_2 \rightarrow P_3)$ | 102° 02' 30" |
| | $(P_3 \rightarrow P_2)$ | 282° 02' 30" |
| | $\alpha_3$ | 118° 37' 30" |
| | $(P_3 \rightarrow P_4)$ | 40° 40' 00" |
| | $(P_4 \rightarrow P_3)$ | 220° 40' 00" |
| | $\alpha_4$ | 261° 42' 10" |
| | $(P_4 \rightarrow P_5)$ | 261° 42' 10" |
| | $(P_5 \rightarrow P_4)$ | 122° 22' 10" |
| | $\alpha_5$ | . . . . . . . . . . |
| | | . . . . . . . . . |

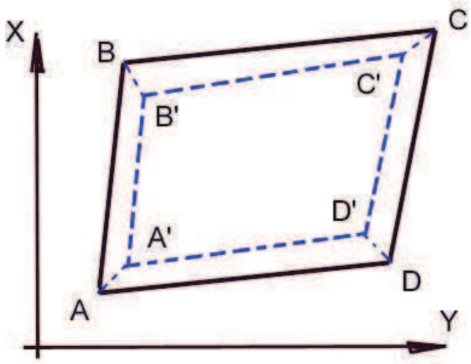
Así sucesivamente hasta el último lado de la poligonal. En los cálculos de los sucesivos Acimutes, se van sumando los ángulos $\alpha_i$

## Poligonales "abiertas" y "cerradas".




La poligonal ilustrada en figura anterior es "abierta", pues no posee "control de cierre" angular ni lineal. En cambio, la ilustrada en figura siguiente es una poligonal "cerrada", pues los puntos trigonométricos $T_3$ y $T_4$, (similares a los $T_1$ y $T_2$ del "arranque")

permiten controlar lineal y angularmente la poligonal medida, mediante los errores de cierre.
El polígono siguiente es un caso particular de la poligonal "cerrada", pues se parte de un punto A' y se cierra en el mismo punto. Existen pues controles de cierre angular y lineal.
POLIGONO DE MEDICION: A'-B'-C'-D'-A'.
POLIGONO VERDADERO: A-B-C-D-A




## Ajuste de una poligonal

Terminada la etapa de la MEDICIÓN de la Poligonal, se procede a efectuar el CÁLCULO de la misma.
El proceso de cálculo se iniciará con el AJUSTE de la Poligonal ya medida. El término AJUSTE es propio del Método de Obtención de Coordenadas y de otros que se utilizan en Topografía, ya que emplear el proceso de COMPENSACION implica la elaboración de ecuaciones de condición, ecuaciones normales, etc. y procedimientos mas rigurosos en donde se exige máxima precisión a las mediciones como las que se deben determinar en GEODESIA.
En toda poligonal, existen tolerancias angulares y lineales para sus "cierres"; teniendo en cuenta, el tipo de medición ejecutada y en qué zona. Al estar referidas a ejes de coordenadas X e Y, (por lo menos para el calculo del cierre) se determinan las proyecciones (abscisas parciales y ordenadas parciales) $\Delta x$ y $\Delta y$, con las cuales se calcula el cierre, errores $\varepsilon_x$ y $\varepsilon_y$ y las correcciones $\nu_y$ y $\nu_y$.

El AJUSTE de la Poligonal consta de dos partes :

- **Ajuste Angular.**
- **Ajuste Planimétrico.**

## El Ajuste Angular :

Partiendo del acimut conocido (**$T_1 \rightarrow T_2$**), y calculando en base a los ángulos medidos $\alpha_i$, los sucesivos acimutes de los lados de la Poligonal, debería arribarse al valor de cierre (**$T_3 \rightarrow T_4$**)
Pero, en general esto no ocurre debido principalmente a la acumulación de los errores accidentales de la medición angular.
La diferencia entre el valor de (**$T_3 \rightarrow T_4$**) calculado, y el valor de (**$T_3 \rightarrow T_4$**) verdadero constituye el **Error de Cierre Angular** ( $\varepsilon_{ang}$ ).
Antes de proceder al Ajuste Angular, debe compararse el Error $\varepsilon_{ang}$ con la Tolerancia Angular $T_{ang}$ que se ha establecido como exigencia técnica para esa Poligonal.
Tolerancias Angulares :

**$T_{ang\,1} = 20'' \sqrt{n}$ Para poligonales de Gran precisión Topográfica**

**$T_{ang\,2} = 40'' \sqrt{n}$ Para poligonales de Precisión Topográfica Normal.**

**$T_{ang\,3} = 60'' \sqrt{n}$ Para poligonales de Escasa Precisión Topográfica**

n = Número de vértices

Si resulta $\varepsilon_{angb}$ menor o igual que $T_{ang\ i}$ se procede al Ajuste Angular.

Este consiste en repartir el error $\varepsilon_{ang}$ por igual en todos los ángulos medidos, o sea aplicar la **corrección**:

$$\nu_{ang} = - \varepsilon_{ang} / n$$

n = Número de ángulos medidos

Fórmula a emplear y secuencia de cálculo :

$$(\overrightarrow{T_1 T_2}) + \Sigma\alpha_i = (\overrightarrow{T_3 T_4}) + 180° (n – 1) + \varepsilon_{ang}$$

Donde: $(\overrightarrow{T_1 T_2}) + \Sigma\alpha_i$ = Azimut calculado

$(\overrightarrow{T_3 T_4}) + 180° (n – 1)$ = Azimut verdadero

$$\varepsilon_{ang} = (\overrightarrow{T_3 T_4})_c - (\overrightarrow{T_3 T_4})_v = A_{zc} - A_{zv}$$

Comparar: $\varepsilon_{ang}$ con $T_{ang\ i}$

si $\varepsilon_{ang} < T_{ang\ i}$ ; calcular $\nu_{ang} = - \varepsilon_{ang} / n$

Aplicar la corrección $\nu_{ang}$ a todos los ángulos medidos.

**El Ajuste Planimétrico** :

Realizado el ajuste angular debería cumplirse el lineal o sea :

$$X_{T1} + \Sigma \Delta x_i = X_{T3}$$
$$Y_{T1} + \Sigma \Delta y_i = Y_{T3}$$

Pero ello no ocurre debido a la acumulación de los errores lineales y angulares de la medición -estos últimos subsisten a pesar del ajuste angular efectuado-.

O sea que hemos arribado a valores distintos $X_{T3'}$ ; $Y_{T3'}$, correspondientes a un punto $T_3'$. La diferencia entre las coordenadas del punto al que hemos arribado $T_3'$, y el que tendríamos que haber obtenido $T_3$, constituyen lo que se llama el **Error de Cierre Planimétrico Total o Flecha de Error =** $\vec{F}$.

Este error tiene dos componentes $\varepsilon_x$ y $\varepsilon_y$:

$$\varepsilon_x = X_{T3'} - X_{T3}$$

$$\varepsilon_y = Y_{T3'} - Y_{T3}$$

Luego, el Error de Cierre Planimétrico Total, o Flecha de Error será :

$$\overrightarrow{T_3 T_3'} = \vec{F} = \varepsilon_L = \sqrt{(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2)}$$

Es necesario calcular también el acimut $\varphi$ de la flecha, sobre todo cuando ésta supera la TOLERANCIA lineal prefijada, ya que el valor de $\varphi$ proporciona un elemento de juicio para investigar en que lado de la poligonal pudo cometerse un error grosero al medir su

longitud (la investigación comenzaría por revisar aquellos lados que tienen un acimut similar al de la flecha).
Luego, se calcula el acimut $\varphi$ de la flecha :

$$tg\ \varphi = tg\ (T3 \longrightarrow T3') = \varepsilon_y\ /\ \varepsilon_x \qquad \varphi = arc\ tg\ (\varepsilon_y\ /\ \varepsilon_x)$$

Una vez calculada la flecha F, se compara a ésta con la TOLERANCIA LINEAL $T_L$.
Esta TOLERANCIA será acorde con la finalidad del trabajo a realizar y con el instrumental empleado en la medición.
Corresponde a la TOLERANCIA LINEAL fijada por organismos nacionales.
Recordemos que una distancia lineal se puede medir con cintas de acero, ruleta, taquimétricamente, paralácticamente, con EDM, etc., luego, la TOLERANCIA LINEAL surge entonces de considerar la finalidad del trabajo y del instrumental empleado en la medición de ángulos y distancias.

Tolerancia:

$T_{L1} = 0{,}015 \sqrt{(0{,}3\ L + 0{,}0005\ L^2)}$ Para poligonales principales o de rodeo en zonas urbanas.

$T_{L2} = 0{,}020 \sqrt{(0{,}3\ L + 0{,}0005\ L^2)}$ Para poligonales principales o de rodeo en zonas de quintas y de chacras o interna en las de rodeo en zonas urbanas.

$T_{L3} = 0{,}010 \sqrt{(1{,}5\ L + 0{,}0030\ L^2)}$ Para poligonales rurales en condiciones normales.

$T_{L4} = 0{,}015 \sqrt{(1{,}5\ L + 0{,}0030\ L^2)}$ Para poligonales rurales en condiciones difíciles (arroyos, lagunas, montes, bañados, sierras, etc.)

$T_{L5} = 0{,}010 \sqrt{(0{,}3\ L + 0{,}0005\ L^2)}$ Para las mediciones en los frentes de manzanas.

$T_{L6} = 0{,}030 \sqrt{(0{,}3\ L + 0{,}0005\ L^2)}$ Para las mediciones en el interior de manzanas.

L : perímetro

Flecha F= $\varepsilon_L$ menor $T_{Li}$

Sintetizando, si la flecha F=$\varepsilon_L < T_{Li}$, se procede a efectuar el AJUSTE PLANIMETRICO de la poligonal del siguiente modo :
"Desplazaremos" a todos los vértices ( $V_2$, $V_3$, ......,y $T_3$') según direcciones paralelas a la dirección de flecha F.
Este desplazamiento se hace en cálculo y no realmente, ya que los mojones o estacas que materializan los vértices NO SE MUEVEN. De esta manera los lados de la poligonal experimentarán pequeños giros y modificaciones en su longitud.
A este proceso lo debemos entender así :

En el caso IDEAL de tener una poligonal de LADOS IGUALES, los desplazamientos de los vértices resultarían también iguales, o sea :

$$f_1 = f_2 = \ldots\ldots\ldots = f_6 = f$$

siendo $f = - F/ 6$ ; para n lados $f_i = - F / n$

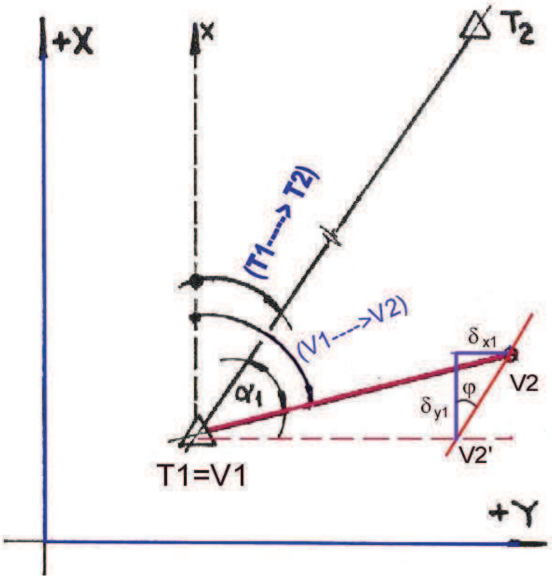
Para el caso que tratamos (de lados desiguales):

$$\mathbf{f_i = - (F / \Sigma\, l_i )\, li} \qquad (1)$$

O sea, que los desplazamientos $\mathbf{f_i}$ serán proporcionales a las longitudes de los lados medidos.

<u>Cálculo de los valores correctivos $f_i$ y de sus proyecciones $\delta_{xi}$ y $\delta_{yi}$:</u>

$$\delta_{x1} = f_1 \,.\, \cos \varphi$$
$$\delta_{y1} = f_1 \,.\, \text{sen}\, \varphi$$




para cualquier lados será

$$\delta_{xi} = f_i \,.\, \cos \varphi$$
$$\delta_{yi} = f_i \,.\, \text{sen}\, \varphi$$

Pero según la (1):

$$\delta_{xi} = - (F / \Sigma\, l_i ) \,.\, li.\, \cos \varphi$$
$$\delta_{yi} = - (F / \Sigma\, l_i ) \,.\, li.\, \text{Sen}\, \varphi$$

y como :

$$\varepsilon_x = F \,.\, \cos \varphi$$
$$\varepsilon_y = F \,.\, \text{sen}\, \varphi$$

Queda finalmente:

$$\boldsymbol{\delta_{xi} = - (\varepsilon_x / \Sigma\, l_i ) \,.\, li}$$
$$\boldsymbol{\delta_{yi} = - (\varepsilon_y / \Sigma\, l_i ) \,.\, li}$$

Notar que una vez medida la poligonal, $(\varepsilon_x / \Sigma\, l_i)$ y $(\varepsilon_y / \Sigma\, l_i)$ son constantes.

Estas dos expresiones nos indican las correcciones ($\delta_{xi}$, $\delta_{yi}$) a aplicar a las proyecciones $\mathbf{\Delta x_i}$ y $\mathbf{\Delta y_i}$ y son proporcionales a las longitudes de los lados $\mathbf{l_i}$.

Una vez calculadas las correcciones a los proyecciones $\mathbf{\Delta x_i}$ y $\mathbf{\Delta y_i}$ (tener precaución con el signo) se procede a completar el CALCULO, determinando de esta manera las COORDENADAS DEFINITIVAS de los vértices de la poligonal que ES LO QUE EN REALIDAD SE BUSCA.

<u>Fórmulas a emplear y secuencia de cálculo</u> :

Una vez efectuado el AJUSTE ANGULAR (en los ángulos medidos), se procede a realizar el CALCULO PROVISORIO de la poligonal. Se comienza por calcular los acimutes de los lados en forma consecutiva. Con estos acimutes y las longitudes de los lados se calculan los proyecciones $\mathbf{\Delta x_i}$ y $\mathbf{\Delta y_i}$.

$$\mathbf{X_1 + \Sigma\, \Delta x = X_{T3}'} \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_x = \mathbf{X_{T3}' - X_{T3}}$$

$$\mathbf{Y_1 + \Sigma\, \Delta y = Y_{T3}'} \quad \Rightarrow \quad \varepsilon_y = \mathbf{Y_{T3}' - Y_{T3}}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} (\overline{T_3 \quad T_3'}) = \varepsilon_y / \varepsilon_x \quad \therefore \quad \varphi = \operatorname{arc\,tg} (\varepsilon_y / \varepsilon_x)$$

$$\vec{F} = \varepsilon_L = \sqrt{(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2)}$$

Comparar $\vec{F}$ con $T_L$; si flecha $\vec{F} L \varepsilon_L < T_{Li}$, se procede a efectuar el AJUSTE PLANIMETRICO

Cálculo de las correcciones a las proyecciones $\Delta x_i$ y $\Delta y_i$.

$$\delta_{xi} = - (\varepsilon_x / \Sigma\, l_i ) \,.\, li$$

$$\delta_{yi} = - (\varepsilon_y / \Sigma\, l_i ) \,.\, li$$

Aplicar las correcciones antes halladas a las proyecciones $\Delta x_i$ y $\Delta y_i$ (abscisas parciales y ordenadas parciales) y calcular las COORDENADAS DEFINITIVAS de los vértices de la poligonal, o sea efectuar el CALCULO DEFINITIVO de la poligonal. Ejemplo :

$$X_2 = X_1 + (\Delta x_{\,1\text{-}2} + \delta_{xi})$$

$$Y_2 = Y_1 + (\Delta y_{\,1\text{-}2} + \delta_{yi})$$

Una vez efectuado el AJUSTE de la poligonal se puede comprobar fácilmente que han cambiado los valores angulares y lineales MEDIDOS. Esto se debe a que se han introducido pequeñas correcciones (en los ángulos y distancias originales) necesarias y propias del proceso de AJUSTE. En la mayoría de los casos se procede a graficar la Poligonal que, además de dar una idea del conjunto del trabajo pone en evidencia si se han cometido errores groseros.

**REGLA PRÁCTICA:** La precisión angular **m$\alpha$** con que se mide la poligonal, para que sea acorde con la precisión lineal $\varepsilon_L$, debe oscilar en el valor $\varepsilon_L$ /2 es decir: **$m\alpha \cong \varepsilon_L /2$** (elásticamente entre $m\alpha \cong \varepsilon L$ y $m\alpha \cong \varepsilon L/3$)

**<u>Ejemplo</u>:** medir poligonal de longitud = 5 km con una vacilación en el punto final de 0,50 m (ML).

La precisión con que se debe medir los ángulos acorde con dicha precisión lineal será:

$$\varepsilon_L = ML / L = 0{,}50 / 5km = 1/10.000$$

$$m\alpha \cong \varepsilon_L /2 = 1/20.000 \cong \pm 10''$$

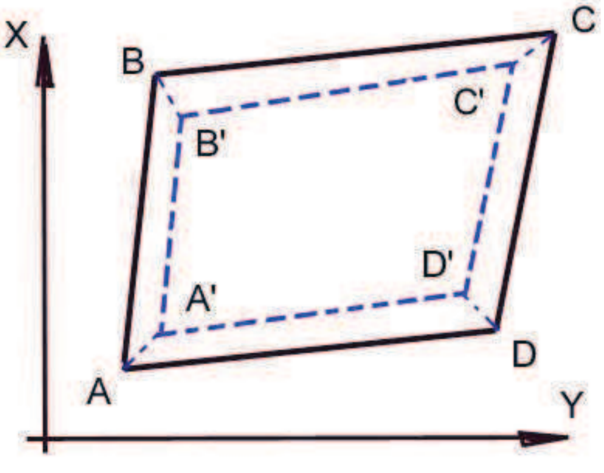
**<u>POLIGONO</u>**

<u>Generalidades</u>: El Polígono es un caso particular de la poligonal cerrada en donde se parte de un punto, normalmente de coordenadas conocidas, y se cierra sobre el mismo punto.

Tiene control de cierre angular y lineal, por lo tanto vale todo lo expresado para la poligonal vista.

La particularidad que debemos considerar para un polígono es que en la mayoría de los casos se tendrán dos figuras:

El ABCD que es el <u>verdadero</u>, y el A' B' C' D' es el auxiliar.



Del primero (ya materializado en el terreno) queremos evaluar sus magnitudes lineales y angulares, estas nos permitirán a su vez calcular las coordenadas de los vértices y en base a ellas calcular la superficie.
Es muy frecuente que la materialización de los vértices A, B, C y D sea tal que no podamos hacer estación con el instrumental (teodolitos, estaciones totales, EDM, etc.), como por ejemplo. poste de un predio rural, aristas de un edificio construido, obras de arte diversas, etc.
Lo que se hace en la práctica es demarcar (estaquear) un polígono auxiliar que será el que mediremos directamente y luego por el procedimiento de la Radiación vincularemos los vértices del polígono verdadero.
Procedimiento :
Se miden las direcciones angulares que corresponden a cada vértice y además bisectar y leer las direcciones A'A, B'B, C'C, D'D; también se deben medir las respectivas distancias.
Esta medición (lineal y angular) es de gran responsabilidad por cuanto cualquier error grosero no se evidenciará fácilmente en el proceso de Cálculo ya que no existe control. De allí que se hace necesario una cuidadosa reiteración (o repetición) de las mediciones.
Si el terreno lo permite, conviene escoger un polígono auxiliar de lados paralelos a los del verdadero, en cuyo caso, los ángulos medidos en aquel corresponden también a este.
Conviene también medir los lados del polígono verdadero, de esta manera se evitan errores de cálculo a la vez que abrevia el mismo.

Proceso de cálculo : Se calcula en primer término el polígono auxiliar. Si los errores están dentro de las Tolerancias preestablecidas se procede a efectuar los ajustes vistos para la poligonal cerrada. Al estar referidas a ejes de coordenadas X e Y, (por lo menos para el calculo del cierre) se determinan las proyecciones (abscisas parciales y ordenadas parciales) $\Delta x$ y $\Delta y$, con las cuales se calcula el cierre, errores $\varepsilon_x$ y $\varepsilon_y$ y las correcciones $\nu_y$ y $\nu_y$.
Ajuste angular:

$$\varepsilon_{ang} = 180° (n - 2) - \Sigma_{ang.\ internos}$$

$$\text{Corrección:} \quad \nu_{ang} = \varepsilon_{ang} / n$$

Ajuste lineal: $\varepsilon_x = \Sigma^+ \Delta x - \Sigma^+ \Delta x$

$\varepsilon_y = \Sigma^+ \Delta y - \Sigma^+ \Delta y \qquad \varepsilon_L = \sqrt{(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2)} \qquad \varepsilon_L < T_i$

Corrección: $$\nu_x = \frac{\Sigma^+ \Delta x - \Sigma^+ \Delta x}{2\, \Sigma^{\pm} \Delta x} \Delta x_i$$

$$\nu_y = \frac{\Sigma^+ \Delta y - \Sigma^+ \Delta y}{2\, \Sigma^{\pm} \Delta y} \Delta y_i$$

En base a las coordenadas de los vértices del polígono auxiliar y a los acimutes de las direcciones que constan en la libreta de campo (A'A, B'B, C'C, D'D;) y a sus correspondientes distancias se calculan las <u>COORDENADAS</u> de los vértices del polígono verdadero.

Finalmente, a partir de los vértices definitivos del polígono verdadero se de-terminan las longitudes y los acimutes de los lados y por diferencia de estos los ángulos interiores del polígono buscado.

## <u>CALCULO DE SUPERFICIES EN POLIGONOS</u>

Se tiene el polígono $P_1$, $P_2$, $P_3$, $P_4$, $P_5$, del cual se han calculado las coordenadas de los vértices, y deseamos evaluar la superficie del mismo.

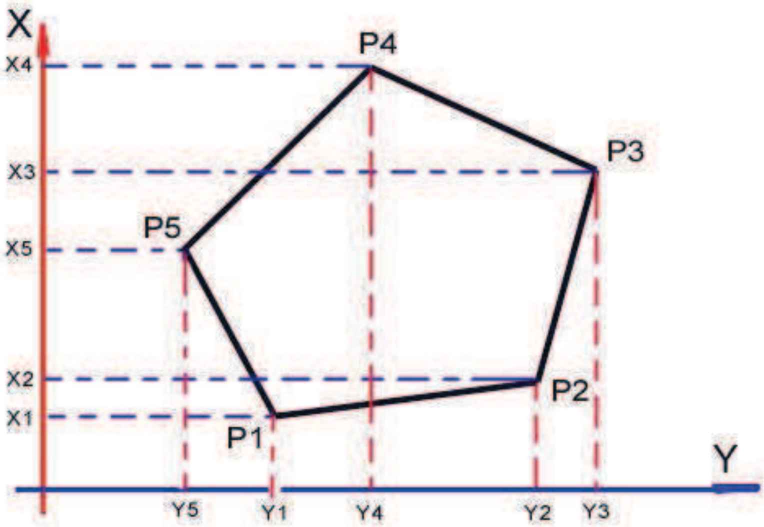
Para hallar la Superficie o Area <u>"S"</u>, empleamos el **METODO DE LOS TRAPECIOS, que consiste en proyectar TODOS los vértices del polígono sobre los ejes X e Y. De esta forma se definen cinco trapecios en cada eje, cuyas DOBLES superficies están dadas por las siguientes expresiones :**

(por simplicidad se notan las que corresponden al eje X).

[Sup trapecio= (Base Mayor  Base menor) /2 *h ]

$$2\ S_1 = ( Y_1 + Y_2 ) * ( X_2 - X_1 )$$
$$2\ S_2 = ( Y_2 + Y_3 ) * ( X_3 - X_2 )$$
$$2\ S_3 = ( Y_3 + Y_4 ) * ( X_4 - X_3 )$$
$$2\ S_4 = ( Y_4 + Y_5 ) * ( X_5 - X_4 )$$
$$2\ S_5 = ( Y_5 + Y_1 ) * ( X_1 - X_5 )$$

ecuaciones (1)




Observar que las diferencias **($X_5$ - $X_4$ )** y **( $X_1$ - $X_5$ )** son de signo negativo, por tal razón resultan negativos los valores de las superficies $S_4$ y $S_5$.

Sumando miembro a miembro las expresiones desarrolladas se obtiene el DOBLE de la superficie total del polígono.

Idéntico procedimiento se efectúa proyectando TODOS los vértices sobre el eje Y.

Para el caso general de tener un polígono de <u>n</u> vértices será :

$$\mathbf{2\ S_{(X)} = \Sigma\ ( Y_n + Y_{n+1} ) * ( X_{n+1} - X_n )}$$
$$\mathbf{2\ S_{(y)} = \Sigma\ ( X_n + X_{n+1} ) * ( Y_{n+1} - Y_n )}$$

Estas fórmulas se conocen como Fórmulas Generalizadas de los Trapecios.

Como control de cálculo se debe cumplir rigurosamente esta condición :

$$\mathbf{2\ S_{(X)} = 2\ S_{(y)}}$$

<u>Fórmulas de GAUSS</u> :

Se deducen a partir de las ecuaciones (1) desarrollando, simplificando, sa-cando factores comunes y ordenando.

Las expresiones generalizadas para n vértices son :

$$2\,S_{(X)} = \Sigma\, Y_n\,(X_{n+1} - X_{n-1})$$
$$2\,S_{(y)} = \Sigma\, X_n\,(Y_{n+1} - Y_{n-1})$$

Finalmente, como control de cálculo debe cumplirse que :

$$2\,S_{(X)} = 2\,S_{(y)}$$

## 11. RELEVAMIENTOS DE PREDIOS EDIFICADOS

Daremos a continuación algunos conceptos legales y catastrales antes de ver ciertos procedimientos de relevamientos.

- **Definiciones Catastrales**: Según la Ley de Catastro N°5.738/53, define:

. . . . . . .

-Art.4° "A los efectos de su clasificación catastral, los inmuebles serán considerados como integrantes en general de las plantas urbanas, suburbanas, subrurales o rurales."

-Art.5° "Se considera planta urbana a las ciudades, pueblos, villas y todo otro fraccionamiento representado por manzanas o unidades equivalentes, cuyas superficies no excedan de una hectárea y media rodeadas por calles."

-Art.6° "Se considera planta suburbana al conjunto de fracciones de tierra (quintas) cuyas superficies excedan de una y media y no superen a doce hectáreas, rodeadas por calles."

-Art.7° "Se considera planta subrural al conjunto de fracciones de tierra (chacras) cuyas superficies excedan de doce y no superen a ciento veinte hectáreas, rodeadas por calles."

-Art.8° "Se considera planta rural al conjunto de predios cuyo fraccionamiento no encuadre en las clasificaciones establecidas en los artículos 5°, 6°y 7° de esta ley."

-Art.10° "Se considera parcela toda porción de inmueble sin solución de continuidad y de características uniformes, cerrada por una línea poligonal de pertenencia de un solo dueño o de varios en condominio por uno o más títulos y ubicada en un mismo partido dentro de un término que puede ser manzana, quinta, chacra, cuartel o sección, según se trate -respectivamente- de bienes urbanos, subrurales, o rurales."

-Art.12° "A los efectos de la delimitación de las parcelas, se tendrán en cuenta concurrentemente los antecedentes documentales de la propiedad (plano y en su defecto título), y las construcciones u otras accesiones incorporadas a las mismas para complementar su destino."

-Art.13° "En la plantas urbanas y suburbanas, se considerará como parcela toda superficie separada de sus linderos por cercos, muros y otros deslindes legales con carácter de división excluyente, deliberada y permanente, que delimiten en forma concreta una unidad homogénea y completa desde el punto de vista artístico, arquitectónico, deportivo, recreativo, industrial o comercial o de solar individual, familiar o social, indicativos de la posibilidad o intención de su enajenación por separado sin destrucción de aquella unidad."

-Art.14° "En el caso de inmuebles sujetos al régimen de la propiedad horizontal, se considerará como parcela el conjunto del inmueble y como subparcela cada una de las unidades que la componen."

-Art.18° "Las parcelas serán individualizadas ajustándose a la "nomenclatura catastral" que establezca la Dirección General de Rentas."

-Art.19° "La individualización parcelaria involucra las operaciones de carácter geodésico, topográfico, jurídico, cartográfico y económico, conduncentes a su determinación catastral conforme a las disposiciones de esta ley y a su correlación con las otras leyes que se refieren a los inmuebles. A esos efectos, se establecen dos órdenes de operaciones técnicas correspondientes: a) Las operaciones geodésicas-topográficas de carácter general; b) Las operaciones parcelarias de carácter individual."

-Art.20° "Las operaciones geodésico-topográficas de carácter general, tendientes a determinar concretamente la ubicación de cada manzana, quinta, chacra o parcela rural y la cartografía correspondiente a aquellas operaciones están a cargo de la Dirección de Geodesia."

-Art.21° "Las operaciones parcelarias de carácter individual tendientes a determinar las condiciones geométricas, físicas, jurídicas y económicas de cada parcela, están a cargo de la Dirección General de Rentas, como también la confección de los planos catastrales respectivos."

-Art.22° "La cédula catastral es el documento administrativo que representa la parcela catastral. En tal carácter debe consignarse la suma de elementos físicos, jurídicos y económicos que concurren a la individualización parcelaria, de acuerdo con el criterio adoptado por esta ley."

. . . . . . .

- **Nomenclatura Catastral en la Provincia de Buenos Aires**

La división de la provincia en PARTIDOS, colindantes entre sí, se ha mantenido en la ejecución del Catastro de tal modo que el catastro de cada partido constituye una unidad independiente completa y de características iguales a las de los demás.

Los partidos se dividieron en CIRCUNSCRIPCIONES, respetando en general los límites de las zonas ejidales y los límites de cuarteles, antigua división política de los partidos. Las circunscripciones, en zonas urbanas, suburbanas y subrurales, (que se designan con números romanos consecutivos: I, II, III), se dividen en SECCIONES y en zonas rurales, directamente en parcelas. Las secciones se designan con letras arábigas mayúsculas:A, B, C,...., pero no se utilizan la I y la O para evitar confusiones.

Dentro de las secciones se involucan MANZANAS, QUINTAS, CHACRAS y además en casos especiales FRACCIONES. Las manzanas se designan con números arábigos corridos a los que se anteponen la abreviatura "Mz" (Mz 1, Mz 22) y en los planos el número se encierra en un círculo. Para las quintas se usa la misma serie de números a los que se antepone la abreviatura "Qta" (Qta.1,...,Qta.9) en los planos se encierra en doble círculo. En las chacras también se usan los números arábigos con la abreviatura "Ch" (Ch 1, Ch 2,..., Ch 540,...) y en los planos el doble círculo es una de trazo fino y otro grueso. La fracción, que, generalmente se usa dentro de las plantas urbanas cuando queda un área rodeada por calles de superficies sensiblemente mayor a la de una manzana, y dividida o no en parcelas. También se presenta como consecuencia de fraccionamientos parciales de quintas o chacras en manzanas y donde quedan remanentes sin subdividir no identificables como manzanas o quinta. La fracción se la designa con números romanos consecutivos a los que se antepone la abreviatura "Fr" (Fr I, Fr II..).

Las unidades complejas (manzanas, quintas, chacras, o fracción) se dividen en PARCELAS, las que se designan con números arábigos a partir del 1. Este número se da a la parcela ubicada en la esquina Norte y se sigue en órden consecutivo en el sentido de giro de las agujas del reloj. Si una parcela se subdivide, las nuevas parcelas conservan el número de origen con el agregado de un subíndice: 9a, 9b, 9c, 9d, desapareciendo definitivamente la 9. En las divisiones de Quintas o Chacras en Manzanas se conserva el número de origen de la Ch. o Qta. y a cada manzana se le adiciona un subíndice. Si la Qta. 47 se divide en cuatro manzanas surgen las Mz 47a, Mz 47b, Mz 47c, Mz 47d, desapareciendo definitivamente la quinta. Del mismo modo se procede cuando se divide una chacra en quintas o manzanas.

- **Definiciones de Muros Divisorios yMedianeros**

En lo referente a la forma o manera de justificar si un muro es medianero o no, el Código Civil establece: Art.2718 "Toda pared o muro que sirve de separación de dos edificios se presume medianero en toda su altura hasta el término del edificio menos elevado. La parte que pasa la extremidad de esta última construcción, se reputa que pertenece exclusivamente al dueño del edificio más alto, salvo la prueba en contrario, por instrumentos públicos, privados, o por signos materiales que demuestren la medianería de toda la pared, o de aquella que no existe ni en la parte más baja del edificio". Art. 2719 "La medianería de las paredes o muros no se presume sino cuando dividen edificios, y no patios, jardines, quintas, etc., aunque éstos se encuentren cerrados por todos sus lados". Art.2722 "Los condominos de un muro o pared medianero, están obligados en la proporción de sus derechos, a los gastos de reparaciones o reconstrucciones de la pared o muro". El artículo anterior está limitado por lo dispuesto en el Art.2723 que establece, en determinados casos, el derecho de abandono para no contribuir al pago de los gastos necesarios. El que edifica primero en un lugar aún no cerrado entre paredes, puede asentar la mitad de su espesor sobre el terreno del vecino, con tal que la pared sea de piedra o de ladrillo hasta la altura de 3 m y su espesor no exceda de 18 pulgadas (Art.2725), es decir puede ser menor o igual a 18 pulgadas pero no mayor. Los espesores menores están regidos por el interés de policía municipal. Todo propietario de una heredad, puede obligar a su vecino a la construcción y conservación de paredes, con las medidas indicadas anteriormente, del cerramiento y división de sus heredades contiguas (Art.2726). Si el vecino, se libra de tal obligación, debe ceder la mitad del terreno sobre el que debe asentarse la pared y renunciando a la medianería. (Art.2727).- El momento exigible del cobro de la medianería, por quien construyo un muro divisorio es precisamente el instante, a quien, comienza dicha utilización (Art.2728). La altura de los muros divisorios será de 3 m (si no lo designa la municipalidad) (Art.2729). La medianería, da derecho a cada condominio a servirse del muro medianero para todos los usos a que él esté destinado, según su naturaleza, con tal de no causar deterioros o comprometer la solidez y no se estorbe el ejercicio de iguales derechos para con el vecino (Art.2730). Cada condómino puede alzar a su costa la pared sin indemnizar al vecino, por el mayor peso que cargue sobre ella (Art.2732). Todo propietario cuya finca linda con una pared o muro divisorio no medianero, tiene la facultad de adquirir la medianería en toda su extensión, o sólo en la parte que usa, reembolsando la mitad del valor de la pared, pero por supuesto desde sus cimientos. Asimismo cabe indicar que en el supuesto de un muro divisorio,- o sea el construído a costa de uno solo de los linderos-, si el que no lo ha abonado desea demolerlo para levantar otro, debe previamente pagar al otro lindero la parte que le hubiera correspondido en el muro a demoler.

**Relevamiento**

Por todo lo expresado anteriormente, cuando se va a construir o reconstruir y ampliar un edificio, sobre una parcela urbana, es de suma importancia definir los ejes medianeros con un profesional habilitado para ello (por ej.; un agrimensor). Si existen muros divisorios no siempre el eje medianero pasará por el medio del espesor de la pared, porque generalmente éstas no siguen una misma línea, estando afectadas de "quiebres","martillos","sobresalientes" o "entrantes"; ya que con seguridad no fueron construidas con un previo amojonamiento, provocando invasiones (sin título) a los linderos. El agrimensor deberá definir los ejes medianeros y líneas municipales, con un previo estudio de títulos, planos antecedentes y datos catastrales y proceder al amojonamiento y deslinde, documentándolo con un certificado donde figuren monografías, hechos existentes, balances superficiales, datos de títulos, etc.

El que construye la nueva edificación, deberá investigar si existen derechos de medianerías documentados con los linderos, y además antes de iniciar el proyecto deberá revelar las edificaciones existentes para prever los futuros inconvenientes en la obra al realizar el replanteo.

- Daremos a continuación algunos procedimientos para calcular ángulos y longitudes entre paredes y teniendo en cuenta la definición previa de los ejes medianeros y líneas municipales por un profesional habilitado para esa tarea.

a) Caso de un terreno urbano cercado por paredes en forma de cuadrilátero.

Tomadas las medidas perimetrales, llevadas a los ejes medianeros, mantenemos anotadas las medidas de las caras interiores de las paredes (fig. 188). Medimos las dos diagonales y obtenemos cuatro triángulos calculables por conocer todos sus lados. Así calculamos los ángulos que forman las paredes, que son los necesarios, pues los ejes siendo, lógicamente, paralelos a las caras, tendrán los mismos ángulos. Como los ángulos serán el resultado de cálculos, conviene tomar las dos indicadas diagonales para controlar, ya que con una sola diagonal también tenemos solución.

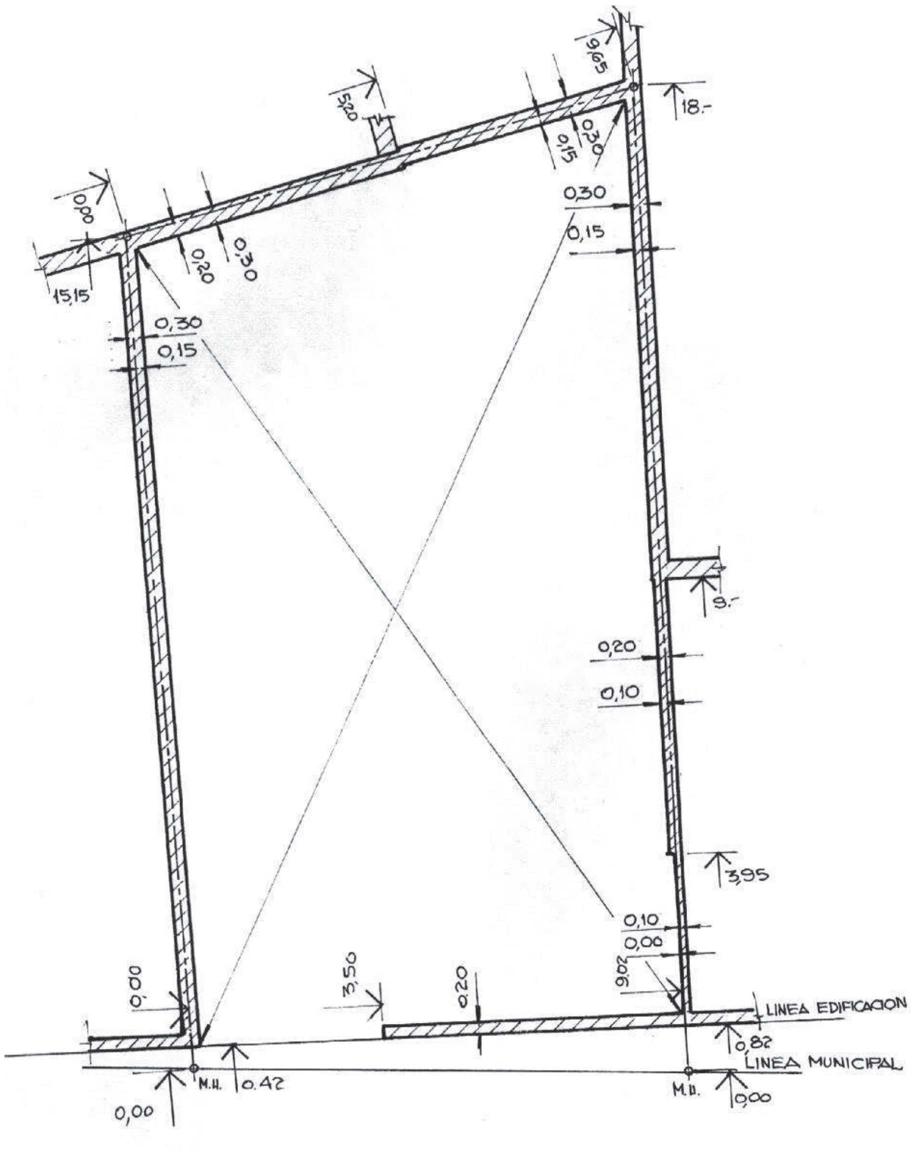



Fig. 188

En los casos de edificios cuando es preciso construir triángulos dentro de habitaciones hay que extremar las precauciones al máximo, pues pequeñas diferencias darán errores intolerables en el cálculo del ángulo. Habrá que formar triángulos mayores aprovechando las aberturas que, generalmente no se hallan dispuestas tan a gusto. Suele darse la solución tomando las medidas sobre las cargas del techo.

c) Quizá sea más seguro hacer un desplazamiento paralelo de la línea de edificación (línea municipal) sobre la vereda y frente a una puerta de entrada que permita una visual, de ser posible hasta el contrafrente, levantar una perpendicular y alinear con suma precaución, fichas, desde las cuales se levantan ordenadas hacia derecha e izquierda, hasta las medianeras (fig. 189). También puede utilizarse un teodolito para tirar la normal a la línea de edificación y realizar con este la lectura de las ordenadas sobre una cinta métrica en la cual efectuaremos la menor lectura.

De mantenerse constante las ordenadas estamos en presencia de paredes construidas a escuadra con la línea de frente. Si ello no sucede habrá que tomar también las abscisas como progresivas, para posibilitar el cálculo.
Una guía para hallar rápidamente una falsa escuadra, son los mosaicos, cuyo corte indica hallarnos en presencia de un ángulo que difiere del resto.

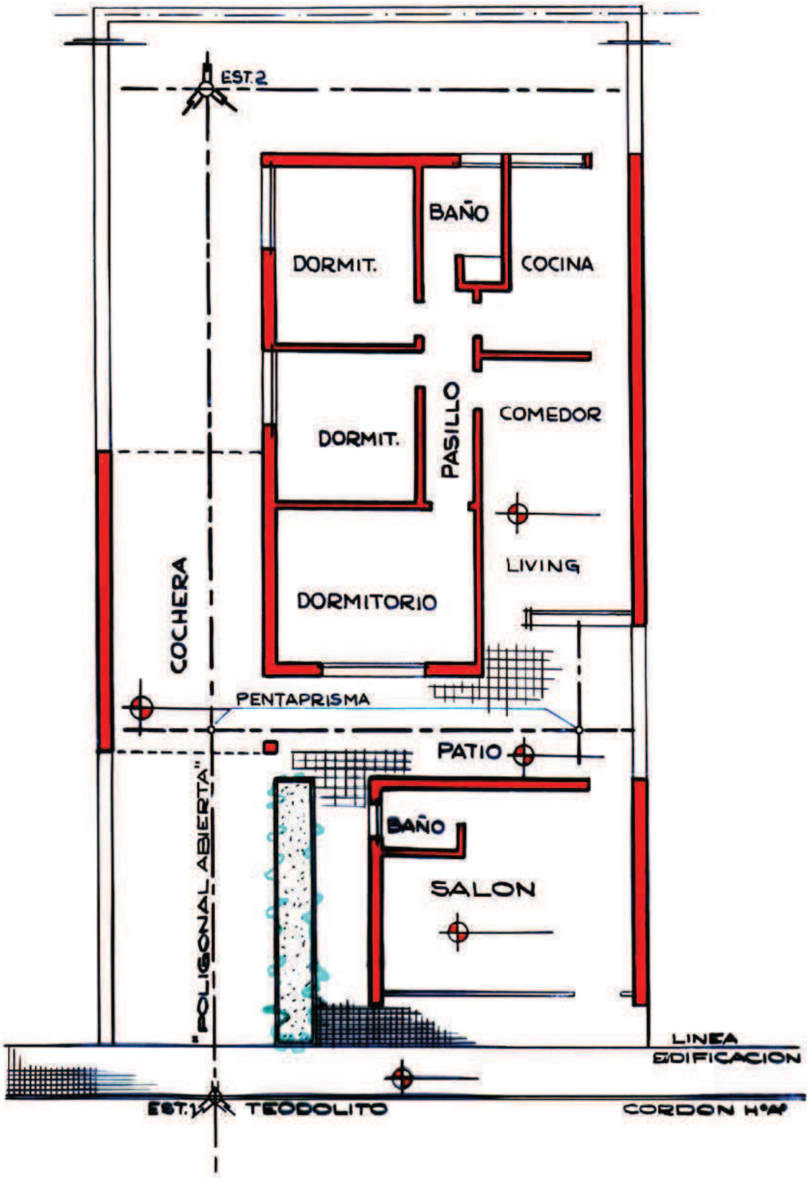



Fig. 189

d) La fig. 190 indica el procedimiento a seguir para determinar el espesor de una pared o su eje, cuando de la misma no tenemos un corte a la vista. Es el caso corriente de un tabique divisorio de dos habitaciones sin puertas de comunicación. El espesor será: e = a - (b + c) todos valores medidos. Para individualizar el eje sobre la cara de la pared donde se tomó la medida a, al valor b (ó al c) se le adicionará (1/2).e.
Este procedimiento se utiliza también para ubicar el eje de una pared. En la figura la medida a será tomada en la calle y b y c en el interior de las casas que separa la medianera de espesor e.

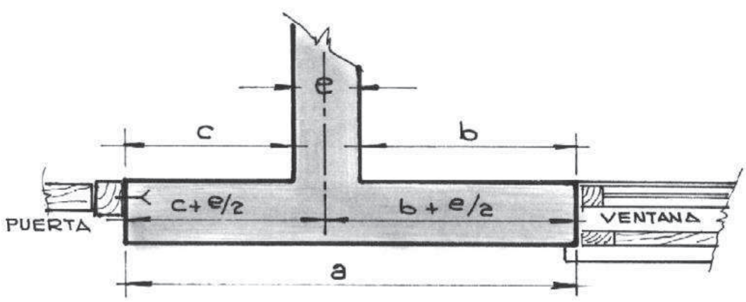
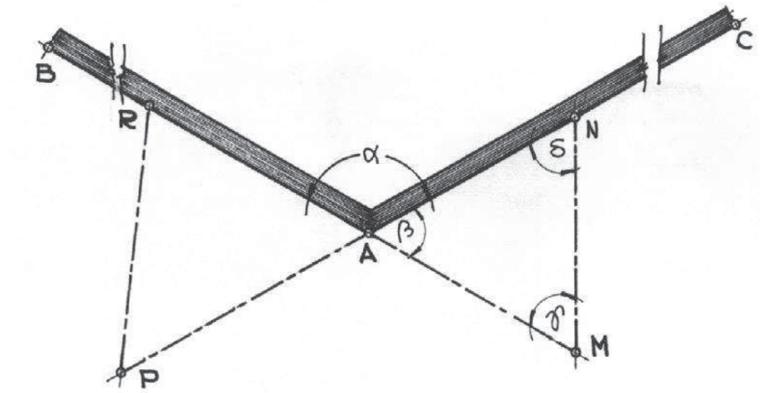



Fig. 190

e) Sea necesario medir el ángulo $\alpha$ de la fig. 191 formado por dos paredes sin posibilidad de colocarse dentro del edificio y, por lo tanto, dentro del ángulo. Prolongamos la cara de la pared AB hasta un punto M, convenientemente elegido y se cierra un triángulo con otro punto N ubicado sobre la cara AC. Midiendo AM; MN y AN se puede calcular el triángulo AMN descubriendo los valores angulares $\beta$, $\gamma$, $\delta$. El ángulo buscado será $\alpha = 180° - \beta$ ó también $\alpha = \gamma + \delta$.
Se pueden controlar con otro triángulo como el APR.
Los lados de los triángulos así formados deben ser medidos con todo cuidado y elegidos lo más largos posible pues, es evidente, que pequeñas inseguridades pueden llevarnos a errores gruesos al prolongar los lados AB y AC. Por ejemplo si AN = 5 m. siendo AC = 50 m. y en la medición de MN cometemos un error en menos de 0,01 m. la dirección a C quedará errónea en 0,10 m. lo que significa aumentar el ángulo $\alpha$ alrededor de 7', recordando que a 100 m. un ángulo de 1' produce un desplazamiento de 0,03 m.

Fig. 191




f) Un procedimiento más seguro puede ser el indicado en la fig. 192. Consiste en prolongar los lados del ángulo $\alpha$, en lo posible en medidas que permitan visuales seguras para el teodolito, con el cual medimos los ángulos $\beta$ y $\gamma$, que nos resuelven el problema teniendo en cuenta que: $\delta = 180° - (\beta + \gamma) = \alpha$.
g) Cuando el ángulo formado por dos paredes es muy obtuso no conviene calcularlo midiendo los lados del triángulo ABC (fig. 193) pues en B y C se forman ángulos muy pequeños y, por tanto, peligrosos. Es aconsejable elegir un punto D y medir los lados de los triángulos ABD y ADC que son más seguros de calcular y, además, resulta AD un elemento de contralor. Otro control puede ser BC.

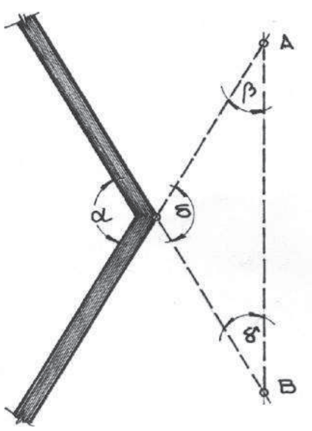



Fig. 192

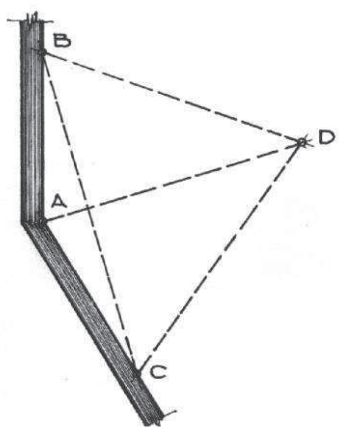



Fig. 193

# 12. REPLANTEOS

Es la operación inversa al levantamiento topográfico y consiste en materializar en el terreno los elementos geométricos de un proyecto dibujado en el plano. Para ello nos apoyamos en puntos del terreno cuyas coordenadas son conocidas (generalmente serán puntos que han servido de apoyo para realizar el levantamiento y que han quedado materializados en el terreno).
Para el replanteo de líneas rectas o curvas es necesario proceder a ubicar los puntos que las definen. En el caso de segmentos de recta bastará tomar los extremos y eventualmente algún punto intermedio como control. Para las curvas se materializan los puntos geométricamente necesarios para luego, en una segunda etapa, proceder a completar el replanteo.
Tratándose de líneas irregulares habrá que tomar tantos puntos como sea necesario, de acuerdo con la finalidad del trabajo, para que la línea replanteada resulte semejante a la dibujada en el plano.
Para replantear puntos se comienza por leer sus coordenadas, utilizando a tal efecto la cuadrícula, constituida por las rectas de X e Y constantes, que aparece en el plano, y relacionando esta coordenadas con las ya conocidas de los puntos de apoyo, se calculan las distancias y ángulos que permitirán ubicar el nuevo punto.

## Replanteo de edificios

Primeramente se procede a materializar los ejes de replanteo dibujados en el plano y relacionados a algún elemento destacado del terreno (medianeras, ejes medianeros, línea de edificación, eje de caminos o calles, etc.), una vez materializados los ejes de replanteo por medio de estacas y luego tendiendo alambres de acero (cuerda de piano) entre caballetes ubicados al efecto, se procede al replanteo de las bases de columnas o de zapatas si son cimientos corridos y también se replantean a la vez los ejes de paredes y espesores de estas.

Existen dos formas de realizar estos replanteos, de acuerdo a la construcción de los caballetes pudiendo ser: caballetes aislados (simples o dobles, fig. 194) o caballete corrido (conocido como "corralito", fig. 195).
Los caballetes se instalan de forma tal que los alambres que, posteriormente tenderemos, queden a una altura tal que permita el trabajo de excavación a realizar, generalmente esta altura es de 40 a 70 cm.

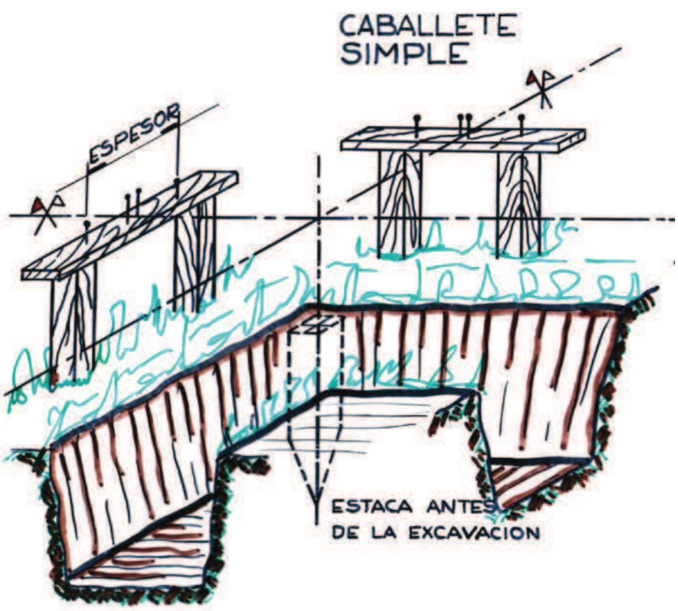



Fig. 194

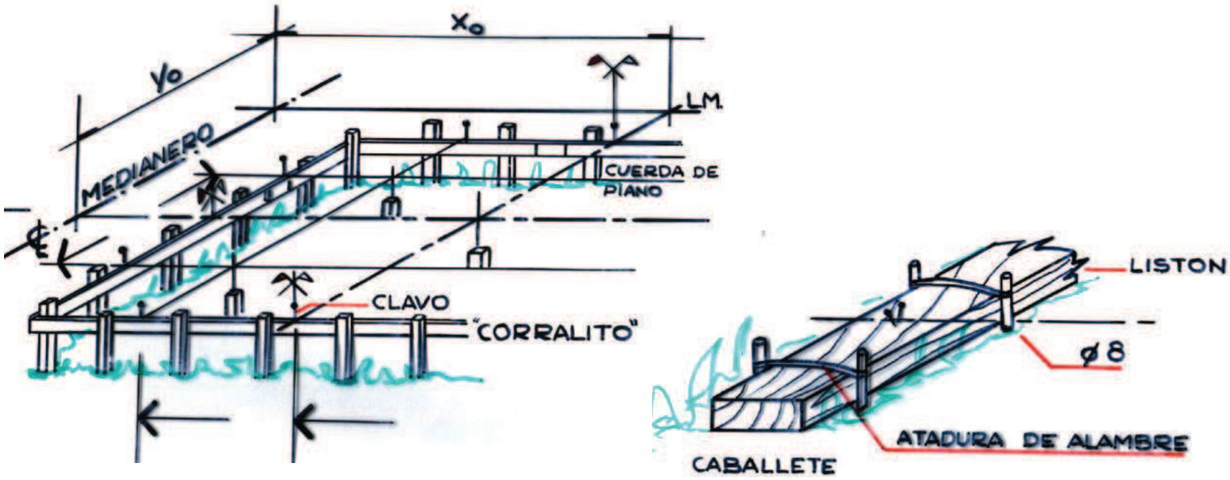



Fig. 195

A partir de los ejes de replanteo se llevan las medidas progresivas y parciales indicadas en el plano, colocando clavos sobre los caballetes en los lugares corresponda, y luego se tienden entre ellos alambres de acero que en sus cruces determinarán los puntos que teníamos materializados con estacas y que debemos quitar para realizar la excavación de cimiento, pudiendo trasladarse este punto al fondo de la excavación por medio de una plomada como se ilustra en la figura 197, para comenzar con la construcción de la mampostería de cimientos (fig. 196).

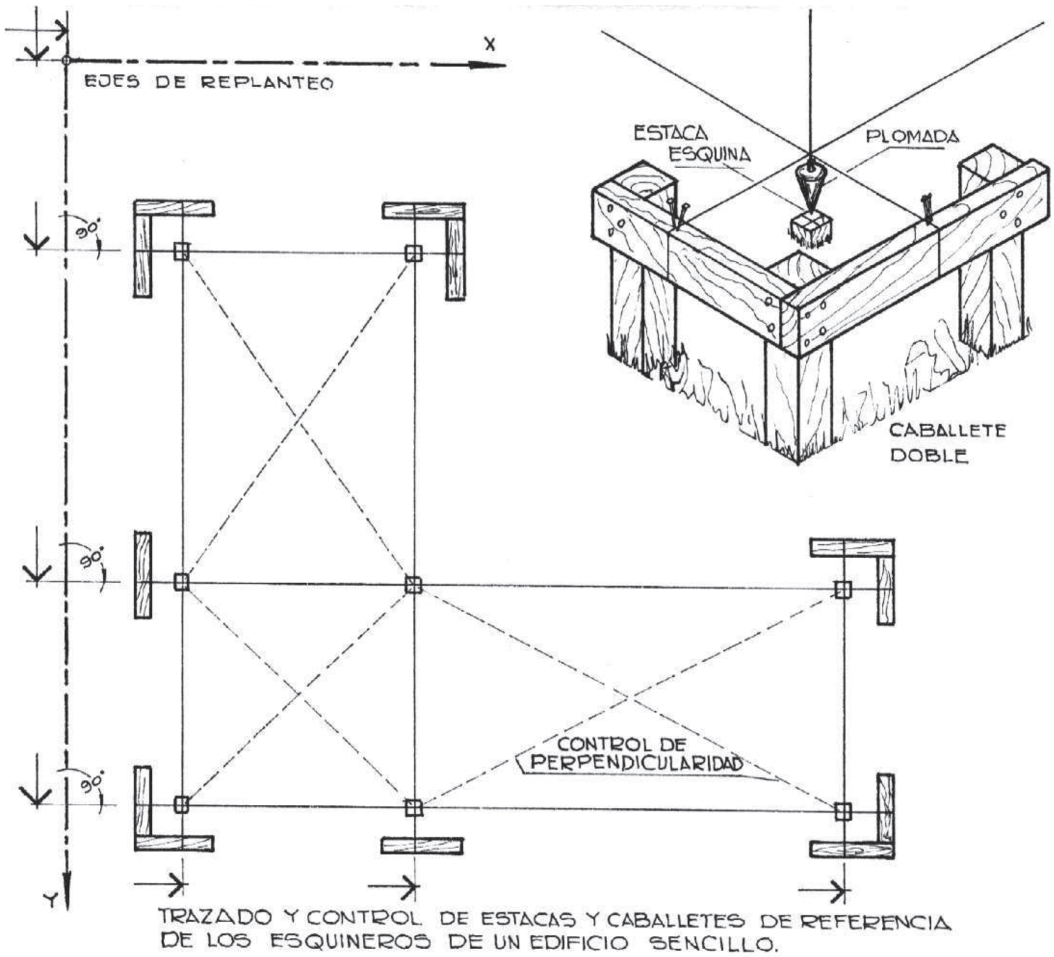



Fig. 196

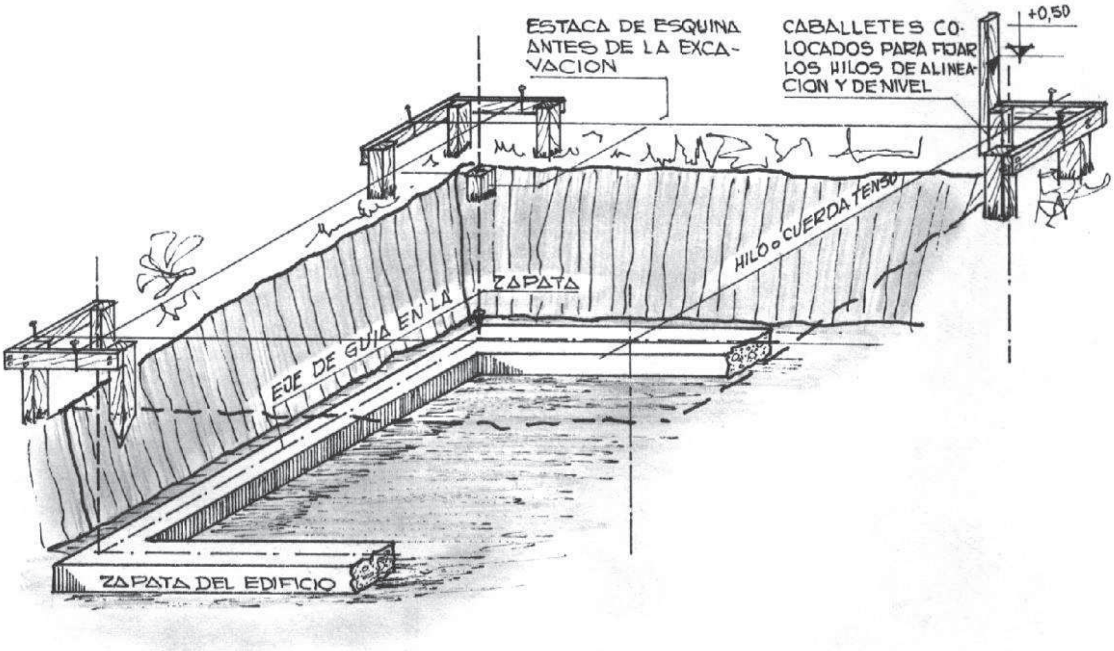



Fig. 197

- Otra forma de ejecutar un replanteo de una obra, es como la indicada en la figura 198. Una vez colocada la estaca en el punto P, según lo indique el plano proyecto de replanteo, a una distancia $X_0$ de la línea municipal (L.M.) y a $Y_0$ del eje medianero; se coloca el teodolito en estación P, y se replantea las estacas $x_i$ en el eje X de replanteo, y lo mismo las $y_i$ en el Y.

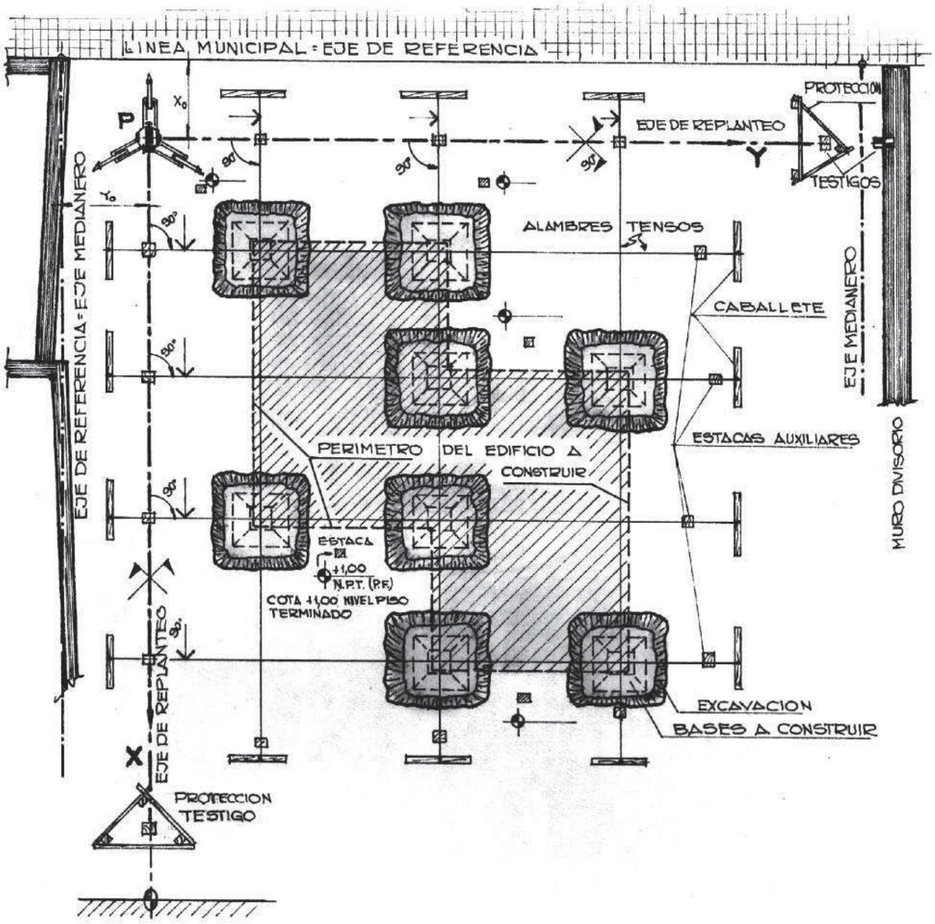
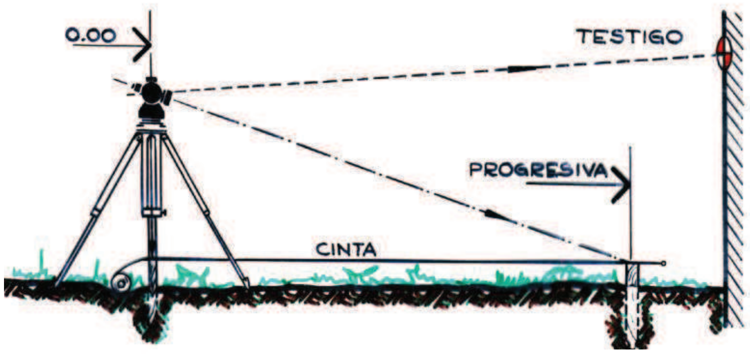
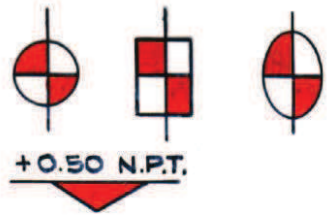
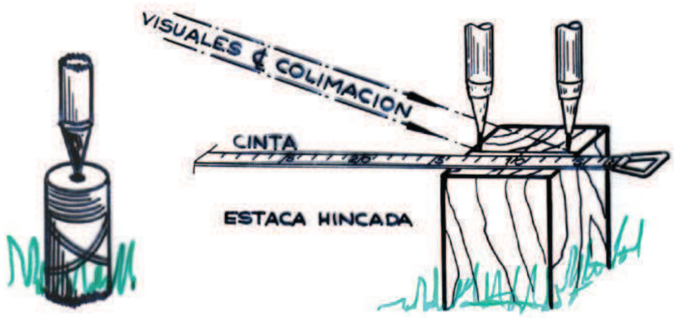



Fig. 198

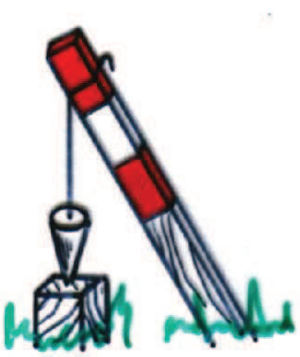
Luego haciendo estaciones en las $x_i$ y girando 90° la alidada con respecto al eje X, se materializan las estacas auxiliares; operación que se repite en las $y_i$. Se colocan los caballetes y los alambres tensados, se controla el replanteo y se marcan en el terreno las zonas de excavación.
Además se hincan estacones en las zonas donde más se necesiten, donde, se marcan los niveles (P.F.), a una cota + 1,00 o a -0,50, para que los operarios de obra, albañiles y carpinteros, trasladen los niveles con un "nivel de manguera". Es de suma importancia, para reposición de puntos, inspección y posteriores replanteos de la obra, dejar "testigos"de ejes de replanteo fuera de la zona de obra. Ellos pueden ser estacas o mojones de madera o barra de hierro hincados y bien marcados los ejes con alguna protección. Además se pueden dejar como "testigos" marcas en paredes cercanas y visibles y bien pintadas (fig. 199)

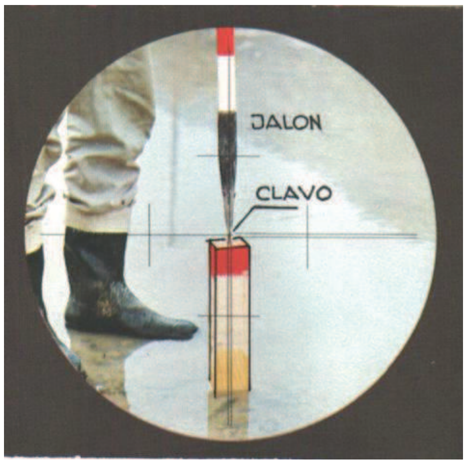


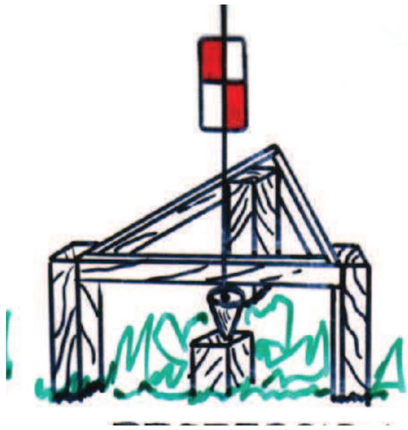




Fif. 199

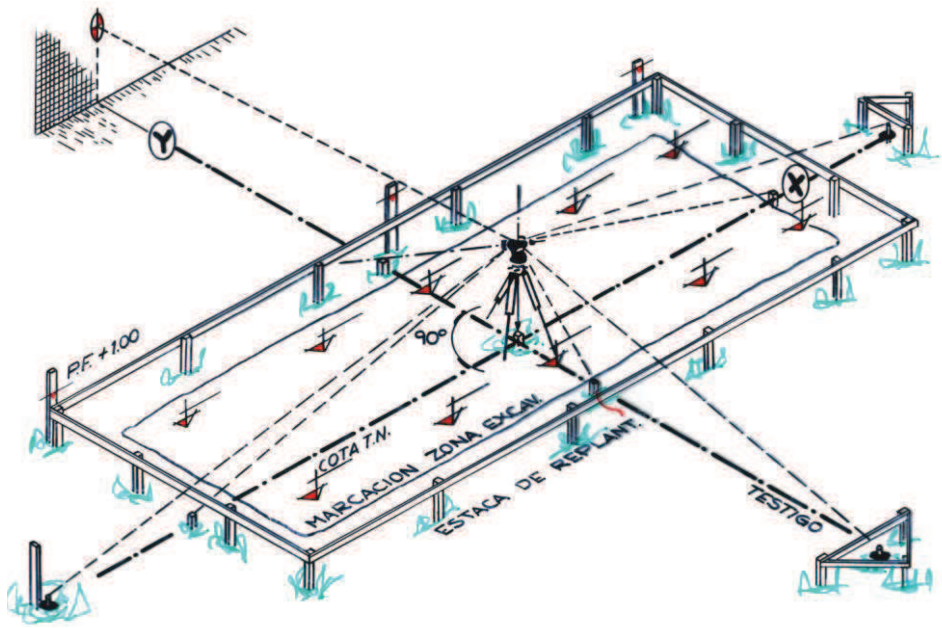




- Las obras civiles que se hacen en industrias para la implantación de cintas transportadoras, mezcladoras, trituradoras, tolvas, etc., se presentan distintos casos de replanteos. El de las figuras (figs.200 a 206) siguientes es un caso sencillo:

Se coloca la estaca que es la intersección de los ejes, principales, según lo indique el plano de proyecto. Haciendo estación en este punto, se materializan los ejes X e Y, dejando "testigos" para su reposición o de lo contrario ser utilizados posteriormente en el montaje de las maquinarias. Tratando en lo posible de dejarlos fuera de la zona de obra y con sus correspondientes protecciones.




La tarea posterior es dejar estacones con puntos fijos (PF) de niveles y relevar las cotas de puntos del terreno natural para el posterior cálculo del volumen de suelo excavado. Se colocan los caballetes, en los que el capataz de obra hace su replanteo de los distintos ejes de obra, espesores de muro, aberturas, etc. Además se replantea en el suelo la zona de excavación predimensionada, marcándola con pico y pintando con agua y cal, para servir de guía al operario de la máquina excavadora (retroexcavadora).

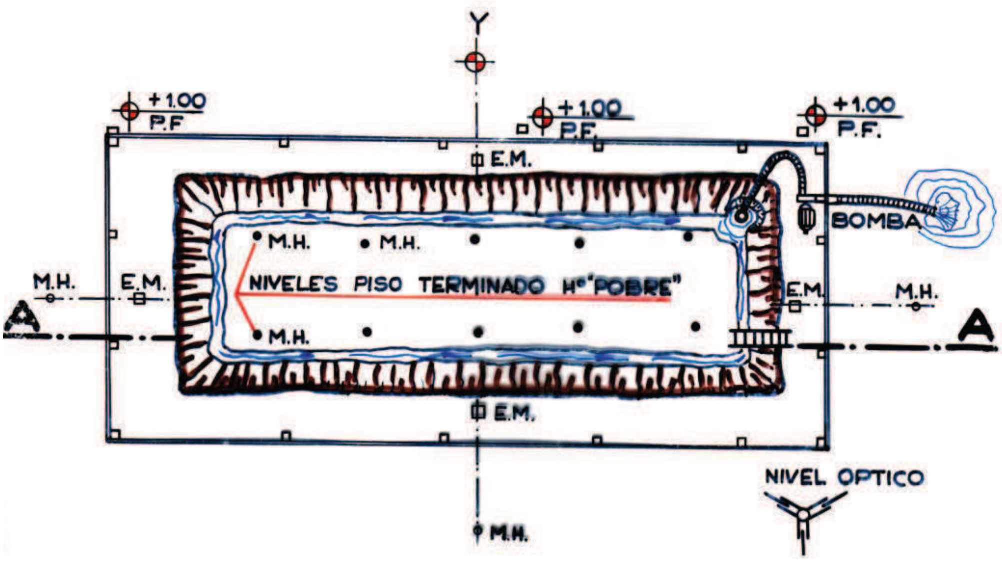



Fig. 201

Se controla la excavación tomando niveles en su fondo en forma aproximada. Y cuando ya se estime terminada, se hincan varios "pinchotes" de barras de hierro dejando su sección superior a la cota de nivel de piso terminado (N.P.T.) del hormigón "pobre" (150 kg/cm²), operaciones que se realizan con un nivel óptico (fig. 201 y 202).

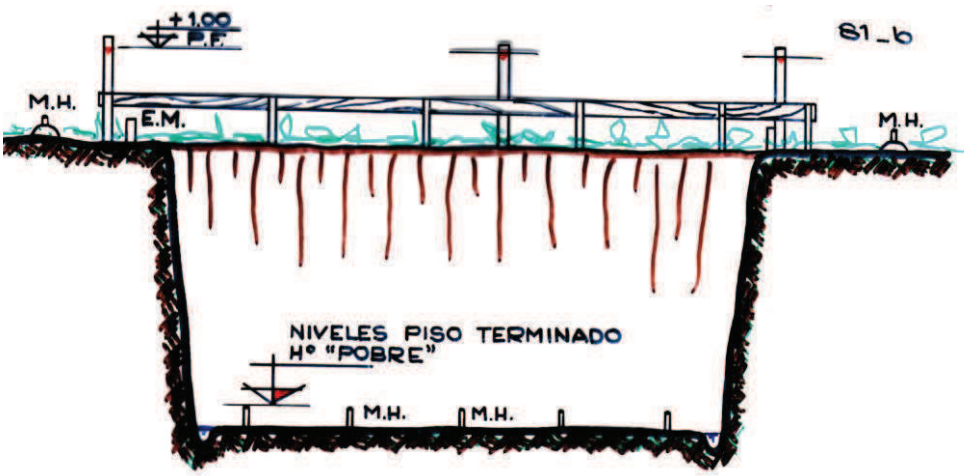



Fig. 202

Se colocan guías o "reglas" al nivel materializado y se hormigona el contrapiso de fundación. Si previamente se hubiese observado filtraciones de agua se procede al drenaje de la misma haciendo canaletas y extrayéndola con bombas. Luego, se hace estaciones con el teodolito en las estacas de replanteo, y alineándose con los testigos, se materializan los ejes X e Y sobre el contrapiso (fig. 203 y 204).

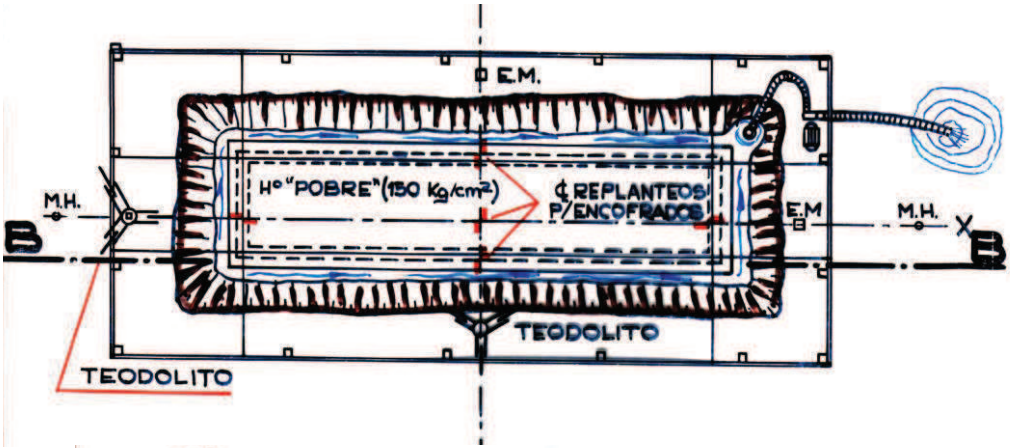



Fig. 203

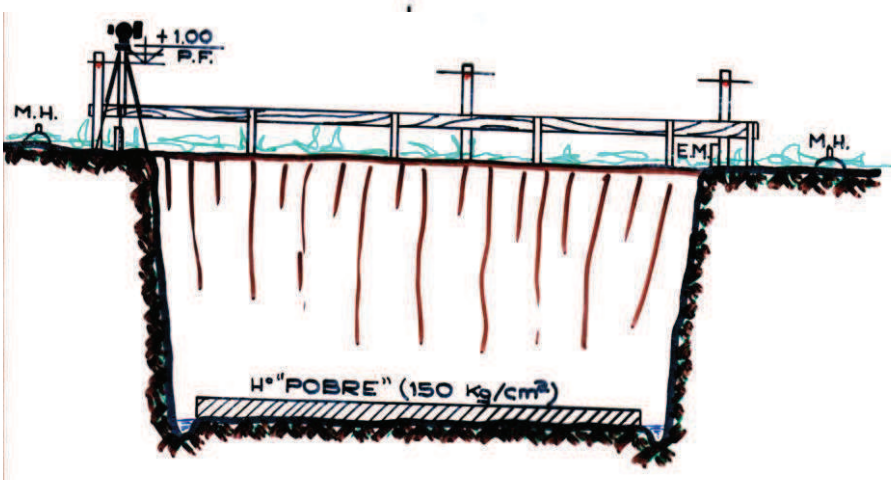



Fig. 204

Se completa el trazado de replanteo, con la ayuda de hilos en el contrapiso. Se hormigona el piso, se colocan, luego los encofrados y armaduras. Si la altura de los mismos, permite controlarlos con el teodolito desde las estacas de replanteo, alineándose con los testigos, entonces se colocan en el borde superior de los encofrados, los ejes materializándolos con clavos. También se lo puede hacer tensando los alambres desplazándose en los caballetes. De lo contrario, se hace estación en algún mojón de hierro (M.H.) (testigo) y se determina un eje auxiliar, en este caso paralelo al X, tomando la progresiva del mismo, leyendo la menor lectura a una cinta con el teodolito. Luego, se leen las distancias progresivas en la cinta colocada en los distintos esquineros del encofrado, controlando así y definiendo su eje X. Se puede hacer de la misma manera, un eje auxiliar paralelo al Y (fig. 205 y 206). Después, deberá materializarse los niveles superiores de terminación del hormigón, operación que la realizamos con un nivel óptico, y bajando una cinta en posición vertical hacemos las lecturas (que serán con signo negativo).

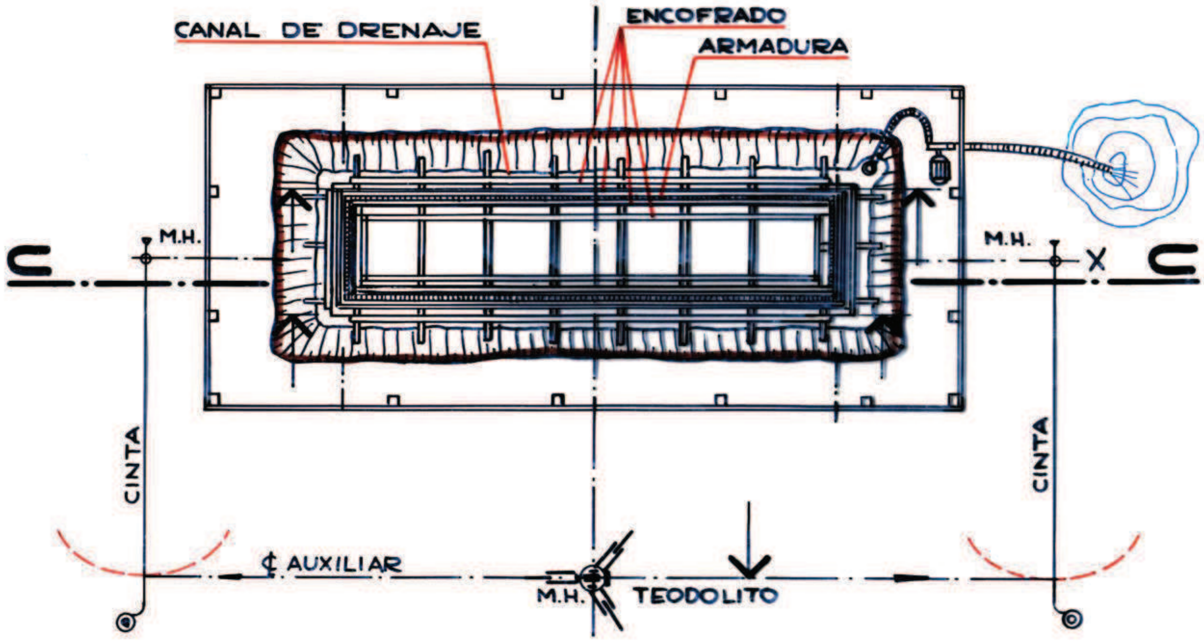



Fig. 205

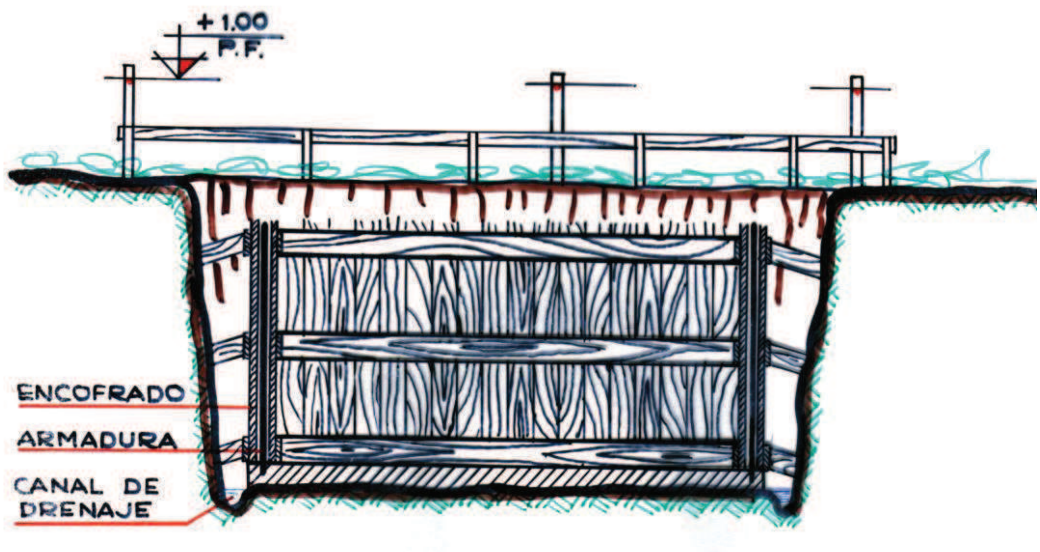



Fig. 206

- Cuando se hacen grandes excavaciones para construir edificios, es importante observar posibles asentamientos de torres linderas si existieran. Para ello, antes de proceder a la excavación, se materializan puntos fijos de nivel sobre los muros de los edificios vecinos para su control cotidiano (fig. 207). Sus cotas deben estar relacionadas al punto fijo de obra, ubicado en un lugar ajeno al sector de obra y de los edificios en cuestión.

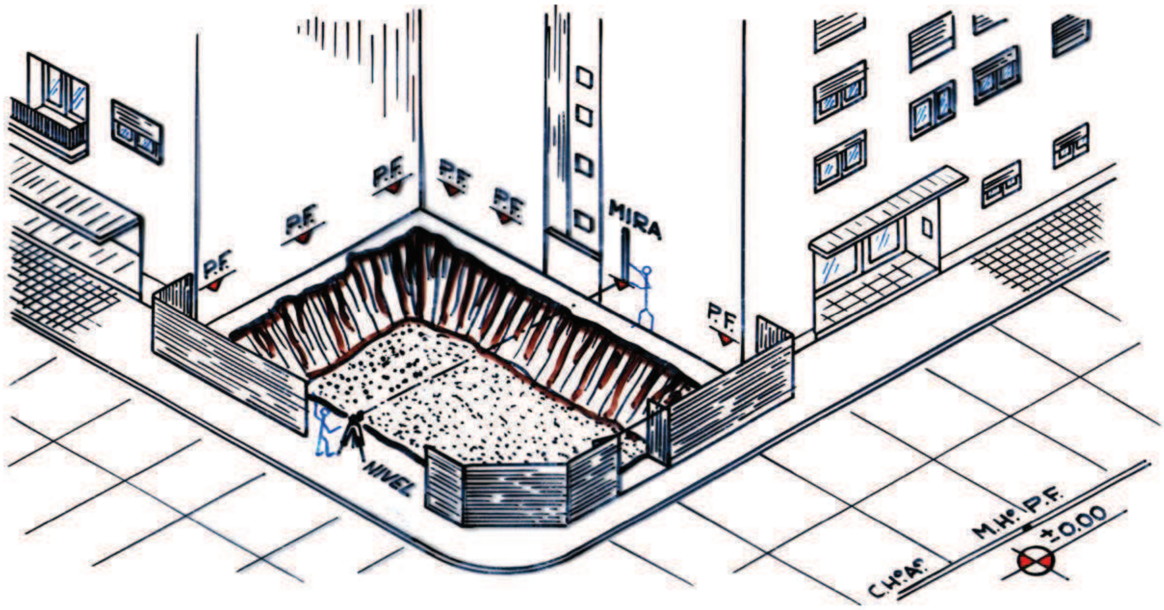



Fig. 208

- Cuando se tiene que trasladar los ejes de replanteo, en el caso de edificios torres, a pisos superiores, una forma de proceder es según lo indica la fig. 209: Se trazan ejes auxiliares previamente materializados donde se conocen sus progresivas a los ejes de replanteo. Uno de ellos ($X_i$), puede ser paralelo a la línea de edificación, individualizado por barras de hierro hincadas en la vereda, (o de lo contrario rayado con puntas en las baldosas).

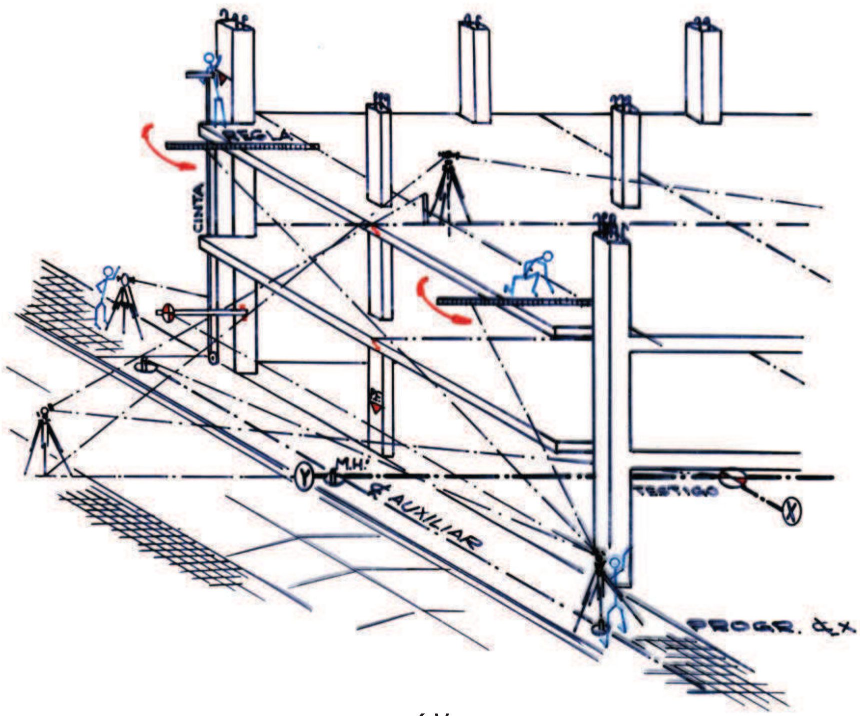
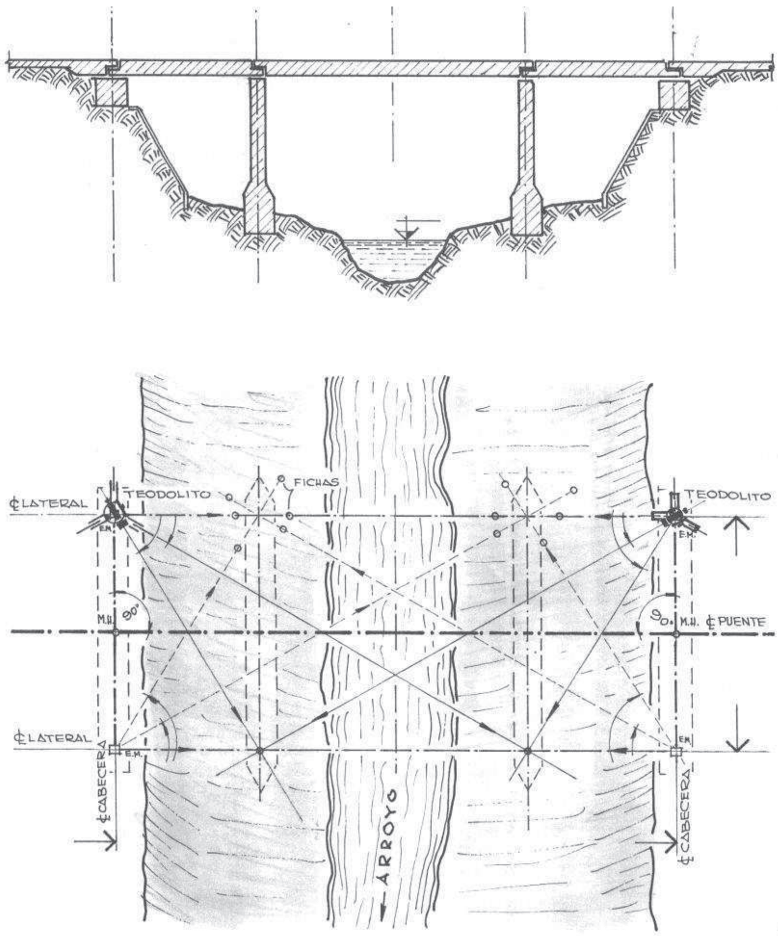



Fig. 209

Haciendo estación con el teodolito en uno de ellos y alineándose con el otro (o con algún testigo), se eleva el eje de colimación y se bisecta a una regla, ubicada en el piso superior en un valor determinado, donde el ayudante marcará en el piso, en el cero de la regla. De esta forma se señalan los puntos necesarios para materializar el eje paralelo al auxiliar $X_i$ (y por supuesto al de replanteo X), donde se conocen su progresiva. A este eje, luego, se lo puede trasladar al lugar del eje X de replanteo. El otro eje Y, que está prolongado previamente y materializado en la vereda de enfrente, por una marca o mojón de hierro, o un clavo, etc. se replantea de la siguiente manera: se estaciona el instrumento en este punto, y alineándose con algún "testigo Y", se eleva el eje a los pisos superiores, marcando a una distancia aproximadamente de 1,50 mts. del borde; ya que luego se hace estación en estos puntos, se alinea con el anterior, y se prolonga el eje a los lugares necesarios. Desde estas estaciones (niveles superiores), se puede hacer un "chequeo" de perpendicularidad, girando la alidada 90° y bisectar a puntos del eje auxiliar del piso estacionado; con la ayuda de visuales paralelas a éste. Para trasladar cotas, se puede realizar de la siguiente manera:
Se estaciona el nivel óptico en planta baja, se hace la lectura a algún punto fijo y se calcula la cota del plano visual del instrumento. Entonces, teniendo en cuenta qué el valor de cota, es a replantear, se calcula el valor de lectura (que será con signo negativo) a visualizar a una cinta bajada desde el nivel de piso a determinar.

- Una forma de replantear un puente es la siguiente (fig. 210): primeramente se materializa el eje del puente en ambas barrancas del arroyo tal que representen los puntos de cabecera. Realizando estaciones en cada uno de éstos puntos, se levantan las perpendiculares y cinteando las distancias del semiancho se replantean los ejes laterales.

Luego, se hace estación en cada uno de éstos últimos puntos obtenidos y, dirigiendo visuales, cuyos ángulos horizontales con los ejes laterales se calculan previamente, se obtienen por intersección de ellos puntos ubicados en ambas márgenes, que representarán los ejes de las bases. Estas visuales se pueden materializar con fichas o barritas de hierro bien verticalizadas: aunque lo ideal es realizar las intersecciones con dos teodolitos simultáneamente, dándole rapidez y exactitud.



## 9. NOCIONES SOBRE LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

La realización de un levantamiento topográfico implica la ejecución de todas las tareas de campaña y gabinete, conducentes a representar en un plano topográfico una parte de la superficie terrestre. Para ello deberán combinarse adecuadamente los procedimientos a emplear para determinar la posición planialtimétrica de los puntos del terreno y, mediante la utilización de instrumental y métodos apropiados satisfacer las exigencias métricas impuestas por la Escala, la que a su vez dependerá de la finalidad técnica del documento a elaborar.

Establecida la zona a representar y fijada la escala, la primera etapa a cumplir es proveerse de toda la información disponible concerniente a la tarea a desarrollar. Para ello deberán recopilarse todos los antecedentes existentes, indagando en las reparticiones y empresas que presuntivamente pudieran disponer de los mismos.

El análisis de toda esa documentación permite al topógrafo compenetrarse en primera instancia, de las características morfológicas del terreno y de los hechos naturales y artificiales que en el mismo se encuentran, lo que en frecuentes ocasiones permite reducir la tarea a realizar.

Cumplida esta primera etapa, y ya trasladado a la zona de trabajo, el topógrafo debe consustanciarse con el terreno, para lo cual es imprescindible realizar un minucioso reconocimiento del mismo, recorriéndolo y tratando de croquizar y memorizar la ubicación de los accidentes notables que a su vez procurará identificar en la documentación de que dispone. La tarea del reconocimiento es sumamente importante, y no sólo permitirá economizar tiempo en las operaciones futuras, sino que muchas veces por no haberla cumplido cabalmente, se llega en el desarrollo del trabajo a situaciones insolucionables que obligan a rehacer parte de la tarea.

Por ello no es exagerado invertir en esta operación un 10% del tiempo total que demande la permanencia en el terreno.

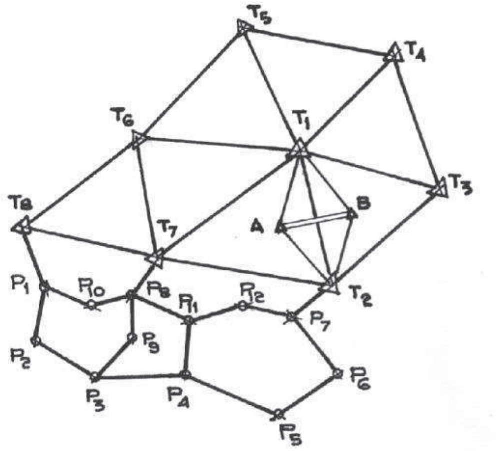
Atendiendo a que el levantamiento se realiza por sectores de extensión limitada, como se verá al analizar la taquimetría, es imprescindible contar con un marco rígido de apoyo al que se vinculan todos esos sectores de manera tal de constituir un conjunto en el que cada uno de ellos ocupe el lugar que le corresponde, tanto en forma absoluta como en relación a los demás.

Ese marco se materializa por medio de las redes básicas de apoyo, mediante las cuales se obtienen las coordenadas planialtimétricas de puntos cuyo error de ubicación es tal que, frente al que se pretende para los puntos a levantar, pueden considerarse exentos de error.

## 10. REDES BÁSICAS DE APOYO

El recurso más empleado por la comodidad en su ejecución así como por la precisión que es posible obtener, es la triangulación.

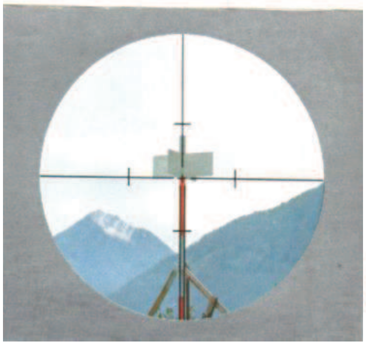
Fig. 181




Consiste en elegir puntos del terreno, denominados vértices, de manera tal que configuren triángulos en lo posible aproximadamente equiláteros, ya que esa configuración es la óptima, a la que siempre debe tenderse aunque en la práctica muy pocas veces se alcanza. (fig. 181)
Los vértices deben ubicarse en puntos dominantes del terreno, que ofrezcan amplio horizonte para poder ser observados desde una extensa zona a la que servirán de apoyo, y desde los restantes vértices que concurran a formar los triángulos.
Se materializan en primera instancia en forma provisoria, y recién cuando se ha comprobado la intervisibilidad con los restantes y determinado en forma aproximada los valores angulares resultantes no presentan valores menores de 15°(ángulos excesivamente agudos), se procede a materializarlos en forma definitiva.
Para obtener las coordenadas de todos los vértices se deben resolver los triángulos, de los que se miden en cada vértice las direcciones a los restantes, con lo que se obtienen todos los valores angulares y de ser posible, se debería medir los lados con instrumentales electrónicos. Pero es necesario conocer la longitud de un lado como mínimo, para ello se mide uno elegido de tal modo que permita hacerlo en las mejores condiciones. Luego por aplicación del teorema del seno se van resolviendo todos los triángulos. Si no es posible medir algún lado de la triangulación que cumpla las mejores condiciones (terreno llano y despejado de obstáculos) se busca una zona apta, de menor longitud, donde se mide la base, lado AB, que luego se amplía al lado $T_1T_2$ mediante mediciones angulares.
Atendiendo a que los lados de las triangulaciones topográficas tienen longitudes que pueden variar entre algunos centenares de metros a una decena de kilómetros, deberán dimensionarse adecuadamente las señales a colocar en los mismos para poder ser bisectadas desde los restantes.
Por ejemplo para una distancia de 10 km se necesita una altura de 7 metros (**$H_{(cm)} = 7\ S^2_{(km)}$** fig. 182).

Fig. 182

Tampoco resulta conveniente que la trayectoria del rayo luminoso pase cerca del terreno por la influencia perniciosa de la refracción en las capas más bajas de la atmósfera, así que en esos casos se procura elevar los vértices mediante la erección de torres. (fig. 184)
No obstante este recurso, cuando la zona es llana o suavemente ondulada, es preferible utilizar la poligonación para establecer la red de apoyo (puntos $P_i$).
Los vértices de la red básica de apoyo deben estar acotados. Para lograrlo es apropiado utilizar la nivelación trigonométrica, sobre todo en zonas quebradas donde al hacer estación con el teodolito en los vértices de triangulación, con muy pequeño trabajo adicional se miden los ángulos verticales necesarios para realizarla.
Cuando en la zona del levantamiento existen <u>puntos trigonométricos geodésicos</u>, la red básica se vincula a ellos para obtener las coordenadas de todos los puntos en el sistema de representación cartográfica adoptado oficialmente por el I.G.M. y así quedar todos los levantamientos relacionados entre sí (fig. 183).



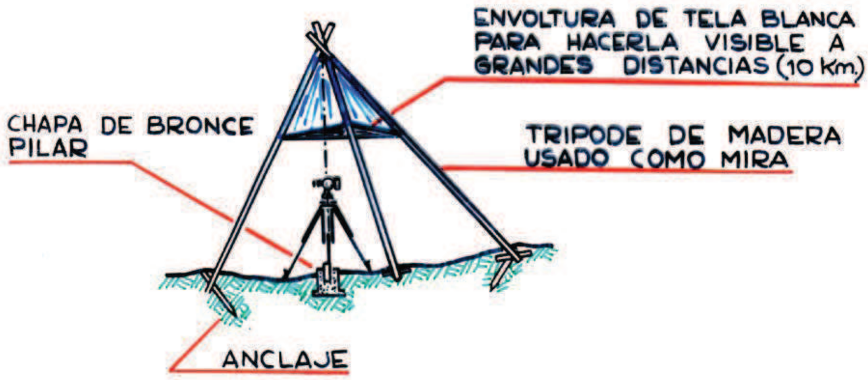



Fig. 183

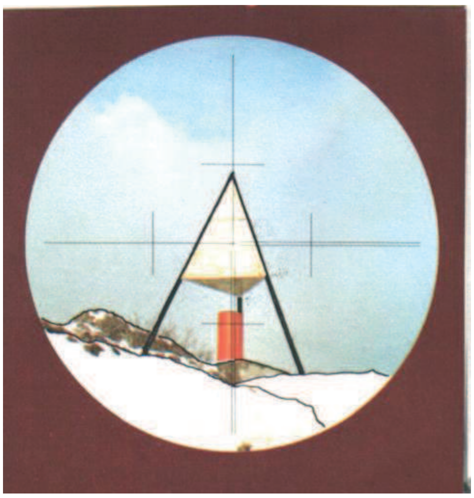
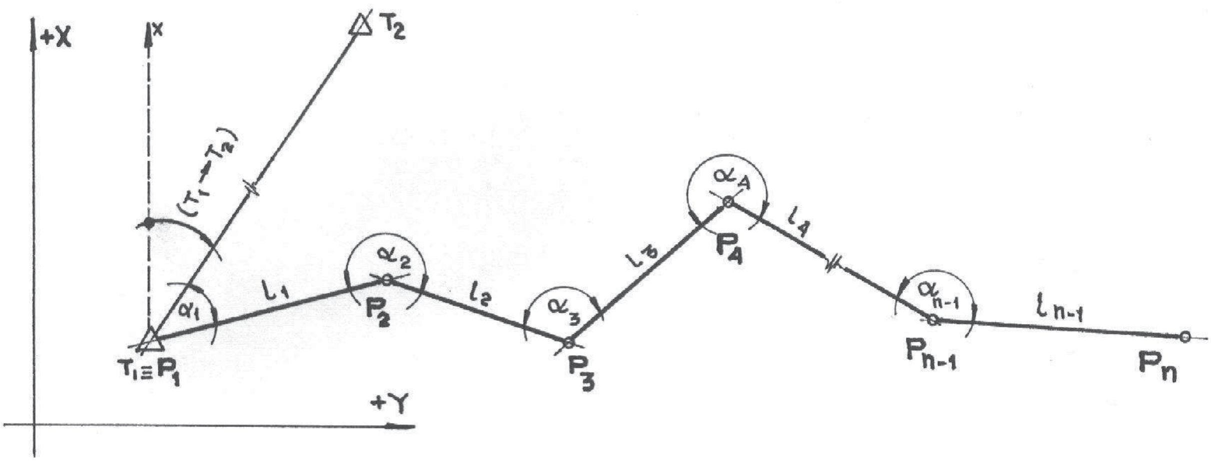


Fig. 184
Torre utilizada para triangulaciones.
El apoyo del teodolito es independiente del que se usa el operador

## Poligonación

La poligonación consiste esencialmente en la medición de ángulos y distancias




horizontales que vinculan entre sí una serie de puntos del terreno $P_1$, $P_2$, ...., $P_n$ cuya situación planimétrica se desea determinar, refiriéndola a un par de ejes coordenadas X e Y .

Es frecuente que además se desee conocer la posición altimétrica de dichos vértices $P_1$, $P_2$, ...., $P_n$, en cuyo caso resulta cómodo e inmediato medir también los ángulos verticales en cada uno de ellos (en forma recíproca) a efectos de obtener sus desniveles mediante Nivelación Trigonométrica. Estas poligonales se denominan planialtimétricas.

En la figura los vértices trigonométricos $T_1$ y $T_2$ **son puntos de coordenadas conocidas,** las que en general se han determinado con un orden de precisión superior al que exigimos para los vértices de la poligonal. Pueden ser Puntos trigonométricos con su pilar de Acimut

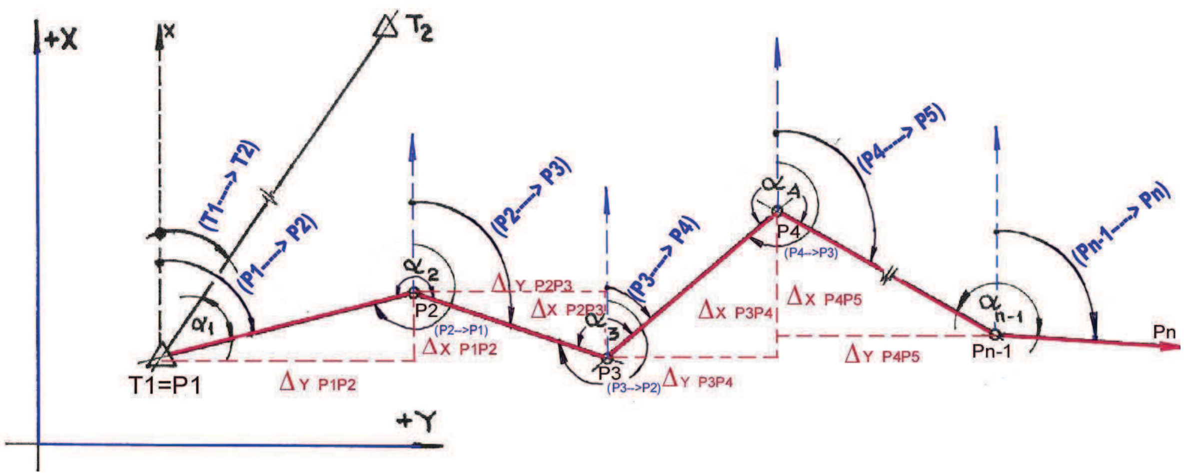
Ellos constituyen el apoyo necesario para el "arranque" de la misma, pues permiten partir de un punto de coordenadas conocidas, y además, de una "orientación respecto del eje de las X" que se denomina acimut, que queda determinado en base a las coordenadas de $T_1$ y $T_2$.

Los ejes de coordenadas, recordemos que se disponen con el semieje positivo de las X hacia arriba, generalmente coincidente con el Norte, y el semieje de de las Y hacia la derecha.

Recordemos que se denomina ACIMUT de un lado $T_1T_2$ ($T_1 \rightarrow T_2$) al ángulo que gira con vértice en $T_1$, una paralela semieje positivo de las X, hacia el semieje de la Y, hasta superponerse con dicho lado $T_1T_2$.

Acimut del lado $P_1P_2$ o sea ($P_1 \rightarrow P_2$), es el Acimut $T_1 \rightarrow T_2$ más $\alpha_1$. “este difiere de en 180° del Acimut del lado $P_2P_1$, es por ello que se estila escribir:

($P_1 \rightarrow P_2$) Acimut del lado $P_1P_2$; acimut directo del lado $P_1P_2$
($P_2 \rightarrow P_1$) Acimut del lado $P_2P_1$; acimut recíproco del lado $P_1P_2$




De aquí surge que:

$$\Delta x_{P1P2} = P_1P_2 \cos (P_1 \rightarrow P_2)$$

$$\Delta y_{P1P2} = P_1P_2 \operatorname{sen} (P_1 \rightarrow P_2)$$

Los cálculos de los sucesivos acimutes de los lados de la poligonal se ejemplifican del siguiente modo:

| | X | Y | |
|---|---|---|---|
| $T_2 =$ | 5.439,91 | 1.686,51 | |
| $T_1 =$ | 2.315.73 | 218,42 | |
| $\Delta x_{T1T2}$ | 3.124,18 | 1.468,09 | $\Delta y_{T1T2}$ |

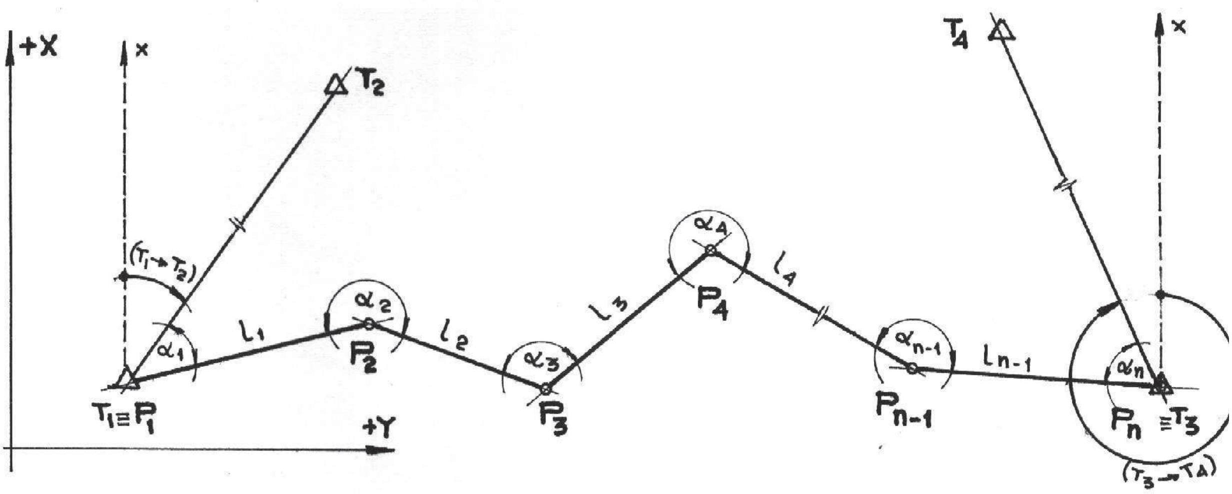
$$tg\ (T_1 \rightarrow T_2) = \Delta y_{T1T2} / \Delta x_{T1T2} = +0{,}4699121049 \Rightarrow arc\ tg\ (+0{,}4699121049) =$$

$$(T_1 \rightarrow T_2) = \mathbf{25° \; 10' \; 10''}$$

| | | |
|---|---|---|
| | $(T_1 \rightarrow T_2)$ | 25° 10’ 10” |
| | $\alpha_1$ | 48° 22’ 20” |
| $(T_1 \rightarrow P_2)$ | $(P_1 \rightarrow P_2)$ | 73° 32’ 30” |
| | $(P_2 \rightarrow P_1)$ | 253° 32’ 30” |
| | $\alpha_2$ | 208° 30’ 00” |
| | $(P_2 \rightarrow P_3)$ | 102° 02’ 30” |
| | $(P_3 \rightarrow P_2)$ | 282° 02’ 30” |
| | $\alpha_3$ | 118° 37’ 30” |
| | $(P_3 \rightarrow P_4)$ | 40° 40’ 00” |
| | $(P_4 \rightarrow P_3)$ | 220° 40’ 00” |
| | $\alpha_4$ | 261° 42’ 10” |
| | $(P_4 \rightarrow P_5)$ | 261° 42’ 10” |
| | $(P_5 \rightarrow P_4)$ | 122° 22’ 10” |
| | $\alpha_5$ | .......... |
| | | .......... |

Así sucesivamente hasta el último lado de la poligonal. En los cálculos de los sucesivos Acimutes, se van sumando los ángulos $\alpha_i$

## Poligonales "abiertas" y "cerradas".

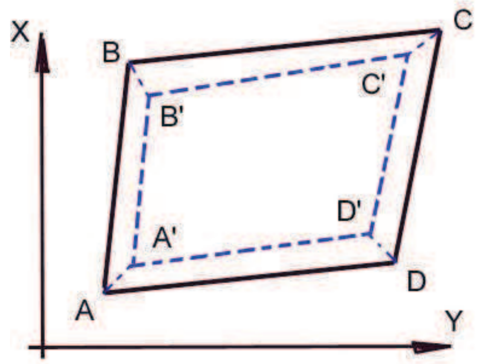



La poligonal ilustrada en figura anterior es "abierta", pues no posee "control de cierre" angular ni lineal. En cambio, la ilustrada en figura siguiente es una poligonal "cerrada", pues los puntos trigonométricos $T_3$ y $T_4$, (similares a los $T_1$ y $T_2$ del "arranque")

permiten controlar lineal y angularmente la poligonal medida, mediante los errores de cierre.
El polígono siguiente es un caso particular de la poligonal "cerrada", pues se parte de un punto A' y se cierra en el mismo punto. Existen pues controles de cierre angular y lineal.

POLIGONO DE MEDICION: A'-B'-C'-D'-A'.

POLIGONO VERDADERO: A-B-C-D-A




**<u>Ajuste de una poligonal</u>**

Terminada la etapa de la MEDICIÓN de la Poligonal, se procede a efectuar el <u>CÁLCULO</u> de la misma.
El proceso de cálculo se iniciará con el AJUSTE de la Poligonal ya medida. El término AJUSTE es propio del <u>Método de Obtención de Coordenadas</u> y de otros que se utilizan en Topografía, ya que emplear el proceso de COMPENSACION implica la elaboración de ecuaciones de condición, ecuaciones normales, etc. y procedimientos mas rigurosos en donde se exige máxima precisión a las mediciones como las que se deben determinar en GEODESIA.
En toda poligonal, existen tolerancias angulares y lineales para sus "cierres"; teniendo en cuenta, el tipo de medición ejecutada y en qué zona. Al estar referidas a ejes de coordenadas X e Y, (por lo menos para el calculo del cierre) se determinan las proyecciones (abscisas parciales y ordenadas parciales) $\Delta x$ y $\Delta y$, con las cuales se calcula el cierre, errores $\varepsilon_x$ y $\varepsilon_y$ y las correcciones $\nu_y$ y $\nu_y$.

El AJUSTE de la Poligonal consta de dos partes :

**- Ajuste Angular.**
**- Ajuste Planimétrico.**

**<u>El Ajuste Angular</u>** :

Partiendo del acimut conocido (**$T_1 \rightarrow T_2$**), y calculando en base a los ángulos medidos $\alpha_i$, los sucesivos acimutes de los lados de la Poligonal, debería arribarse al valor de cierre (**$T_3 \rightarrow T_4$**)
Pero, en general esto no ocurre debido principalmente a la acumulación de los errores accidentales de la medición angular.
La diferencia entre el valor de (**$T_3 \rightarrow T_4$**) <u>calculado</u>, y el valor de (**$T_3 \rightarrow T_4$**) <u>verdadero</u> constituye el **Error de Cierre Angular** ( $\varepsilon_{ang}$ ).
Antes de proceder al Ajuste Angular, debe compararse el Error $\varepsilon_{ang}$ con la Tolerancia Angular $T_{ang}$ que se ha establecido como exigencia técnica para esa Poligonal.
<u>Tolerancias Angulares</u> :

**$T_{ang\,1} = 20'' \sqrt{n}$ Para poligonales de Gran precisión Topográfica**

**$T_{ang\,2} = 40'' \sqrt{n}$ Para poligonales de Precisión Topográfica Normal.**

**$T_{ang\,3} = 60'' \sqrt{n}$ Para poligonales de Escasa Precisión Topográfica**

n = Número de vértices

Si resulta $\varepsilon_{angb}$ menor o igual que $T_{ang\ i}$ se procede al Ajuste Angular.

Este consiste en repartir el error $\varepsilon_{ang}$ por igual en todos los ángulos medidos, o sea aplicar la **corrección**:

$$\nu_{ang} = - \varepsilon_{ang} / n$$

n = Número de ángulos medidos

Fórmula a emplear y secuencia de cálculo :

$$(\overrightarrow{T_1 T_2}) + \Sigma\alpha_i = (\overrightarrow{T_3 T_4}) + 180° (n – 1) + \varepsilon_{ang}$$

Donde: $(\overrightarrow{T_1 T_2}) + \Sigma\alpha_i$ = Azimut calculado

$(\overrightarrow{T_3 T_4}) + 180° (n – 1)$ = Azimut verdadero

$$\varepsilon_{ang} = (\overrightarrow{T_3 T_4})_c - (\overrightarrow{T_3 T_4})_v = A_{zc} - A_{zv}$$

Comparar: $\varepsilon_{ang}$ con $T_{ang\ i}$

si $\varepsilon_{ang} < T_{ang\ i}$ ; calcular $\nu_{ang} = - \varepsilon_{ang} / n$

Aplicar la corrección $\nu_{ang}$ a todos los ángulos medidos.

**El Ajuste Planimétrico** :

Realizado el ajuste angular debería cumplirse el lineal o sea :

$$X_{T1} + \Sigma\, \Delta x_i = X_{T3}$$
$$Y_{T1} + \Sigma\, \Delta y_i = Y_{T3}$$

Pero ello no ocurre debido a la acumulación de los errores lineales y angulares de la medición -estos últimos subsisten a pesar del ajuste angular efectuado-.

O sea que hemos arribado a valores distintos $X_{T3}'$ ; $Y_{T3}'$, correspondientes a un punto $T_3'$. La diferencia entre las coordenadas del punto al que hemos arribado $T_3'$, y el que tendríamos que haber obtenido $T_3$, constituyen lo que se llama el **Error de Cierre Planimétrico Total o Flecha de Error =** $\overrightarrow{F}$.

Este error tiene dos componentes $\varepsilon_x$ y $\varepsilon_y$:

$$\varepsilon_x = X_{T3}' - X_{T3}$$

$$\varepsilon_y = Y_{T3}' - Y_{T3}$$

Luego, el Error de Cierre Planimétrico Total, o Flecha de Error será :

$$\overrightarrow{T_3 T_3'} = \overrightarrow{F} = \varepsilon_L = \sqrt{(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2)}$$

Es necesario calcular también el acimut $\varphi$ de la flecha, sobre todo cuando ésta supera la TOLERANCIA lineal prefijada, ya que el valor de $\varphi$ proporciona un elemento de juicio para investigar en que lado de la poligonal pudo cometerse un error grosero al medir su

longitud (la investigación comenzaría por revisar aquellos lados que tienen un acimut similar al de la flecha).
Luego, se calcula el acimut $\varphi$ de la flecha :

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}(T3 \longrightarrow T3') = \varepsilon_y / \varepsilon_x \qquad \varphi = \operatorname{arc\,tg}(\varepsilon_y / \varepsilon_x)$$

Una vez calculada la flecha F, se compara a ésta con la TOLERANCIA LINEAL $T_L$.
Esta TOLERANCIA será acorde con la finalidad del trabajo a realizar y con el instrumental empleado en la medición.
Corresponde a la TOLERANCIA LINEAL fijada por organismos nacionales.
Recordemos que una distancia lineal se puede medir con cintas de acero, ruleta, taquimétricamente, paralácticamente, con EDM, etc., luego, la TOLERANCIA LINEAL surge entonces de considerar la finalidad del trabajo y del instrumental empleado en la medición de ángulos y distancias.

Tolerancia:

$T_{L1} = 0{,}015 \sqrt{(0{,}3\ L + 0{,}0005\ L^2)}$ Para poligonales principales o de rodeo en zonas urbanas.

$T_{L2} = 0{,}020 \sqrt{(0{,}3\ L + 0{,}0005\ L^2)}$ Para poligonales principales o de rodeo en zonas de quintas y de chacras o interna en las de rodeo en zonas urbanas.

$T_{L3} = 0{,}010 \sqrt{(1{,}5\ L + 0{,}0030\ L^2)}$ Para poligonales rurales en condiciones normales.

$T_{L4} = 0{,}015 \sqrt{(1{,}5\ L + 0{,}0030\ L^2)}$ Para poligonales rurales en condiciones difíciles (arroyos, lagunas, montes, bañados, sierras, etc.)

$T_{L5} = 0{,}010 \sqrt{(0{,}3\ L + 0{,}0005\ L^2)}$ Para las mediciones en los frentes de manzanas.

$T_{L6} = 0{,}030 \sqrt{(0{,}3\ L + 0{,}0005\ L^2)}$ Para las mediciones en el interior de manzanas.

L : perímetro

Flecha F= $\varepsilon_L$ menor $T_{Li}$

Sintetizando, si la flecha F=$\varepsilon_L < T_{Li}$, se procede a efectuar el AJUSTE PLANIMETRICO de la poligonal del siguiente modo :
"Desplazaremos" a todos los vértices ( $V_2$, $V_3$, ......,y $T_3$') según direcciones paralelas a la dirección de flecha F.
Este desplazamiento se hace en cálculo y no realmente, ya que los mojones o estacas que materializan los vértices NO SE MUEVEN. De esta manera los lados de la poligonal experimentarán pequeños giros y modificaciones en su longitud.
A este proceso lo debemos entender así :

En el caso IDEAL de tener una poligonal de LADOS IGUALES, los desplazamientos de los vértices resultarían también iguales, o sea :

$$f_1 = f_2 = \ldots\ldots = f_6 = f$$

siendo $f = -F/6$ ; para n lados $f_i = -F/n$

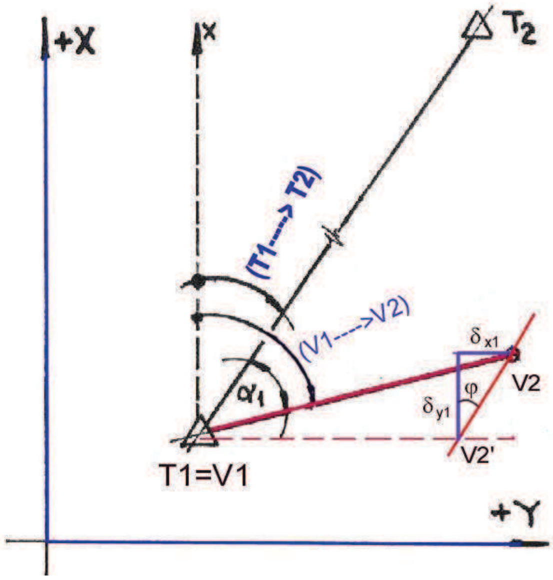
Para el caso que tratamos (de lados desiguales):

$$\mathbf{f_i = -(F / \Sigma\, l_i)\, li} \qquad (1)$$

O sea, que los desplazamientos $\mathbf{f_i}$ serán proporcionales a las longitudes de los lados medidos.

Cálculo de los valores correctivos $f_i$ y de sus proyecciones $\delta_{xi}$ y $\delta_{yi}$:

$$\delta_{x1} = f_1 \,.\, \cos\varphi$$
$$\delta_{y1} = f_1 \,.\, \text{sen}\,\varphi$$




para cualquier lados será

$$\delta_{xi} = f_i \,.\, \cos\varphi$$
$$\delta_{yi} = f_i \,.\, \text{sen}\,\varphi$$

Pero según la (1):

$$\delta_{xi} = -(F / \Sigma\, l_i)\,.\, li.\cos\varphi$$
$$\delta_{yi} = -(F / \Sigma\, l_i)\,.\, li.\,\text{Sen}\,\varphi$$

y como :

$$\varepsilon_x = F \,.\, \cos\varphi$$
$$\varepsilon_y = F \,.\, \text{sen}\,\varphi$$

Queda finalmente:

$$\mathbf{\delta_{xi} = -(\varepsilon_x / \Sigma\, l_i)\,.\, li}$$
$$\mathbf{\delta_{yi} = -(\varepsilon_y / \Sigma\, l_i)\,.\, li}$$

Notar que una vez medida la poligonal, $(\varepsilon_x / \Sigma\, l_i)$ y $(\varepsilon_y / \Sigma\, l_i)$ son constantes.

Estas dos expresiones nos indican las correcciones ($\delta_{xi}$, $\delta_{yi}$) a aplicar a las proyecciones $\mathbf{\Delta x_i}$ y $\mathbf{\Delta y_i}$ y son proporcionales a las longitudes de los lados $\mathbf{l_i}$.

Una vez calculadas las correcciones a los proyecciones $\mathbf{\Delta x_i}$ y $\mathbf{\Delta y_i}$ (tener precaución con el signo) se procede a completar el CALCULO, determinando de esta manera las COORDENADAS DEFINITIVAS de los vértices de la poligonal que ES LO QUE EN REALIDAD SE BUSCA.

Fórmulas a emplear y secuencia de cálculo :

Una vez efectuado el AJUSTE ANGULAR (en los ángulos medidos), se procede a realizar el CALCULO PROVISORIO de la poligonal. Se comienza por calcular los acimutes de los lados en forma consecutiva. Con estos acimutes y las longitudes de los lados se calculan los proyecciones $\mathbf{\Delta x_i}$ y $\mathbf{\Delta y_i}$.

$$\mathbf{X_1 + \Sigma\, \Delta x = X_{T3}'} \qquad \Rightarrow \qquad \varepsilon_x = \mathbf{X_{T3}' - X_{T3}}$$

$$\mathbf{Y_1 + \Sigma\, \Delta y = Y_{T3}'} \qquad \Rightarrow \qquad \varepsilon_y = \mathbf{Y_{T3}' - Y_{T3}}$$

$$\mathrm{tg}\ \varphi = \mathrm{tg}\ (\overline{T_3 \quad T_3'}) = \varepsilon_y \,/\, \varepsilon_x \quad \therefore \quad \varphi = \mathrm{arc\ tg}\ (\varepsilon_y \,/\, \varepsilon_x)$$

$$\vec{F} = \varepsilon_L = \sqrt{(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2)}$$

Comparar $\vec{F}$ con $T_L$; si flecha $\vec{F}L\varepsilon_L < T_{Li}$, se procede a efectuar el AJUSTE PLANIMETRICO

Cálculo de las correcciones a las proyecciones $\Delta x_i$ y $\Delta y_i$.

$$\delta_{xi} = -\,(\varepsilon_x \,/\, \Sigma\, l_i\,)\ .\ li$$

$$\delta_{yi} = -\,(\varepsilon_y \,/\, \Sigma\, l_i\,)\ .\ li$$

Aplicar las correcciones antes halladas a las proyecciones $\Delta x_i$ y $\Delta y_i$ (abscisas parciales y ordenadas parciales) y calcular las COORDENADAS DEFINITIVAS de los vértices de la poligonal, o sea efectuar el CALCULO DEFINITIVO de la poligonal. Ejemplo :

$$X_2 = X_1 + (\Delta x_{\,1\text{-}2} + \delta_{xi})$$

$$Y_2 = Y_1 + (\Delta y_{\,1\text{-}2} + \delta_{yi})$$

Una vez efectuado el AJUSTE de la poligonal se puede comprobar fácilmente que han cambiado los valores angulares y lineales MEDIDOS. Esto se debe a que se han introducido pequeñas correcciones (en los ángulos y distancias originales) necesarias y propias del proceso de AJUSTE. En la mayoría de los casos se procede a graficar la Poligonal que, además de dar una idea del conjunto del trabajo pone en evidencia si se han cometido errores groseros.

**REGLA PRÁCTICA:** La precisión angular **$m\alpha$** con que se mide la poligonal, para que sea acorde con la precisión lineal $\varepsilon_L$, debe oscilar en el valor $\varepsilon_L$ /2 es decir: **$m\alpha \cong \varepsilon_L /2$** (elásticamente entre $m\alpha \cong \varepsilon L$ y $m\alpha \cong \varepsilon L/3$)
**<u>Ejemplo</u>:** medir poligonal de longitud = 5 km con una vacilación en el punto final de 0,50 m (ML).
La precisión con que se debe medir los ángulos acorde con dicha precisión lineal será:

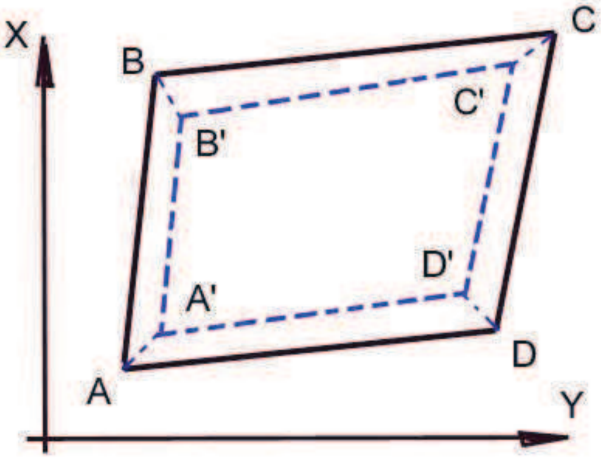
$$\varepsilon_L = ML \,/\, L = 0{,}50/\ 5km = \ 1/10.000$$

$$m\alpha \cong \varepsilon_L \,/2 = 1/20.000 \cong \ \pm 10''$$

## <u>POLIGONO</u>

<u>Generalidades</u>: El Polígono es un caso particular de la poligonal cerrada en donde se parte de un punto, normalmente de coordenadas conocidas, y se cierra sobre el mismo punto.

Tiene control de cierre angular y lineal, por lo tanto vale todo lo expresado para la poligonal vista.
La particularidad que debemos considerar para un polígono es que en la mayoría de los casos se tendrán dos figuras:
El ABCD que es el <u>verdadero</u>, y el A' B' C' D' es el auxiliar.



Del primero (ya materializado en el terreno) queremos evaluar sus magnitudes lineales y angulares, estas nos permitirán a su vez calcular las coordenadas de los vértices y en base a ellas calcular la superficie.
Es muy frecuente que la materialización de los vértices A, B, C y D sea tal que no podamos hacer estación con el instrumental (teodolitos, estaciones totales, EDM, etc.), como por ejemplo. poste de un predio rural, aristas de un edificio construido, obras de arte diversas, etc.
Lo que se hace en la práctica es demarcar (estaquear) un polígono auxiliar que será el que mediremos directamente y luego por el procedimiento de la Radiación vincularemos los vértices del polígono verdadero.
Procedimiento :
Se miden las direcciones angulares que corresponden a cada vértice y además bisectar y leer las direcciones A'A, B'B, C'C, D'D; también se deben medir las respectivas distancias.
Esta medición (lineal y angular) es de gran responsabilidad por cuanto cualquier error grosero no se evidenciará fácilmente en el proceso de Cálculo ya que no existe control. De allí que se hace necesario una cuidadosa reiteración (o repetición) de las mediciones.
Si el terreno lo permite, conviene escoger un polígono auxiliar de lados paralelos a los del verdadero, en cuyo caso, los ángulos medidos en aquel corresponden también a este.
Conviene también medir los lados del polígono verdadero, de esta manera se evitan errores de cálculo a la vez que abrevia el mismo.

Proceso de cálculo : Se calcula en primer término el polígono auxiliar. Si los errores están dentro de las Tolerancias preestablecidas se procede a efectuar los ajustes vistos para la poligonal cerrada. Al estar referidas a ejes de coordenadas X e Y, (por lo menos para el calculo del cierre) se determinan las proyecciones (abscisas parciales y ordenadas parciales) $\Delta x$ y $\Delta y$, con las cuales se calcula el cierre, errores $\varepsilon_x$ y $\varepsilon_y$ y las correcciones $\nu_y$ y $\nu_y$.
Ajuste angular:

$$\varepsilon_{ang} = 180° (n - 2) - \Sigma_{ang.\ internos}$$

$$\text{Corrección:} \quad \nu_{ang} = \varepsilon_{ang} / n$$

Ajuste lineal: $\varepsilon_x = \Sigma^+ \Delta x - \Sigma^+ \Delta x$

$\varepsilon_y = \Sigma^+ \Delta y - \Sigma^+ \Delta y \qquad \varepsilon_L = \sqrt{(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2)} \qquad \varepsilon_L < T_i$

Corrección: $\nu_x = \dfrac{\Sigma^+ \Delta x - \Sigma^+ \Delta x}{2\,\Sigma^{\pm} \Delta x}\, \Delta x_i$

$$\nu_y = \frac{\Sigma^+ \Delta y - \Sigma^+ \Delta y}{2\,\Sigma^{\pm} \Delta y}\, \Delta y_i$$

En base a las coordenadas de los vértices del polígono auxiliar y a los acimutes de las direcciones que constan en la libreta de campo (A'A, B'B, C'C, D'D;) y a sus

correspondientes distancias se calculan las COORDENADAS de los vértices del polígono verdadero.
Finalmente, a partir de los vértices definitivos del polígono verdadero se de-terminan las longitudes y los acimutes de los lados y por diferencia de estos los ángulos interiores del polígono buscado.

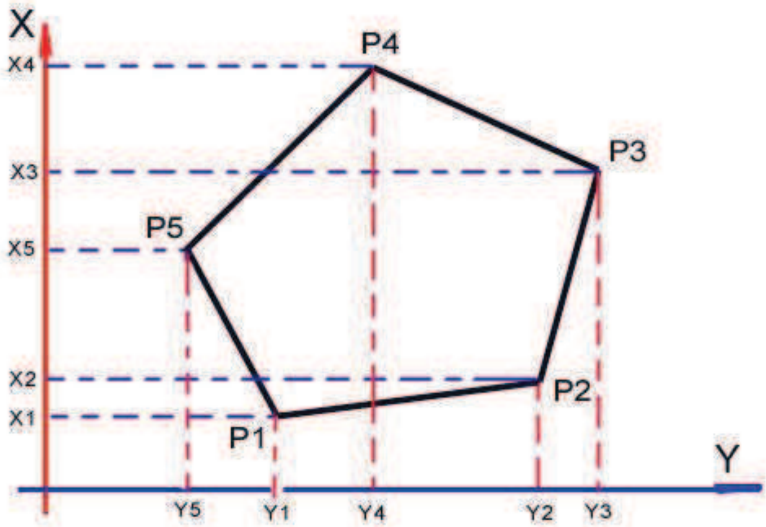
## CALCULO DE SUPERFICIES EN POLIGONOS

Se tiene el polígono $P_1$, $P_2$, $P_3$, $P_4$, $P_5$, del cual se han calculado las coordenadas de los vértices, y deseamos evaluar la superficie del mismo.

Para hallar la Superficie o Area "S", empleamos el **METODO DE LOS TRAPECIOS, que consiste en proyectar TODOS los vértices del polígono sobre los ejes X e Y. De esta forma se definen cinco trapecios en cada eje, cuyas DOBLES superficies están dadas por las siguientes expresiones :**
(por simplicidad se notan las que corresponden al eje X).
[Sup trapecio= (Base Mayor  Base menor) /2 * h ]

$$2\,S_1 = (Y_1 + Y_2) * (X_2 - X_1)$$
$$2\,S_2 = (Y_2 + Y_3) * (X_3 - X_2)$$
$$2\,S_3 = (Y_3 + Y_4) * (X_4 - X_3)$$
$$2\,S_4 = (Y_4 + Y_5) * (X_5 - X_4)$$
$$2\,S_5 = (Y_5 + Y_1) * (X_1 - X_5)$$

ecuaciones (1)




Observar que las diferencias **($X_5$ - $X_4$ )** y **( $X_1$ - $X_5$ )** son de signo negativo, por tal razón resultan negativos los valores de las superficies $S_4$ y $S_5$.
Sumando miembro a miembro las expresiones desarrolladas se obtiene el DOBLE de la superficie total del polígono.
Idéntico procedimiento se efectúa proyectando TODOS los vértices sobre el eje Y.
Para el caso general de tener un polígono de n vértices será :

$$\mathbf{2\,S_{(X)} = \Sigma\ (Y_n + Y_{n+1}) * (X_{n+1} - X_n)}$$
$$\mathbf{2\,S_{(y)} = \Sigma\ (X_n + X_{n+1}) * (Y_{n+1} - Y_n)}$$

Estas fórmulas se conocen como Fórmulas Generalizadas de los Trapecios.
Como control de cálculo se debe cumplir rigurosamente esta condición :

$$\mathbf{2\,S_{(X)} = 2\,S_{(y)}}$$

Fórmulas de GAUSS :
Se deducen a partir de las ecuaciones (1) desarrollando, simplificando, sa-cando factores comunes y ordenando.

Las expresiones generalizadas para n vértices son :

$$2\ S_{(X)} = \Sigma\ Y_n\ (\ X_{n+1} - X_{n-1}\ )$$
$$2\ S_{(y)} = \Sigma\ X_n\ (\ Y_{n+1} - Y_{n-1}\ )$$

Finalmente, como control de cálculo debe cumplirse que :

$$2\ S_{(X)} = 2\ S_{(y)}$$

## 11. RELEVAMIENTOS DE PREDIOS EDIFICADOS

Daremos a continuación algunos conceptos legales y catastrales antes de ver ciertos procedimientos de relevamientos.

- **Definiciones Catastrales**: Según la Ley de Catastro N°5.738/53, define:

. . . . . . .

-Art.4° "A los efectos de su clasificación catastral, los inmuebles serán considerados como integrantes en general de las plantas urbanas, suburbanas, subrurales o rurales."

-Art.5° "Se considera planta urbana a las ciudades, pueblos, villas y todo otro fraccionamiento representado por manzanas o unidades equivalentes, cuyas superficies no excedan de una hectárea y media rodeadas por calles."

-Art.6° "Se considera planta suburbana al conjunto de fracciones de tierra (quintas) cuyas superficies excedan de una y media y no superen a doce hectáreas, rodeadas por calles."

-Art.7° "Se considera planta subrural al conjunto de fracciones de tierra (chacras) cuyas superficies excedan de doce y no superen a ciento veinte hectáreas, rodeadas por calles."

-Art.8° "Se considera planta rural al conjunto de predios cuyo fraccionamiento no encuadre en las clasificaciones establecidas en los artículos 5°, 6°y 7° de esta ley."

-Art.10° "Se considera parcela toda porción de inmueble sin solución de continuidad y de características uniformes, cerrada por una línea poligonal de pertenencia de un solo dueño o de varios en condominio por uno o más títulos y ubicada en un mismo partido dentro de un término que puede ser manzana, quinta, chacra, cuartel o sección, según se trate -respectivamente- de bienes urbanos, subrurales, o rurales."

-Art.12° "A los efectos de la delimitación de las parcelas, se tendrán en cuenta concurrentemente los antecedentes documentales de la propiedad (plano y en su defecto título), y las construcciones u otras accesiones incorporadas a las mismas para complementar su destino."

-Art.13° "En la plantas urbanas y suburbanas, se considerará como parcela toda superficie separada de sus linderos por cercos, muros y otros deslindes legales con carácter de división excluyente, deliberada y permanente, que delimiten en forma concreta una unidad homogénea y completa desde el punto de vista artístico, arquitectónico, deportivo, recreativo, industrial o comercial o de solar individual, familiar o social, indicativos de la posibilidad o intención de su enajenación por separado sin destrucción de aquella unidad."

-Art.14° "En el caso de inmuebles sujetos al régimen de la propiedad horizontal, se considerará como parcela el conjunto del inmueble y como subparcela cada una de las unidades que la componen."

-Art.18° "Las parcelas serán individualizadas ajustándose a la "nomenclatura catastral" que establezca la Dirección General de Rentas."

-Art.19° "La individualización parcelaria involucra las operaciones de carácter geodésico, topográfico, jurídico, cartográfico y económico, conduncentes a su determinación catastral conforme a las disposiciones de esta ley y a su correlación con las otras leyes que se refieren a los inmuebles. A esos efectos, se establecen dos órdenes de operaciones técnicas correspondientes: a) Las operaciones geodésicas-topográficas de carácter general; b) Las operaciones parcelarias de carácter individual."

-Art.20° "Las operaciones geodésico-topográficas de carácter general, tendientes a determinar concretamente la ubicación de cada manzana, quinta, chacra o parcela rural y la cartografía correspondiente a aquellas operaciones están a cargo de la Dirección de Geodesia."

-Art.21° "Las operaciones parcelarias de carácter individual tendientes a determinar las condiciones geométricas, físicas, jurídicas y económicas de cada parcela, están a cargo de la Dirección General de Rentas, como también la confección de los planos catastrales respectivos."

-Art.22° "La cédula catastral es el documento administrativo que representa la parcela catastral. En tal carácter debe consignarse la suma de elementos físicos, jurídicos y económicos que concurren a la individualización parcelaria, de acuerdo con el criterio adoptado por esta ley."

. . . . . . .

- **Nomenclatura Catastral en la Provincia de Buenos Aires**

La división de la provincia en PARTIDOS, colindantes entre sí, se ha mantenido en la ejecución del Catastro de tal modo que el catastro de cada partido constituye una unidad independiente completa y de características iguales a las de los demás.

Los partidos se dividieron en CIRCUNSCRIPCIONES, respetando en general los límites de las zonas ejidales y los límites de cuarteles, antigua división política de los partidos. Las circunscripciones, en zonas urbanas, suburbanas y subrurales, (que se designan con números

romanos consecutivos: I, II, III), se dividen en SECCIONES y en zonas rurales, directamente en parcelas. Las secciones se designan con letras arábigas mayúsculas:A, B, C,...., pero no se utilizan la I y la O para evitar confusiones.
Dentro de las secciones se involucan MANZANAS, QUINTAS, CHACRAS y además en casos especiales FRACCIONES. Las manzanas se designan con números arábigos corridos a los que se anteponen la abreviatura "Mz" (Mz 1, Mz 22) y en los planos el número se encierra en un círculo. Para las quintas se usa la misma serie de números a los que se antepone la abreviatura "Qta" (Qta.1,...,Qta.9) en los planos se encierra en doble círculo. En las chacras también se usan los números arábigos con la abreviatura "Ch" (Ch 1, Ch 2,..., Ch 540,...) y en los planos el doble círculo es una de trazo fino y otro grueso. La fracción, que, generalmente se usa dentro de las plantas urbanas cuando queda un área rodeada por calles de superficies sensiblemente mayor a la de una manzana, y dividida o no en parcelas. También se presenta como consecuencia de fraccionamientos parciales de quintas o chacras en manzanas y donde quedan remanentes sin subdividir no identificables como manzanas o quinta. La fracción se la designa con números romanos consecutivos a los que se antepone la abreviatura "Fr" (Fr I, Fr II..).
Las unidades complejas (manzanas, quintas, chacras, o fracción) se dividen en PARCELAS, las que se designan con números arábigos a partir del 1. Este número se da a la parcela ubicada en la esquina Norte y se sigue en órden consecutivo en el sentido de giro de las agujas del reloj. Si una parcela se subdivide, las nuevas parcelas conservan el número de origen con el agregado de un subíndice: 9a, 9b, 9c, 9d, desapareciendo definitivamente la 9. En las divisiones de Quintas o Chacras en Manzanas se conserva el número de origen de la Ch. o Qta. y a cada manzana se le adiciona un subíndice. Si la Qta. 47 se divide en cuatro manzanas surgen las Mz 47a, Mz 47b, Mz 47c, Mz 47d, desapareciendo definitivamente la quinta. Del mismo modo se procede cuando se divide una chacra en quintas o manzanas.

- **Definiciones de Muros Divisorios yMedianeros**

En lo referente a la forma o manera de justificar si un muro es medianero o no, el Código Civil establece: Art.2718 "Toda pared o muro que sirve de separación de dos edificios se presume medianero en toda su altura hasta el término del edificio menos elevado. La parte que pasa la extremidad de esta última construcción, se reputa que pertenece exclusivamente al dueño del edificio más alto, salvo la prueba en contrario, por instrumentos públicos, privados, o por signos materiales que demuestren la medianería de toda la pared, o de aquella que no existe ni en la parte más baja del edificio". Art. 2719 "La medianería de las paredes o muros no se presume sino cuando dividen edificios, y no patios, jardines, quintas, etc., aunque éstos se encuentren cerrados por todos sus lados". Art.2722 "Los condominos de un muro o pared medianero, están obligados en la proporción de sus derechos, a los gastos de reparaciones o reconstrucciones de la pared o muro". El artículo anterior está limitado por lo dispuesto en el Art.2723 que establece, en determinados casos, el derecho de abandono para no contribuir al pago de los gastos necesarios. El que edifica primero en un lugar aún no cerrado entre paredes, puede asentar la mitad de su espesor sobre el terreno del vecino, con tal que la pared sea de piedra o de ladrillo hasta la altura de 3 m y su espesor no exceda de 18 pulgadas (Art.2725), es decir puede ser menor o igual a 18 pulgadas pero no mayor. Los espesores menores están regidos por el interés de policía municipal. Todo propietario de una heredad, puede obligar a su vecino a la construcción y conservación de paredes, con las medidas indicadas anteriormente, del cerramiento y división de sus heredades contiguas (Art.2726). Si el vecino, se libra de tal obligación, debe ceder la mitad del terreno sobre el que debe asentarse la pared y renunciando a la medianería. (Art.2727).- El momento exigible del cobro de la medianería, por quien construyo un muro divisorio es precisamente el instante, a quien, comienza dicha utilización (Art.2728). La altura de los muros divisorios será de 3 m (si no lo designa la municipalidad) (Art.2729). La medianería, da derecho a cada condominio a servirse del muro medianero para todos los usos a que él esté destinado, según su naturaleza, con tal de no causar deterioros o comprometer la solidez y no se estorbe el ejercicio de iguales derechos para con el vecino (Art.2730). Cada condómino puede alzar a su costa la pared sin indemnizar al vecino, por el mayor peso que cargue sobre ella (Art.2732). Todo propietario cuya finca linda con una pared o muro divisorio no medianero, tiene la facultad de adquirir la medianería en toda su extensión, o sólo en la parte que usa, reembolsando la mitad del valor de la pared, pero por supuesto desde sus cimientos. Asimismo cabe indicar que en el supuesto de un muro divisorio,- o sea el construído a costa de uno solo de los linderos-, si el que no lo ha abonado desea demolerlo para levantar otro, debe previamente pagar al otro lindero la parte que le hubiera correspondido en el muro a demoler.

**<u>Relevamiento</u>**

Por todo lo expresado anteriormente, cuando se va a construir o reconstruir y ampliar un edificio, sobre una parcela urbana, es de suma importancia definir los ejes medianeros con un profesional habilitado para ello (por ej.; un agrimensor). Si existen muros divisorios no siempre el eje medianero pasará por el medio del espesor de la pared, porque generalmente éstas no siguen una misma línea, estando afectadas de "quiebres","martillos","sobresalientes" o "entrantes"; ya que con seguridad no fueron construidas con un previo amojonamiento, provocando invasiones (sin título) a los linderos. El agrimensor deberá definir los ejes medianeros y líneas municipales, con un previo estudio de títulos, planos antecedentes y datos catastrales y proceder al amojonamiento y deslinde, documentándolo con un certificado donde figuren monografías, hechos existentes, balances superficiales, datos de títulos, etc.

El que construye la nueva edificación, deberá investigar si existen derechos de medianerías documentados con los linderos, y además antes de iniciar el proyecto deberá revelar las edificaciones existentes para prever los futuros inconvenientes en la obra al realizar el replanteo.

- Daremos a continuación algunos procedimientos para calcular ángulos y longitudes entre paredes y teniendo en cuenta la definición previa de los ejes medianeros y líneas municipales por un profesional habilitado para esa tarea.

a) <u>Caso de un terreno urbano cercado por paredes en forma de cuadrilátero.</u>

Tomadas las medidas perimetrales, llevadas a los ejes medianeros, mantenemos anotadas las medidas de las caras interiores de las paredes (fig. 188). Medimos las dos diagonales y obtenemos cuatro triángulos calculables por conocer todos sus lados. Así calculamos los ángulos que forman las paredes, que son los necesarios, pues los ejes siendo, lógicamente, paralelos a las caras, tendrán los mismos ángulos. Como los ángulos serán el resultado de cálculos, conviene tomar las dos indicadas diagonales para controlar, ya que con una sola diagonal también tenemos solución.

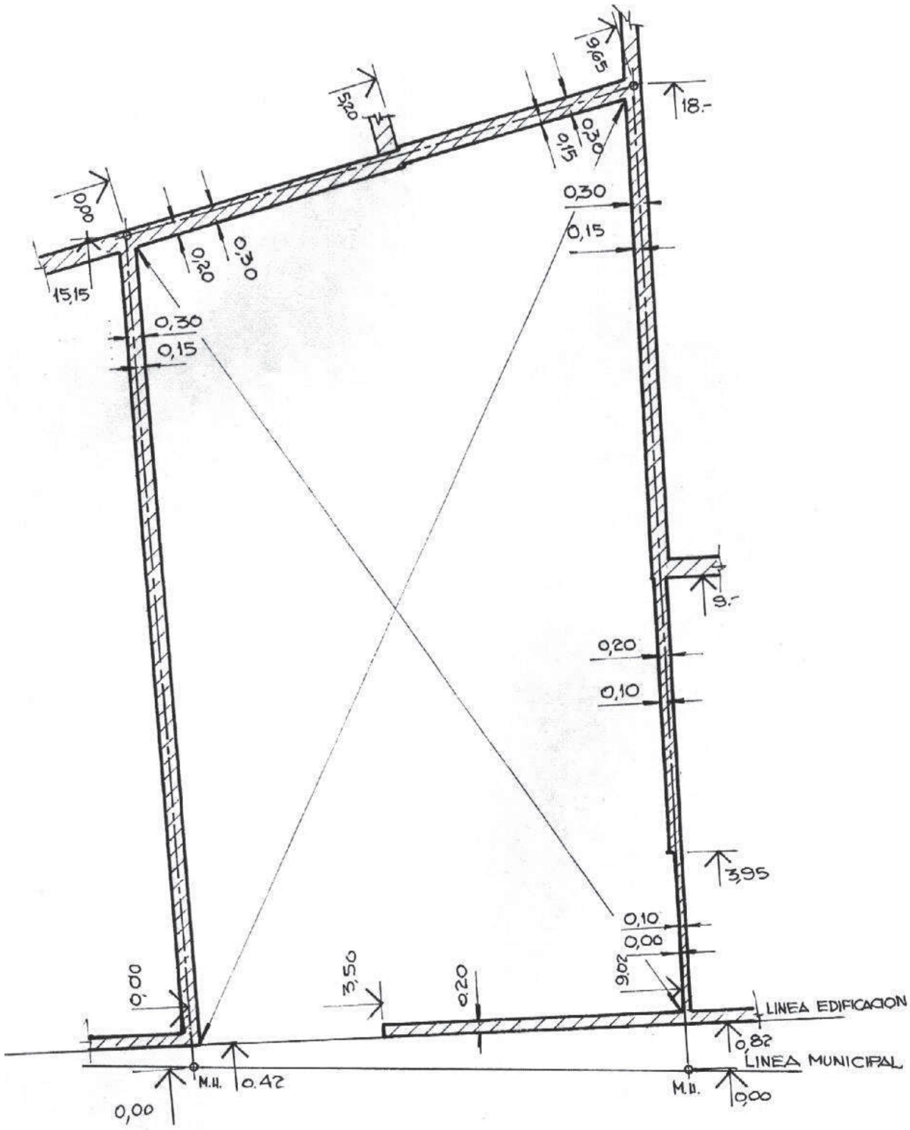



Fig. 188

En los casos de edificios cuando es preciso construir triángulos dentro de habitaciones hay que extremar las precauciones al máximo, pues pequeñas diferencias darán errores intolerables en el cálculo del ángulo. Habrá que formar triángulos mayores aprovechando las aberturas que, generalmente no se hallan dispuestas tan a gusto. Suele darse la solución tomando las medidas sobre las cargas del techo.

c) Quizá sea más seguro hacer un desplazamiento paralelo de la línea de edificación (línea municipal) sobre la vereda y frente a una puerta de entrada que permita una visual, de ser posible hasta el contrafrente, levantar una perpendicular y alinear con suma precaución, fichas, desde las cuales se levantan ordenadas hacia derecha e izquierda, hasta las medianeras (fig. 189). También puede utilizarse un teodolito para tirar la normal a la línea de edificación y realizar con este la lectura de las ordenadas sobre una cinta métrica en la cual efectuaremos la menor lectura.

De mantenerse constante las ordenadas estamos en presencia de paredes construidas a escuadra con la línea de frente. Si ello no sucede habrá que tomar también las abscisas como progresivas, para posibilitar el cálculo.
Una guía para hallar rápidamente una falsa escuadra, son los mosaicos, cuyo corte indica hallarnos en presencia de un ángulo que difiere del resto.

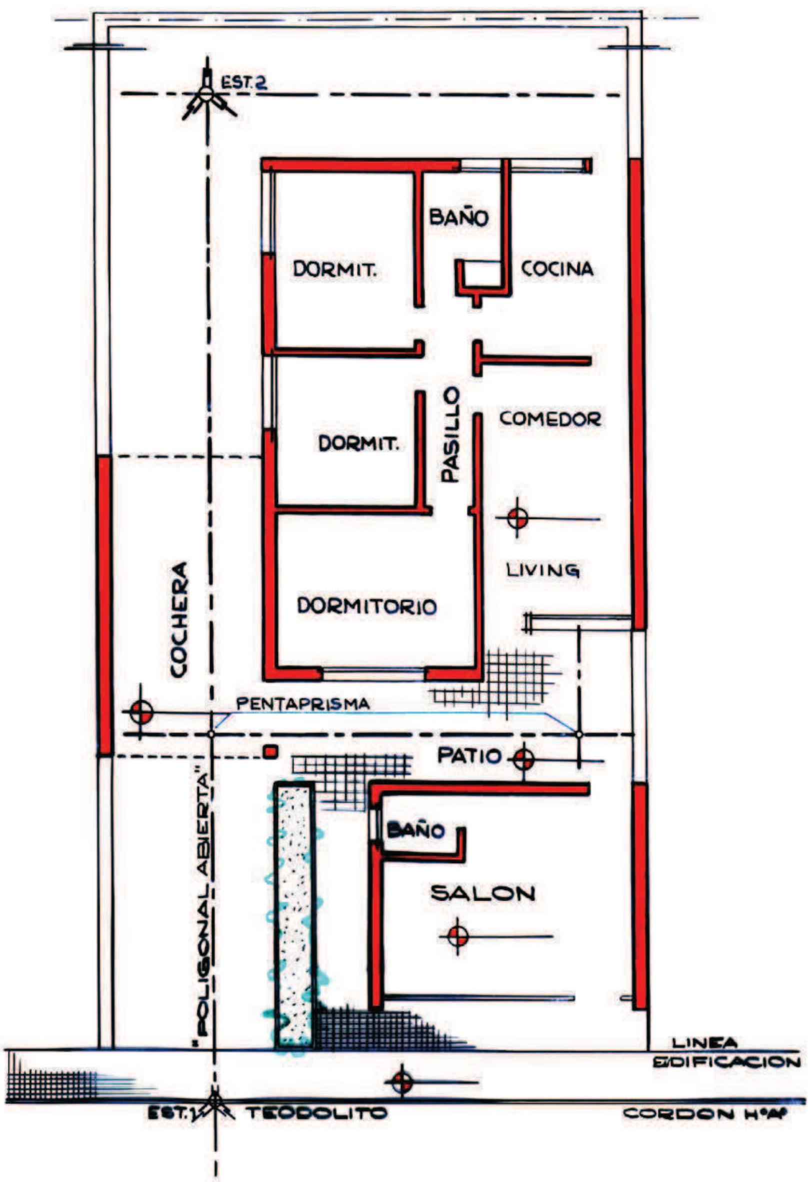



Fig. 189

d) La fig. 190 indica el procedimiento a seguir para determinar el espesor de una pared o su eje, cuando de la misma no tenemos un corte a la vista. Es el caso corriente de un tabique divisorio de dos habitaciones sin puertas de comunicación. El espesor será: e = a - (b + c) todos valores medidos. Para individualizar el eje sobre la cara de la pared donde se tomó la medida a, al valor b (ó al c) se le adicionará (1/2).e.
Este procedimiento se utiliza también para ubicar el eje de una pared. En la figura la medida a será tomada en la calle y b y c en el interior de las casas que separa la medianera de espesor e.

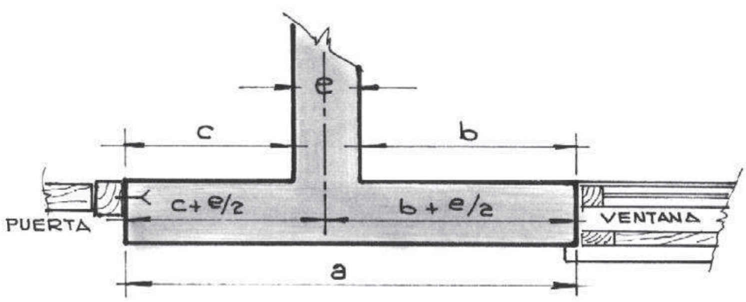
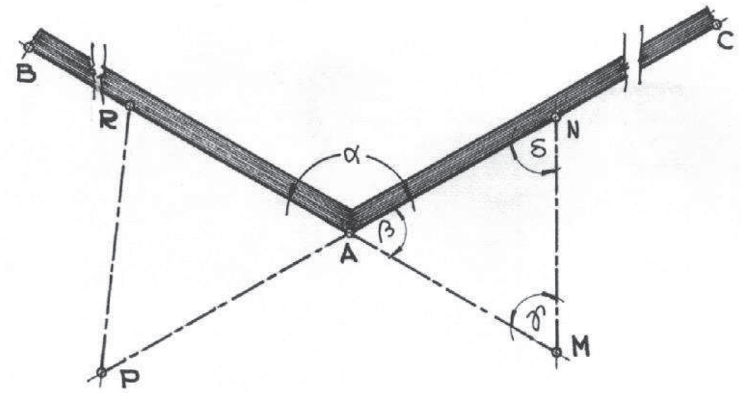



Fig. 190

e) Sea necesario medir el ángulo $\alpha$ de la fig. 191 formado por dos paredes sin posibilidad de colocarse dentro del edificio y, por lo tanto, dentro del ángulo. Prolongamos la cara de la pared AB hasta un punto M, convenientemente elegido y se cierra un triángulo con otro punto N ubicado sobre la cara AC. Midiendo AM; MN y AN se puede calcular el triángulo AMN descubriendo los valores angulares $\beta$, $\gamma$, $\delta$. El ángulo buscado será $\alpha = 180° - \beta$ ó también $\alpha = \gamma + \delta$.
Se pueden controlar con otro triángulo como el APR.
Los lados de los triángulos así formados deben ser medidos con todo cuidado y elegidos lo más largos posible pues, es evidente, que pequeñas inseguridades pueden llevarnos a errores gruesos al prolongar los lados AB y AC. Por ejemplo si AN = 5 m. siendo AC = 50 m. y en la medición de MN cometemos un error en menos de 0,01 m. la dirección a C quedará errónea en 0,10 m. lo que significa aumentar el ángulo $\alpha$ alrededor de 7', recordando que a 100 m. un ángulo de 1' produce un desplazamiento de 0,03 m.

Fig. 191




f) Un procedimiento más seguro puede ser el indicado en la fig. 192. Consiste en prolongar los lados del ángulo $\alpha$, en lo posible en medidas que permitan visuales seguras para el teodolito, con el cual medimos los ángulos $\beta$ y $\gamma$, que nos resuelven el problema teniendo en cuenta que: $\delta = 180° - (\beta + \gamma) = \alpha$.
g) Cuando el ángulo formado por dos paredes es muy obtuso no conviene calcularlo midiendo los lados del triángulo ABC (fig. 193) pues en B y C se forman ángulos muy pequeños y, por tanto, peligrosos. Es aconsejable elegir un punto D y medir los lados de los triángulos ABD y ADC que son más seguros de calcular y, además, resulta AD un elemento de contralor. Otro control puede ser BC.

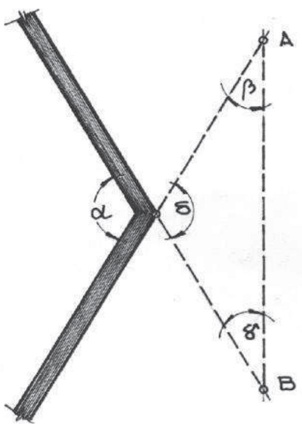



Fig. 192

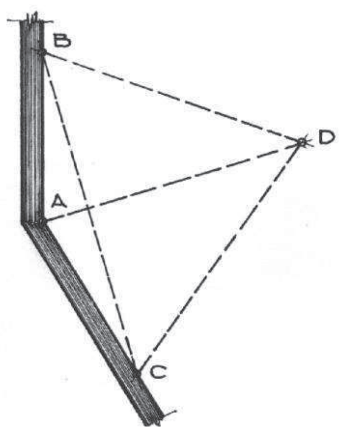



Fig. 193

# 12. REPLANTEOS

Es la operación inversa al levantamiento topográfico y consiste en materializar en el terreno los elementos geométricos de un proyecto dibujado en el plano. Para ello nos apoyamos en puntos del terreno cuyas coordenadas son conocidas (generalmente serán puntos que han servido de apoyo para realizar el levantamiento y que han quedado materializados en el terreno).
Para el replanteo de líneas rectas o curvas es necesario proceder a ubicar los puntos que las definen. En el caso de segmentos de recta bastará tomar los extremos y eventualmente algún punto intermedio como control. Para las curvas se materializan los puntos geométricamente necesarios para luego, en una segunda etapa, proceder a completar el replanteo.
Tratándose de líneas irregulares habrá que tomar tantos puntos como sea necesario, de acuerdo con la finalidad del trabajo, para que la línea replanteada resulte semejante a la dibujada en el plano.
Para replantear puntos se comienza por leer sus coordenadas, utilizando a tal efecto la cuadrícula, constituida por las rectas de X e Y constantes, que aparece en el plano, y relacionando esta coordenadas con las ya conocidas de los puntos de apoyo, se calculan las distancias y ángulos que permitirán ubicar el nuevo punto.

## Replanteo de edificios

Primeramente se procede a materializar los ejes de replanteo dibujados en el plano y relacionados a algún elemento destacado del terreno (medianeras, ejes medianeros, línea de edificación, eje de caminos o calles, etc.), una vez materializados los ejes de replanteo por medio de estacas y luego tendiendo alambres de acero (cuerda de piano) entre caballetes ubicados al efecto, se procede al replanteo de las bases de columnas o de zapatas si son cimientos corridos y también se replantean a la vez los ejes de paredes y espesores de estas.
Existen dos formas de realizar estos replanteos, de acuerdo a la construcción de los caballetes pudiendo ser: caballetes aislados (simples o dobles, fig. 194) o caballete corrido (conocido como "corralito", fig. 195).
Los caballetes se instalan de forma tal que los alambres que, posteriormente tenderemos, queden a una altura tal que permita el trabajo de excavación a realizar, generalmente esta altura es de 40 a 70 cm.

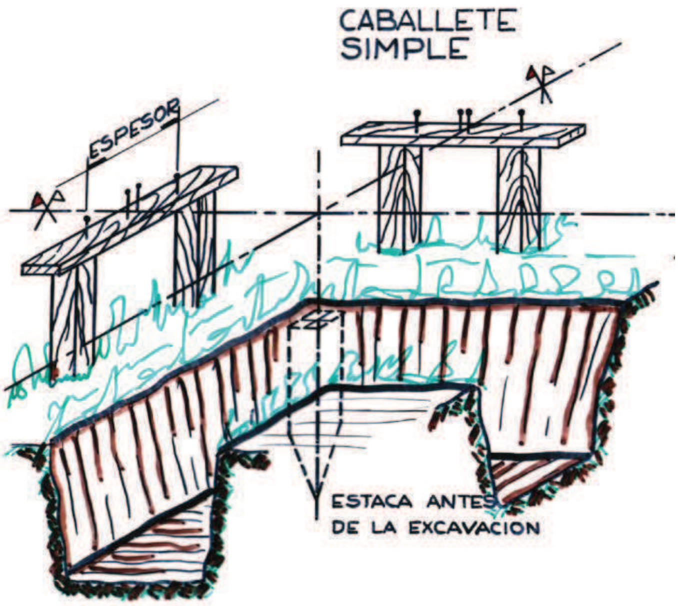


Fig. 194

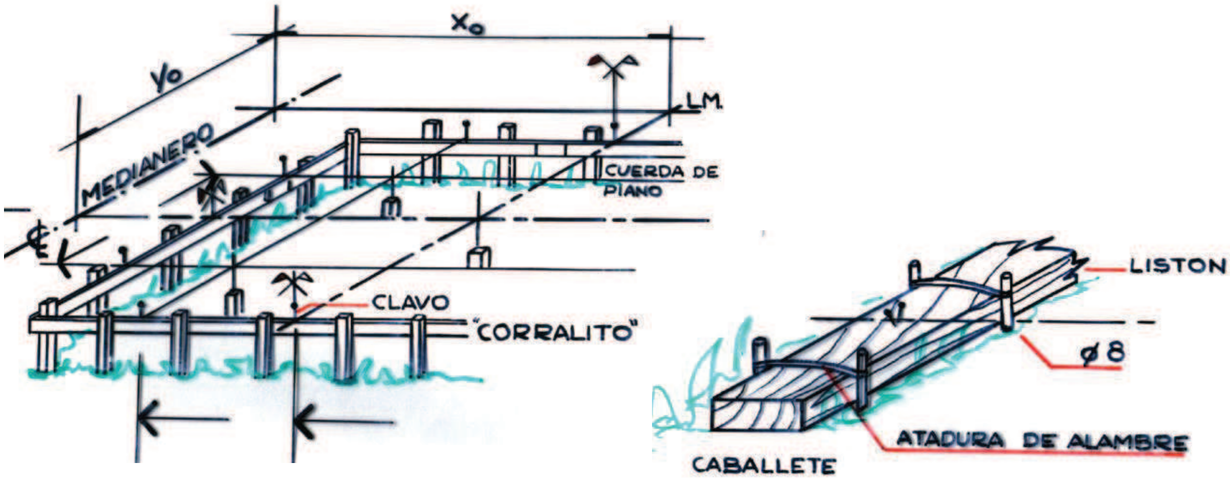



Fig. 195

A partir de los ejes de replanteo se llevan las medidas progresivas y parciales indicadas en el plano, colocando clavos sobre los caballetes en los lugares corresponda, y luego se tienden entre ellos alambres de acero que en sus cruces determinarán los puntos que teníamos materializados con estacas y que debemos quitar para realizar la excavación de cimiento, pudiendo trasladarse este punto al fondo de la excavación por medio de una plomada como se ilustra en la figura 197, para comenzar con la construcción de la mampostería de cimientos (fig. 196).

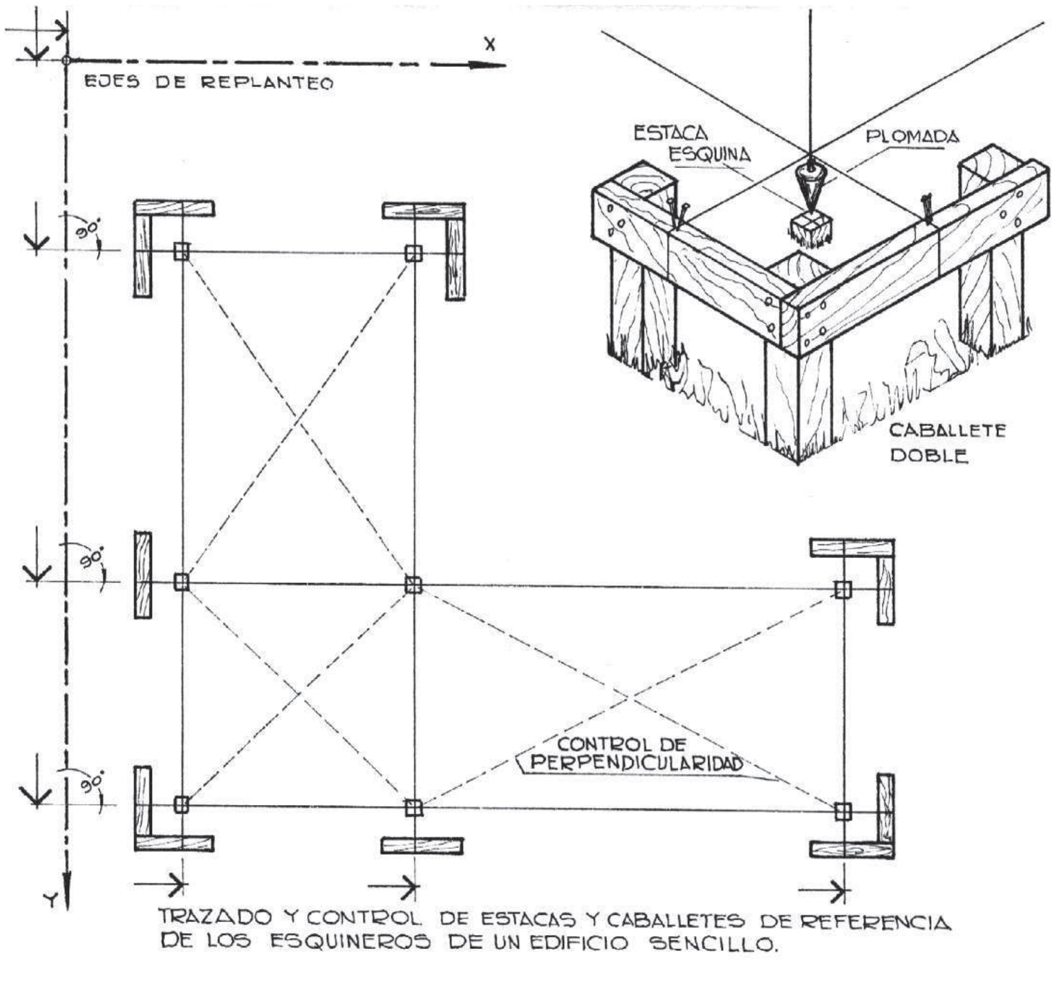



Fig. 196

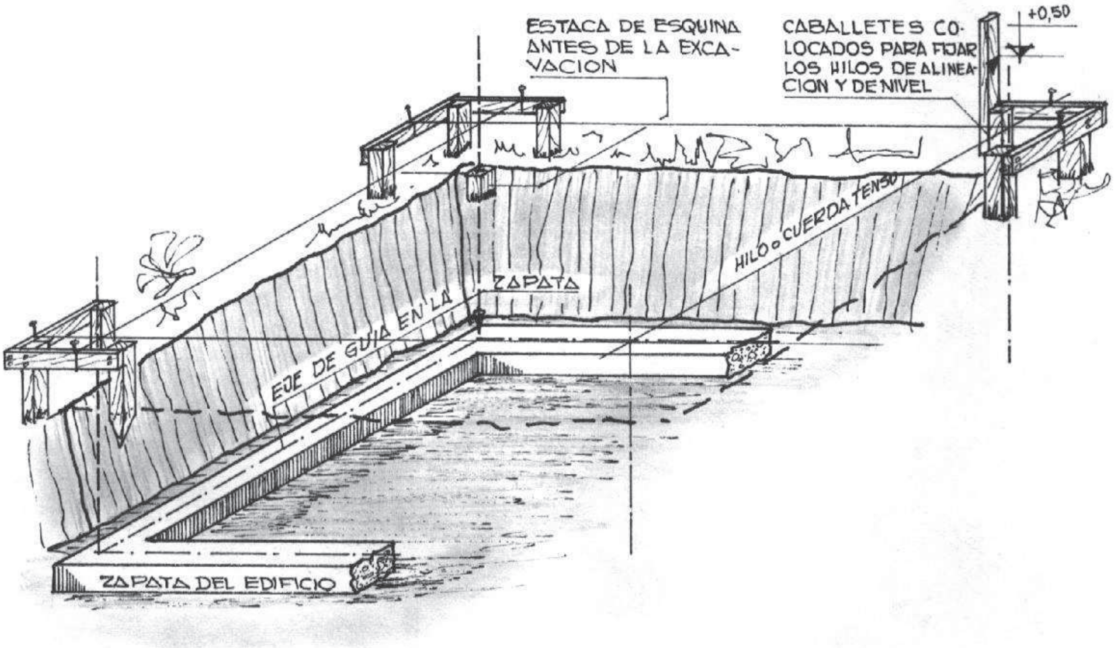



Fig. 197

- Otra forma de ejecutar un replanteo de una obra, es como la indicada en la figura 198. Una vez colocada la estaca en el punto P, según lo indique el plano proyecto de replanteo, a una distancia $X_0$ de la línea municipal (L.M.) y a $Y_0$ del eje medianero; se coloca el teodolito en estación P, y se replantea las estacas $x_i$ en el eje X de replanteo, y lo mismo las $y_i$ en el Y.

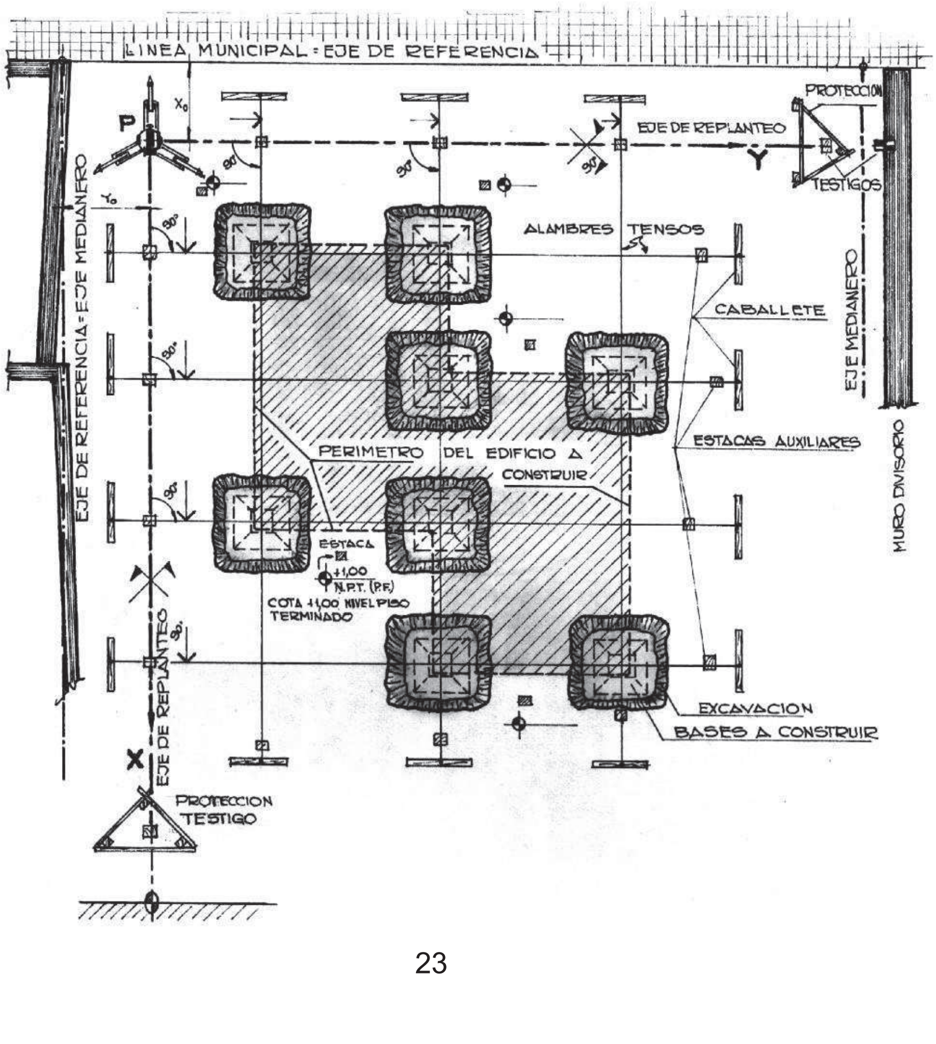
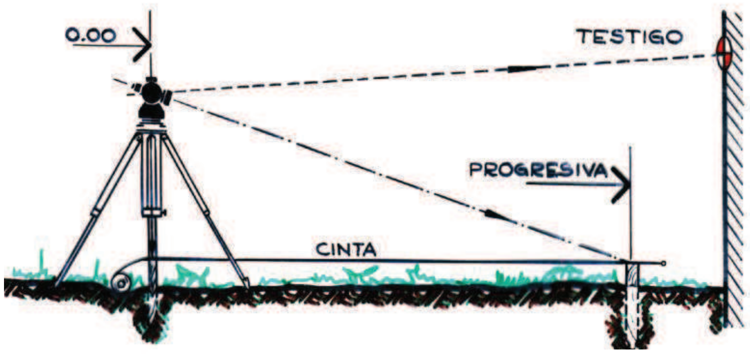
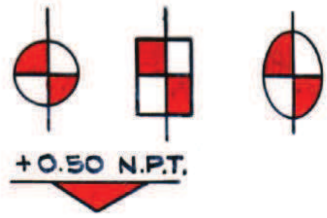


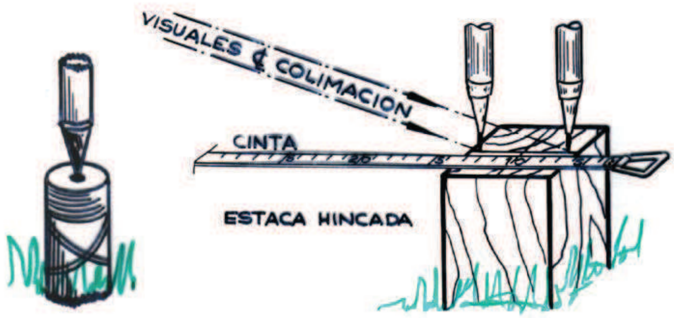

Fig. 198

Luego haciendo estaciones en las $x_i$ y girando 90° la alidada con respecto al eje X, se materializan las estacas auxiliares; operación que se repite en las $y_i$. Se colocan los caballetes y los alambres tensados, se controla el replanteo y se marcan en el terreno las zonas de excavación.

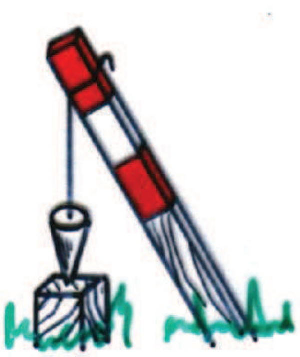
Además se hincan estacones en las zonas donde más se necesiten, donde, se marcan los niveles (P.F.), a una cota + 1,00 o a -0,50, para que los operarios de obra, albañiles y carpinteros, trasladen los niveles con un "nivel de manguera". Es de suma importancia, para reposición de puntos, inspección y posteriores replanteos de la obra, dejar "testigos"de ejes de replanteo fuera de la zona de obra. Ellos pueden ser estacas o mojones de madera o barra de hierro hincados y bien marcados los ejes con alguna protección. Además se pueden dejar como "testigos" marcas en paredes cercanas y visibles y bien pintadas (fig. 199)

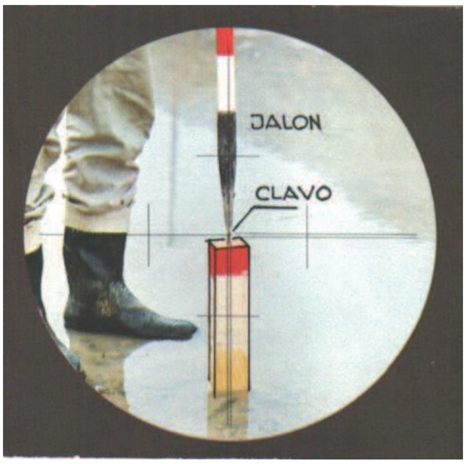


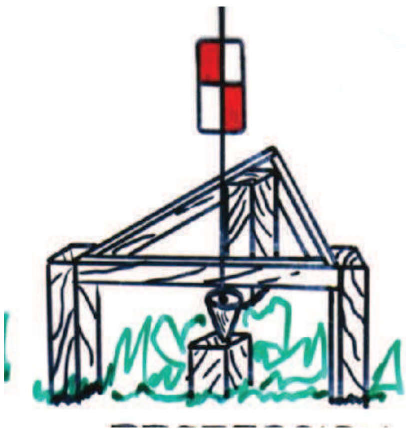




Fif. 199

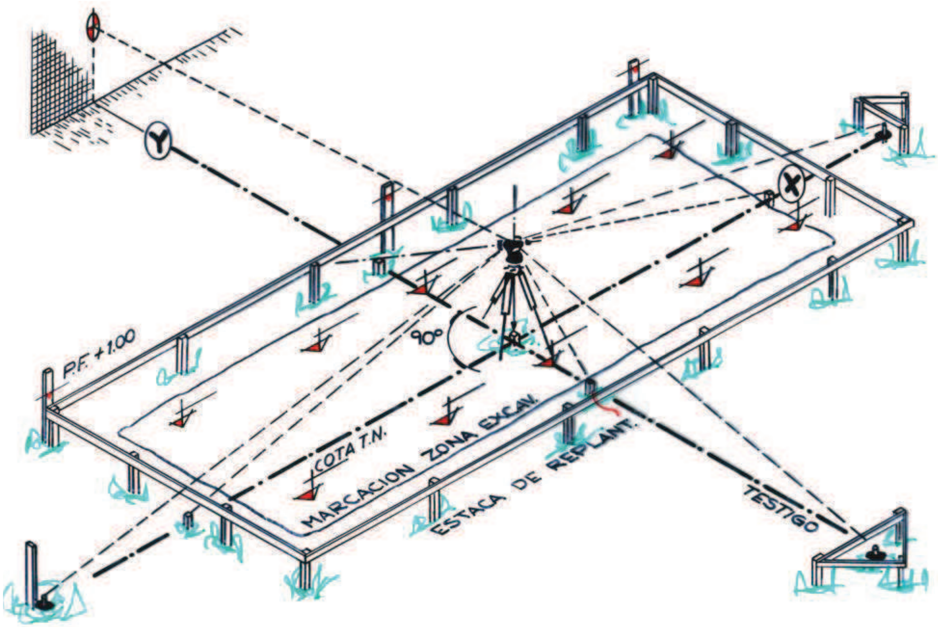




- Las obras civiles que se hacen en industrias para la implantación de cintas transportadoras, mezcladoras, trituradoras, tolvas, etc., se presentan distintos casos de replanteos. El de las figuras (figs.200 a 206) siguientes es un caso sencillo:

Se coloca la estaca que es la intersección de los ejes, principales, según lo indique el plano de proyecto. Haciendo estación en este punto, se materializan los ejes X e Y, dejando "testigos" para su reposición o de lo contrario ser utilizados posteriormente en el montaje de las maquinarias. Tratando en lo posible de dejarlos fuera de la zona de obra y con sus correspondientes protecciones.




La tarea posterior es dejar estacones con puntos fijos (PF) de niveles y relevar las cotas de puntos del terreno natural para el posterior cálculo del volumen de suelo excavado. Se colocan los caballetes, en los que el capataz de obra hace su replanteo de los distintos ejes de obra, espesores de muro, aberturas, etc. Además se replantea en el suelo la zona de excavación predimensionada, marcándola con pico y pintando con agua y cal, para servir de guía al operario de la máquina excavadora (retroexcavadora).

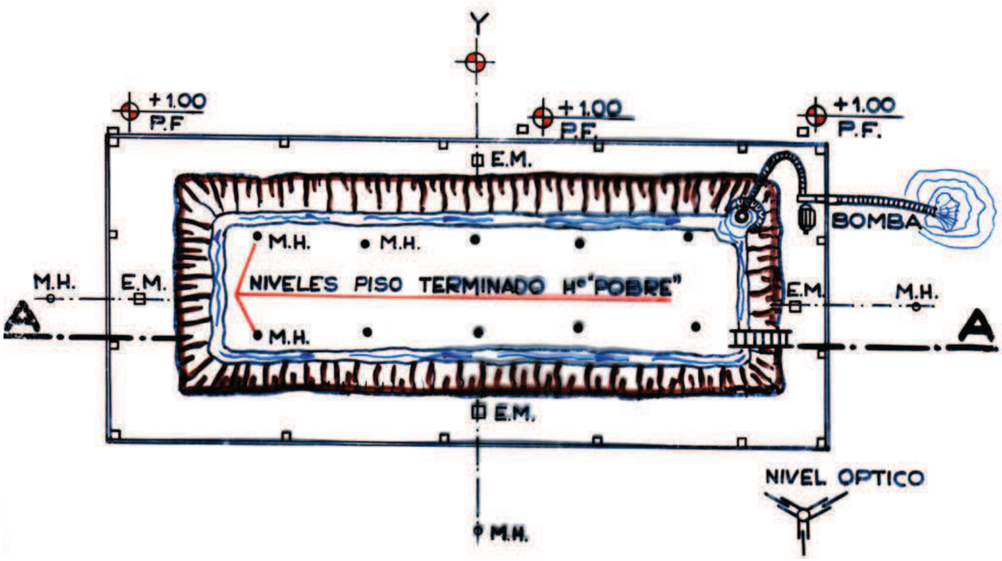



Fig. 201

Se controla la excavación tomando niveles en su fondo en forma aproximada. Y cuando ya se estime terminada, se hincan varios "pinchotes" de barras de hierro dejando su sección superior a la cota de nivel de piso terminado (N.P.T.) del hormigón "pobre" (150 kg/cm²), operaciones que se realizan con un nivel óptico (fig. 201 y 202).

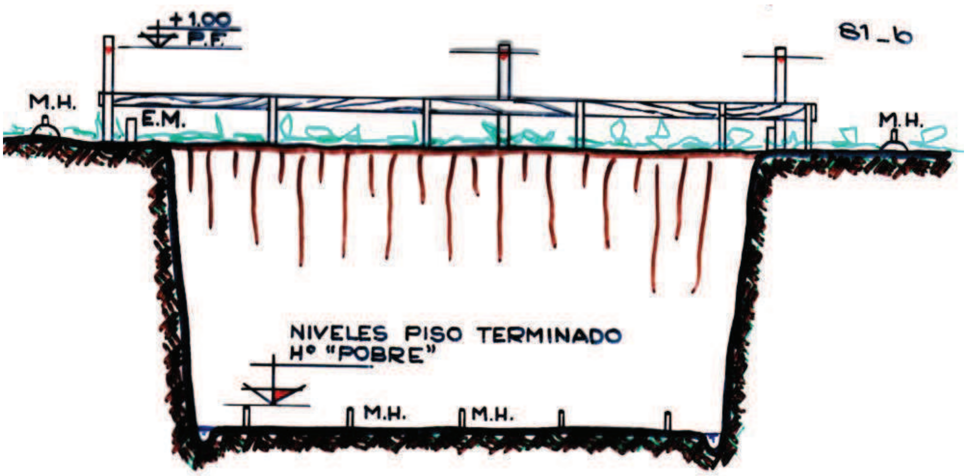



Fig. 202

Se colocan guías o "reglas" al nivel materializado y se hormigona el contrapiso de fundación. Si previamente se hubiese observado filtraciones de agua se procede al drenaje de la misma haciendo canaletas y extrayéndola con bombas. Luego, se hace estaciones con el teodolito en las estacas de replanteo, y alineándose con los testigos, se materializan los ejes X e Y sobre el contrapiso (fig. 203 y 204).

Fig. 203

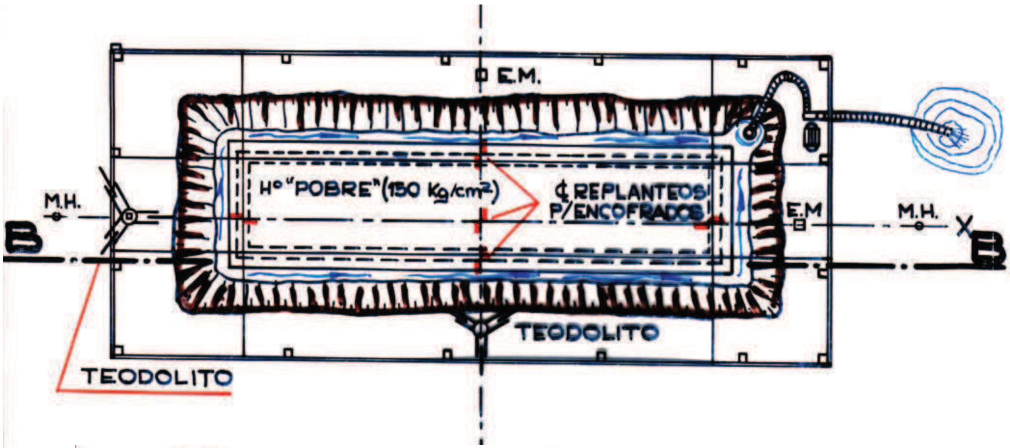
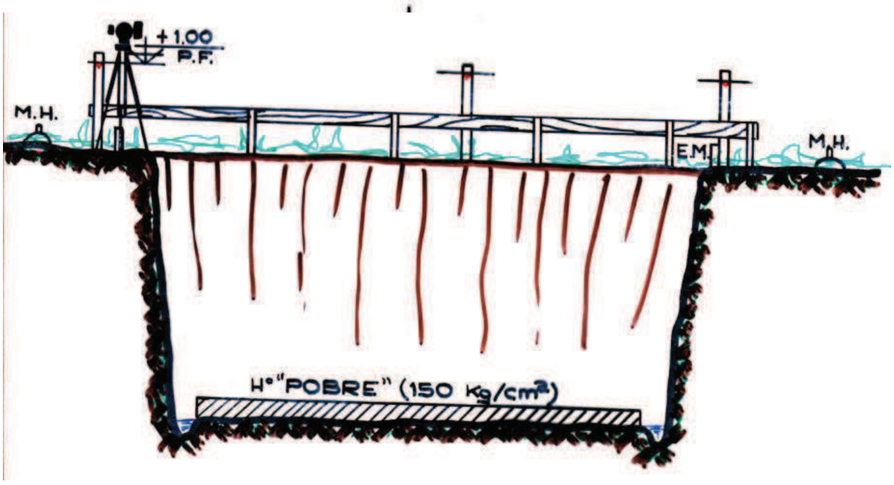



Fig. 204



Se completa el trazado de replanteo, con la ayuda de hilos en el contrapiso. Se hormigona el piso, se colocan, luego los encofrados y armaduras. Si la altura de los mismos, permite controlarlos con el teodolito desde las estacas de replanteo, alineándose con los testigos, entonces se colocan en el borde superior de los encofrados, los ejes materializándolos con clavos. También se lo puede hacer tensando los alambres desplazándose en los caballetes. De lo contrario, se hace estación en algún mojón de hierro (M.H.) (testigo) y se determina un eje auxiliar, en este caso paralelo al X, tomando la progresiva del mismo, leyendo la menor lectura a una cinta con el teodolito. Luego, se leen las distancias progresivas en la cinta colocada en los distintos esquineros del encofrado, controlando así y definiendo su eje X. Se puede hacer de la misma manera, un eje auxiliar paralelo al Y (fig. 205 y 206). Después, deberá materializarse los niveles superiores de terminación del hormigón, operación que la realizamos con un nivel óptico, y bajando una cinta en posición vertical hacemos las lecturas (que serán con signo negativo).

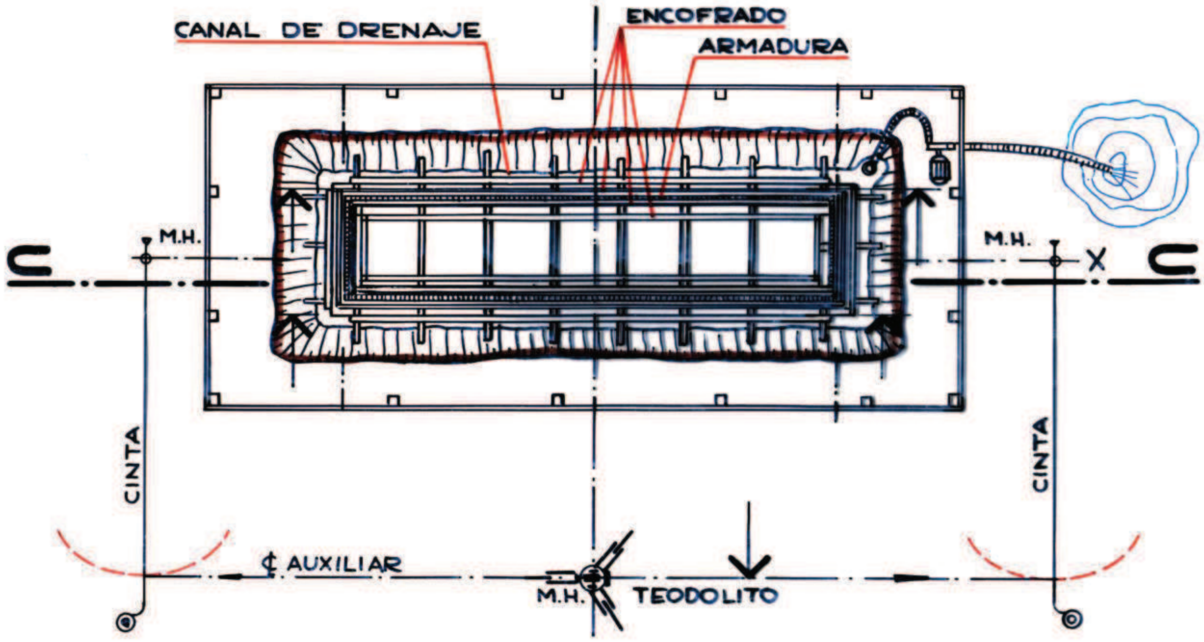



Fig. 205

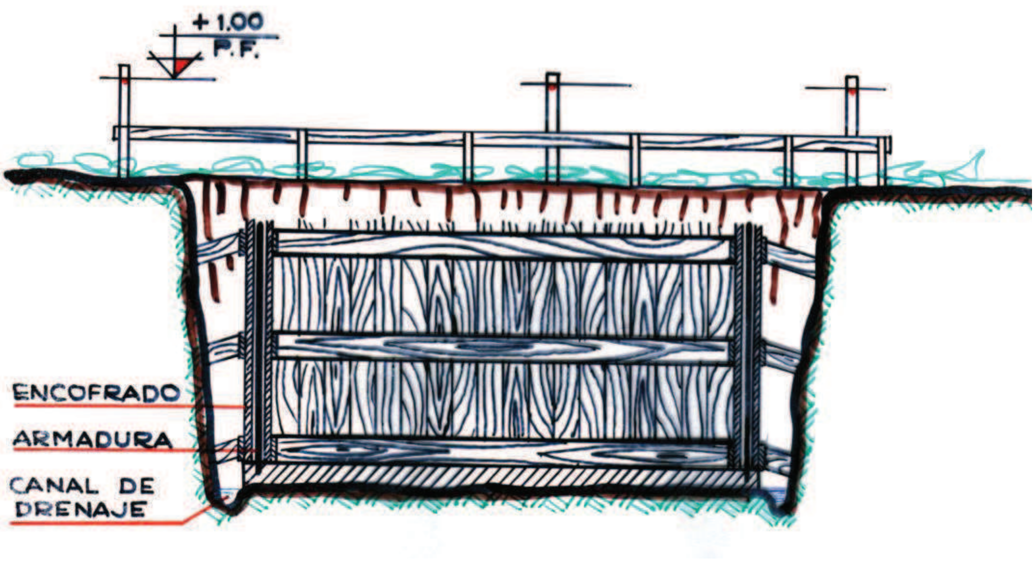



Fig. 206

- Cuando se hacen grandes excavaciones para construir edificios, es importante observar posibles asentamientos de torres linderas si existieran. Para ello, antes de proceder a la excavación, se materializan puntos fijos de nivel sobre los muros de los edificios vecinos para su control cotidiano (fig. 207). Sus cotas deben estar relacionadas al punto fijo de obra, ubicado en un lugar ajeno al sector de obra y de los edificios en cuestión.

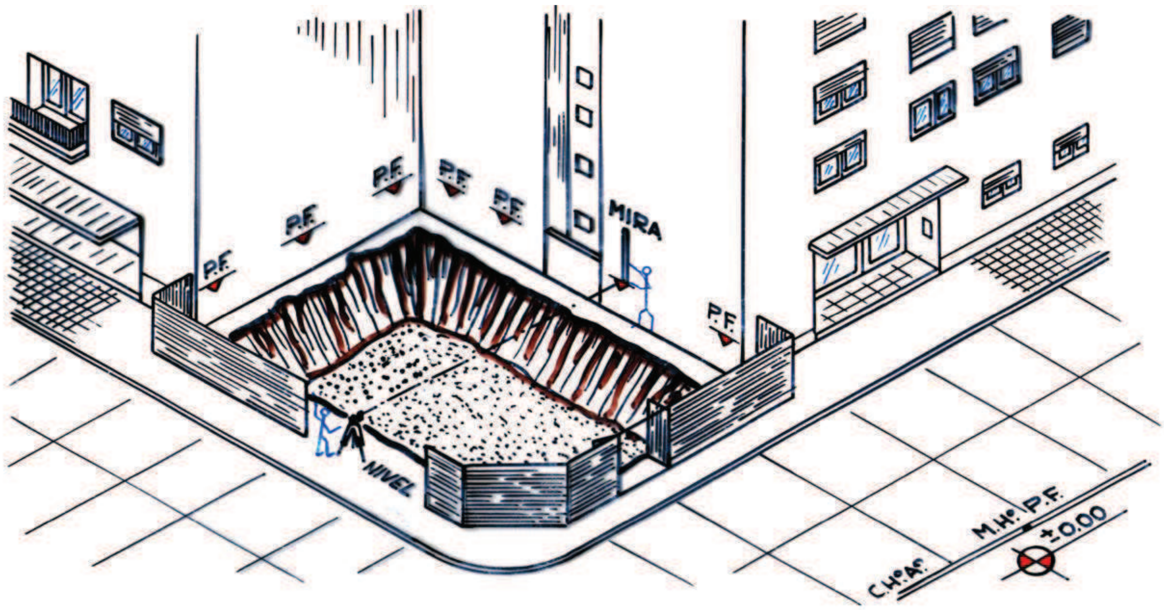



Fig. 208

- Cuando se tiene que trasladar los ejes de replanteo, en el caso de edificios torres, a pisos superiores, una forma de proceder es según lo indica la fig. 209: Se trazan ejes auxiliares previamente materializados donde se conocen sus progresivas a los ejes de replanteo. Uno de ellos ($X_i$), puede ser paralelo a la línea de edificación, individualizado por barras de hierro hincadas en la vereda, (o de lo contrario rayado con puntas en las baldosas).

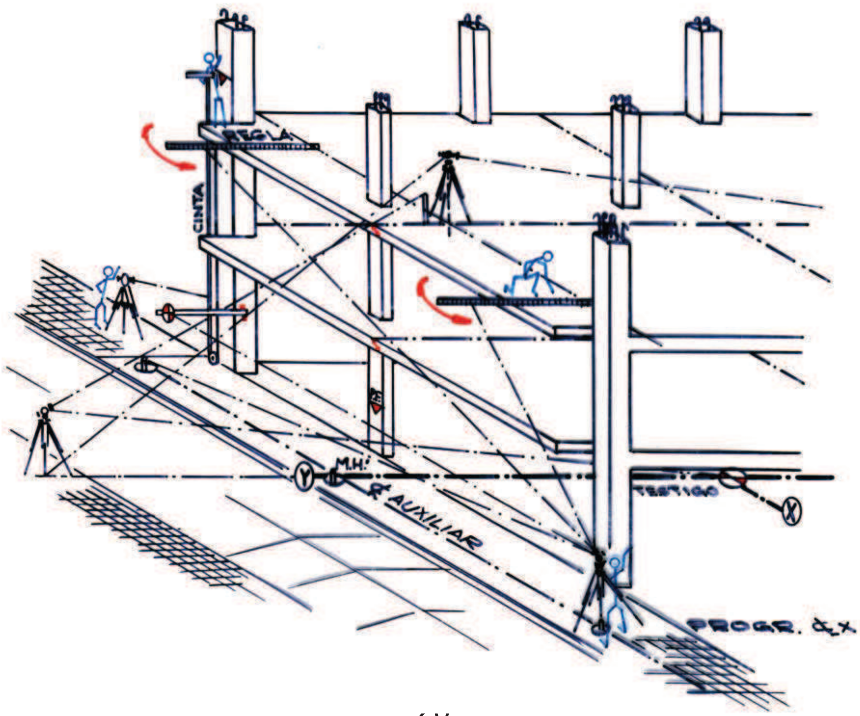
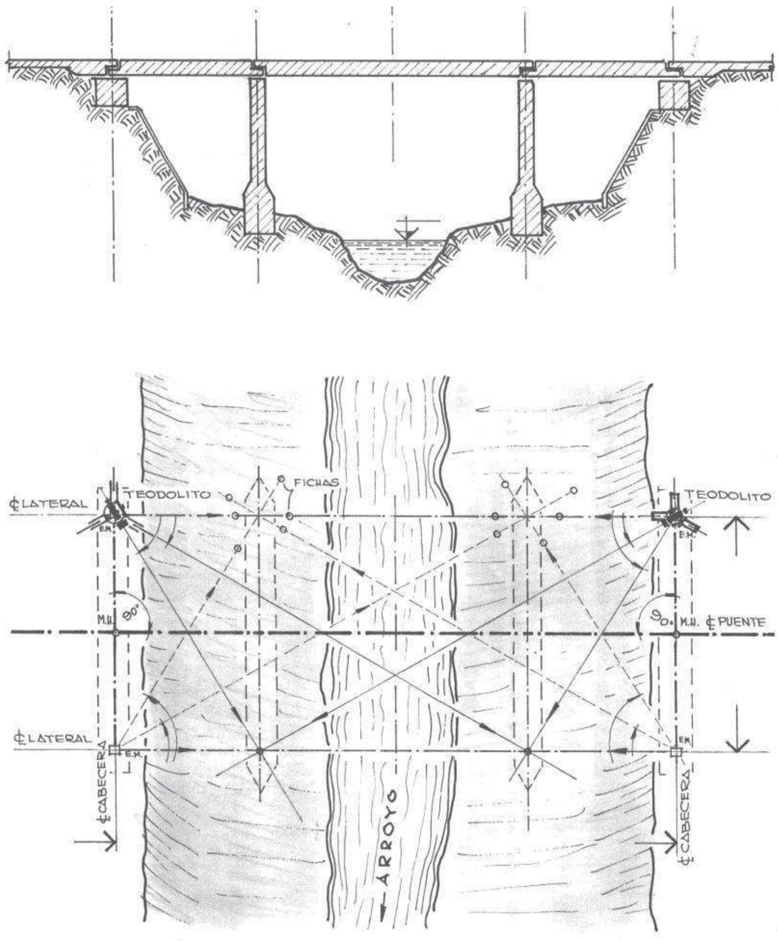



Fig. 209

Haciendo estación con el teodolito en uno de ellos y alineándose con el otro (o con algún testigo), se eleva el eje de colimación y se bisecta a una regla, ubicada en el piso superior en un valor determinado, donde el ayudante marcará en el piso, en el cero de la regla. De esta forma se señalan los puntos necesarios para materializar el eje paralelo al auxiliar $X_i$ (y por supuesto al de replanteo X), donde se conocen su progresiva. A este eje, luego, se lo puede trasladar al lugar del eje X de replanteo. El otro eje Y, que está prolongado previamente y materializado en la vereda de enfrente, por una marca o mojón de hierro, o un clavo, etc. se replantea de la siguiente manera: se estaciona el instrumento en este punto, y alineándose con algún "testigo Y", se eleva el eje a los pisos superiores, marcando a una distancia aproximadamente de 1,50 mts. del borde; ya que luego se hace estación en estos puntos, se alinea con el anterior, y se prolonga el eje a los lugares necesarios. Desde estas estaciones (niveles superiores), se puede hacer un "chequeo" de perpendicularidad, girando la alidada 90° y bisectar a puntos del eje auxiliar del piso estacionado; con la ayuda de visuales paralelas a éste. Para trasladar cotas, se puede realizar de la siguiente manera:
Se estaciona el nivel óptico en planta baja, se hace la lectura a algún punto fijo y se calcula la cota del plano visual del instrumento. Entonces, teniendo en cuenta qué el valor de cota, es a replantear, se calcula el valor de lectura (que será con signo negativo) a visualizar a una cinta bajada desde el nivel de piso a determinar.

- Una forma de replantear un puente es la siguiente (fig. 210): primeramente se materializa el eje del puente en ambas barrancas del arroyo tal que representen los puntos de cabecera. Realizando estaciones en cada uno de éstos puntos, se levantan las perpendiculares y cinteando las distancias del semiancho se replantean los ejes laterales.

Luego, se hace estación en cada uno de éstos últimos puntos obtenidos y, dirigiendo visuales, cuyos ángulos horizontales con los ejes laterales se calculan previamente, se obtienen por intersección de ellos puntos ubicados en ambas márgenes, que representarán los ejes de las bases. Estas visuales se pueden materializar con fichas o barritas de hierro bien verticalizadas: aunque lo ideal es realizar las intersecciones con dos teodolitos simultáneamente, dándole rapidez y exactitud.



# APUNTES DE TOPOGRAFÍA

## TEMA 5
## APLICACIONES DEL TEODOLITO Y NIVEL

### RELEVAMIENTOS

*Relevamiento y Levantamiento* son sinónimos y significa medir hechos exitentes, alambrados, edificios, cunetas y además accidentes topográficos, como también muros divisorios, columnas de hormigón o metálicas, existentes. Y después dichos datos serán volcados a planos, ya sea con su planimetría o altimetría o con sus vistas en planta y cortes. O también compararlos con los planos de proyecto que vulgarmente los llamamos de "expresión de deseos" pues generalmente no coinciden con los hechos realizados.

En cambio *Replanteo* significa materializar en el terreno lo que manifiesta un plano de proyecto, comúnmente estos planos llevan el título de "replanteo" o "planos de encofrado".

**1. ALINEACIÓN DE PUNTOS INTERMEDIOS**.

**a)** Siendo intervisibles: Si se quiere realizar un relleno de la alineación AB (fig.143) y colocamos el teodolito estacionado en B, tenemos que hacer coincidir el hilo vertical en el testigo colocado en A (jalón, ficha, etc.) y luego se colocan las señales de relleno desde A hacia B. Es conveniente realizarlo de este modo pues si realizamos el relleno a la inversa, desde B hacia A, puede que los elementos utilizados para materializar los puntos se interpongan en la visual y de este modo no logramos una eficiente alineación.

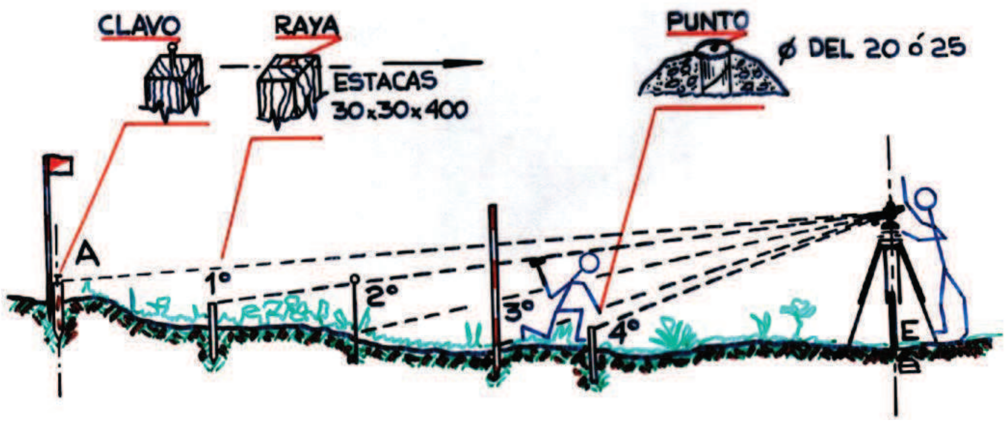



Fig. 143

Los puntos intermedios se materializan generalmente por medio de una estaca en la cual se efectúa una raya alineada con el hilo vertical, o bien mediante un clavo. Si se desea que el punto quede materializado por mucho tiempo se lo materializa mediante una barra de hierro (mojón de hierro) de diámetro 10 a 25 milímetros, en el cual se realiza una marca o punto, alineado con el hilo vertical, y se lo deja sobresaliendo a 2 ó 3 cm o bien al ras del suelo, afirmado con concreto ("torta" o base) y protegido con señales o corralito para evitar su destrucción.

**b)** Alineación del teodolito con puntos que no son intervisibles o son inaccesibles.
Si quisiéramos alinearnos con el teodolito en un punto intermedio P podemos proceder de tres maneras:

**b.1.** Intentamos con M (fig. 144) y medimos el ángulo $\alpha$ que al ser menor de 180° nos dice que debemos desplazarnos.

$\alpha < 180°$

$\overline{M}\ \overline{N} = d \Rightarrow \beta$

$(\beta-\alpha)/d=(180°-\beta)/d_1$

$\Rightarrow d_1=\dfrac{(180°-\beta)\ .\ d}{(\beta - \alpha)}$

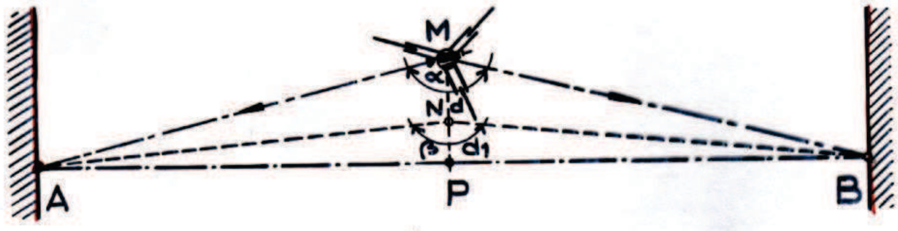



Fig. 144

Probamos con N midiendo $\overline{M}\ \overline{N}$ = d; tomamos el ángulo $\beta$, aún menor de 180°, pero más próximo a este valor. Y luego mediante la relación $(\beta - \alpha)/d = (180° - \beta)/ d_1$, obtemos despejando el valor de $d_1$, que es la distancia que tenemos que desplazarnos en la alineación $\overline{M\ N}$ para llegar al punto P. Es probable que en esta estación tengamos el ángulo APB = 180°. Si ello no sucede nos quedará muy poco a desplazar el aparato para conseguir nuestro objetivo.

**b.2.** Otra forma de conseguir alinear el teodolito con dos puntos inaccesibles o no intervisibles es: (fig. 145) Colocamos el instrumento en un punto cualquiera P, bisectamos el punto A y girando la alidada 180°, tomamos la menor distancia que existe de ésta visual al punto B, que llamamos d, medimos la distancia entre AB = D y la distancia entre AP = L, la cual si el ángulo es pequeño será aproximadamente igual a L', entonces por semejanza de triángulos obtenemos que $L'/ D \cong l / d$ entonces $l' \cong d.L' / D$.

AB = D

AP = $L \cong L'$

$L'/ D \cong l / d \Rightarrow$

$l' \cong d.L' / D$

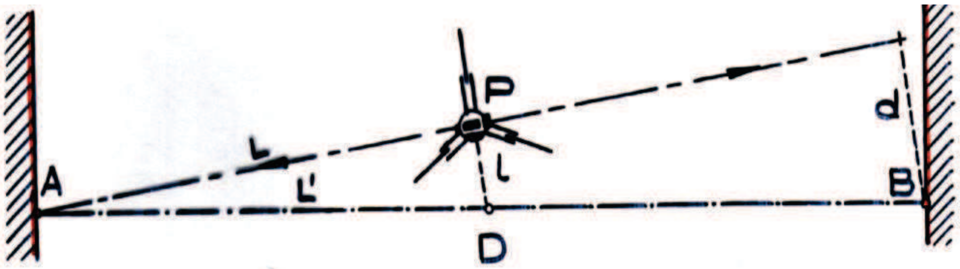



Fig. 145

**b.3.** Existe otra manera de colocarnos con el teodolito en una alineación de acuerdo a la fig. 146. Colocamos el instrumento en P y dirijimos una visual al punto A, al girar 180°, la visual no coincide con B, entonces medimos la distancia de la visual al punto B (d) y giramos el eje de colimación -nos desplazamos- a la mitad de ese valor; provocamos entonces la lectura d/2 desde B a la visual. Giramos 180° y medimos la distancia de A a la visual (d”) y suponiendo que ésta fuera menor que d/2, tendremos que aumentar ese valor en la mitad del “error” cometido. Provocamos entonces este valor en la distancia de A a la visual (d’) y giramos 180°, debiendo coincidir este último valor de d' con la distancia de la visual al punto B. En ese instante estaremos en una alineación paralela a AB, pudiendo ahora correr el teodolito la distancia d', con lo cual estaremos en la alineación deseada o trabajar a esa distancia como eje auxiliar. Este método es muy eficaz en obra para resolver múltiples inconvenientes de intervisibilidad.


Fig. 146

## 2. VERTICALIZACIÓN DE COLUMNAS

Generalmente en la construcción de naves industriales o galpones se utiliza una estructura mixta, columnas de Hormigón Armado y cerchas (cabriadas) metálicas. Las cerchas se construyen en el taller y luego son montadas en obra, para lo cual debe existir una perfecta coincidencia entre los pernos colocados en las columnas y los orificios de las placas de apoyo de las cerchas. Como los ejes de las columnas se materializan a nivel del suelo, para la correcta colocación o construcción de las columnas y sus bases, se debe lograr una perfecta verticalización de las columnas para obtener la perfecta coincidencia antes mencionada.
Existen dos casos, la verticalización de columnas prefabricadas, y la verticalización de encofrados para la fabricación en el lugar ("in situ").

**a)** <u>La verticalización de columnas prefabricadas</u> (fig. 147) se realiza mediante un molde de hormigón armado que se construye en el lugar y luego se introducen cuñas de madera entre éste y la columna hasta ubicarla correctamente, luego se introduce material entre el molde y la columna hasta que fragua y recién entonces se retiran las cuñas.

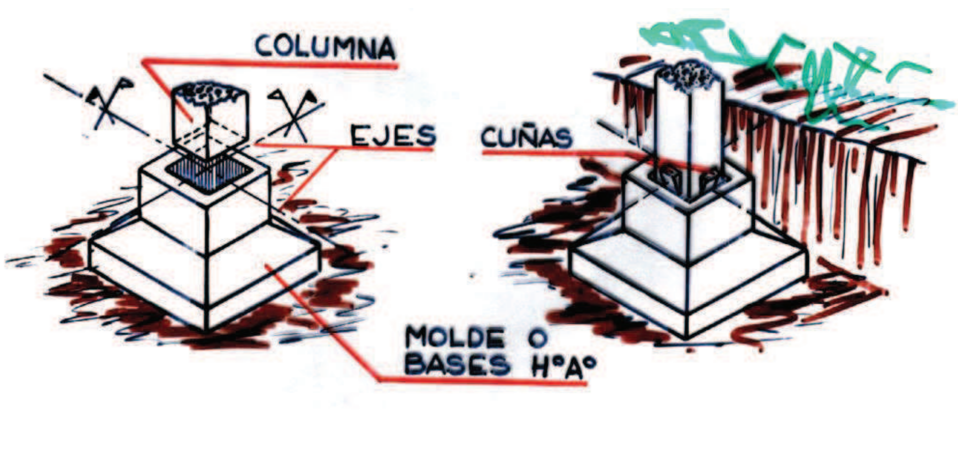



Fig. 147

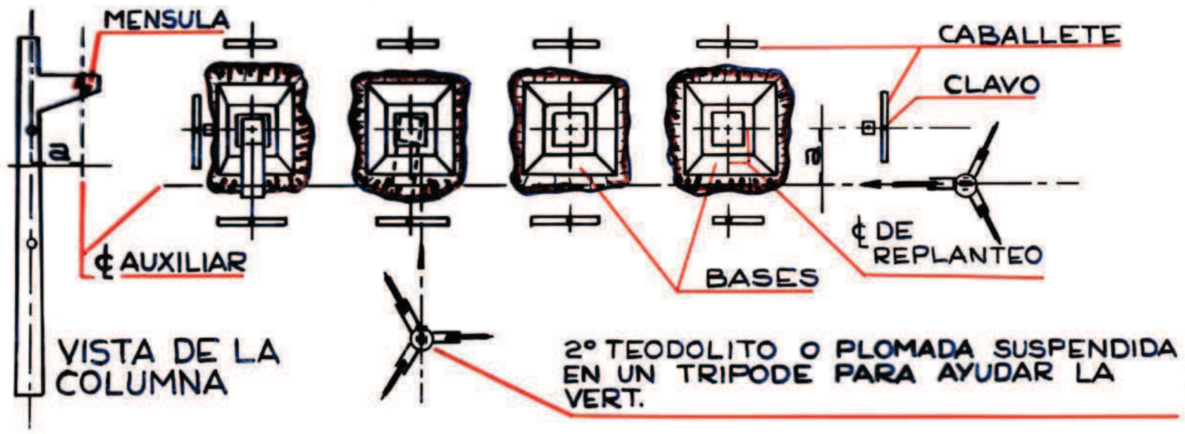



Fig. 148

Tomemos el caso de columnas prefabricadas con ménsula de apoyo para las cerchas (fig. 148), o para el caso de cerchas abulonadas en el extremo de la columna y ménsula para viga carrilera de un puente grúa. En este caso conviene trazar un eje paralelo al eje de replanteo y materializar éste, con señales, en las ménsulas de la columna. Se estaciona el teodolito en un extremo del eje y se van verticalizando las columnas partiendo del extremo más alejado, dirigiendo visuales al eje materializado en la ménsula y midiendo la distancia entre la visual y la columna en su base (dist. a).

Puede ocurrir que la columna quede girada -"retorcida"-, o sea que la ménsula no se encuentre normal al eje de replanteo, para evitarlo se marcan previamente los ejes de la columna en el molde y luego se los hace coincidir en el momento de la colocación.

La verticalización se debe realizar luego en sentido normal a la primera dirección para cada columna.

**b)** Si la columna se debe ejecutar en el lugar, habrá que controlar además de la armadura, el encofrado. Generalmente se coloca un dado de material para empezar el encofrado. (fig. 149)

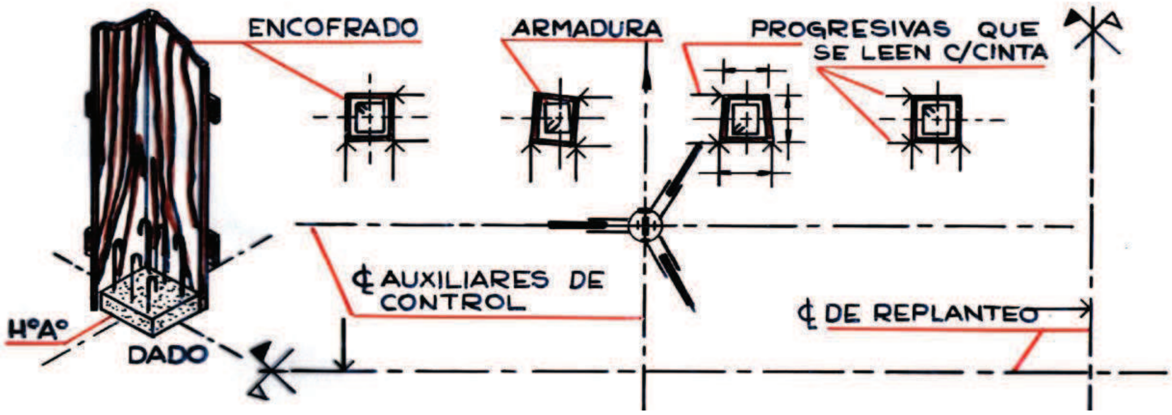



Fig. 149

Se utilizan dos ejes auxiliares, que se refieren a los ejes de replanteo y se calculan de antemano qué progresivas hay que leer en cada esquinero del encofrado, chequeando en los esquineros determinados si están bien, o sea en su colocación original, si tenemos las correctas progresivas en el ancho del encofrado y si está desplazado o girado.

Y para verificar la verticalidad se hacen observaciones arriba y abajo. Dicho procedimiento se realiza en el sentido de los dos ejes auxiliares.(ver fig. 6)

**c)** Para el montaje de una placa de apoyo vertical, habrá que alinear y verticalizar simultáneamente, esto se logra con una regla o metro que se apoya en las cuatro esquinas sucesivamente.(fig. 150)

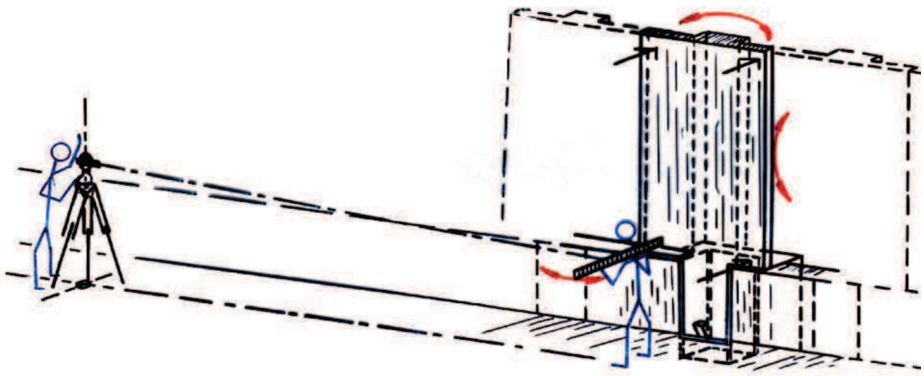


Fig. 150

## 3. MEDICIÓN EXCÉNTRICA DE ÁNGULOS

Generalmente es imposible hacer estaciones en vértices de polígonos a causa de los alambrados. Surge entonces el problema de como medir estos ángulos (los de quiebre de la poligonal), contándose para solucionar este problema con los siguientes métodos:

a) Estación fuera de centro o estación excéntrica

Consiste en estacionar el teodolito próximo al vértice inaccesible. Según se desprende de las fig. 151 a 155 hay distintas posiciones a adoptar, según lo exija el terreno. En la fig. 151 se grafica el caso de desplazarse hacia afuera del ángulo; la fig. 152 muestra el estacionamiento elegido dentro del ángulo; la fig. 153 y 154 suponen estacionamientos a izquierda y derecha, respectivamente del vértice. La fig.155 presenta el caso de poder prolongar una de las líneas y en esa prolongación hacer la estación. En estos casos se conocerán los lados MP y NP por ser lados del polígono. Se medirá también la excentricidad e con toda precaución. Para calcular los ángulos auxiliares $\gamma$ y $\delta$ se aplica el teorema del seno: para fig. 151 y 152 :

$$\text{sen}\,\gamma = e\,.\,\text{sen}\,\alpha\,/NP \quad \text{y} \quad \text{sen}\,\delta = e.\,\text{Sen}\,\beta\,/\,MP$$

p/ Fig. 151 $P = \alpha + \beta + \gamma + \delta$ p/ Fig. 152 $P = 360° - (\alpha + \beta + \gamma + \delta)$

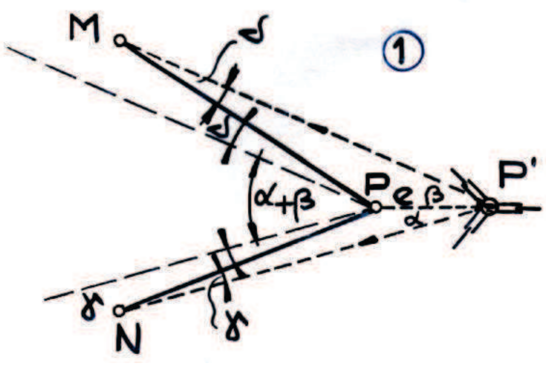



Fig. 151

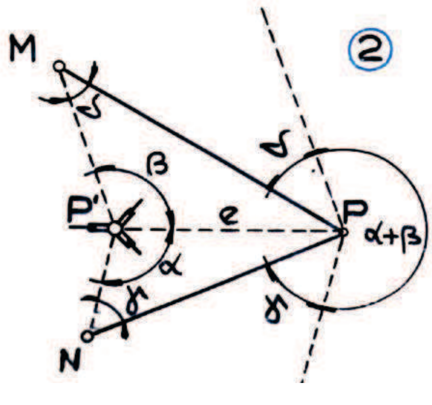



Fig. 152

p/ Fig. 153 sen $\gamma$ = e . sen $(\alpha + \beta)$ /NP
sen $\delta$ = e . sen $\beta$ /MP
P = $\gamma + \alpha - \delta$

p/ Fig. 154 sen $\gamma$ = e . sen $\alpha$ /NP
sen $\delta$ = e . sen $(\alpha + \beta)$ / MP
P = $\beta - \gamma + \delta$

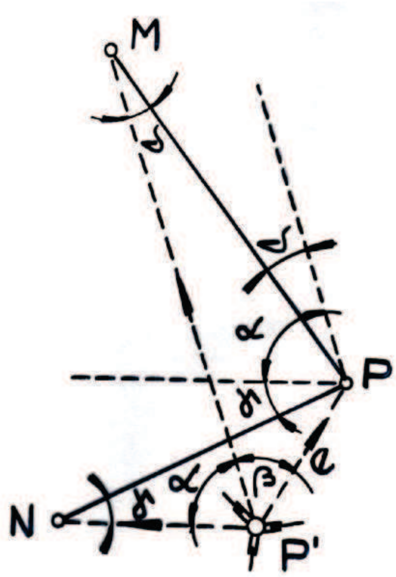



Fig. 153

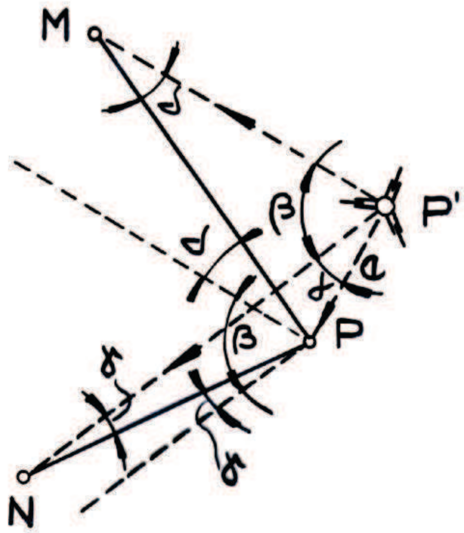



Fig. 154

p/ Fig. 155
sen $\gamma$ = e . sen $\alpha$ /MP
obteniéndose
P = $\alpha + \gamma$

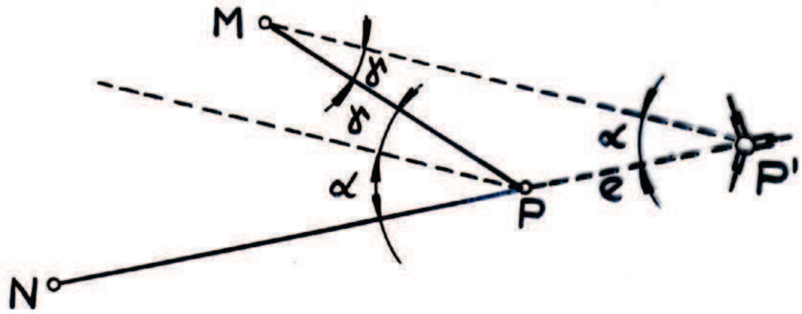



Fig. 155

Vemos que estas soluciones, donde por el vértice P se han trazado las paralelas a las visuales dirigidas desde P' a los puntos M y N, traen aparejados cálculos que, si queremos realizarlos para comprobar el cierre angular de nuestro polígono, nos insumirá considerable tiempo y, en caso contrario, corremos el riesgo de que al realizarlo en gabinete, encontremos diferencias de cierre que excedan las tolerancias, obligándonos a retornar al terreno. Por tal causa es que prácticamente, no se aconsejan, salvo en casos de única solución, estas estaciones fuera de centro. Es preferible el método descrito en el inciso b.

b) <u>Construcción de ángulos de lados paralelos a los del polígono</u> (fig 156)
Se desplazan normalmente a MP jalones a una misma distancia, convenientemente corta, haciendo otro tanto con respecto a NP que puede ser o no la misma distancia

usada para desplazar MP. La prolongación de los lados así obtenidos da, en su intersección, el punto P' de estación.

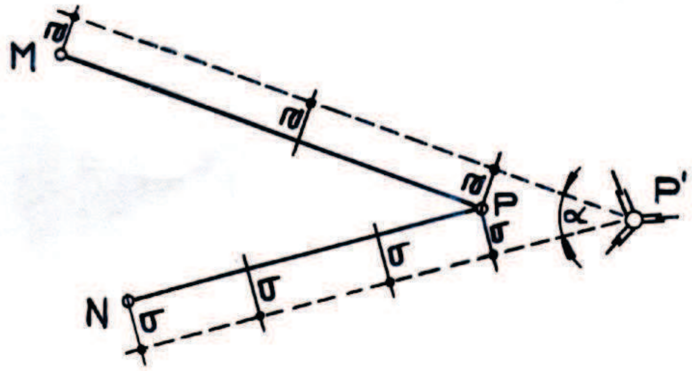



Fig. 156

El ángulo en P' llamado $\alpha$ en la figura, será el mismo que en P. Si es posible deberán alinearse más de dos puntos para mayor seguridad.

Podemos hacer el traslado paralelamente hacia afuera, hacia adentro o dentro y fuera del polígono (fig 157).

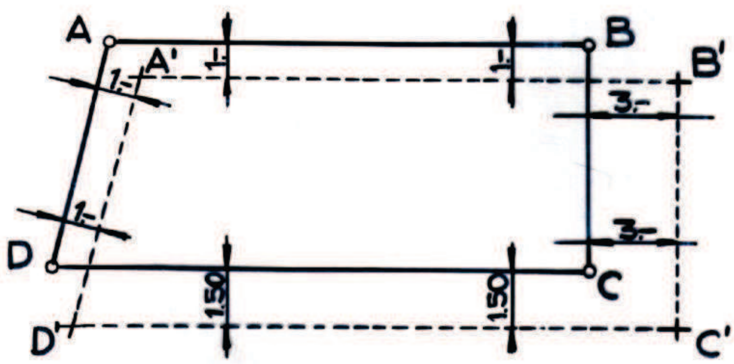


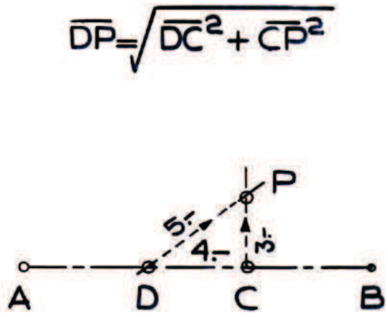

Fig. 157

Este método es más rápido que el de estación excéntrica, especialmente por permitir hallar ángulos que son los mismos del polígono, operación que ofrece el inmediato control de cierre angular.

Además, los ángulos del método anterior son funciones de la longitud de los lados poligonales y de la excentricidad, valor éste muy pequeño con respecto a aquellos y obliga a trabajar con los ángulos $\gamma$ y $\delta$ muy agudos, y, por ello, sumamente peligrosos.

- Hablamos, al enunciar los desplazamientos paralelos, que los jalones debían colocarse a una distancia tomada normalmente a los lados. No por conocida dejaremos de recordar la regla para levantar perpendiculares.

a) Sea la fig.158: supongamos que sobre la línea AB tomamos un punto C, alineado en ella, desde el que necesitamos levantar una perpendicular. Ubicamos, alineado con AC, el punto D situado a 4 metros de C. Luego, desde C medimos 3 metros y desde D tomamos 5 metros y el punto de cruce de ambas medidas dará el punto P sobre la perpendicular PC a la línea AB. Igualmente podemos tomar tres valores que sean múltiplos de los usados 3, 4 y 5 ; como ser 6, 8 y 10; 15, 20 y 25; 30, 40 y 50 pues todos obedecen al teorema de Pitágoras.



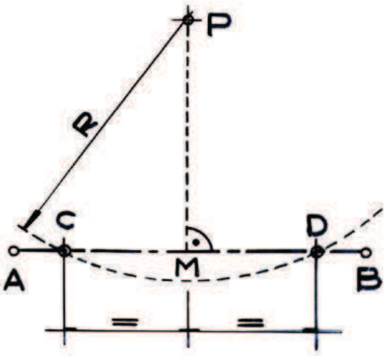




Fig. 158 Fig. 159

b) Si en vez de levantar nos proponemos bajar una perpendicular desde un punto a un lado del polígono, teniendo solamente una cinta o un hilo podemos hallar la solución de la siguiente manera (fig.159). Con centro en P y con la cinta o el hilo bien tenso (haciendo las veces de radio) se corta AB en C y D. Midiendo la distancia CD se alinea su punto medio M que será el pié de la perpendicular.
Es obvio que el radio habrá que elegirlo mayor que la distancia que separa al punto de la recta. Si utilizamos un hilo, fijados los puntos C y D, bastará con tender el mismo entre ellos y luego con la mitad hallada por doblez del cordel se ubica M.

c) Si por el punto P, necesitamos trazar una paralela a AB podemos valernos del siguiente recurso (fig.160): Elegimos dos puntos del lado AB tales como C y D. Se mide PD y se determina el punto medio M: PM = MD. Luego, desde C se establece en una alineación la relación CM = ME. Los puntos P y E determinan una recta paralela a CD y, por lo tanto, lo que deseábamos: PE / / AB.

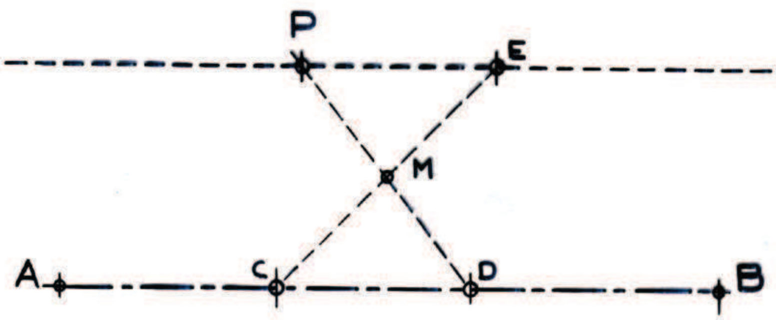



Fig. 160

## 4. MEDICION INDIRECTA DE DISTANCIAS

Veremos, ahora, las soluciones para obtener la longitud de un tramo de poligonal que es inaccesible por diferentes motivos, lagunas, montes, edificios, etc.

a) Mencionaremos, primero, una elegante solución apoyada en el principio mencionado en último término para trazar una paralela a una alineación dada, para el caso tan común de imposibilidad de medición directa de un lado poligonal cubierto de enredaderas espinosas, etc, que demandarían mucho tiempo en ser limpiadas para el correcto tendido de la cinta métrica.

- Sea en fig.161 el lado AB obstaculizado, pero cuyos extremos son accesibles, aunque sea a machete y pala. Elegimos un punto P intervisible con A y B. Por el procedimiento de fig.160 podemos construir CD paralela a AB y nos hemos salvado de la limpieza del lado AB, pues midiendo CD tenemos medido AB ya que CD = AB, ya que los triángulos ABP y DPC son iguales puesto que $\alpha = \alpha'$ y $\beta = \beta'$ por alternos internos, entre paralelas; $\gamma = \gamma'$ por opuestos por el vértice y como hicimos AP = PC y BP = PD nos sobran elementos probativos de la igualdad de los triángulos construidos en el terreno.

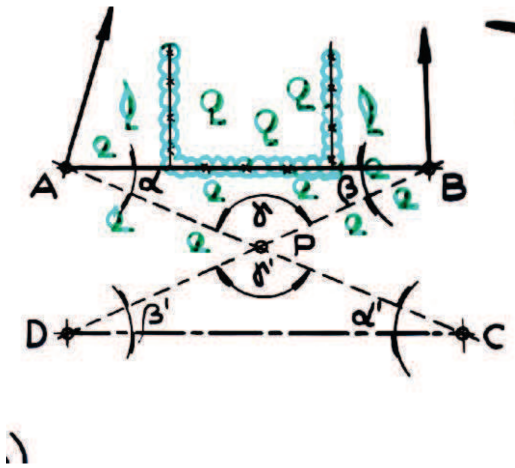



Fig. 161

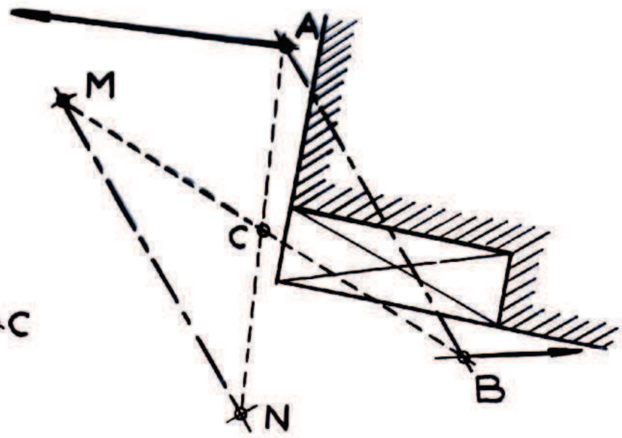



Fig. 162

- La misma solución podemos emplearla en casos como el indicado en fig.162 donde necesitamos conocer la longitud AB y un obstáculo impide tomarla directamente. Haciendo AC = CN y BC = MC resulta MN / / AB y MN = AB como en el caso anterior.

b) Entre los problemas de obstáculos podemos darle lugar preferente, por lo común, a la existencia de una laguna cruzada por un lado del polígono, fig. 163. El obstáculo es de paso, pero no de visual, por lo tanto será posible alinear sobre AB los puntos C y D cercanos a la laguna. Medimos AC y DB y nos falta el tramo CD para tener el total AB. Hay varias soluciones:

- Fig. 163. Caso de levantamiento expeditivo o cuando AB es mucho mayor que CD, es decir, que pequeñas inseguridades en la determinación de CD no influyan considerablemente sobre el lado poligonal AB. En tal aso con una escuadra óptica podemos levantar en C y en D perpendiculares a AB de igual longitud y hacia el mismo lado: CM = DN. Midiendo MN que será igual a CD resulta: AC + MN + DB = AB.

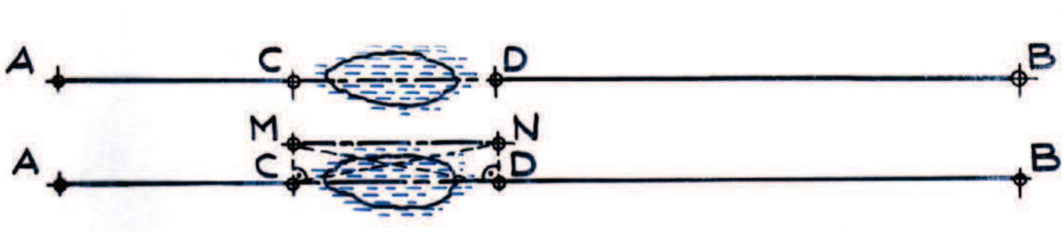



Fig. 163

No olvidemos que un operador práctico puede asegurar los 5 cm en una normal de 50 metros levantada con escuadra. Por lo tanto, en el peor de los casos, en que la falta de perpendicularidad en C y D sean de tal sentido que se acumulen, tendríamos el valor MN paralelo a 50 m con CD, produciendo un error del orden de los 10 cm. Tenemos, aún, un control geométrico ya que lo pretendidamente construido es un rectángulo, podemos medir las diagonales MD y CN que deberán ser iguales. Esto nos permite asegurar más el trabajo cuyo afinamiento definitivo se consigue con el procedimiento siguiente:

- Usando un teodolito en C y D y procediendo en forma análoga, pudiendo asegurar la operación con una estación en M o en N comprobando por el ángulo recto en ella, el paralelismo de MN y CD, tarea superflua si aseguramos al medir la igualdad CM = DN.

Dada la fundamental importancia que tiene el tiempo empleado en campaña, vemos que el método enunciado exige tomar dos ángulos ACM y ADN y tres valores lineales CM, DN y MN, procurando, además CM = DN y alinear desde C y D los jalones o fichas en M y N. Toda esta tarea insume mucho más tiempo que el necesario para desarrollar el siguiente procedimiento:

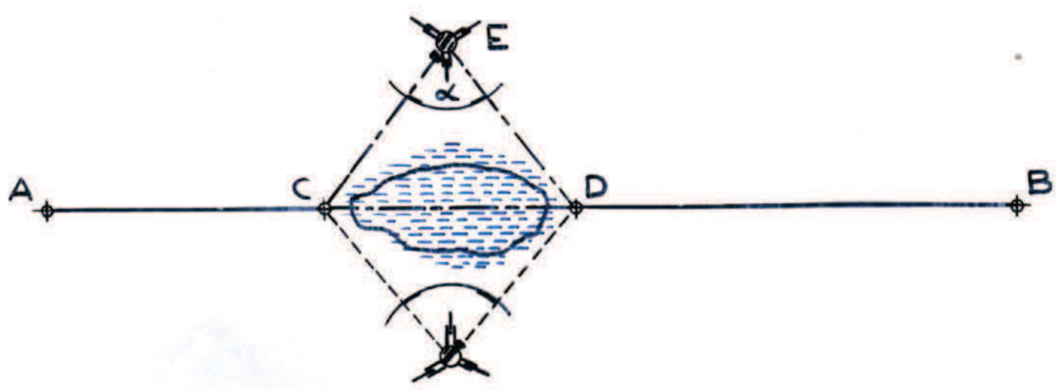



Fig. 164

- Ver fig. 164. Ubicados los puntos C y D elegimos un punto cualquiera E donde hacemos una estación de teodolito midiendo el ángulo $\alpha$. Tomando los valores lineales CE y DE tenemos los datos necesarios para resolver el triángulo CED que nos da el cálculo de CD. Es conveniente para esta solución buscar el punto E de manera que, a ojo, se aprecie la formación de un triángulo próximo al equilátero.

Si el ángulo $\alpha$ = 90°, resulta rápido el cálculo del valor CD como hipotenusa, pero esta celeridad se pierde con la ubicación del punto D (ó C) desplazándolo sobre la línea AB, por lo que la práctica aconseja no premeditar el valor angular.

Hasta ahora, en esta solución no tenemos elementos de control, siempre necesarios (en Topografía lo que abunda no daña...excepto los errores) por lo que se tomará una observación sobrante: el ángulo ECD o el CDE o mejor ambos, estacionando en C y D.

Otro camino de control es elegir un nuevo punto similar al E y hacer un nuevo triángulo por el mismo método. El segundo vértice así elegido podrá, también, estar aproximadamente simétrico de E con respecto al lado AB (fig. 164).

c) Supongamos que el obstáculo es, ahora, un edificio o un monte colocado en forma análoga a la laguna (fig. 165). Ya no son intervisibles los puntos A y B por lo que es imposible alinear puntos como los C y D del caso anterior.

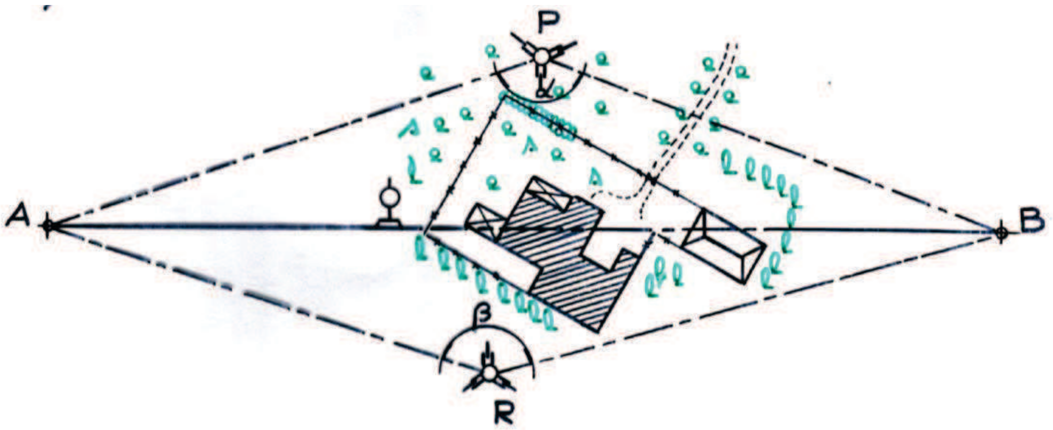



Fig. 165

- El recurso más utilizado es el graficado en la fig. 165. Se elige un punto P, desde donde sean visibles A y B. Se miden los lados AP y PB y el ángulo $\alpha$. Tenemos los elementos necesarios para el cálculo del triángulo APB que nos dará un primer valor de AB, que promediaremos con el segundo valor calculado al resolver el triángulo ARB del que medimos AR, RB, y $\beta$ para tener una operación controlada.

No debemos olvidar el inconveniente y lo inseguro que es el cálculo con ángulos muy pequeños, cuando ubicamos los puntos P y R que los elegiremos alejados del lado AB aunque ello traiga aparejado medir líneas (AP-PB-AR y RB) más largas, pues este aparente mayor trabajo se compensa con la seguridad en el resultado.

- Otro método es el indicado en fig. 166. Estacionando en M se alínea con A el punto N. Se mide el ángulo $\alpha$. Con estación en N se mide $\beta$. Tomando las medidas MA y NA, por su suma se obtiene MN que con $\alpha$ y $\beta$ nos dan los elementos necesarios para calcular el triángulo MBN. Una observación de control podría ser el ángulo $\gamma$ o medir MB o NB, y lo aconsejable es medir los tres. Resuelto el triángulo MNB se resuelven, luego, los otros dos, el MAB y el NAB, que tendrán en común el valor objeto de este trabajo, es decir, hallaremos dos valores del lado obstaculizado AB. La solución rápida y a adoptar, especialmente cuando sea dificultosa la medición de MB y NB, es tomar los ángulos $\alpha$, $\beta$ y $\gamma$ y los lados MA y AN, donde el único elemento de control sería el ángulo $\gamma$ por lo que será necesario extremar las precauciones.

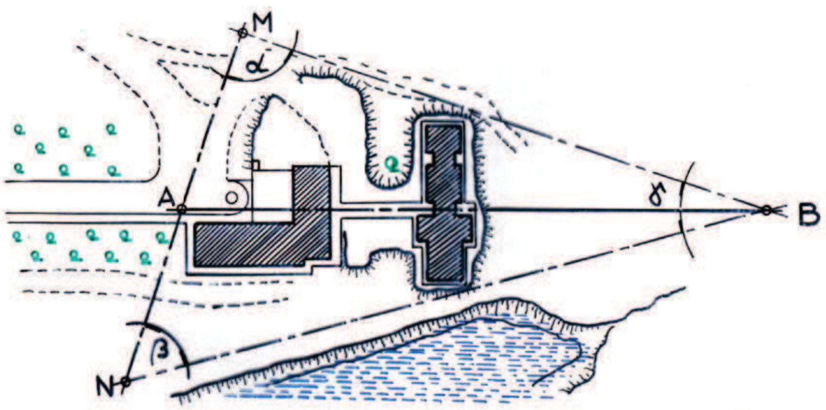



Fig. 166

**d)** Es frecuente la necesidad de abrir una picada a través de un monte (fig. 167). Desde A no es visible B. Se toma una línea arbitraria AM (lo más próxima posible a AB) y sobre ella se ubica C, pié de la perpendicular a AM que pasa por B. Se miden AC y CB. El bajado de la perpendicular se hace con escuadra y en caso de ser C un punto muy lejano a A, lo que no permitiría divisar el jalón en A, se alinean jalones a lo largo de la línea AM, para posibilitar la operación. Luego se ubican puntos tales como D, E y F alineados sobre AM. Con los valores de AC y BC y midiendo CD, DE y EF (por diferencia con AC, ya medido, se obtiene AF) se pueden calcular, por la semejanza de los triángulos rectángulos formados, los catetos DJ, EH, FG, etc. a levantar para dar puntos como G, H, J, que quedarán alineados con AB:

BC / AC = DJ / AD
de donde
DJ = BC.AD / AC ;
EH = BC.AE / AC ;
FG = BC.AF / AC ; etc.

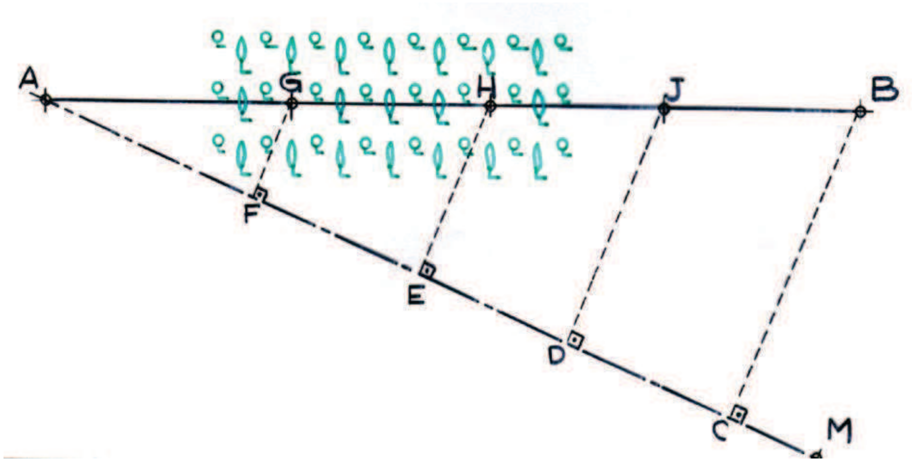



Fig. 167

Lógicamente, si los valores que se toman son números redondos la operación se facilita, pero como las perpendiculares deben llegar hasta la línea AB, los árboles suelen no permitir el paso de la normal y hay que desplazarse variando las distancias a tomar sobre la alineación AM.
Por otra parte, dentro del monte será necesario colocar puntos, tales que sean visibles dos sucesivos para proceder al talado.
Este método puede utilizarse para situar puntos como el J después del monte o del obstáculo, en general.

e) Propongámonos <u>medir una distancia inaccesible</u>, por ejemplo, situada en el lado opuesto de un arroyo. (fig.168)
Pretendemos medir AB indirectamente. Elegimos una base MN que medimos. Luego en M tomamos los ángulos $\alpha$ y $\beta$ , y en N los ángulos $\gamma$ y $\delta$.
Tenemos posibilitado el cálculo de AB. Veamos:

$\Delta$ AMN datos: MN; ($\alpha + \beta$ ); $\gamma$
$\Delta$ BMN datos: MN; ($\gamma + \delta$ ); $\beta$

Resueltos ambos triángulos conoceremos del triángulo ABM los lados AM y MB que con el ángulo $\alpha$ nos dan la solución del mismo y por ende un primer valor de AB. Además, de los mismos anteriores triángulos, tenemos calculados AN y BN que, con el ángulo $\delta$ constituyen los datos para resolver el triángulo ABN y obtener, así, un segundo valor de AB, a comparar con el hallado antes, y si es compatible, promediarlo.

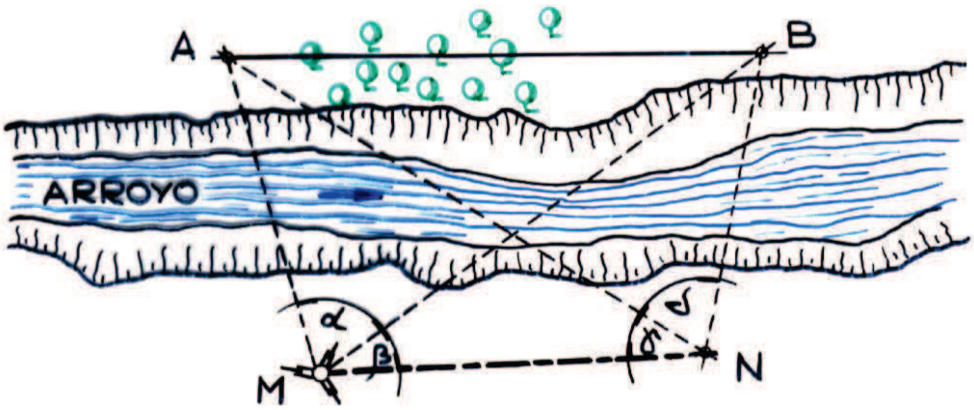



Fig. 168

- Si nuestro problema fuese averiguar el ancho del arroyo procederíamos de la siguiente manera:

a) Sea fig. 169, donde P es un punto marcado sobre el borde opuesto del arroyo. Estacionando en A se alinea C con P (convenido que AP será la normal al curso de agua) y, luego tomando un ángulo de 90° se coloca un punto B. Se mide AB. Con estación en B se mide $\alpha$. Podemos calcular el triángulo rectángulo PAB y por tanto, AP, al que restamos AC medido en el terreno, resultando el ancho del cauce CP.

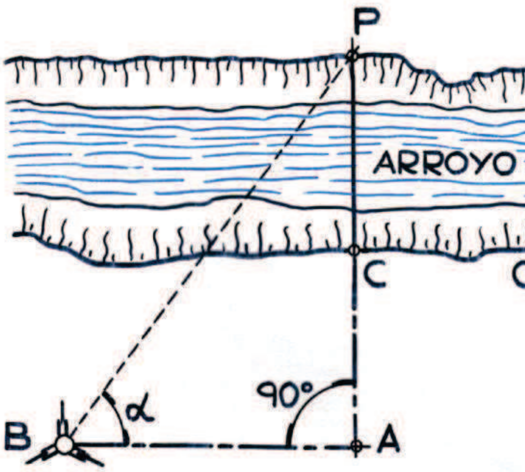



Fig. 169

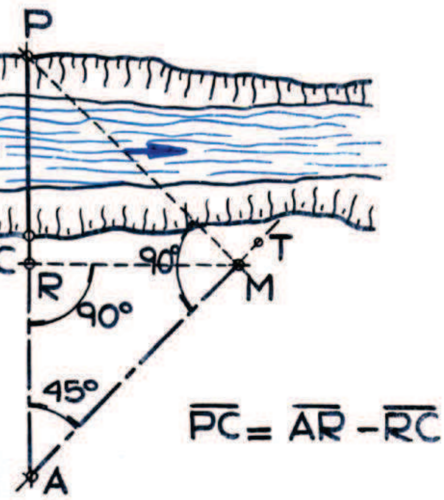



Fig. 170

b) En la fig. 170 se da otra solución; consiste en estacionarse en un punto A alineado con PC y tomar un ángulo de 45° dando la dirección AT. Con escuadra óptica será posible buscar el pié de la perpendicular bajada desde P. Si bajamos la perpendicular a PA pasante por M obtenemos el punto R que será el punto medio de PA por ser RM la altura del triángulo isósceles AMP. Luego

$$PC = AR + RP - AC = 2\ AR - AC = AR - RC$$

En donde AR y RC son dos elementos medibles en el terreno. Podemos, aún, controlar midiendo y recordando

$$AM = \sqrt{(AR^2 + Rm^2)} \quad \text{donde } AR = RM.$$

c) Sobre el procedimiento anterior veamos una variante más rápida y sencilla. Construimos el triángulo APM de figura 171 y, luego, desde C levantamos una perpendicular a PA pasante por un punto N alineado desde M con P. Como el ángulo en P = 45° es evidente que: PC = CN.
Si la sinuosidad del borde del arroyo nos impide levantar la normal en C (y no deseamos cambiar de lugar), pues N cae en el cauce podemos hacerlo en C' obteniendo N'.
Resultará:PC = C'N' - C'C.

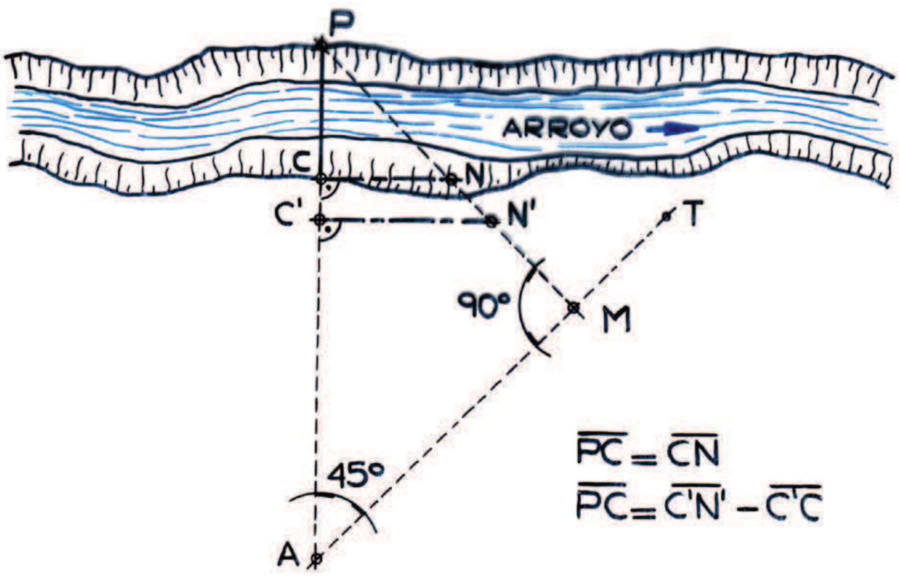


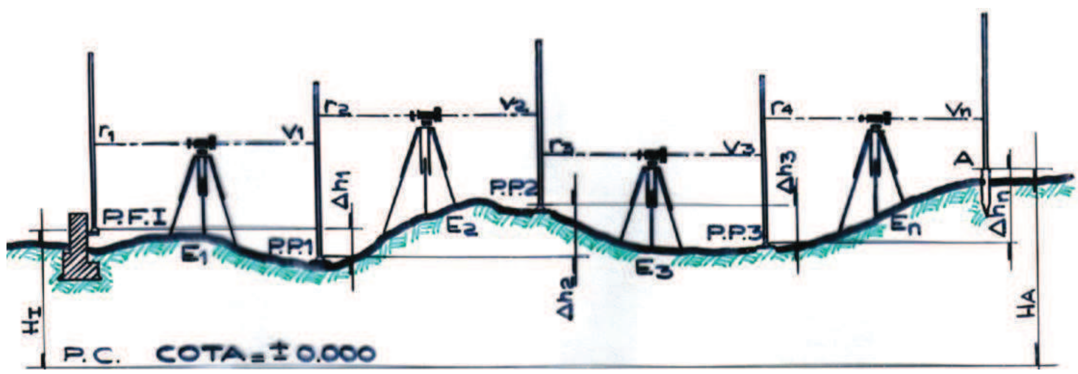

Fig. 171

Aparentemente, es más sencillo ubicar el punto N y a 45° buscar el punto C, cumpliendo la condición de perpendicularidad de PC con CN, pero en la práctica se complica esta tentativa pues C puede caer dentro del cauce y será necesario desplazar N a lo largo de PM hacia M hasta hacer posible esta solución y además PC tendrá que quedar como la menor distancia entre ambas márgenes, lo que al no cumplirse, obligaría a correr N a lo largo de la orilla, demorándose doblemente la tarea.

## 5. NIVELACION GEOMETRICA COMPUESTA (*Itinerario Altimétrico*)

Sea el caso general de determinar la cota de un punto A, enlazándolo con un punto de <u>cota conocida</u> (punto altimétrico pre-determinado, o punto fijo altimétrico perteneciente a la red del país), se procede, según indicamos, repitiendo la nivelación geométrica simple en la dirección de PFI a A, es decir:

Fig. 172



colocando el nivel en la primera estación $E_1$, en el punto medio –equidistante- de PFI y $PP_1$ (punto de paso) (fig.172), y efectuando la lectura $r_1$ sobre la mira colocada "*atrás*" en PFI y la $v_1$, sobre la colocada *"adelante*" en $PP_1$, habremos determinado, por diferencia de la lectura atrás y la lectura adelante, el desnivel parcial $\Delta h_1 = r_1 - v_1$. Una vez leída la mira colocada en PFI y anotada en el registro de campaña, haremos la señal correspondiente al portamira para que avance hacia $PP_1$ donde se hace la lectura "adelante". El portamira situado en $PP_1$ permanecerá en su sitio y luego de leído girará la mira sobre el pivote de la placa de h° f° (zócalo o sapo), sin levantarla del apoyo, entretanto el operador cargará el nivel sobre sus hombros y contando la misma cantidad de pasos determinada, a partir de $PP_1$ estacionará ahora el nivel en $E_2$ y efectuará la lecturas "*atrás*" $r_2$. Posteriormente el portamira situado en $PP_1$ contará la cantidad de pasos hasta $E_2$, y repetirá la misma cantidad de pasos colocando el sapo en $PP_2$; el operador ejecutará la lectura *"adelante*" $v_2$. Habremos determinado, por diferencia de la lectura atrás y la lectura adelante, el segundo desnivel parcial $\Delta h_2 = r_2 - v_2$. Así sucesivamente hasta llegar al punto extremo A sobre el que se hace la última lectura hacia delante $v_n$, desde la última estación del aparato $E_n$.
En los puntos de *"paso"* o de "*cambio*" $PP_i$, las miras son apoyadas sobre placas de h° f° y deben ser mantenidas verticales e invariables hasta que se hayan hecho en cada una de ellas las dos lecturas: *"atrás" y "adelante".*
Debemos agregar que no es necesario situar el nivel en la recta de unión de dos puntos sucesivos, pudiendo hallarse fuera de ella, pero <u>manteniendo siempre la equidistancia</u>, lo fundamental es elegir bien un punto seguro de estación sobre la mediatriz del tiro a nivelar. A veces es conveniente, determinar la cota de puntos característicos intermedios (fijos), como umbrales, cordones, centro de pavimento, etc., para el caso de una interrupción del trabajo o de cualquier perturbación en él. De acuerdo a lo establecido en lo que precede, entre PFI y $PP_1$ habremos establecido el desnivel parcial $\Delta h_1$, entre PP1 y $PP_2$ el $\Delta h_2$ ....., y así sucesivamente, obteniéndose entonces le diferencia de altura entre el punto conocido P.F.I y el nuevo A, mediante la fórmula:

$$\Delta H = H_A - H_I = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + .... + \Delta h_n = \Sigma^n_{n=1} \Delta h_n$$

pero: $\Delta h_n = r_n - v_n$ , podemos poner entonces:

$$\Delta H = H_A - H_I = r_1 - v_1 + r_2 - v_2 + .... r_n - v_n = \Sigma^n_{n=1} r_n - \Sigma^n_{n=1} v_n \therefore$$

$$\boxed{H_A = H_I + \Sigma^n_{n=1} r_n - \Sigma^n_{n=1} v_n = H_I + \Sigma^n_{n=1} \Delta h_n}$$

En consecuencia, tendremos las siguientes pruebas de cálculo:

$$\boxed{\Sigma^n_{n=1} \Delta h_n = \Sigma^n_{n=1} r_n - \Sigma^n_{n=1} v_n}$$

$$\boxed{H_A - H_I = \Sigma^n_{n=1} \Delta h_n}$$

Un itinerario altimétrico, lo mismo que el planimétrico, necesita un control de cierre, y así, en nuestro ejemplo, si lo que se pretende es dar cota al punto A, una vez que se ha llegado a él, será preciso efectuar la <u>nivelación de "vuelta",</u> es decir, repetir la operación pero tomando ahora como origen al punto A y repitiendo las operaciones en sentido contrario hasta alcanzar el PFI. En este caso debemos llegar al PFI con la cota $H_{I,}$ de la cual hemos partido, pero debido a los inevitables errores, es probable que lleguemos con una discrepancia que se llama error de cierre, que deberá mantenerse menor que la tolerancia establecida:

$$\mathbf{T = 10 \sqrt{L}} \quad \text{donde L se expresa en km y T en mm (Niv. de 2do Orden)}$$

$$\mathbf{T = 30 \sqrt{L}} \quad \text{donde L se expresa en km y T en mm (Niv. de 3er Orden)}$$

Para el registro en campaña se empleará la planilla que figura a continuación :

PLANILLA DE OBSERVACIONES

Nivel Optico: N° Operador: Fecha:
Desde: Hasta: Condiciones Atmosf. Hoja N°

| ESTACION | PUNTOS VISADOS | DISTANCIAS |  |  | LECTURAS DE HILOS DEL NIVEL OPTICO |  |  |  |  |  | DESNIVELES |  | CORRECCION | Δhc CORREGIDO |  | COTAS DEFINITIVAS (m) | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  |  | EN PASOS | x100 | di (m) | ATRAS |  | ADELANTE |  | PUNTOS INTERMEDIOS |  | ΔH = r - v |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | SUPERIOR / INFERIOR | MEDIO r | SUPERIOR / INFERIOR | MEDIO v | PV | MEDIO | + | - |  | +/- | Δhc |  |  |
| A | PFI | xxx | xxx | xxx | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 1 | xxx | xxx |  |  |  | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| B | 1 | xxx | xxx | xxx | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2 | xxx | xxx |  |  |  | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C | 2 | xxx | xxx | xxx | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | ni | xxx | xxx |  |  |  | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| .. | ni | .... | ..... | .... | ... |  | ..... | ... |  | ... | ... | ... | ... | ... | ... |  |  |
| J |  | xxx | xxx | xxx | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | PFI | xxx | xxx |  |  |  | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Sumas** Σdi= |  |  |  | D | Σr = |  | Σ v= |  |  |  | ΣΔh+ | ΣΔh- | Σc=0 | Σ Δh= |  |  |  |

- **Cálculo del error de cierre y su compensación**

Para un itinerario encuadrado o cerrado la discrepancia de la suma algebraica de los desniveles parciales nos dará el error de cierre:

$$\Sigma^{n}_{n=1}\ \Delta h_n = \varepsilon \quad \text{donde} \quad \varepsilon \angle\ T$$

es decir que si el itinerario es de enlace el error de cierre se obtiene por la diferencia entre el nivel ahora hallado y el previamente conocido:

$$\Sigma^{n}_{n=1}\ \Delta h_n - \Delta H = \varepsilon$$

Una vez que tenemos el error de cierre dentro de la tolerancia establecida, en gabinete se procede a su compensación, a veces, si las longitudes de nivelación son sensiblemente iguales podemos repartirlo en partes iguales entre los desniveles parciales.
En general el error de cierre se reparte proporcionalmente a las longitudes de las niveladas, es decir :

$$\text{si } \varepsilon \leq T$$

la corrección será :

$$c_n = -(\varepsilon / D) \cdot d_n \text{ (mm)}$$

donde :

$D = \sum_{n=1}^{n} d_n$ : longitud del itinerario en metros.

d = distancia nivelada (tramo) en metros

$\varepsilon$ = error de cierre en mm

- **Recomendaciones de Orden Practico**

a) Posición del nivel de anteojo

Se aconseja, cuando esto es posible, colocar la línea que une dos patas del trípode paralela a la visual, pues se puede situar el operador cómodamente en los espacios 1 y 2 (fig. 173) sin riesgo de tropezar con el trípode, y además el peso del operador que se transmite al suelo influirá en menor escala sobre la estabilidad del instrumento. Alternando esta posición se atenúan errores sistemáticos debidos al hundimiento del suelo y a su reacción elástica bajo el peso del instrumento y operador.

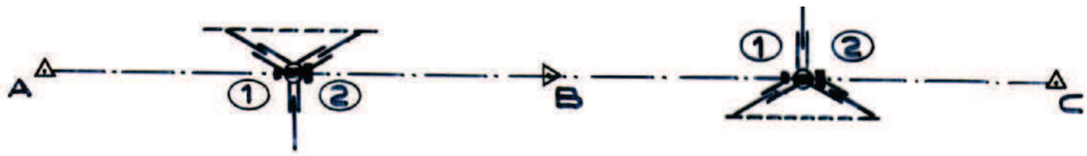



Fig. 173

b) Desigualdad de la refracción

Para disminuir los errores provenientes de la desigualdad de la refracción en las visuales atrás y adelante (terreno inclinado) se tratará que las visuales mayores de 25 m de largo disten por lo menos 0,50 m del suelo al bisectar la mira. En visuales más cortas se permite una aproximación de 0,25 m.

c) Modo de operar con el nivel

1) Se cala el instrumento con el nivel esférico.
2) Es necesario ver nítidamente los hilos del retículo y la graduación de la mira. Las dos imágenes deben formarse en el mismo plano para evitar el paralaje. Se enfoca en primer término los hilos del retículo lo mejor posible, actuando sobre el ocular, luego se apunta a la mira y girando el tornillo de la lente analítica de enfoque interno se busca que aparezca bien definida la graduación de ésta.
3) Se bisecta la mira con el hilo vertical girando el tornillo de pequeños movimientos horizontales.
4) Con el tornillo basculador se hace coincidir los meniscos formando media vista a través de la caja de prismas, o se centra la burbuja simple, según el tipo de nivel.
5) Se lee primero el hilo nivelador (hilo medio) con burbuja centrada y se verifica con el promedio de los hilos estadimétricos, apreciando el mm. Terminada la lectura hay que cerciorarse que la burbuja ha permanecido centrada.

6) Se repiten las operaciones de 2) a 5) para las visuales que irradian de una misma estación.

## 6. NIVELACION BAROMETRICA

La presión atmosférica varía en forma inversa a la altura sobre el nivel del mar debido a que al elevarnos deja de ejercer presión la capa de aire que queda por debajo. Si se conoce la diferencia de presión atmosférica entre dos puntos, se puede determinar la diferencia de nivel existente entre ellos. En este principio se basa la nivelación barométrica llamada así por ser el barómetro el instrumento utilizado para medir dicha presión.

Existen dos clases de barómetros: los *barómetros de mercurio* en los que la presión se obtiene en función de la altura de la columna de mercurio en un tubo al vacío, y los *barómetros aneroides*, que miden la deformación que experimenta una membrana extendida en una caja metálica en cuyo interior se ha hecho el vacío, al ser sometida a la presión ejercida por la atmósfera.

Esa deformación es amplificada y transformada por medios mecánicos en el movimiento giratorio de una aguja cuyo extremo enfrenta a un sector circular graduado en el que se lee directamente la presión atmosférica. En algunos casos se agrega otra escala con la equivalencia en metros sobre el nivel del mar (altímetros).

Los barómetros de mercurio son más precisos que los aneroides, pero debido a las dificultades para el manejo de los primeros, se prefieren los aneroides de pequeñas dimensiones y rápida lectura.

Periódicamente los aneroides deben contrastarse con barómetros de mercurio para calibrar el mecanismo de transmisión.

Teniendo presente que cada milímetro de variación en la longitud de la columna mercurial, corresponde a una diferencia de nivel de aproximadamente 10,5 m y admitiendo que pueda determinarse dicha variación con una vacilación de +/- 0,1 milímetro mediante la utilización de un vernier, resulta que con los buenos barómetros de mercurio pueden establecerse diferencias de nivel del orden de un metro.

Pero debe tenerse presente que la densidad del aire no es constante, sino que disminuye a medida que se asciende debido a su enrarecimiento, por lo que resulta necesario corregir las lecturas efectuadas teniendo en cuenta: la presión atmosférica, la temperatura, la latitud geográfica (por las variaciones de la gravedad), la humedad atmosférica, etc. Además deberá considerarse la dilatación de la escala con la que se mide la altura de la columna, y la influencia que en las lecturas efectuadas tiene el menisco debido a la capilaridad del tubo.

La nivelación barométrica resulta particularmente útil en tareas de reconocimiento, sobre todo en zonas montañosas donde se hace posible obtener rápida y cómodamente, mediante altímetros y con indeterminación de pocos metros, la cota de numerosos puntos.

Se acostumbra a trabajar con varios altímetros en forma simultánea, de los cuales uno constituye la estación maestra que permanece fija, y los restantes previamente comparados con el primero, son trasladados a los distintos puntos de la zona, realizándose observaciones simultáneas a horas preestablecidas.

Observándose la variación de lecturas en la estación maestra, se corrigen luego las otras determinaciones. Este procedimiento expeditivo supone la homogeneidad de las condiciones atmosféricas en toda la zona de trabajo.

# 7. NIVELACION DE SUPERFICIES

## Nivelación por Mallas (ó Alineamientos paralelos)

Cuando haya que nivelar un terreno de no muy grande extensión y mejor cuando es más o menos plano, como también cuando se necesite calcular movimientos de tierra, con el objeto de efectuar un aplanamiento, puede emplearse el siguiente procedimiento (fig. 174):

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.

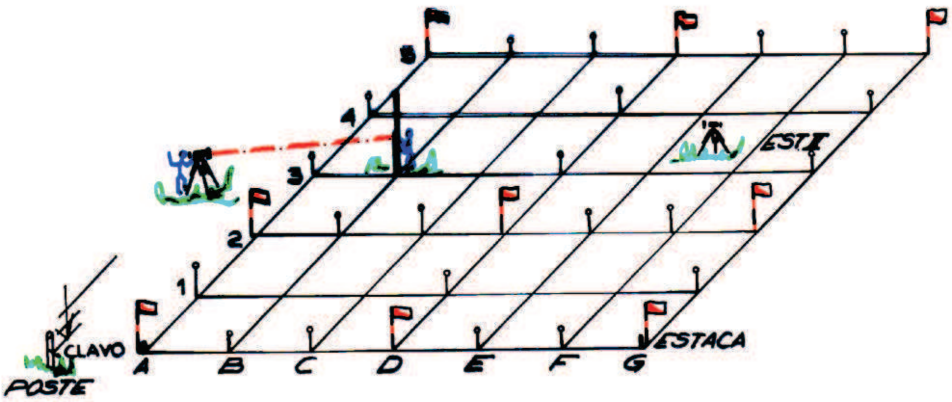



Fig. 174

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.

Se hace entonces estación en un punto interno, se relaciona esta estación a un punto fijo y se manda sucesivamente la mira sobre cada vértice del reticulado, para lo cual el portamira deberá simplemente colocarse en la intersección de dos alineaciones.

## Nivelación 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" (fig. 175)

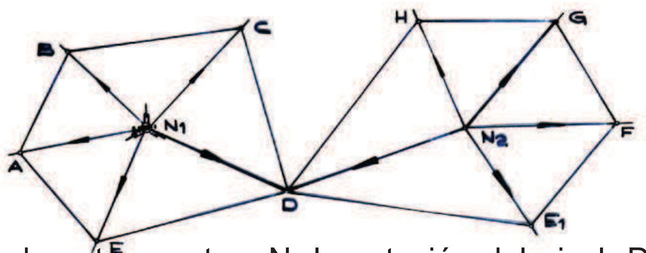



Fig. 175

Sean A B C D E cinco de estos puntos, $N_1$ la estación del nivel. Desde $N_1$ dirigimos visuales a dichos puntos y leemos sus alturas de mira. Nivelados estos puntos, se prolonga la nivelación llevando el nivel a un punto $N_2$, 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 VISADOS | LECTURAS DE HILOS DEL NIVEL SUPERIOR / INFERIOR | MEDIO | ANGULO Acimutal z ° ' | DISTANCIA (Hs-Hi) x100 (m) | COTAS PLANO VISUAL (m) | COTAS (m) | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | x,xxx<br>x,xxx | 1,20 | xx°xx' | xxx | | 10,00 | Punto Fijo |
| | B | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | t.n. |
| N1 | C | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | 11,20 | xx,xx | t.n. |
| | E | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | t.n. |
| | D | x,xxx<br>x,xxx | 1,80 | xx°xx' | xxx | | 9,40 | P.P. (punto de paso) |
| | D | x,xxx<br>x,xxx | 0,925 | xx°xx' | xxx | | 9,40 | P.P. (punto de paso) |
| | E1 | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | |
| N2 | F | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | 10,325 | xx,xx | |
| | G | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | |
| | H | x,xxx<br>x,xxx | x,xxx | xx°xx' | xxx | | xx,xx | |

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 (fig. 176), que: $C_{pv} = C_A + a_1$

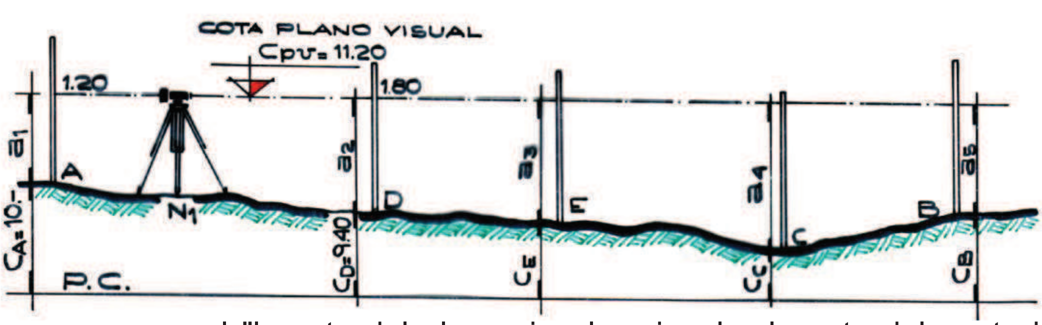



Fig. 176

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 (fig. 177):

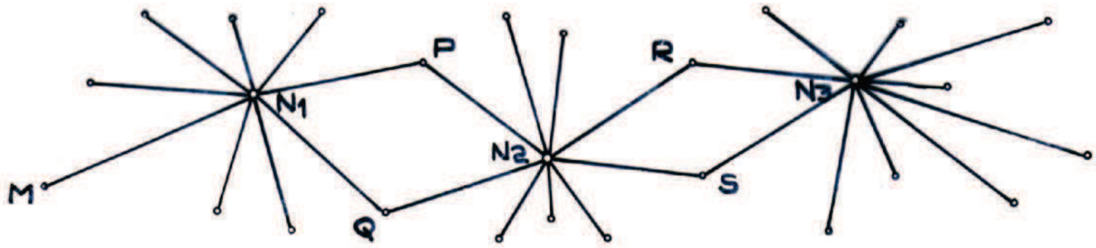



Fig. 177

Se hacen varias estaciones de radiación $N_1$, $N_2$, $N_3$, ..., 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.

## 8. MEDICION DE ALTURAS INACCESIBLES

Puede ocurrir que en un relevamiento deseemos conocer la altura de algún elemento del terreno como ser mástiles, tanques de agua elevados, torres de alta tensión, etc., los cuales son imposibles de medir en forma directa.
La medición se realiza con teodolito y cintas y pueden presentarse dos casos:
a) Base de la torre accesible (figs. 178 y 179).
El doble estacionamiento del teodolito, en los puntos C y D se efectúa al sólo efecto de obtener por doble observación y cálculo, un control del resultado operativo, promediándose ambos valores finales.
Se procede a marcar con estacas los puntos estación y desde los mismos, con cinta métrica, se miden sus distancias al pié de la torre. Luego, con el teodolito en C y D sucesivamente, se miden los ángulos $\alpha$ y $\beta$ formados por la horizontal trazada por el centro del teodolito en los planos C'A'B y D'A"B con los rayos visuales C'B y D'B dirigidos a la cúspide de la torre.

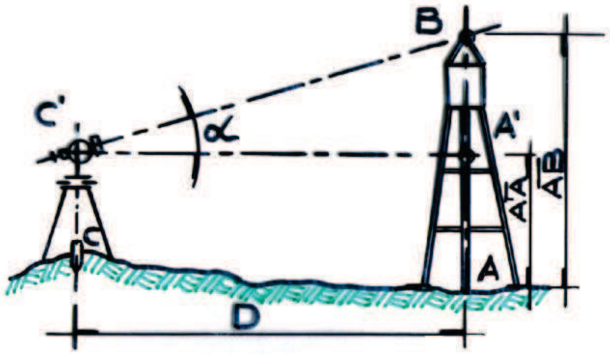



Fig. 178

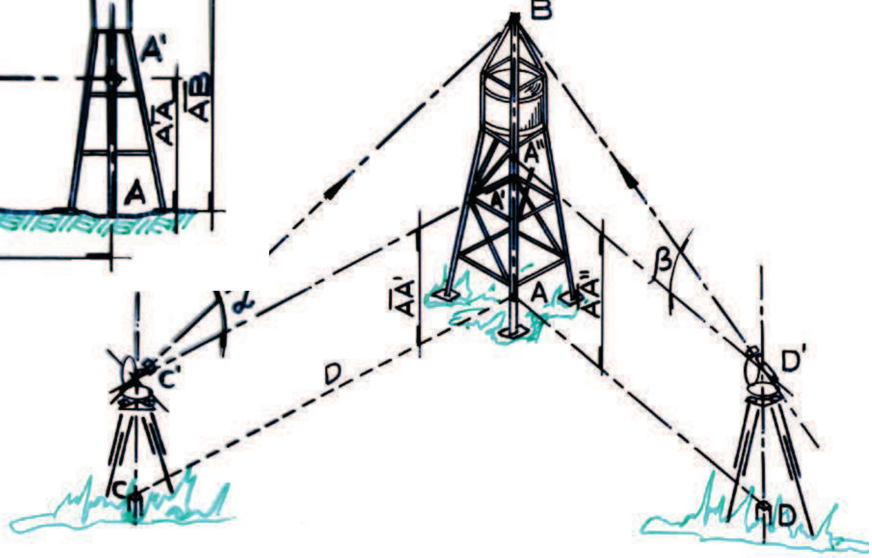



Fig. 179

Luego de medir el ángulo en cada una de las estaciones y antes de trasladar el instrumento colocamos una mira de nivelación o en su defecto un metro y medimos la distancia entre A' y A y la distancia A"A. Finalmente obtenemos la altura de la torre mediante:

$$AB = A'A + D.tg\,\alpha = A''A + D'.tg\,\beta$$

b) <u>Base de la torre inaccesible</u> (fig. 180)

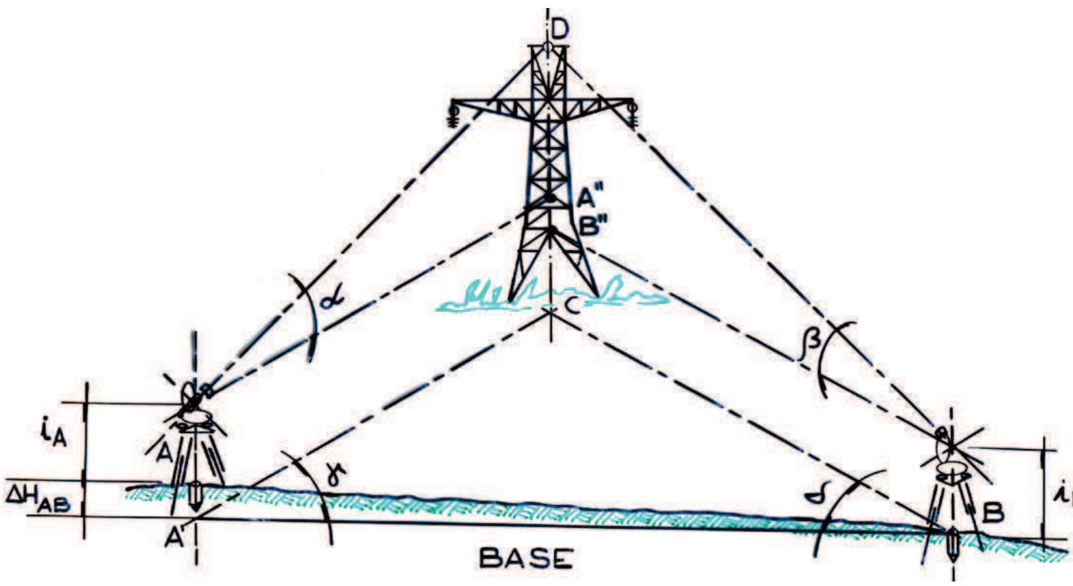



Fig. 180

En este caso no se obtiene directamente la altura de la torre pero sí su cota referida a cualquiera de los puntos utilizados como estación o a un plano de referencia previamente adoptado.

Primeramente se mide la línea de base AB, y mediante una nivelación geométrica sencilla se obtiene el desnivel entre los puntos A y B, y a continuación se calcula la distancia horizontal A'B.

Desde la estación A se miden los ángulos, de altura $\alpha$ y horizontal $\gamma$. También se toma altura del instrumento ($i_A$).
Desde B se miden: el ángulo de altura $\beta$ y el ángulo horizontal $\delta$ y además la altura del instrumento ($i_B$).
Con los datos obtenidos en el terreno se puede resolver el triángulo A'CB por medio del teorema del seno, obteniendo la longitud de los lados A'C y CB con los cuales y los ángulos de altura podemos conocer A"D y B"D.
Finalmente la cota del punto superior de la torre será:

$$\text{Cota D} = 1/2. (\text{Cota A} + iA + A''D + \text{Cota B} + iB + B''D)$$

Este método de nivelación se lo conoce como **NIVELACION TRIGONOMETRICA**.