

AULA D'ARQUITECTURA

Joan Xiqués Lluitjós
Jordi Xiqués Triquell

Topografia i replantejaments II

EDICIONS UPC

Topografia i replantejaments II

Joan Xiqués Llitjós
Jordi Xiqués Triquell

Topografia i replantejaments II

Primera edició: febrer de 1995
Segona edició: setembre de 1996
Tercera edició: febrer de 2001

Aquest llibre s'ha publicat amb la col·laboració
del Comissionat per a Universitats i Recerca i del Departament
de Cultura de la Generalitat de Catalunya.

En col·laboració amb el Servei de Llengües i Terminologia de la UPC

Disseny de la coberta: Manuel Andreu

© Els autors, 1995

© Edicions UPC, 1995
Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL
Jordi Girona Salgado 31, 08034 Barcelona
Tel.: 934 016 883 Fax: 934 015 885
Edicions Virtuals: www.edicionsupc.es
A/e: edicions-upc@upc.es

Producció: CPET (Centre de Publicacions del Campus Nord)
La Cup. Gran Capità s/n, 08034 Barcelona

Dipòsit legal: B-6.871-2001
ISBN: 84-8301-458-0
ISBN Obra completa: 84-8301-457-2

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del copyright, sota les sancions establertes a la llei, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment, inclosos la reprografia i el tractament informàtic, i la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec públics.

Presentació

Topografia i replantejaments II és una continuació de *Topografia i replantejaments I*.

Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL, editora del llibre, va aconsellar que l'obra constés de dos volums.

En aquesta segona part es desenvolupa l'altimetria, que simultàniament amb la planimetria, tractada a la primera part, ens aporta els coneixaments necessaris sobre el procés de confecció d'un pla topogràfic, que és la finalitat d'aquesta obra.

S'ha procurat tractar els diferents temes amb la màxima claredat i precisió.

Quan l'alumne hagi assimilat aquesta part del llibre, podrà tenir una visió global de l'assignatura Topografia i Replantejaments.

Per millorar la comprensió dels temes, s'adjunten a cada un d'ells problemes i exercicis resolts, tant numèrics com gràfics.

L'últim capítol del llibre consta de 34 problemes no resolts sobre totes les matèries que s'han exposat en aquesta segona part de l'obra.

Índex

1 Altimetria

1.1	Superfície de nivell, cota, altitud i desnivell	11
1.2	Anivellació	12
1.3	L'anivellació geomètrica	12
1.4	Esquema d'un nivell equialtimètric	13
1.5	Tipus de nivell antics i moderns	14
1.6	Referències de nivell	20

2 Anivellació geomètrica simple

2.1	Error sistemàtic de l'aparell	24
2.2	Mètode del punt mitjà	25
2.3	Anivellació geomètrica composta	26
2.4	Precaucions que cal prendre	27
2.5	Tolerància	28

3 Itineraris altimètrics

3.1	Mètode d'itinerari tancat	31
3.2	Mètode d'itinerari enquadrat	31
3.3	Exercici resolt d'itinerari tancat	31
3.4	Exercici resolt d'itinerari enquadrat	33
3.5	Anivellació doble	35

4 Anivellació trigonomètrica

4.1	Casos que es poden presentar	37
4.2	Anàlisi	39
4.3	Càlcul de la tangent	41

5 Exercici resolt d'anivellació tancada

5.1	Dades de camp	44
5.2	Càlcul de la llibreta i dels desnivells	45
5.3	Compensació dels desnivells i càlcul de les cotes definitives	46

6 Exercici resolt d'anivellació enquadrada

6.1	Dades de camp	49
6.2	Càlcul de la llibreta i dels desnivells	50
6.3	Compensació dels desnivells i càlcul de les cotes definitives	51
6.4	Diferents sistemes de compensar les cotes definitives	52
6.4.1	Taula de llibreta taquimètrica calculada, amb els desnivells que s'analitzaran	52
6.4.2	Proporcional als desnivells	52
6.4.3	Proporcional a les distàncies	53
6.4.4	Proporcional a les discrepàncies entre els desnivells recíprocs	54
6.4.5	Resum dels tres mètodes per a la compensació de cotes definitives	55

7 Confecció de plans. Radiació

7.1	Altimetria de les radiacions	57
7.2	Exercici numèric resolt	59

8 Característiques i interpolació de les corbes de nivell

8.1	Graduació d'una recta	61
8.2	Interval	61
8.3	Interpolació de punts de cota sencera	62
8.4	Mètode gràfic	63
8.5	Equidistància	64
8.6	Exemple d'interpolació	64
8.7	Exercici resolt	65

9 Característiques de les corbes de nivell

10 Lliurament de talussos artificials d'obra amb el terreny

10.1	Graduació d'un pla	71
10.2	Intersecció de plans geomètrics	72
10.3	Intersecció d'un pla geomètric amb el terreny	74
10.4	Exercici resolt del lliurament dels talussos artificials d'una plataforma amb la superfície del terreny	75

10.5	Un altre exercici resolt, de característiques totalment diferents	78
11	Camins amb pendent	
11.1	Pendent de les generatrius d'un con recte	83
11.2	Aplicació a camins amb pendent	85
11.3	Resolució d'un problema amb un camí amb pendent	86
12	Perfils longitudinals	
12.1	Confecció d'un perfil longitudinal	91
12.2	Numeració de les alineacions	95
13	Perfils transversals	
13.1	Confecció dels perfils transversals	97
13.2	Components d'un perfil transversal	99
13.3	Intercalació de perfils transversals	100
13.4	Cubicació de terres	102
14	Cubicació de terres. Altres sistemes	
14.1	Mètode per seccions horitzontals	105
14.2	Mètode per quadrícula	106
14.3	Variante del mateix mètode	107
14.4	Mètode per seccions verticals	108
15	Càlcul de rasants i cotes	
16	Càlcul d'àrees	
16.1	Mètode de descomposició en triangles	113
16.2	Mètode de base per altura	114
16.3	Mètode d'abscisses i ordenades	116
16.4	Mètode de coordenades cartesianes	117
16.5	Mètode de coordenades polars amb l'estació a l'interior del polígon	118
16.6	Mètode de coordenades polars amb l'estació a l'exterior del polígon	120
16.7	Àrees de contorn curvilini	121
16.8	Fórmula de Bezout	121
16.9	Fórmula de Simpson	122
16.10	Fórmula de Poncelet	124

16.11	Exemple de comprovació	125
17	Aparells per calcular àrees	
17.1	Planímetre mecànic	127
17.2	Planímetre electrònic digital PLANIX 7	128
17.3	Planímetre electrònic digital X-PLAN 360 d	129
18	Replantejament d'obres	
18.1	Exemple de replantejament de tres punts	131
18.2	Replantejament dels fonaments d'una edificació	132
18.3	Replantejament d'una excavació	135
19	Replantejament de corbes horitzontals d'enllaç	
19.1	Càlcul dels elements d'una corba	139
19.2	Mètode de coordenades a la tangent	144
19.3	Mètode de coordenades a la tangent fixant la magnitud de la corda	145
19.4	Mètode de coordenades a la tangent fixant l'arc i utilitzant taules	146
19.5	Canvi d'estació d'un replantejament	148
19.6	Canvis d'estació realitzats a l'exemple anterior, calculat per taules	149
19.7	Mètode de la corda prolongada o de desviaments successius	150
19.8	Mètode de la corda i de la fletxa	152
19.9	Mètode d'angles tangencials	153
19.10	Mètode de coordenades polars	156
19.11	Mètode compost dels mètodes d'angles tangencials i de coordenades polars	157
19.12	Mètode de bisecció (intersecció angular)	158
20	Replantejament d'acords verticals	
20.1	Exposició teòrica	161
20.2	Exemple numèric resolt	163
21	Problemes per resoldre	

1 Altimetria

1.1 Superfície de nivell, cota, altitud i desnivell

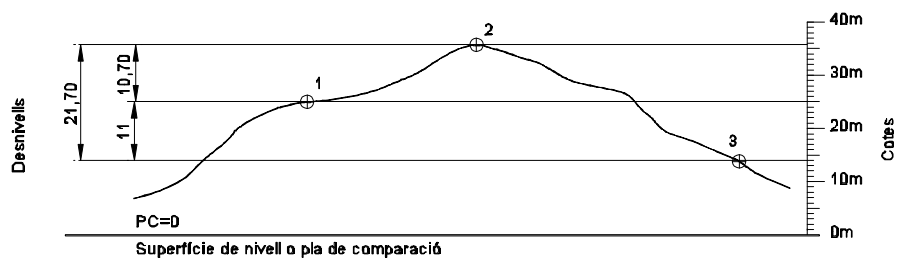


Fig. 1.1

Amb aquest tema entrem a la part de l'altimetria, que és tan important com la de la planimetria, ja que totes dues es complementen per donar lloc a la taquimetria.

L'*altimetria* és la tercera dimensió del pla topogràfic.

Superfície de nivell

És el pla de comparació o superfície on es compara l'altura a què es troben, respecte d'aquest, els diferents punts.

A la figura 1.1 es pot observar com s'ha assignat a aquest pla de comparació (PC) el valor de 0 m.

Veiem, doncs, que el punt 1 és a una altura de 25,00 m sobre aquest pla: això és la cota d'aquest punt.

El punt 2 és a una cota de 35,70 m sobre el PC i el punt 3 té una cota de 14,00 m.

És comprensible que, si haguéssim assignat un altre valor al PC, les cotes dels punts 1, 2 i 3 haurien estat unes altres, amb una diferència igual a la variació del PC.

Altitud

És un concepte que apareix quan el PC no és arbitrari, sinó que és la cota geogràfica zero del nivell mitjà del mar a Alacant. Aleshores totes les altituds estan referides a aquest pla de comparació inamovible.

Desnivell

Un altre concepte que s'ha de tenir en compte és el desnivell entre dos punts, que no és altra cosa que la diferència de cotes d'altitud o arbitràries entre dos punts (Fig. 1.1).

El desnivell entre dos punts és el mateix, tant si aquests punts tenen cota arbitrària o d'altitud.

1.2 Anivellació

És el procediment que se segueix per donar la cota arbitrària o d'altitud, a diversos punts, partint d'un punt amb una cota definitiva coneguda.

Hi ha dos tipus d'anivellació: l'*anivellació geomètrica* i l'*anivellació trigonomètrica*.

1.3 L'anivellació geomètrica

És el mètode seguit quan volem obtenir cotes arbitràries o d'altitud de gran precisió.

En aquest tipus d'anivellació hem d'aconseguir una precisió de mil·límetres i, de vegades, fins s'arriba a mitjos mil·límetres.

1.4 Esquema d'un nivell equialtimètric

Per operar amb l'anivellació geomètrica, ens valem de l'aparell anomenat *nivell equialtimètric*, que correntment s'anomena simplement *nivell*.

A la figura 1.2 es pot veure l'esquema d'un nivell equialtimètric.

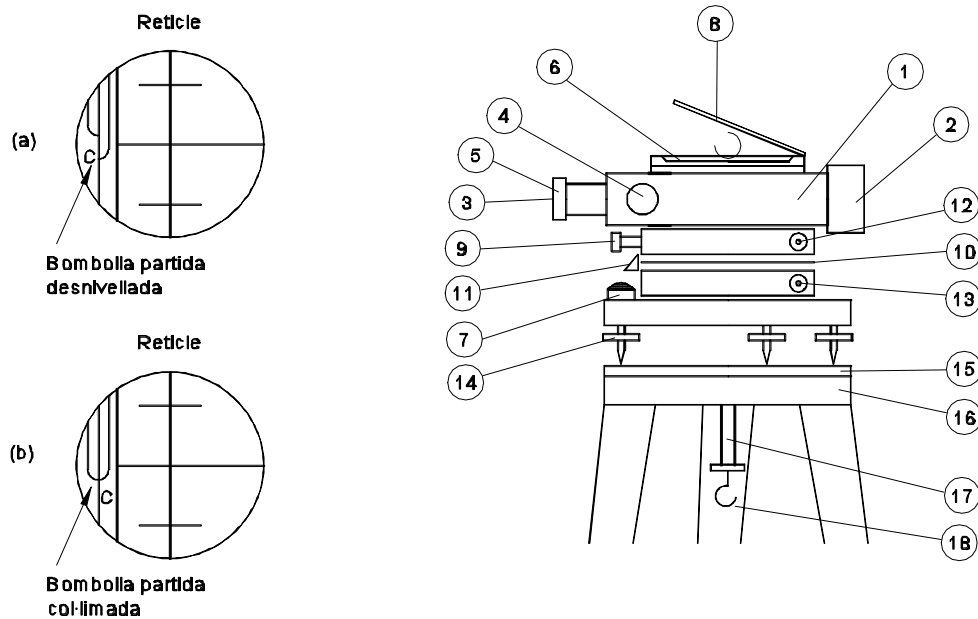


Fig. 1.2

- | | |
|--|---|
| 1. ullera | 9. cargol de col·limació |
| 2. objectiu | 10. limbe horitzontal |
| 3. ocular | 11. lector prismàtic del limbe horitzontal |
| 4. enfocament de la ullera | 12. cargol de fixació del limbe horitzontal |
| 5. enfocament del reticle | 13. cargol micromètric de l'anterior |
| 6. nivell tubular de precisió de la ullera | 14. cargols d'anivellació de l'aparell |
| 7. nivell esfèric de preanivellament de la base de l'aparell | 15. base de l'aparell |
| 8. mirall per facilitar la visió del nivell de la ullera | 16. base del trípod |
| | 17. fixació de l'aparell al trípod |
| | 18. enganxall de la plomada |

A través de l'ocular es veu la bombolla partida quan l'aparell no està ben anivellat (Fig. 1.2.a).

Amb el cargol de col·limació s'ajusta la bombolla tal com s'indica a la figura 1.2.b.

La col·limació del nivell tubular s'ha de fer cada vegada, abans de realitzar la lectura de mira, amb el fil central horitzontal del reticle: el fil C (Fig. 1.2.b).

1.5 Tipus de nivell antics i moderns

A la figura 1.3 es representa un nivell model Troughthon de l'any 1890. Aquests nivells tenien una ullera de gran augment i un nivell de bombolla d'un radi de 10 a 60 m, segons el model i la sensibilitat que es desitgés tenir.

Se'ls anomenava nivells de pla, ja que amb els seus tres cargols anivelladors l'aparell s'anivellava com si fos un taquímetre i ja no es podia corregir; quan es girava la ullera sobre l'eix vertical, determinava un pla horitzontal en tots els sentits.

Aquest tipus de nivell no és el més idoni per a treballs de precisió.

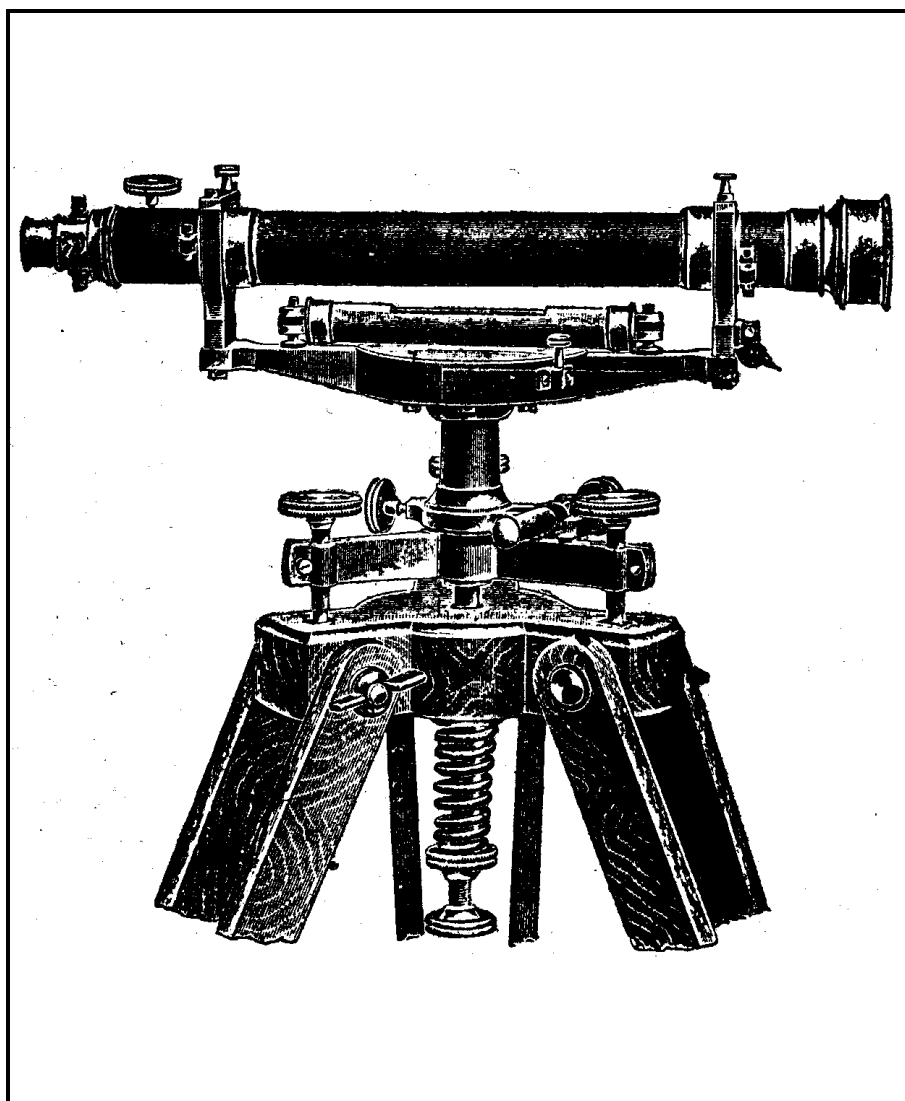


Fig. 1.3

A la figura 1.4 es presenta un nivell dels anys 1940-1950, de la casa Wild, molt perfeccionat per ser antic.

Es tracta d'un nivell anomenat *de línia*. Aquest nivell s'anivella amb els seus tres cargols anivelladors com l'altre, però cada vegada que es fa punteria dins la mira, abans de llegir-la es corregeix el nivell amb un cargol anomenat *de col·limació* i mirant la bombolla partida. Per l'ocular que hi ha al costat del cargol s'aconsegueix centrar la bombolla en aquella direcció.

Això es repeteix cada vegada que visem un punt fent la col·limació en la direcció determinada. És per això que s'anomena *nivell de línia*.

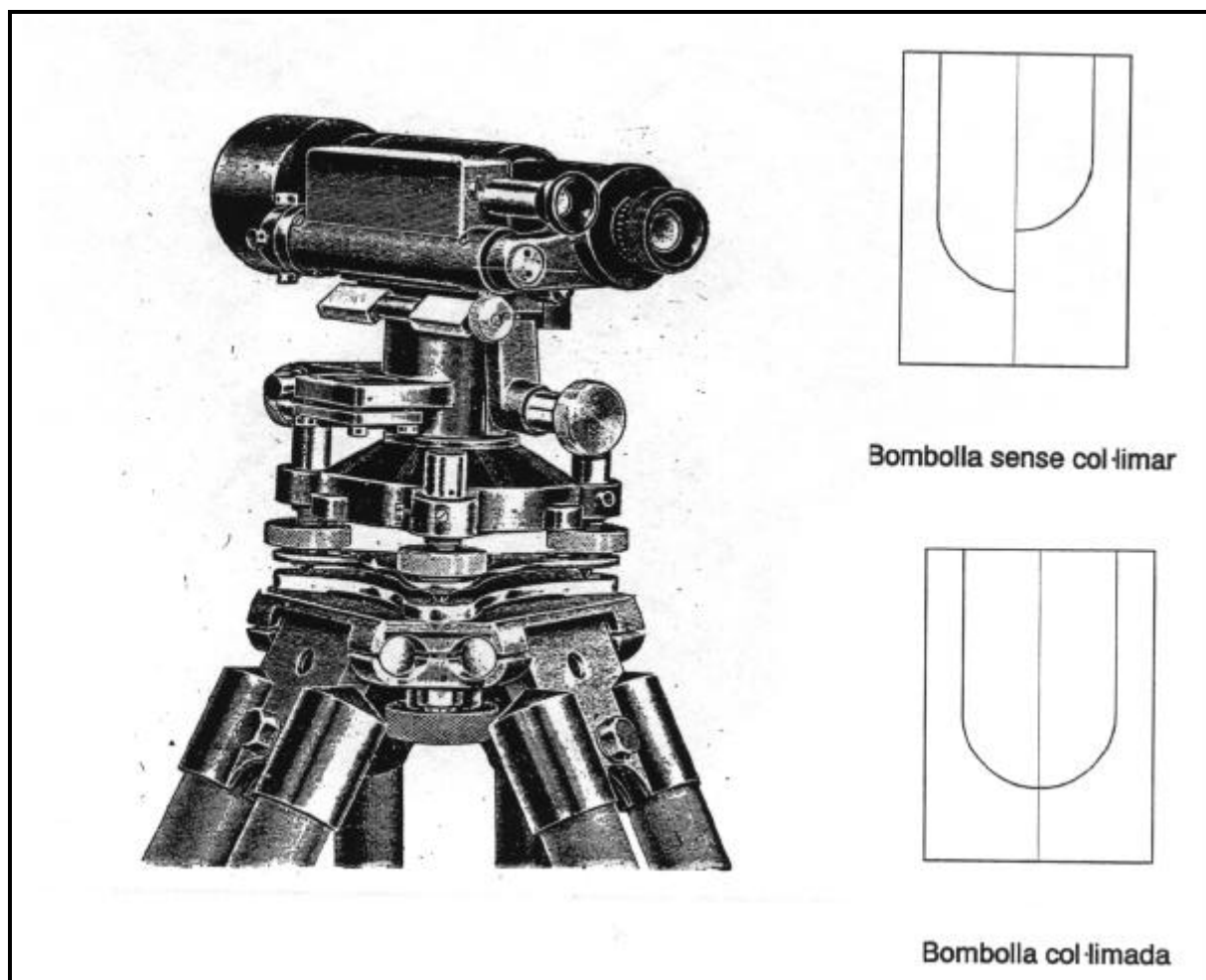


Fig. 1.4

A la figura 1.5 tenim el nivell de línia Wild de la casa Leica España, amb tots els avenços tècnics incorporats, com, per exemple, l'horitzontalitat automàtica quan està en línia i una secció convencional del seu interior.



Fig. 1.5

A la figura 1.6 veiem un nivell Topcon AT-F1A de les mateixes característiques que l'anterior. A la pàgina següent teniu una vista interior dels seus mecanismes, per donar una idea de la complexitat òptica que arriba a tenir (Fig. 1.7).



Fig. 1.6

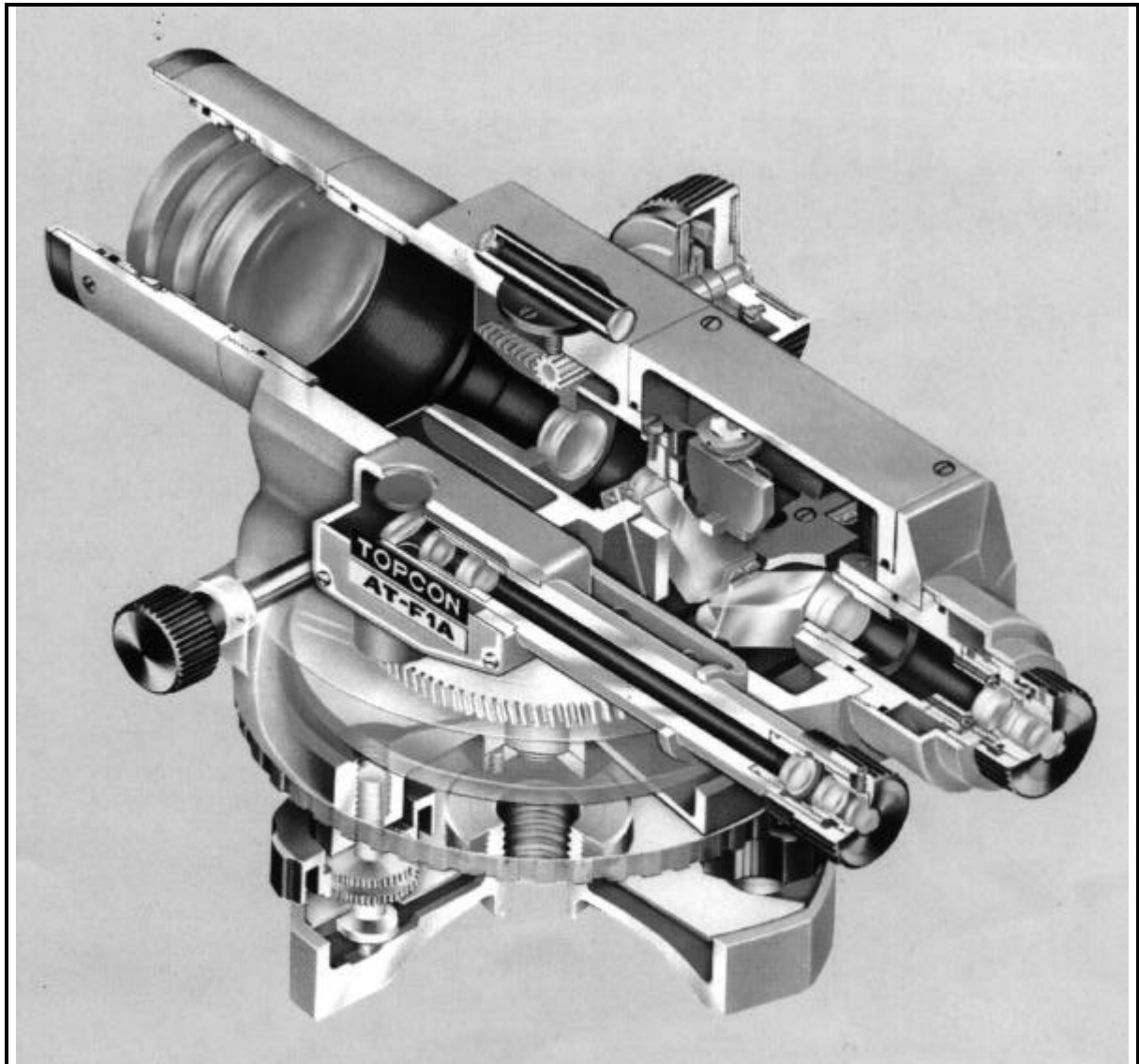


Fig. 1.7

A la figura 1.8 podeu veure la il·lustració d'un nivell AL-M2C, de la casa Pentax.

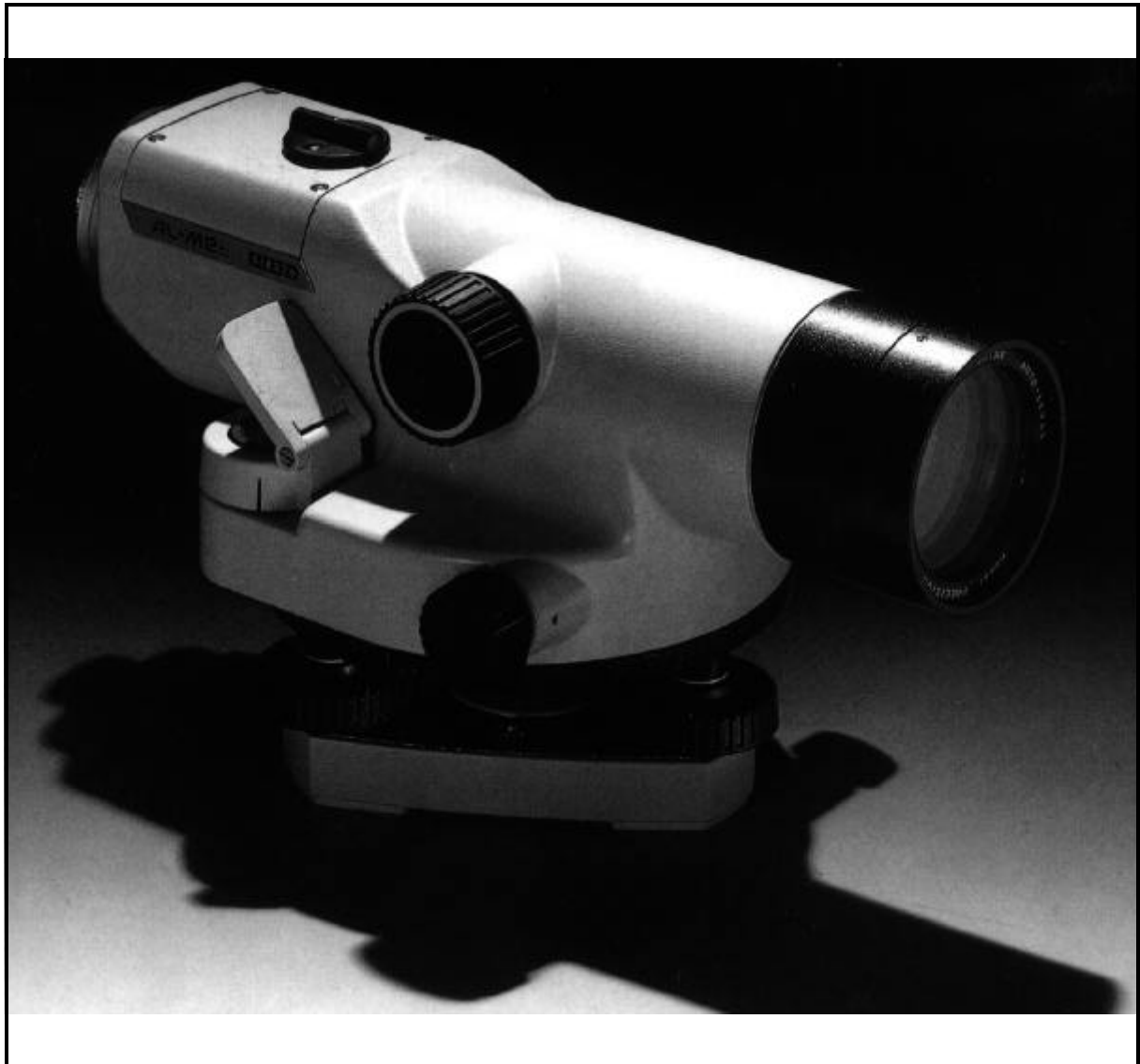


Fig. 1.8

1.6 Referències de nivell

L'anivellació és un procés topogràfic per donar la cota d'altitud a uns punts determinats.

Per aquests treballs d'anivellació a vegades partim d'una referència de nivell de cota coneguda i hem de donar la cota a punts fixos, per la qual cosa és necessari col·locar uns claus especials amb número d'identificació i cota d'altitud.

Aquests claus o referències de nivell s'han de cossolar perquè romanguin sempre disponibles.

A la figura 1.9 es presenten diferents tipus de claus per a referències de nivell.



Fig. 1.9

A la figura 1.10 es pot veure una col·lecció de punxons amb els números del 0 al 9 per poder gravar la cota corresponent al clau.

A la figura 1.11 es poden observar diferents formes de situar les referències de nivell.



Fig. 1.10

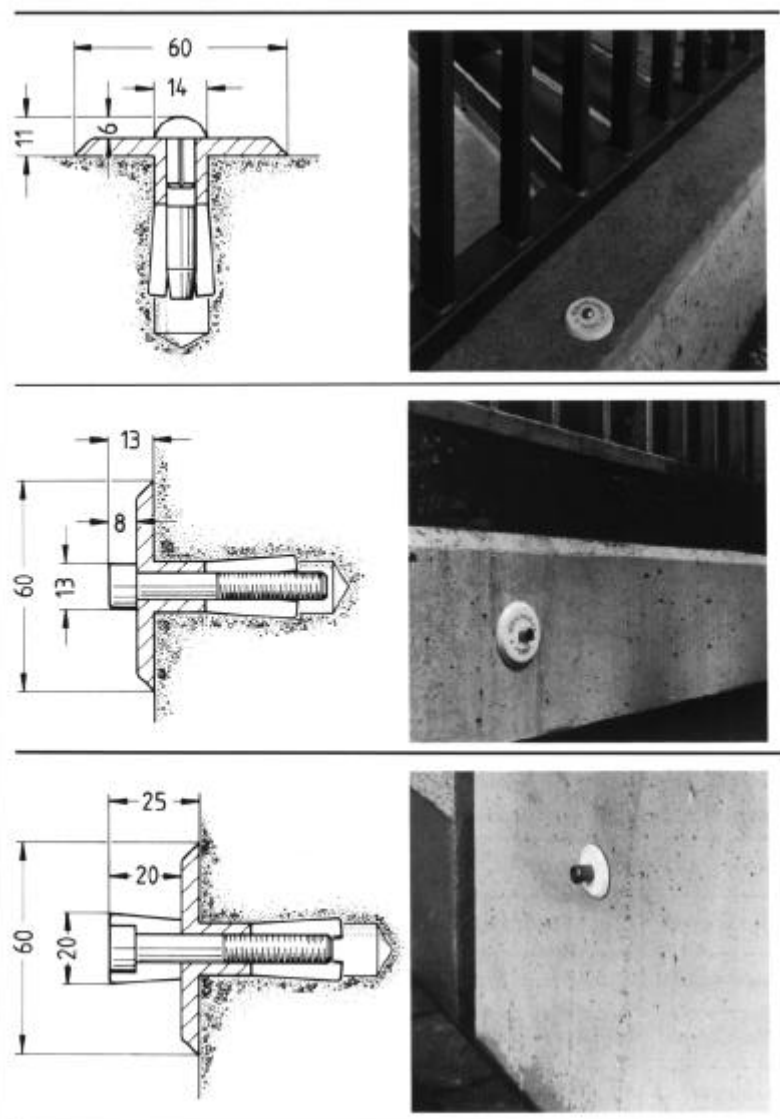


Fig. 1.11

2 Anivellació geomètrica simple

L'anivellació simple és trobar el desnivell entre dos punts:

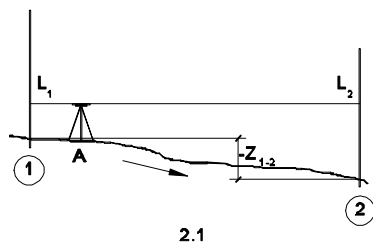


Fig. 2.1

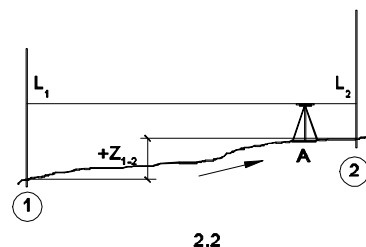


Fig. 2.2

La ullera, quan està col·limada, traça un pla perfectament horitzontal i determina amb el fil horitzontal del reticle unes interseccions a les mires col·locades en els dos punts 1 i 2, que són les lectures de mira L_1 i L_2 .

La lectura del punt 1, L_1 , menys la lectura del punt 2, L_2 , ens dóna el valor del desnivell $Z_{1,2}$, que en aquest cas es veu clar que és de baixada, és a dir, negatiu, ja que $L_1 < L_2$ (Fig. 2.1).

$$L_1 - L_2 = -Z_{1,2}$$

En el cas de la figura 2.2, tenim que $L_1 - L_2 = +Z_{1,2}$, ja que el desnivell és de pujada, o positiu, i es pot comprovar que $L_1 > L_2$. En conseqüència,

$$L_1 - L_2 = +Z_{1,2}$$

Els desnivells que hem trobat són relatius, ja que si des del punt 1 fins al punt 2 és positiu, des del punt 2 fins al punt 1 és negatiu, i viceversa.

Això obliga a donar un sentit a l'anivellació, tal com indiquen les fletxes de les figures 2.1 i 2.2, per tal de poder fixar el signe corresponent a cada desnivell.

2.1 Error sistemàtic de l'aparell

Pot ocórrer que el nivell tingui un error, de manera que, tot i que la ullera estigui ben col·limada, pot experimentar una petita desviació angular, amb la qual cosa transmet un error sistemàtic, ja que aquest angle d'error és constant.

Observeu la figura 2.3, en la qual analitzarem els efectes d'aquesta desviació d'horitzontalitat.

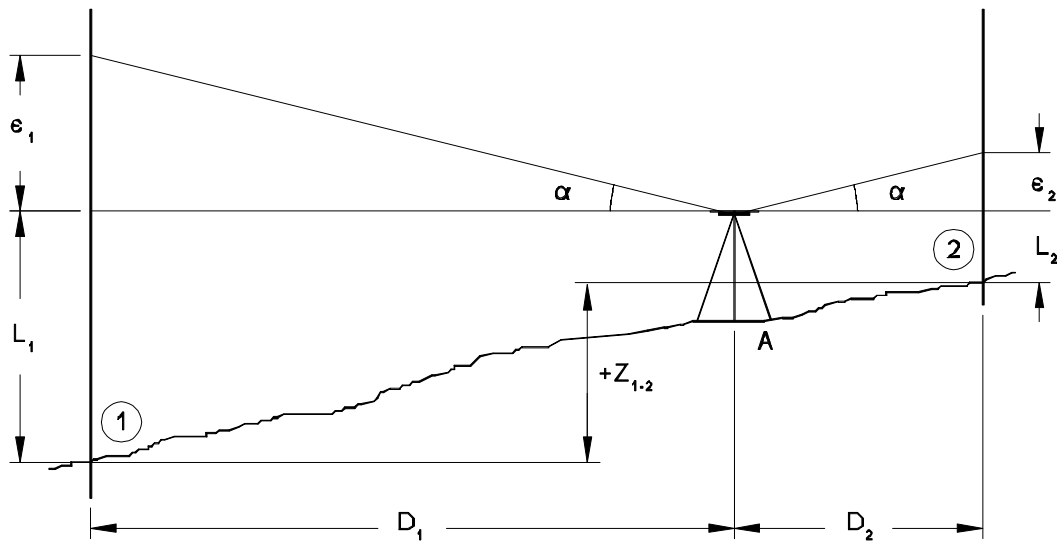


Fig. 2.3

La desviació angular, α , del nivell produeix un error de lectura ϵ_1 en el punt 1 i un error ϵ_2 en el punt 2.

L'error α és sistemàtic. És a dir, sempre és el mateix, es giri cap a on es giri la ullera, però com que la distància de cada punt a l'aparell és diferent, $D_1 > D_2$, produeix errors diferents, és a dir, $\epsilon_1 > \epsilon_2$, amb la qual cosa tenim

$$Z_{1,2} = (L_1 + \epsilon_1) - (L_2 + \epsilon_2) = L_1 + \epsilon_1 - L_2 - \epsilon_2 = (L_1 - L_2) + (\epsilon_1 - \epsilon_2)$$

Com que $\epsilon_1 > \epsilon_2$, queda un error sumat al desnivell, ja que, essent $\epsilon_1 - \epsilon_2 = n$, tenim que $Z_{1,2} = (L_1 - L_2) + n$.

Per evitar aquest error, hem de variar els procediments. El millor de tots és el *mètode del punt mitjà*, que és el que exposem a continuació i el que aconsellem que s'utilitzi.

2.2 Mètode del punt mitjà

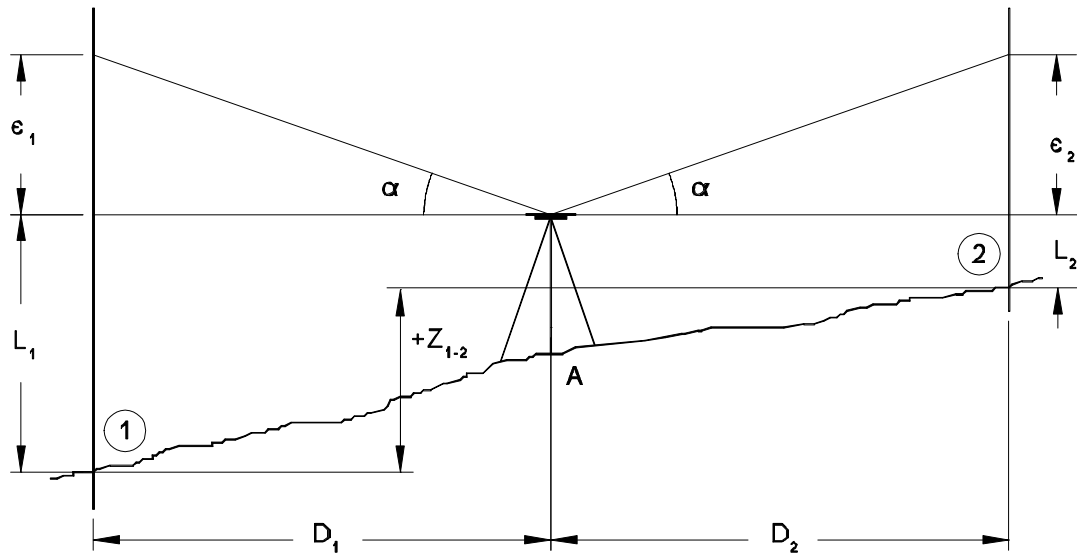


Fig. 2.4

D'entrada, aquest mètode condiona que D_1 sigui igual que D_2 .

L'error angular sistemàtic és α , però com que $D_1 = D_2$, l'error en L_1 i L_2 és el mateix, és a dir, $\epsilon_1 = \epsilon_2$ (Fig. 2.4).

$$Z_{1.2} = (L_1 + \epsilon_1) - (L_2 + \epsilon_2) = L_1 + \epsilon_1 - L_2 - \epsilon_2 = (L_1 - L_2) + (\epsilon_1 - \epsilon_2)$$

però $\epsilon_1 = \epsilon_2$; en conseqüència $\epsilon_1 - \epsilon_2 = 0$, amb la qual cosa

$$+Z_{1.2} = L_1 - L_2$$

L'error queda absorbit per aquest mètode del punt mitjà.

En aquesta figura (Fig. 2.4), l'error ϵ s'ha exagerat molt perquè es pugui apreciar bé com influeix en les lectures de mira.

Quan es parla de punt mitjà, això no vol dir que el nivell hagi d'estar rigorosament en el punt mitjà de la distància del punt 1 al punt 2, sinó que fa referència al fet que hi hagi sensiblement la mateixa distància des del nivell fins al punt 1, que des del nivell fins al punt 2.

Si els punts que s'han d'anivellar són els punts 1 i 2 (Fig. 2.5) el nivell pot ocupar qualsevol de les posicions A, B, C, D, E, etc.

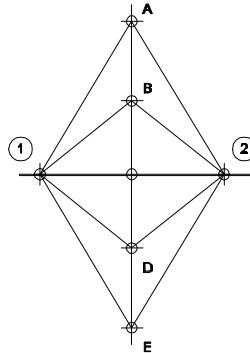


Fig. 2.5

Aquesta distància tampoc no s'ha d'amidar amb una exactitud extrema, sinó que n'hi ha prou a comptar les passes que hi ha de l'aparell a cada punt, o de situar-lo a simple vista en una posició equidistant entre els dos punts.

2.3 Anivellació geomètrica composta

Hem vist com es troba el desnivell entre dos punts relativament propers, però aquesta operació d'anivellació simple es practica poques vegades, ja que el tipus d'anivellació de precisió que es necessita quasi sempre consisteix en un itinerari d'anivellació composta per donar la cota de precisió a diversos punts, o en el trasllat de cota d'una referència de nivell existent a un lloc on s'hagin d'iniciar unes obres i es necessiti partir de cotes d'altitud.

La figura 2.6 mostra un exemple d'anivellació composta o d'itinerari altimètric d'anivellació geomètrica.

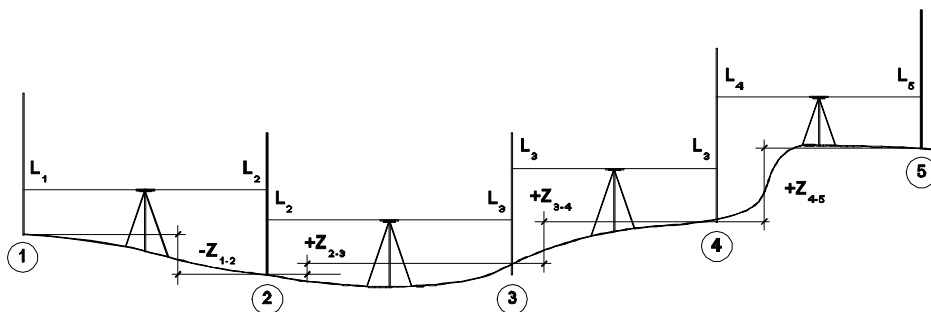


Fig. 2.6

En aquesta figura queda ben clara l'anivellació composta.

Es van trobant els desnivells del punt 1 al 2, del 2 al 3, del 3 al 4 i del 4 al 5.

S'inicia la lectura L_1 , que és la d'esquena al punt 1 segons el sentit de l'itinerari; després la lectura L_2 , de cara al punt 2; després es canvia l'aparell de posició i es col·loca entre el punt 2 i el 3. La mira de 2 no es mou i la mira d'1 passa a 3. En aquesta posició es llegeix L_2 d'esquena al 2 i L_3 de cara al 3, etc.

2.4 Precaucions que cal prendre

Ja hem dit que l'anivellació geomètrica és d'alta precisió. Per tant, és necessari prendre totes les precaucions perquè el resultat sigui bo.

1a precaució

Utilitzar un bon nivell de línia, si pot ser amb visió de la bombolla partida i amb cargol de col·limació.

2a precaució

Practicar l'anivellació a distàncies curtes, no superiors a 20 m, entre l'aparell i la mira, per assegurar una bona lectura de mira.

3a precaució

Utilitzar una mira de nivell graduada en mil·límetres dobles, cosa que assegura una interpolació més fàcil del fil horitzontal del reticle amb la mira.

4a precaució

Col·locar un nivell esfèric a la mira, per mantenir-hi en tot moment una verticalitat perfecta (Fig. 2.7 i 2.8).

Si la mira perd verticalitat a la dreta o a l'esquerra respecte del nivell, el topògraf se n'adona i pot rectificar la posició, però si la falta de verticalitat és cap endavant o cap endarrere respecte de l'eix de la ullera, el topògraf no se n'adona i aleshores pot fer lectures errònies. És per això que és imprescindible la presència del nivell esfèric a la mira.

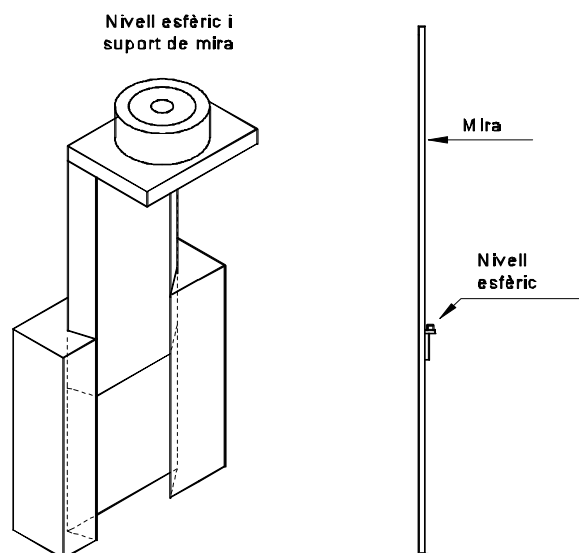


Fig. 2.7



Fig. 2.8

5a precaució

En l'anivellació composta o itinerari, les dues mires van canviant la posició alternativament, i la que no es mou ha de realitzar un gir al voltant del seu eix per estar de cara a la nova posició de la mira. En aquest gir, hi ha el perill que la mira, si està recolzada en un terreny accidentat, pugi o baixi uns mil·límetres, distància suficient per alterar la precisió que perseguim.

Això s'evita utilitzant un pivot a la mira i una placa de recolzament. Aquesta placa es clava en el terreny a cada punt on s'hagi de col·locar la mira (Fig. 2.9 i 2.10).

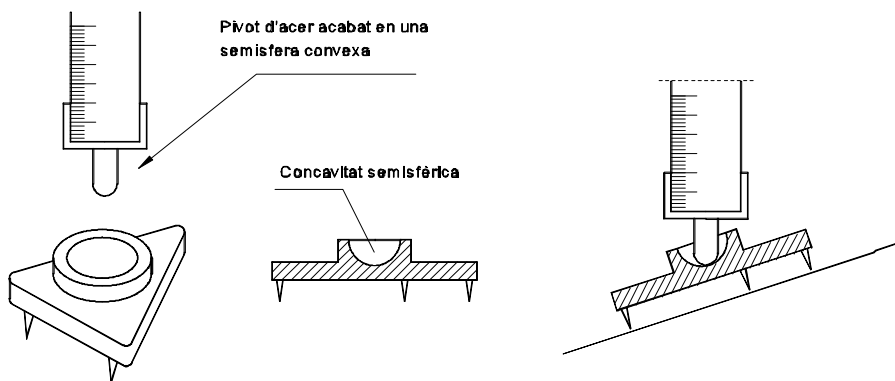


Fig. 2.9

La placa de recolzament es clava en el terreny i el pivot es recolza a la part més profunda de la concavitat, de manera que pot girar lliurement sense perill que es produeixi cap desplaçament.

6a precaució

És absolutament necessari que ens sotmetem a l'exigència d'una tolerància que ens controli els errors, i que ens permeti acceptar o rebutjar el resultat del nostre treball.



Fig. 2.10

2.5 Tolerància

$$E_C = E_K \cdot \sqrt{K}$$

E_C = error màxim que es pot cometre (tolerància)

E_K = error quilomètric, per a l'anivellació de precisió no ha de ser superior a 7 mm.

K = recorregut total en quilòmetres.

Exemple

Considerant $E_K = 7$ mm i un recorregut de 4.600 m, tenim:

$$E_C = 7 \cdot \sqrt{4,6} = 15,01 \text{ mm}$$

La tolerància per a aquest suposat treball seria, doncs,

$E_C = 15 \text{ mm}$

3 Itineraris altimètrics

En l'anivellació geomètrica, quan s'utilitza per al trasllat de cotes des d'una referència de nivell de cota coneguda fins a un lloc de treball, que requereix punts fixos amb cotes de precisió, és necessari utilitzar el mètode d'itinerari, que és l'anivellació composta, que permet de comprovar i de corregir els possibles errors comesos.

3.1 Mètode d'itinerari tancat

Aquest mètode consisteix a partir d'un punt i, després d'haver anat recorrent tots els punts necessaris, tornar al mateix punt de partida.

Això vol dir que partim d'una cota determinada i que després de fer tot el recorregut hi retornem.

3.2 Mètode d'itinerari enquadrat

El concepte d'itinerari enquadrat consisteix a tenir dos punts o referències de nivell, per exemple la M i la N.

Partim de la referència M amb anivellació composta, passant per tots els punts necessaris i tancant el recorregut en la referència N, amb la qual cosa, en el càlcul, hem de partir de la cota de M i hem de tancar-lo amb la cota de N.

A continuació donem un exemple de cada itinerari.

3.3 Exercici resolt d'itinerari tancat

En aquest itinerari tancat (taula 3.1, pàg. següent), s'ha comès un error de 5 mm entre la diferència de la suma de desnivells positius i la de negatius.

S'han calculat 14 desnivells i considerem una mitjana de 40 m de distància horitzontal entre ells, amb la qual cosa tenim:

$$14 \text{ desnivells} \times 40 \text{ m} = 560 \text{ m}$$

Taula 3.1

Punts	Lectura de les mires		Desnivells		Cotes definitives		
	d'esquena	de cara	+	-	Calculades	Correcció	Compensades
1	1,847		0,853		50,000		50,000
2	0,026	0,994		0,846	50,853	0,00036	50,853
3	1,702	0,872			50,007	"	50,006
A	1,004	1,154	0,548		50,555	"	50,554
4	0,661	1,866		0,862	49,693	"	49,692
5	0,262	1,264		0,603	49,090	"	49,088
B	1,357	1,371		1,109	47,981	"	47,979
6	0,404	1,664		0,307	47,674	"	47,672
7	0,842	1,082		0,678	46,996	"	46,993
8	1,208	0,216	0,626		47,622	"	47,619
9	1,644	1,057	0,151		47,773	"	47,769
C	1,301	0,268	1,376		49,149	"	49,145
10	0,221	0,122	1,179		50,328	"	50,324
11	0,425	0,242		0,021	50,307	"	50,302
1		0,727		0,302	50,005	"	50,000
			+4,733				
			-4,728				
					50,000		
			0,005		50,005		
					0,005		

Aplicant la tolerància,

$$E_C = E_K \cdot \sqrt{K}$$

Donant valors tenim

$$E_C = 7 \cdot \sqrt{0,560} = 5,24 \text{ mm}$$

L'error, doncs, de 5 mm, entra dins la tolerància i es pot compensar.

Donem la cota al punt 1 d'origen (cota arbitrària) i calculem les cotes dels altres punts, i observem que entre la cota de partida i la cota d'arribada per al mateix punt 1 hi ha el mateix error de 5 mm, que és tal com ha de ser.

Aquest error es corregeix en parts iguals per a tots els desnivells.

L'error és acumulatiu, tal com s'indica a la columna de correcció. Després es passa a fer el càlcul de les cotes definitives compensades, que s'obtenen sumant o restant (segons que l'error sigui per defecte o per excés) la correcció a les cotes calculades.

3.4 Exercici resultat d'itinerari enquadrat

Taula 3.2

Punts	Lectura de les mires		Desnivells		Cotes definitives		
	d'esquena	de cara	+	-	Calculades	Correcció	Compensades
RN. 120	1,024		0,762		126,142		126,142
1	1,862	0,262			126,904	0,000266	126,904
2	0,801	0,844	1,018		127,922	"	127,921
3	1,298	0,211	0,590		128,512	"	128,511
4	1,044	0,527	0,771		129,283	"	129,282
5	0,846	1,632		0,588	128,695	"	128,694
S	0,973	0,225	0,621		129,316	"	129,314
6	1,777	0,206	0,767		130,083	"	130,081
7	1,202	0,544	1,233		131,316	"	131,314
8	1,041	0,260	0,942		132,258	"	132,256
9	0,874	0,208	0,833		133,091	"	133,088
T	1,620	1,372		0,498	132,593	"	132,590
10	0,221	1,617	0,003		132,596	"	132,593
11	1,486	1,357		1,136	131,460	"	131,457
12	1,589	0,425	1,061		132,521	"	132,517
RN. 132		0,373	1,216		133,737	"	133,733
			9,817	2,222			
					133,737		133,733
			+9,817		133,733		-126,142
			-2,222		0,004		7,591
			7,595				
			7,591				
			0,004				

La resolució d'un itinerari enquadrat, com el representat en aquest apartat (taula 3.2), és igual que la d'un itinerari tancat, amb l'única diferència següent:

La suma de desnivells positius és +9,817

La suma de desnivells negatius és -2,222

La diferència és 7,595 A

Tenim que la cota de RN-120 = 126,142

Tenim que la cota de RN-132 = 133,733

La diferència és 7,591 B

El valor A i el valor B haurien de ser iguals; si no ho són, la seva diferència és l'error que s'ha de compensar. En el nostre cas:

7,595

7,591

Error = 0,004

A partir d'aquí es desenvolupa el càlcul de les cotes i a continuació se'n fa la compensació, tal com hem fet en l'itinerari tancat.

Recordeu que el càlcul de la tolerància és $E_C = 7 \cdot \sqrt{K}$.

L'anivellació geomètrica té com a objectiu principal donar la cota de precisió a aquells punts que la necessitin, tant si és una cota d'altitud com si és una cota arbitrària.

El croquis adjunt mostra la realització d'un itinerari tancat per donar la cota als punts A, B, i C.

A la figura 3.1 teniu el gràfic de l'exercici resolt d'itinerari tancat:

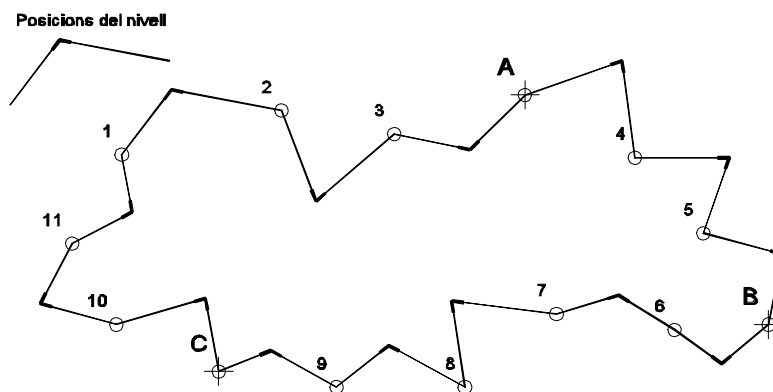


Fig. 3.1

A la figura 3.2 teniu el gràfic de l'exercici resolt d'itinerari enquadrat:

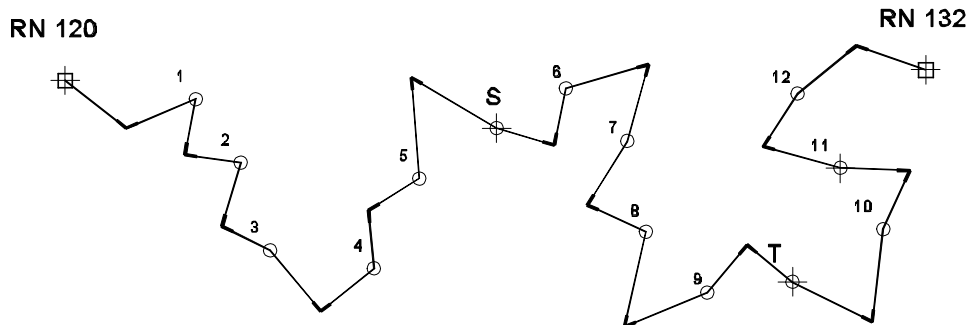


Fig. 3.2

3.5 Anivellació doble

En la realització dels itineraris anteriors, se suposa un recorregut relativament curt, de 200 a 500 m com a màxim.

Quan s'ha de dur la cota d'altitud a un lloc de treball i la RN que ha de servir-nos de recolzament es troba a una distància considerable, més gran d'1 km, aleshores s'utilitza el mètode de l'*anivellació doble*.

Aquest mètode consisteix a utilitzar dos nivells maneats cada un per un topògraf i anar realitzant paral·lelament dues anivellacions dels mateixos punts, una amb cada aparell (Fig. 3.3).

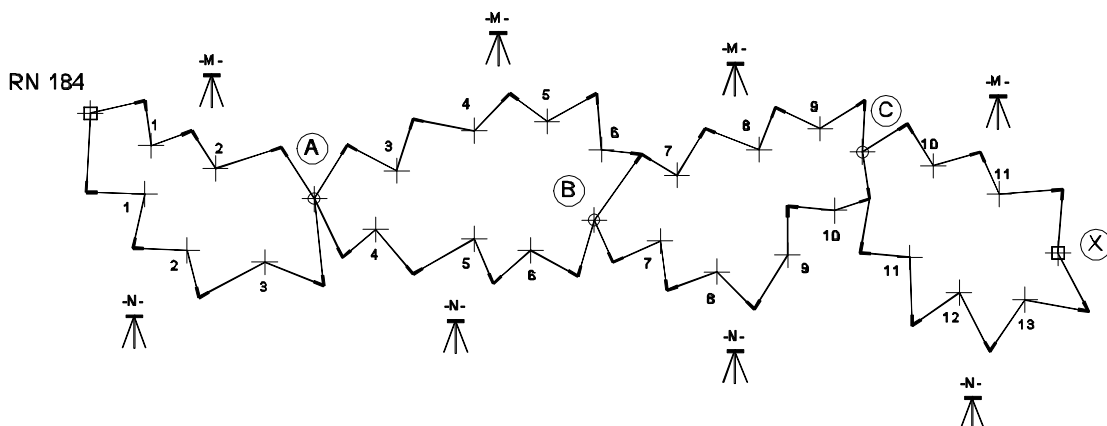


Fig. 3.3

Partim de la referència del nivell RN-184 amb la cota coneguda i hem de donar la cota al punt fix X, que se suposa que és molt distant.

Formem dos equips, el M i el N.

S'inicia l'anivellació doble, una per a cada equip, començant per RN-184. Cada equip fa el recorregut per on li sembla millor, però tots dos han de coincidir obligatòriament en un punt de control com el A. Encara que el recorregut hagi estat diferent, el desnivell de RN-184 a A ha de ser el mateix per a cada equip. Si no és així, es repeteix el treball. Si el desnivell és el mateix, excepte l'error de tolerància, es continua l'anivellació doble fins al punt de control següent, el B. Es comprova el desnivell de A a B i es continua el treball fins a C. Finalment, es comprova el desnivell de B a C i es conitnua fins a X.

Amb l'anivellació doble, comprovant-la freqüentment a distàncies curtes, per exemple cada 100 m, arribem a tancar en X els dos itineraris paral·lels, que ens eviten el treball de realitzar un itinerari d'anada i tornada, amb el risc de no tancar-lo i haver de repetir tot el treball.

4 Anivellació trigonomètrica

- L'aparell utilitzat és el taquímetre.
- La mira és taquimètrica amb divisions de centímetre.
- La mira no porta el pivot de ferro.
- No s'utilitza placa de ferro.
- Les distàncies són il·limitades.
- Hi intervé l'altura de l'aparell.
- Els desnivells i les cotes tenen, només, una aproximació de centímetres.
- S'ha d'utilitzar, també, el nivell esfèric a les mires.

L'anivellació trigonomètrica no és de precisió, ja que els desnivells relatius de cara i d'esquena, que s'han trobat entre dos punts, poden diferir en diversos centímetres.

Més que *anivellació trigonomètrica* s'hauria d'anomenar simplement *altimetria*, que, juntament amb la planimetria, componen la taquimetria, amb la qual s'executen els plans taquimètrics o topogràfics.

Amb les dades de camp d'una llibreta taquimètrica, es poden obtenir, conjuntament, l'itinerari planimètric i l'itinerari altimètric, i també la radiació, suposant que de cada estació s'hagin radiat els punts corresponents.

4.1 Casos que es poden presentar

Cas 1

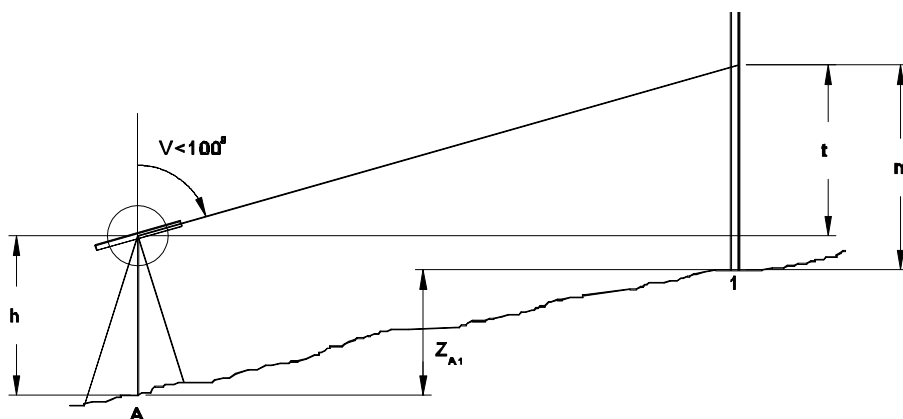


Fig. 4.1

El desnivell Z_{A1} és igual a l'altura de l'aparell, h , més la tangent taquimètrica, t , menys l'altura de la mira, m .

$$Z_{A1} = h + t - m$$

En aquest cas, observem que és un desnivell de pujada, és a dir, positiu, i que l'aparell ha traçat una visual inclinada ascendent i per això l'angle vertical, V , és menor de 100° .

Aquesta observació és molt important per a les conclusions, una vegada hàgim vist els altres casos.

Cas 2

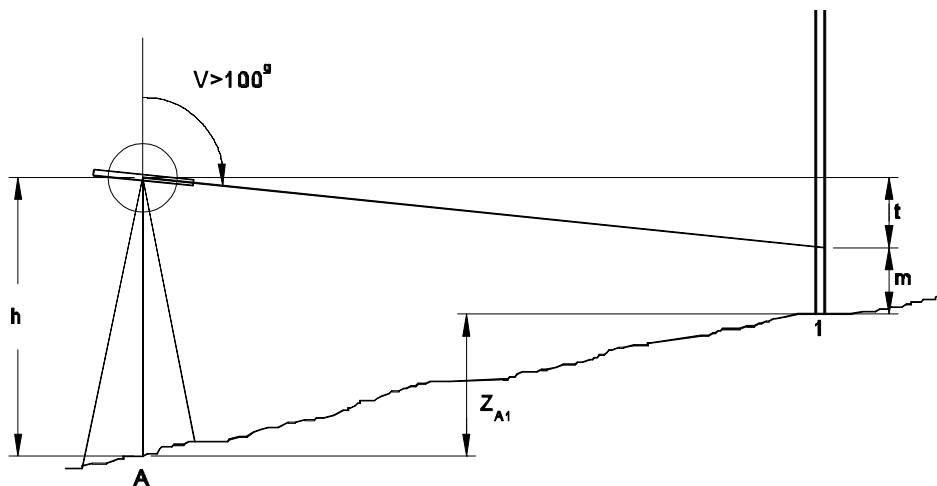


Fig. 4.2

Tenim el cas 2 (Fig. 4.2), amb un desnivell positiu i una visual inclinada descendent, amb un angle vertical major de 100° , és a dir:

$$Z_{A1} = h - t - m$$

Cas 3

El cas 3 (Fig. 4.3) és un desnivell negatiu (de baixada) amb una visual inclinada d'elevació i amb un angle vertical menor de 100° . Observant la figura veiem que:

$$-Z_{A1} = h + t - m$$

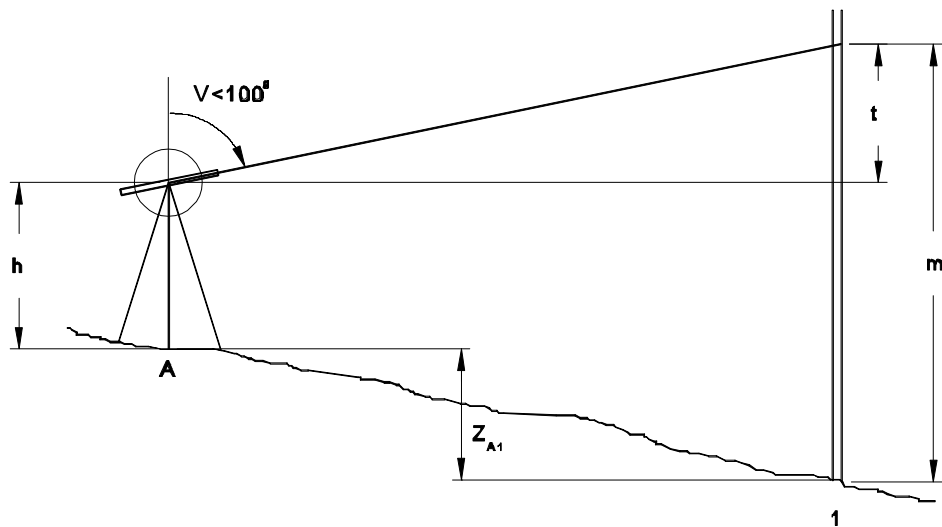


Fig. 4.3

Cas 4

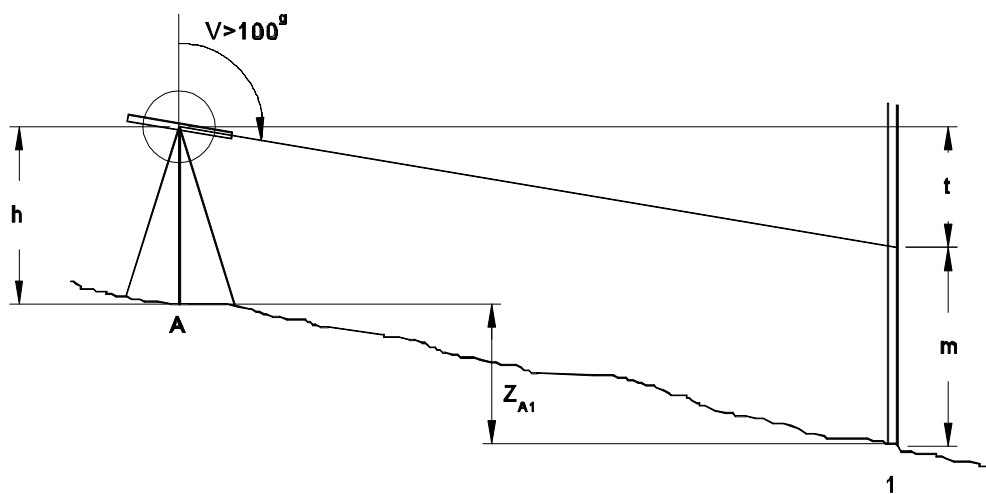


Fig. 4.4

El cas 4 (Fig. 4.4) és un desnivell negatiu, amb una visual inclinada descendent i un angle vertical major de 100° .

$$-Z_{A1} = h - t - m$$

4.2 Anàlisi

Analizant els quatre casos, s'observa que en tots intervenen els mateixos tres sumands i en podem deduir les conclusions següents:

- L'altura de l'aparell, h , és sempre positiva.
- L'altura de mira, m , és sempre negativa.
- La tangent taquimètrica és positiva quan l'angle vertical, V , és menor de 100° , és a dir, quan la visual inclinada és ascendent.

La tangent és negativa quan l'angle vertical V , és major de 100° , és a dir, quan la visual inclinada és descendent.

En conseqüència, com a fórmula general s'obté

$$Z = +h - m \pm t$$

En el cas particular que la visual traçada per la ullera sigui horitzontal, es poden presentar els dos casos següents:

Cas 5

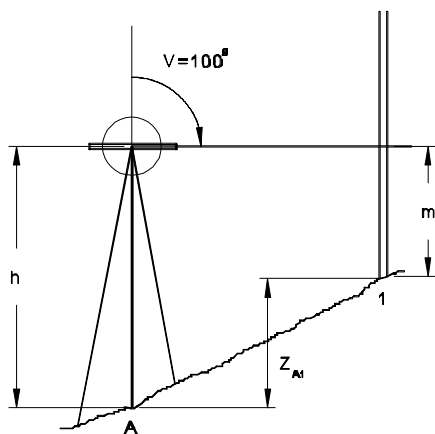


Fig. 4.5

Cas 6

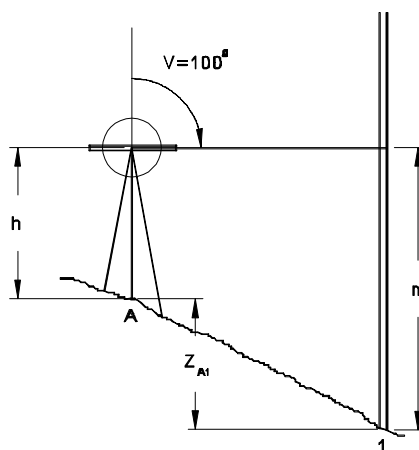


Fig. 4.6

Per als casos 5 i 6 (Fig. 4.5 i 4.6, respectivament), en què l'angle vertical, V , és igual a 100° , la tangent taquimètrica és zero, amb la qual cosa a la fórmula general desapareix aquest sumand i es converteix en

$$Z = h - m$$

Aplicant la fórmula al cas 5, tenim que $h > m$, per tant el desnivell és positiu.

Per al cas 6, en aplicar la fórmula es té que $h < m$, per tant el desnivell és negatiu.

4.3 Càlcul de la tangent

A la figura 4.7 es pot comprovar que el desnivell entre el punt A i el punt B és igual a:

$$Z_A^B = h + t - m$$

Ja coneixem els sumands h i m . Ara deduirem el valor de t . A la figura 4.7 tenim un taquímetre estacionat en el punt A i una mira col·locada en el punt B.

En aquesta figura estan representades la distància horitzontal $D = TN$ i la tangent taquimètrica $t = MN$.

En el triangle rectangle TNM es demostra que

$$\frac{D}{t} = \operatorname{tg} V, \text{ per tant, } t = \frac{D}{\operatorname{tg} V}; \quad t = D \times \frac{1}{\operatorname{tg} V}; \quad \frac{1}{\operatorname{tg} V} = \operatorname{cotg} V$$

Finalment, podem dir que

$$t = D \times \operatorname{cotg} V$$

on t és la tangent taquimètrica que hem estat utilitzant en els casos 1, 2, 3 i 4 de les figures 4.1, 4.2, 4.3 i 4.4.

Aquesta tangent taquimètrica MN sempre és la magnitud que queda compresa entre la intersecció del fil mitjà amb la mira i la intersecció de l'horitzontal TN amb la vertical que passa pel punt on està situada la mira, en el nostre cas el punt B.

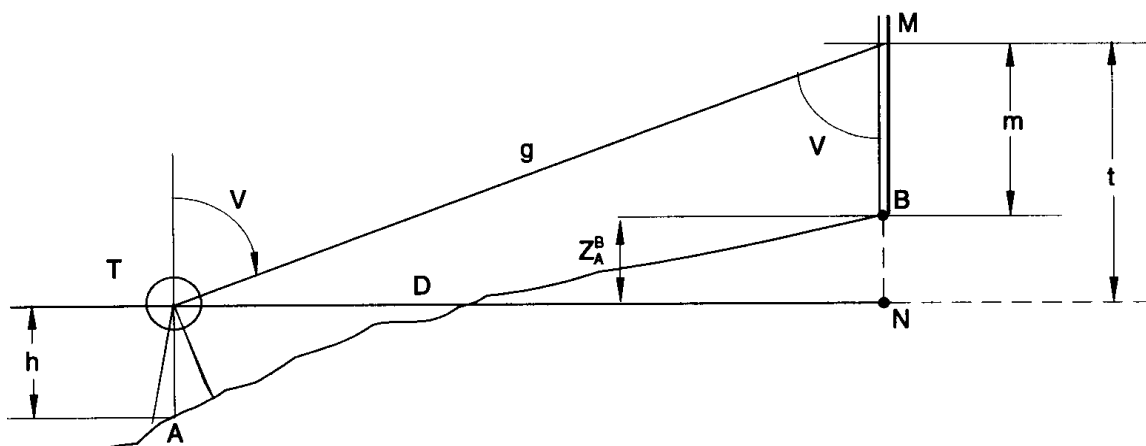


Fig. 4.7

5 Exercici resolt d'anivellació tancada

A continuació calcularem les cotes definitives d'un itinerari tancat amb les dades de camp que figuren a la llibreta taquimètrica adjunta (pàgina següent).

Primer es realitza el càlcul de la llibreta, tal com es feia en planimetria, però calculant, a més, l'altura de la mira, que és el fil mitjà expressat en metres, i la tangent taquimètrica, que resulta de multiplicar la distància reduïda, D , per la cotangent de l'angle vertical, V_1 :

$$t = D \times \cotan V$$

La tangent calculada tindrà el signe positiu o negatiu, tal com s'ha vist abans:

la tangent és positiva per a $V < 100^\circ$

la tangent és negativa per a $V > 100^\circ$

5.3 Compensació dels desnivells i càlcul de les cotes definitives

Taula 5.3

Estacions	de cara		d'esquena		Mitjana		Correcció		Compensades		Cotes definitives
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
A	6,19			6,24	6,22		0,03		6,25		268,08
B											274,33
C	7,25			7,28	7,27		0,03		7,30		281,63
D		6,48	6,43			6,46		0,03		6,43	275,20
E		2,25	2,20			2,23		0,01		2,22	272,98
A		4,96	4,88			4,92		0,02		4,90	268,08
						+13,49		0,12		+13,55	
						-13,61				-13,55	
						0,12				0	

Una vegada calculats els desnivells, com mostra la llibreta de la taula 5.2, es passen els desnivells a una taula (taula 5.3).

Es calculen les mitjanes entre els desnivells de cara i d'esquena, respectant el signe dels desnivells de cara, ja que dels desnivells d'esquena només ens servim del seu valor absolut per obtenir la mitjana. El signe vàlid és el dels desnivells de cara, que són els del sentit de la marxa de l'itinerari altimètric.

Una vegada calculats, ja, les mitjanes, es comprova que la suma dels desnivells positius sigui igual a la suma dels desnivells negatius:

$$\sum + Z = \sum - Z$$

El més freqüent és que això no ocorri i, per tant, s'ha de compensar la diferència.

Per fer-ho, s'ha de calcular la suma total dels desnivells, siguin positius o negatius.

$$(+ 13,49) + (- 13,61) = 27,10$$

Es calcula l'error unitari o coeficient de repartiment:

$$\sigma = \frac{0,12}{27,10} = 0,00442804428$$

Aquest coeficient de repartiment es multiplica pels desnivells i s'obtenen les correccions que es poden veure a la taula d'aquest apartat.

Si examinem les sumes dels desnivells, veiem que els positius sumen menys que els negatius. Per tant, els positius han d'augmentar i els negatius han de disminuir.

Un cop hem calculat els nous desnivells, comprovem si la suma dels positius és igual a la dels negatius. Si és així, com en el nostre cas, els desnivells es donen per compensats.

Ara hem de calcular les cotes, operació que consisteix a calcular la cota definitiva donada per a l'estació d'origen de l'itinerari, A, i anar restant o sumant els desnivells en un arrossegament de cotes.

La cota de A més el desnivell de A a B dona la cota de B; la cota de B més el desnivell de B a C dona la cota de C; la cota de C més el desnivell de C a E dona la cota de E, etc.

Finalment, amb la cota de C menys el desnivell de E a A ha de conar novament la cota de l'estació d'origen, A.

6 Exercici resolt d'anivellació enquadrada

Tot seguit donem un exemple d'itinerari enquadrat.

En l'itinerari altimètric, igual que en el planimètric, l'itinerari enquadrat es diferencia de l'itinerari tancat pel fet que el comencem en una estació i l'acabem en una altra, i que coneixem totes les dades necessàries de totes les estacions. En aquest cas, tenim les cotes definitives de totes dues estacions.

6.1 Dades de camp

Taula 6.1

Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectures dels fils		Nombre generador	Distància horitzontal	Altura de la mira	Tangent	
			Horitzontal	Vertical	Extremes	Mitjana				t=D·cotφ	
										+	-
E-7	1,41	A	186,12	102,63	1,080 0,200	0,640					
A	1,51	E-7	386,12	98,61	1,080 0,200	0,640					
		B	212,19	98,43	2,320 2,000	2,160					
B	1,46	A	12,19	102,41	0,520 0,200	0,360					
		C	164,23	96,57	2,840 2,000	2,420					
C	1,42	B	364,23	103,35	1,040 0,200	0,620					
		E-10	91,07	92,17	2,820 0,100	1,460					
E-10	1,38	C	291,07	107,81	2,820 0,100	1,460					
		E-11	312,15								

cota definitiva de E7 = 125,25 m
cota definitiva de E10 = 159,38 m

Amb totes aquestes dades calcularem tot seguit l'itinerari enquadrat entre les estacions E7 i E10.

A les taules 6.1 i 6.2 hi ha el desenvolupament dels càlculs de llibreta, de desnivells i de cotes.

6.3 Compensació dels desnivells i càlcul de les cotes definitives

Taula 6.3

Estacions	de cara		d'esquena		Mitjana		Correcció		Compensades		Cotes definitives
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
E-7		2,86	2,78			2,82		,01		2,81	125,25
A											122,44
B	0,14			0,11	0,13				0,13		122,57
C	3,55			3,61	3,58		,02		3,60		126,17
E-10	33,05			33,09	33,07		,14		33,21		159,38
											125,25
											159,38
					+36,78		0,17		+36,94		
					-2,82				-2,81		
					33,96				34,13		34,13
					34,13				34,13		
					0,17				0		
Error unitari o coeficient de repartiment $\frac{0,17}{39,60} = 0,0042929292$											

$$\text{cota definitiva de E7} = 125,25$$

$$\text{cota definitiva de E10} = 159,38$$

La mecànica seguida és la mateixa que per a un itinerari tancat, amb la mateixa diferència que per als itineraris planimètrics enquadrats.

Tenim una cota de partida 125,25 i una cota d'arribada 159,38. La diferència és 34,13. Aquesta diferència hauria de ser igual a la diferència entre la suma de desnivells positius i la suma de desnivells negatius, que és 33,96.

La diferència d'aquests dos valors és l'error que s'ha de compensar: $34,13 - 33,96 = 0,17$

Això vol dir que 33,96 ha d'augmentar fins a tenir el valor de 34,13. En conseqüència, els repartiments proporcionals de l'error s'han d'incrementar als desnivells positius i s'han de restar als nivells negatius.

Una vegada compensat l'error tenim $34,13 - 34,13 = 0$. Ara, doncs, ja es pot iniciar el càlcul de les cotes com en l'itinerari anterior.

Aquest procediment és el que s'ha adoptat en els exercicis resolts en els apartats 5 i 6.

El recorregut total dels desnivells és $13,49 + 13,61 = 27,10$ m

L'error total de tancament entre desnivells positius i desnivells negatius és $\varepsilon_c = 0,12$ m.

El coeficient de repartiment és $\sigma = \frac{0,12}{27,10} = 0,00442804428$

El repartiment proporcional als desnivells s'indica a les columnes 5a, els unitaris, i 6a els acumulatius.

Com que l'error de les cotes calculades a la columna 7a és per defecte, aquests repartiments se sumen a les cotes calculades i s'obtenen les cotes definitives de la columna 8a.

6.4.3 Proporcional a les distàncies

Taula 6.6 Exemple numèric

Estacions	Distàncies			Repartiment proporcional als desnivells		Cotes definitives	
	de cara	d'esquena	Mitjana	Unitari	Acumulat	Calculades	Compensades
A	70,86	70,85	70,86	0,03	0,03	500,00	500,00
B						506,22	506,25
C	55,99	55,97	55,98	0,02	0,05	513,49	513,54
D	66,59	66,61	66,60	0,02	0,07	507,03	507,10
E	77,64	77,68	77,66	0,03	0,10	504,80	504,90
A	61,28	61,30	61,29	0,02	0,12	499,88	500,00
			$\Sigma=332,39$	0,12			

El recorregut total de les distàncies és de 332,29 m.

L'error de tancament, com que és el mateix itinerari, es manté: $\varepsilon_c = 0,12$.

El coeficient de repartiment és $\sigma = \frac{0,12}{332,39} = 0,0003610216914$

El repartiment proporcional a les distàncies és l'indicat a les columnes 5a, els unitaris, i 6a, els acumulatius (taula 6.5).

Com que l'error de les cotes calculades a la columna 7a són per defecte, aquests repartiments se sumen a les cotes calculades i s'obtenen les cotes definitives de la columna 8a.

6.4.4 Proporcional a les discrepàncies entre els desnivells recíprocs

Analitzant l'exemple numèric resolt a la taula 6.7, podem seguir el procés de càlcul per a la compensació de les cotes definitives pel procediment de repartiment proporcional a les discrepàncies entre els desnivells de cara i els desnivells d'esquena, entre estacions consecutives.

Taula 6.7

Estacions	Desnivells			Repartiment proporcional a les discrepàncies entre desnivells		Cotes definitives	
	de cara	d'esquena	Discrepàncies	Parcial	Acumulat	Calculades	Compensades
A	+6,19	-6,24	0,05	0,02	0,02	500,00	500,00
B						506,22	506,24
C	+7,25	-7,28	0,03	0,01	0,03	513,49	513,52
D	-6,48	+6,43	0,05	0,02	0,05	507,03	507,08
E	-2,26	+2,20	0,06	0,03	0,08	504,80	504,88
A	-4,96	+4,88	0,08	0,04	0,12	499,88	500,00
			$\Sigma=0,27$	$\epsilon_c=0,12$			

La suma total de les discrepàncies és de 0,27.

L'error de tancament, com que és el mateix itinerari, es manté: $\epsilon_c = 0,12$.

El coeficient de repartiment és $\sigma = \frac{0,12}{0,27} = 0,4444444444$.

El repartiment proporcional a les discrepàncies és l'indicat a les columnes 5a, els unitaris, i 6a, els acumulatius (taula 6.7).

Com que l'error de les cotes calculades a la columna 7a són per defecte, aquests repartiments se sumen a les cotes calculades i s'obtenen les cotes definitives de la columna 8a.

6.4.5 Resum dels tres mètodes per a la compensació de cotes definitives

Taula 6.8

Proporcional als desnivells		Proporcional a les distàncies		Proporcional a les discrepàncies de desnivells recíprocs	
A	500,00	A	500,00	A	500,00
B	506,25	B	506,25	B	506,24
C	513,55	C	513,54	C	513,52
D	507,12	D	507,10	D	507,08
E	504,90	E	504,90	E	504,88
A	500,00	A	500,00	A	500,00

Com es pot veure, la variació de les cotes en els tres mètodes emprats és insignificant, d'1 a 4 cm, i entre els dos primers, només d'1 a 2 cm.

Això ens indica que els tres mètodes són bons i és per això que s'aconsella adoptar el primer mètode, el de repartiment proporcional als desnivells, que és la dada que ens interessa calcular en l'anivellació trigonomètrica.

7 Confecció de plans. Radiació

La confecció de plans topogràfics consisteix a efectuar l'aixecament topogràfic de la porció de terreny que ens interessa per a un fi determinat.

Necessitem una xarxa de recolzament, que és l'itinerari tancat, si n'hi ha prou amb un, o un itinerari tancat i uns quants d'enquadrats successius, si l'extensió de terreny que s'ha d'aixecar ho exigeix. Sigui com sigui, els itineraris són, com ja hem dit, una successió d'estacions de recolzament des de les quals s'efectua la radiació de punts d'ompliment, que són els punts que realment ens donen la configuració del terreny, tant en planimetria com en altimetria.

7.1 Altimetria de les radiacions

A l'apartat 16 (vol. I) es va estudiar el mètode de la radiació, en la part de planimetria, i es va arribar a l'obtenció del pla planimètric de la figura 16.1 (vol. I).

Ara inclourem en aquest pla l'altimetria, amb la qual cosa obtindrem el pla topogràfic definitiu.

Novament reproduïm la llibreta taquimètrica de la figura 16.3 (vol. I), en la qual hi ha calculada la planimetria, i a continuació procedim al càlcul de les cotes dels punts.

Es calcula el desnivell de A a B i el desnivell de B a A:

$$Z_{AB} = 1,46 - 0,81 + 3,17 = + 3,82 \text{ m}$$

$$Z_{BA} = 1,51 - 1,31 - 4,01 = - 3,81 \text{ m}$$

Com que només són dues estacions, es busca la mitjana dels dos desnivells:

$$+ 3,82 + 3,81 = \frac{7,63}{2} = 3,815 = + 3,82 \text{ m}$$

Hem calculat la mitjana en valor absolut i li hem posat el signe positiu, perquè el desnivell que ens interessa és el $Z_{AB} = + 3,82$.

Suposant que la cota de A sigui 213,63 m, la cota de B és la cota de A més el desnivell de A a B.

$$\text{Cota de B} = 213,63 + 3,82 = 217,45 \text{ m}$$

7.2 Exercici numèric resolt

Taula 7.2

Estacions	Alçada ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils extremes mijana	Nombre generador	Distància horitzontal	Alçada de mira	Tangent		Desnivells		Cota de l'estació	Cotes definitives	Observacions
			horitzontal	vertical					+ =D:cotg	-	+	-			
A	1,46	B	113,30	96,78	1,128 0,500	62,80	62,66	0,81	3,17		3,82	213,63			
		1	131,48	103,19	1,116 1,000	11,60	11,59	1,06	0,58		0,18		213,45		
		2	152,13	97,52	0,454 0,200	25,40	25,33	0,33	0,99		2,12		215,75		
		3	222,03	99,83	0,876 0,500	37,60	37,74	0,69	0,10		0,87		214,50		
		4	246,48	104,82	0,642 0,500	14,20	14,09	0,57	1,07		0,18		213,45		
		5	257,04	94,65	1,490 1,200	29,00	28,81	1,35	2,43		2,54		216,17		
		6	309,29	91,39	0,775 0,600	17,50	17,18	0,69	2,34		3,11		216,74		
		7	30,96	87,88	1,204 1,000	20,40	19,68	1,10	3,79		4,15		217,78		
		8	47,14	87,99	0,980 0,800	18,00	17,34	0,89	3,31		3,88		217,51		
B	1,51	A	313,30	104,07	1,629 1,000	62,90	62,66	1,31	4,10		3,81	217,45			
		9	300,00	104,18	0,741 0,500	24,10	24,00	0,62	1,58		0,69		216,76		
		10	330,50	100,88	1,378 1,000	37,80	37,75	1,19	0,52		0,20		217,25		
		11	32,42	101,97	0,426 0,200	22,60	22,56	0,31	0,70		0,50		217,95		
		12	13,73	97,02	1,490 1,200	29,00	28,97	1,35	1,36		1,52		218,97		
		13	392,69	99,28	0,836 0,600	23,60	23,56	0,72	0,27		1,06		218,51		
		14	385,62	101,51	0,831 0,500	33,10	33,04	0,67	0,78		0,06		217,51		
		15	15,13	99,96	0,933 0,500	43,30	43,30	0,72	0,03		0,82		218,27		
		16	3,10	100,42	1,655 1,100	55,50	55,46	1,38	0,37		0,24		217,21		

Un cop hem calculat les cotes dels punts, les col·loquem al costat o sota del número del punt corresponent, de manera que quedi ben clar quin punt correspon a cada cota.

D'aquesta manera el pla ja té cotes i es pot comparar l'altitud de cada punt respecte als altres, trobar els desnivells entre punts, etc.

L'altimetria queda més ben dibuixada si s'hi interpolen les corbes de nivell, és a dir, si s'uneixen aquells punts que tenen cota sencera (Fig. 7.1).

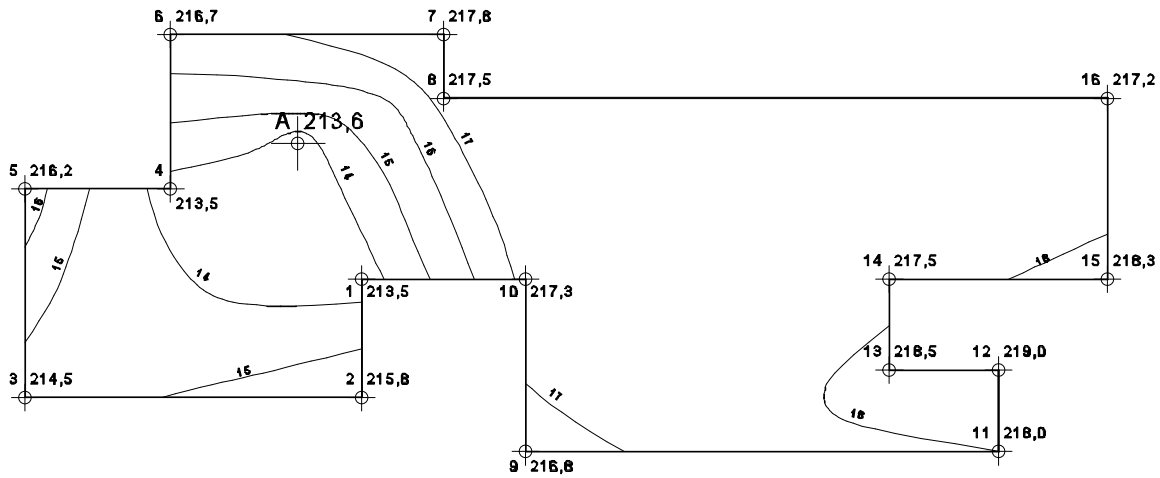


Fig. 7.1

Com observem, difícilment ocorre que la cota dels punts sigui una cota sencera. Es planteja, però, la necessitat d'interpol·lar aquests punts de cota sencera.

En aquesta figura (Fig. 7.1), estan representades les corbes de nivell interpolades, amb la qual cosa es completa el pla topogràfic de la radiació corresponent a la figura 16.3 del volum I.

8 Característiques i interpolació de les corbes de nivell

8.1 Graduació d'una recta

Per mitjà del teorema de Tales, podem dividir una recta en parts proporcionals a unes distàncies donades (Fig. 8.1).

Sigui la recta AE, la projecció horitzontal de la qual és A'E'.

Si dividim l'altura EE' en uns determinats segments com per exemple *ab*, *bc*, *cd* i *de*, i tracem per aquests punts paral·leles a la projecció horitzontal A'E', aquestes paral·leles fan la intersecció amb la recta AE en els punts B, C i D, que tenen com a projeccions horitzontals els punts B', C' i D', i queden determinats uns segments A'B', B'C', C'D' i D'E', proporcionals als *ab*, *bc*, *cd* i *de*, és a dir,

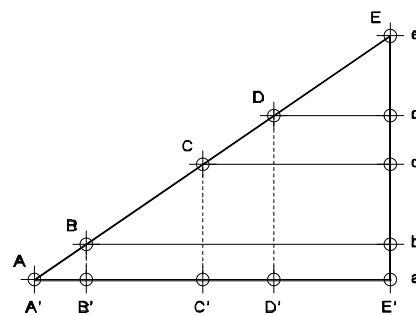


Fig. 8.1

$$\frac{ab}{A'B'} = \frac{bc}{B'C'} = \frac{cd}{C'D'} = \frac{de}{D'E'}$$

8.2 Interval

Anomenem *cotes* o *altures* els segments *ab*, *bc*, *cd* i *de*, i anomenem *intervals* (*i*) els segments A'B', B'C', C'D' i D'E'.

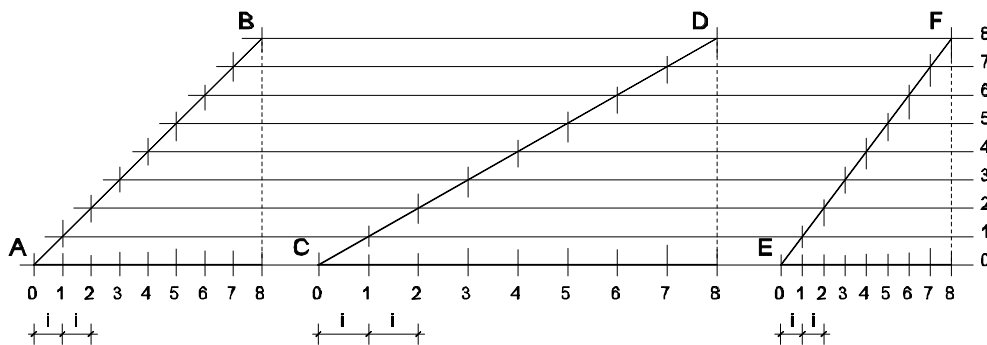


Fig. 8.2

Per a rectes de pendents diferents, s'obtenen intervals (i) diferents, corresponents a una mateixa escala de cotes (Fig. 8.2, pàg. precedent).

Observem la perspectiva axonòmica adjunta per comprendre-ho millor (Fig. 8.3).

Es representen tres rectes AB, CD i EF de projecció horitzontal, H, igual, però de pendent diferent.

Es pot observar com per a un mateix desnivell d'1 m, a major pendent, menor interval.

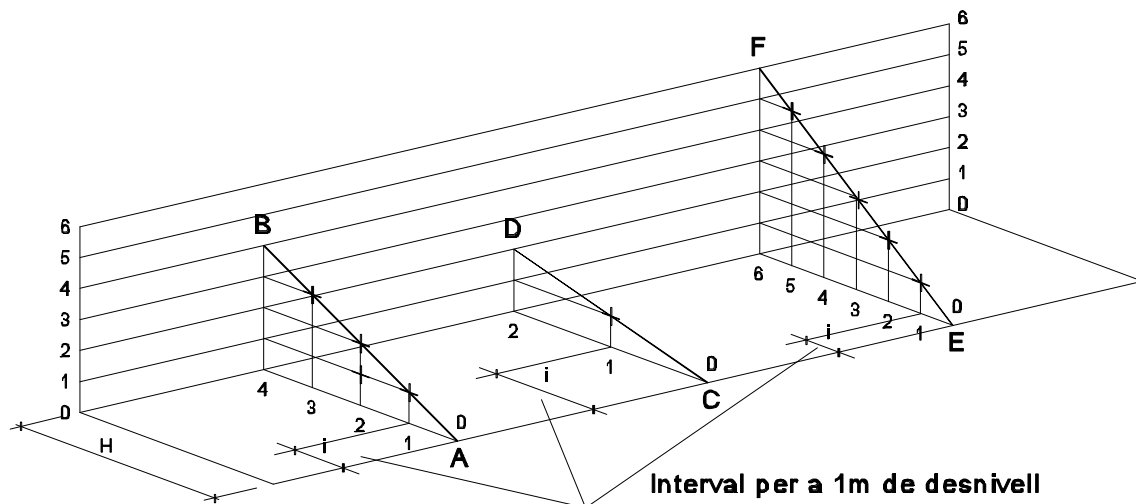


Fig. 8.3

8.3 Interpolació de punts de cota sencera

Fins ara, hem considerat cotes senceres, cosa que difícilment ocorre en topografia. A continuació, doncs, farem la graduació d'una recta, però amb cotes fraccionàries.

Suposem la recta de la figura 8.4.

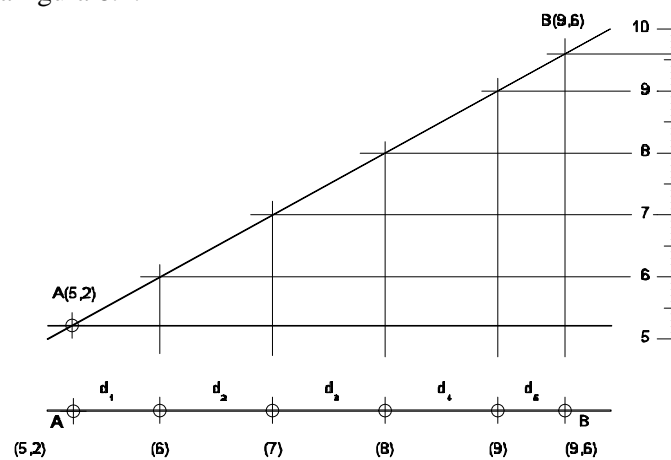


Fig. 8.4

El punt A té la cota (5,2), el punt B té la cota (9,6). En conseqüència, utilitzant el teorema de Tales, dividim la recta en les parts proporcionals corresponents.

En projecció horitzontal obtenim l'interval d_1 , equivalent a 0,8 de la unitat, els intervals d_2 , d_3 i d_4 , iguals entre ells i equivalents a la unitat i, finalment, l'interval d_5 , equivalent a 0,6 de la unitat.

Aquesta interpolació s'haurà de fer amb tots els punts d'una radiació, interpolant entre els punts més propers, dos a dos.

El teorema de Tales ens ha servit per analitzar el problema i per veure'n la resolució, però no és pràctic aplicar-lo, ja que és lent i complica el pla de línies i nombres, cosa que el torna poc nítid.

El mètode idoni per a una persona pràctica és fer la interpolació a ull, intentant fer les proporcions tan bé com sigui possible.

8.4 Mètode gràfic

Per a un principiant en aquest tipus de tasques, és aconsellable el mètode següent:

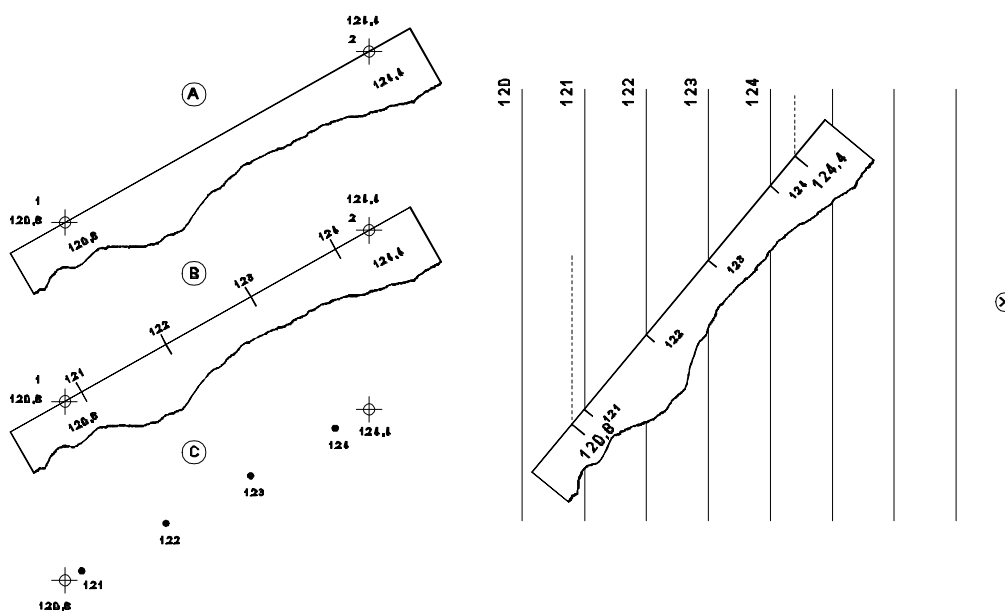


Fig. 8.5

Es dibuixen unes paral·leles equidistants, X, suposant que els punts que cal interpolat són l'1 i el 2. Es pren un paper qualsevol i s'hi assenjala la posició dels dos punts i de les seves cotes, A.

Aquest paper es porta sobre la pauta dibuixada entre dues paral·leles. Intercalem la cota d'un dels punts i es busca la paral·lela que correspondria al segon punt, interpolant si és necessari.

El paper quedaria tal com s'indica a X. A continuació s'assenjala en aquest paper la posició de les cotes senceres.

Es col·loca el paper una altra vegada sobre els punts, es passen al pla les cotes enteres, B, i finalment queda fer la interpolació, tal com s'indica a C.

Fins ara s'ha treballat amb rectes i la interpolació dels punts també es fa considerant-los units per una recta. En canvi, es considera que el terreny és sinuós i no recte o uniforme.

A la figura 8.6 s'aclareix aquest dubte.

Veiem el perfil d'un terreny amb alts i baixos de pendents variables. El topògraf ha de col·locar punts com els 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7, de tal manera que entre cada parell de punts pròxims el pendent sigui uniforme i es pugui considerar una recta.

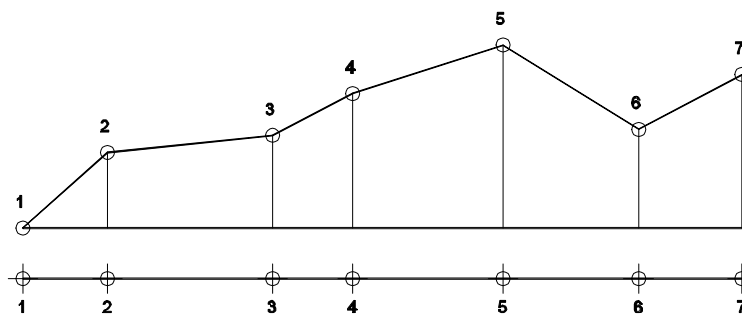


Fig. 8.6

Quan entre dos punts pròxims s'hagin d'intercalar cotes, es considera que el pendent és uniforme (recta). Si no fos així, el topògraf hi hauria d'intercalar més punts.

8.5 Equidistància

L'equidistància de les corbes de nivell és referida a una cota. És a dir, *corbes d'equidistància de 2 m* significa que hem d'interpol·lar corbes de nivell de cota entera de dos en dos metres i sempre amb cotes parelles.

8.6 Exemple d'interpolació

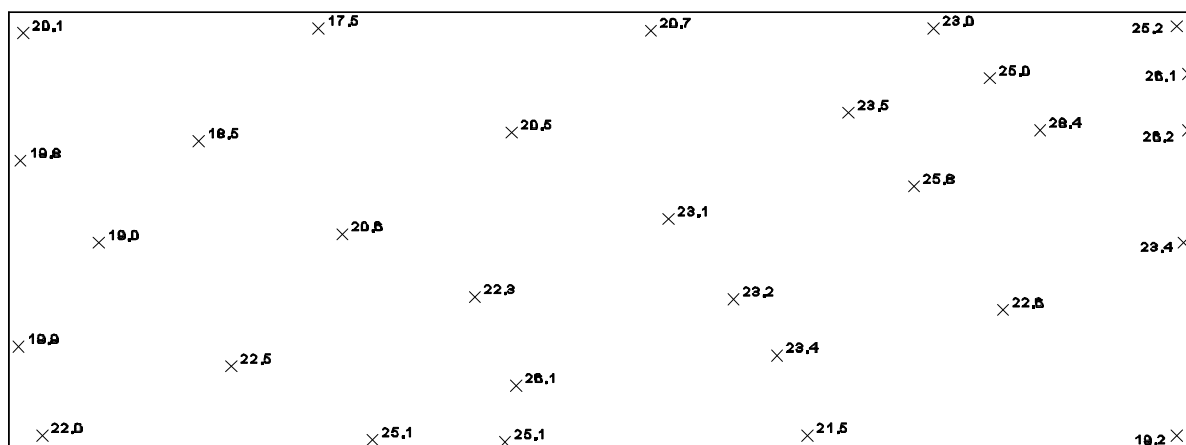


Fig. 8.7

8.7 Exercici resol't

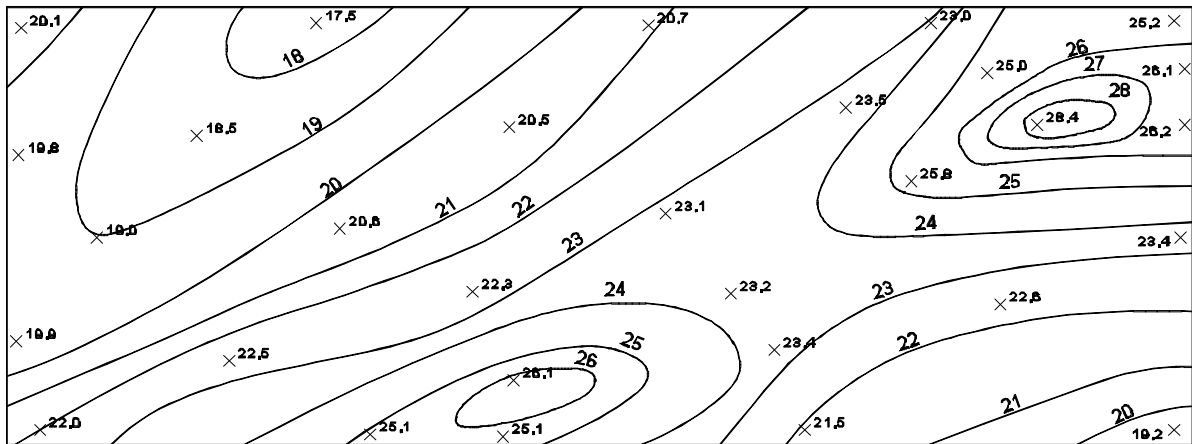


Fig. 8.8

9 Característiques de les corbes de nivell

Observant les corbes de nivell i les seves cotes, podem fer-nos una idea clara de la forma del terreny (Fig. 9.1, pàg. següent).

En el gràfic *a* es veu que les corbes de nivell creixen des de la cota 120 a la cota 134. Per tant, es tracta d'un vessant representat per corbes de nivell d'equidistància de 2 m.

En el *b* veiem un turó representat per corbes de nivell que es tanquen sobre si mateixes i que ascendeixen des de la cota 210 al peu fins a la cota 235 al cim. En aquest cas, l'equidistància és de 5 m.

En els gràfics *c* i *d*, podem veure unes corbes de nivell amb la mateixa disposició a les dues figures. Però si atenem a les cotes que hi ha indicades, veiem que en el gràfic *c* es representa un barranc o un tàlveg, mentre que en el gràfic *d* es representa una cresta o una carena.

En el gràfic *e* hi ha representat un llac amb la riba i el vessant que l'envolten.

Les corbes de nivell des de la riba fins al fons es representen amb traces de negatiu prenent com a origen la riba del llac. L'equidistància de les corbes és de 10 m.

En el gràfic *f* veiem la configuració d'una serralada, en una porció molt reduïda.

S'hi pot observar que s'ha assenyalat amb una línia de traces la part més alta, anomenada carena o cresta, i un accident geogràfic, anomenat port o coll, que és el pas possible de cota més baixa per poder travessar la serralada. Els ports o colls són els llocs aprofitats per fer-hi passar el traçat de les carreteres quan han de travessar serralades.

A *g* veiem representat un altre vessant, però ara s'hi pot veure una part sensiblement de més pendent i una altra de menys, simplement observant l'interval major o menor per a una mateixa equidistància entre corbes de 2 m.

A *h* es presenta un cas especial de representació d'un penya-segat en què, per la seva verticalitat, les corbes de nivell se superposen.

Hi ha altres casos, però crec que són suficients els que s'han exposat. Per completar el tema, es recomana que agafeu un plànol o, millor, un mapa d'una zona muntanyosa i en feu una bona anàlisi de les diferents característiques del terreny; per exemple, el de la figura 9.2.

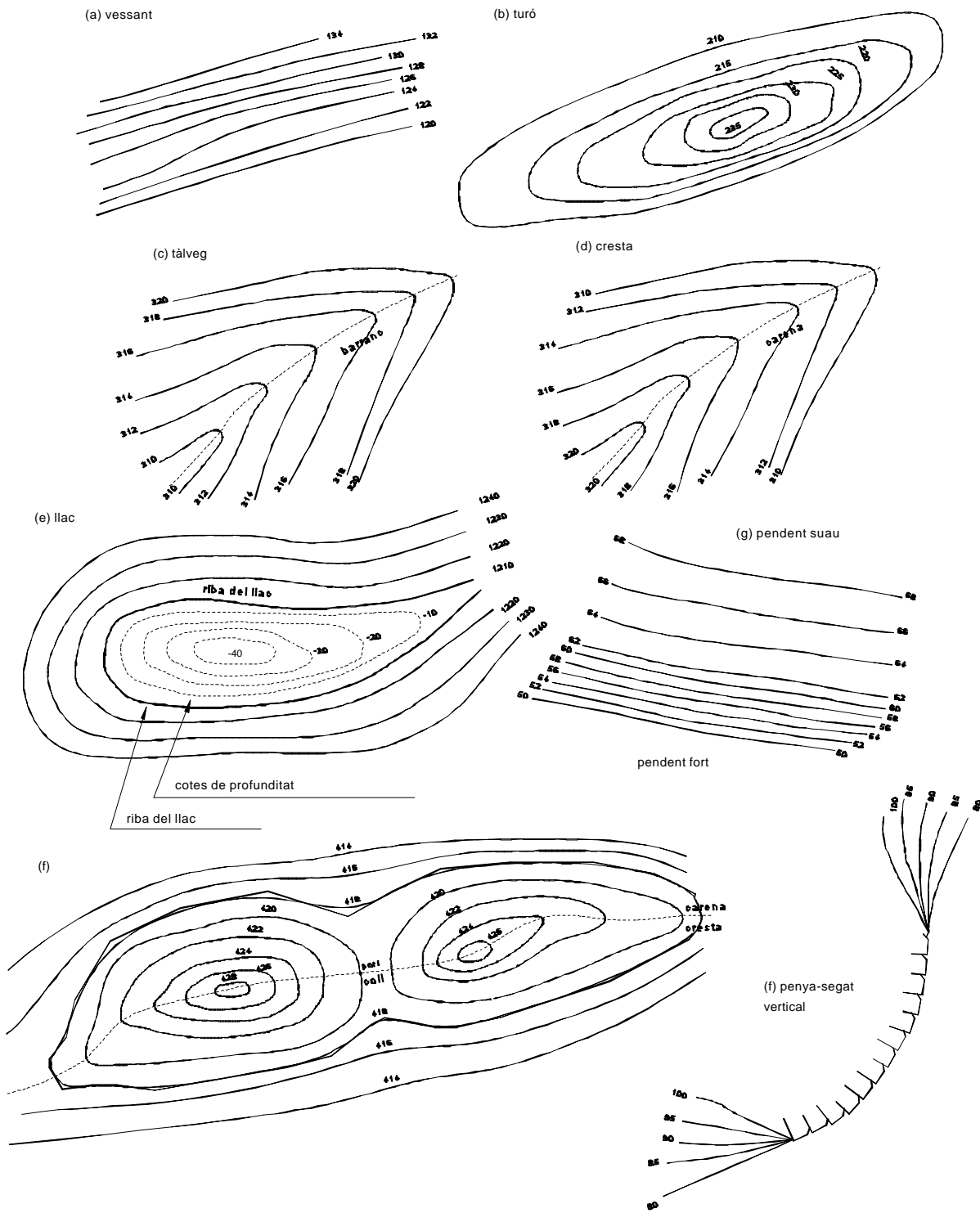


Fig. 9.1

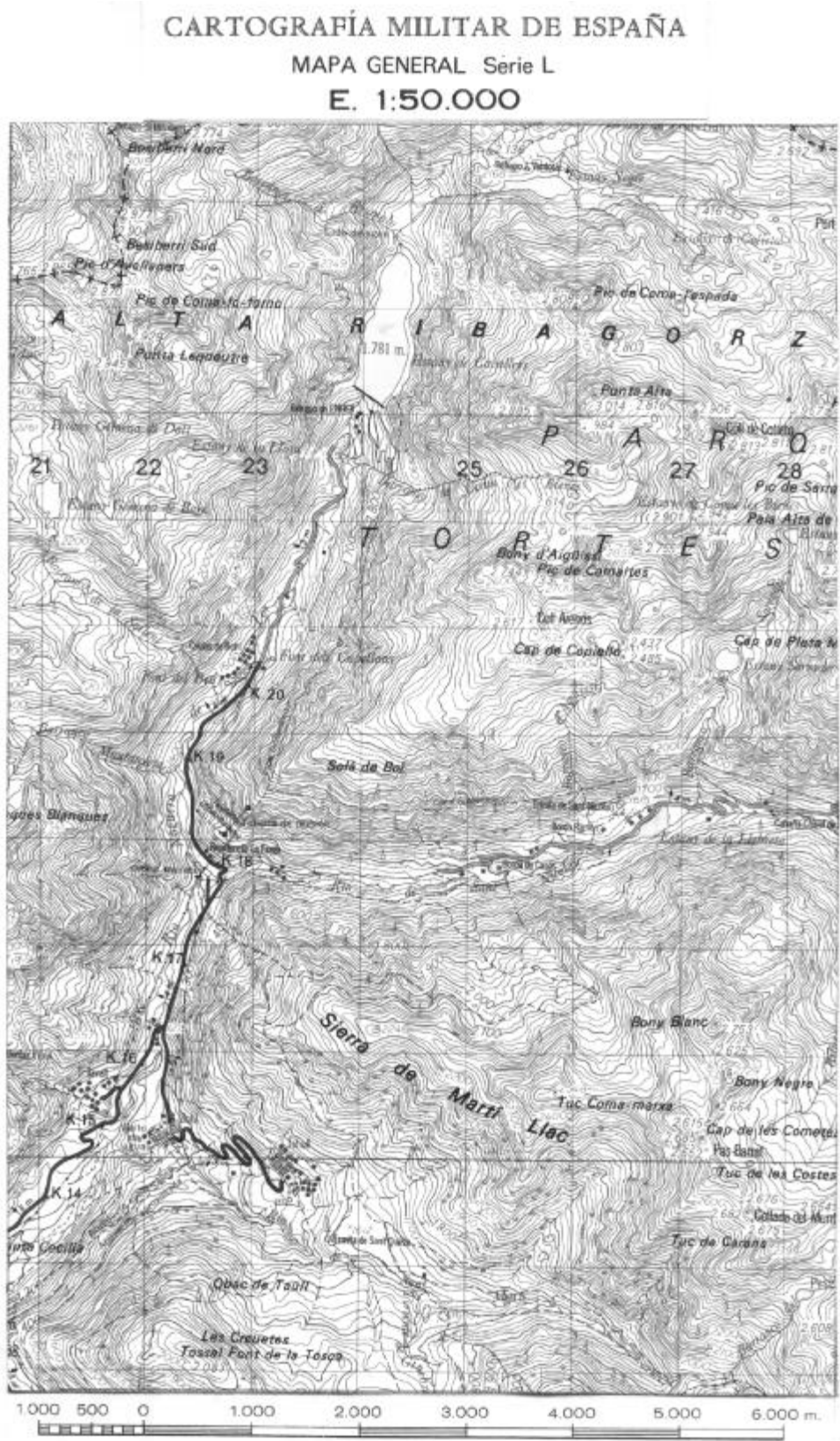


Fig. 9.2

10 Lliurament de talussos artificials d'obra amb el terreny

10.1 Graduació d'un pla

A l'apartat 8.1 hem vist com es resolva la graduació d'una recta. Això és molt important per al tema que tractarem tot seguit.

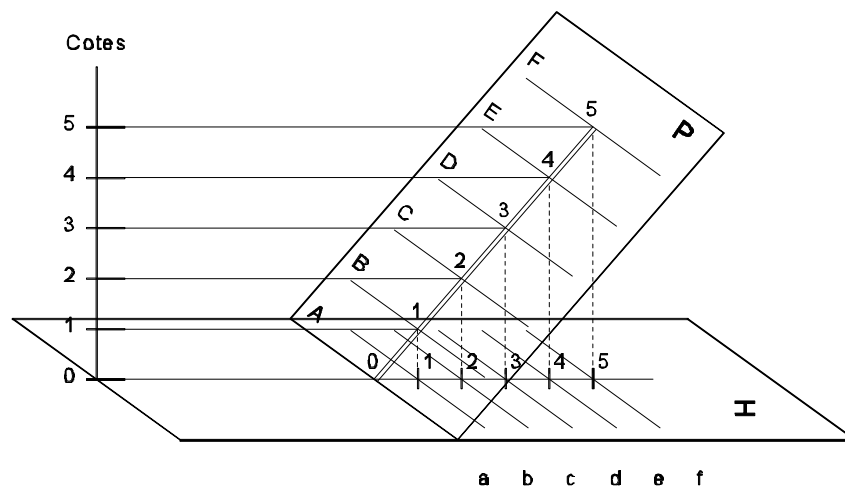


Fig. 10.1

En la perspectiva axonomètrica de la figura 10.1 es representa el pla horitzontal H i el pla inclinat P, la intersecció dels quals és A.

El pla P té una recta de pendent màxim que es representa per dues traces paral·leles i aquesta recta està graduada pel procediment que ja coneixem, segons l'escala de cotes que s'hagi escollit.

Les rectes A, B, C, D, E i F són horitzontals del pla P, de cotes 0, 1, 2, 3, 4 i 5, respectivament.

Les rectes *a*, *b*, *c*, *d* i *e* són la projecció horitzontal d'aquestes horitzontals, és a dir, les corbes de nivell de les cotes 0, 1, 2, 3, 4 i 5, que, com que es tracta d'un pla geomètric, són rectes.

Un pla P es pot presentar amb més o menys pendent, amb la qual cosa la seva recta de màxim pendent, una vegada graduada, tindrà un interval diferent segons el pendent del pla. Per exemple,

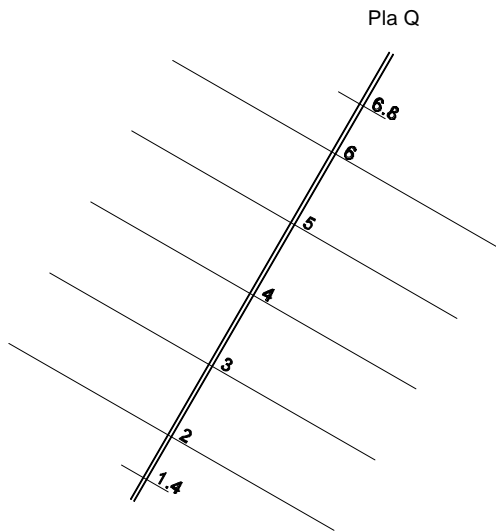


Fig. 10.2

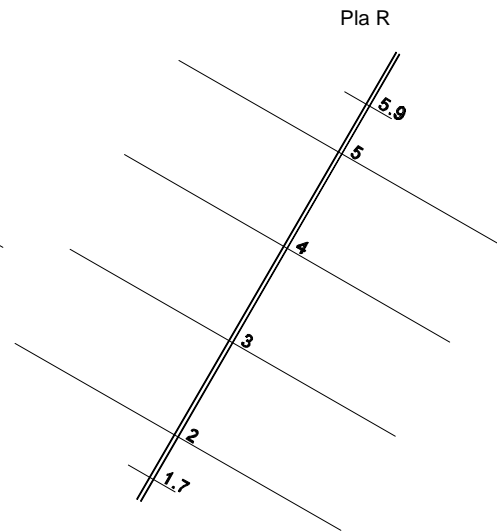


Fig. 10.3

En el pla Q, una vegada graduada la RPM (recta de màxim pendent), podem traçar les horitzontals del pla, de cotes 2, 3, 4, 5 i 6 (Fig. 10.2).

El pla R té una RMP de la mateixa magnitud que la del pla Q; però, en canvi, els intervals del pla R són més grans, per la qual cosa només hi podem traçar les horitzontals de les cotes: 2, 3, 4 i 5 (Fig. 10.3).

Evidentment, el pla Q té un pendent més gran que el pla R.

10.2 Intersecció de plans geomètrics

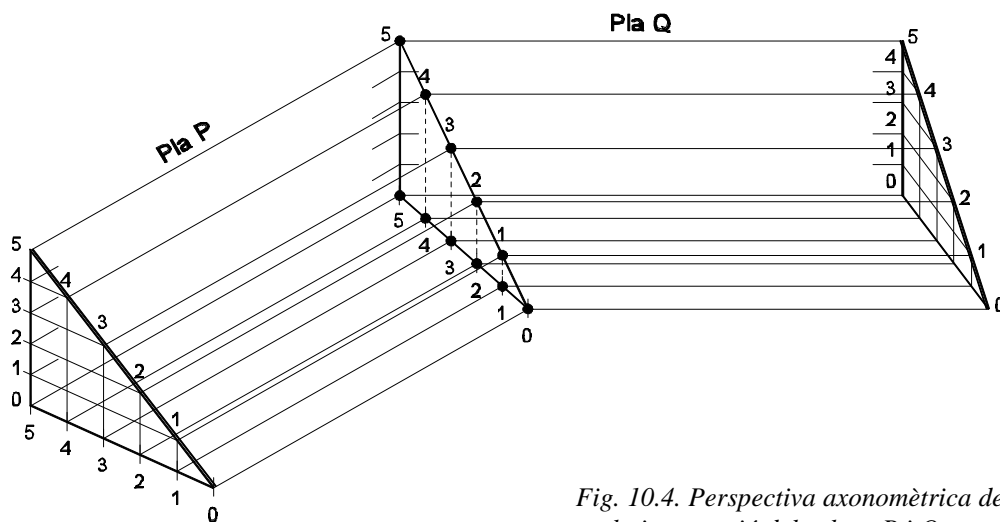


Fig. 10.4. Perspectiva axonomètrica de la intersecció dels plans P i Q.

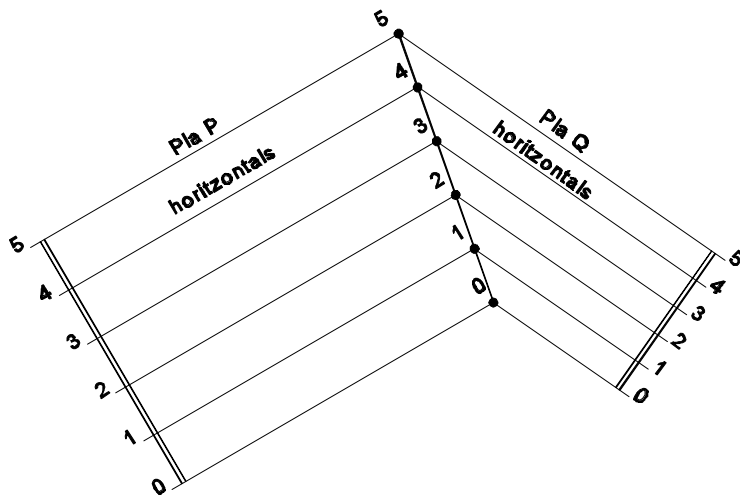


Fig. 10.5. Projecció horitzontal de la intersecció dels plans P i Q

Les figures 10.4 i 10.5 són suficientment clares per veure el procediment que se segueix en la intersecció de dos plans.

Donades les rectes corresponents de màxim pendent, es graduen i es tracen les horitzontals de cota entera de cada pla.

La intersecció d'horitzontals de cota igual dona els punts de la intersecció dels plans P i Q.

A la figura 10.6 tenim una secció d'un terreny. Tractant-lo com abans, amb l'escala de cotes, veiem que els intervals es projecten totalment desiguals, cosa que indica que la superfície del terreny no es pot graduar.

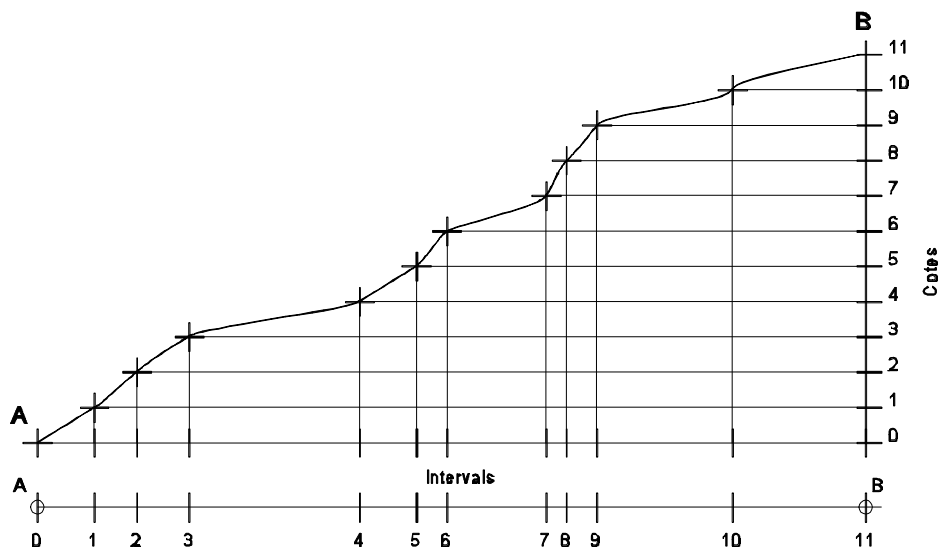


Fig. 10.6

La superfície d'un terreny és sempre el resultat d'un aixecament topogràfic i es representa més o menys com els que s'han indicat en el capítol 9 (Característiques de les corbes de nivell).

10.3 Intersecció d'un pla geomètric amb el terreny

La intersecció del terreny amb un pla geomètric d'obra es du a terme de la manera següent:

El pla de l'obra es gradua per la RMP, tal com hem vist, fins que es tenen traçades les horizontals d'aquest pla. Aleshores es prolonguen aquestes horizontals fins que cada una interseca amb la corba de nivell corresponent, de cota igual.

Unint aquests punts d'intersecció s'obté la intersecció del pla geomètric amb el pla del terreny.

Amb els dos exemples següents s'entendrà millor tot el que acabem d'exposar (Fig. 10.7 i 10.8).

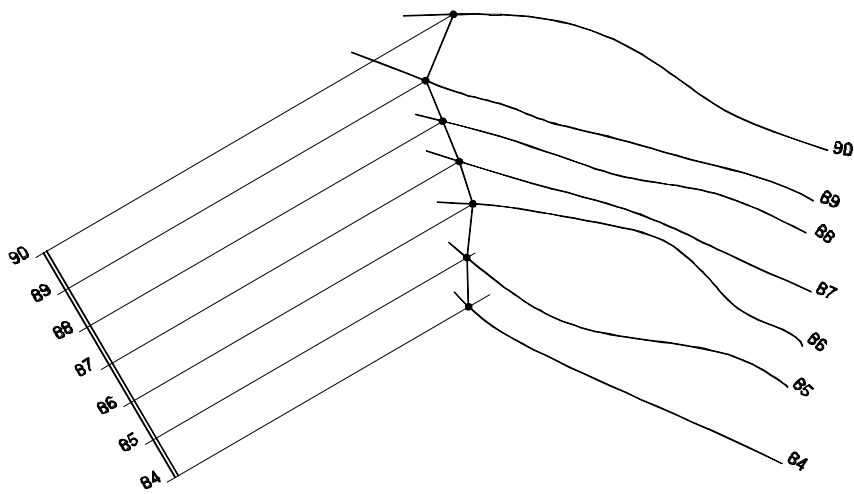


Fig. 10.7

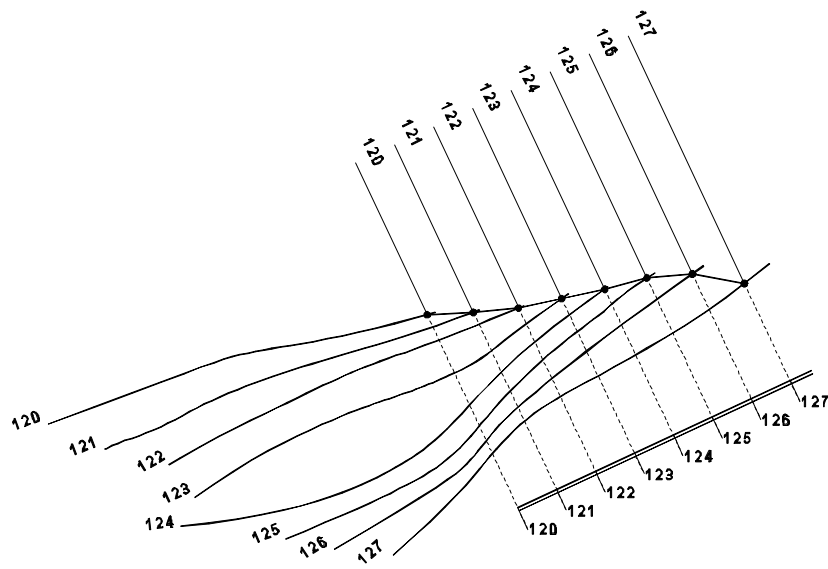


Fig. 10.8

10.4 Exercici resolt del lliurament dels talussos artificials d'una plataforma amb la superfície del terreny

Aquest exemple és una aplicació de la intersecció de talussos d'obra amb el terreny.

Considerem que tota la plataforma té una cota de 168 m (Fig. 10.9).

Els pendents dels talussos d'obra, tant de desmunt com de terraplenament, en aquest exercici són del 50%.

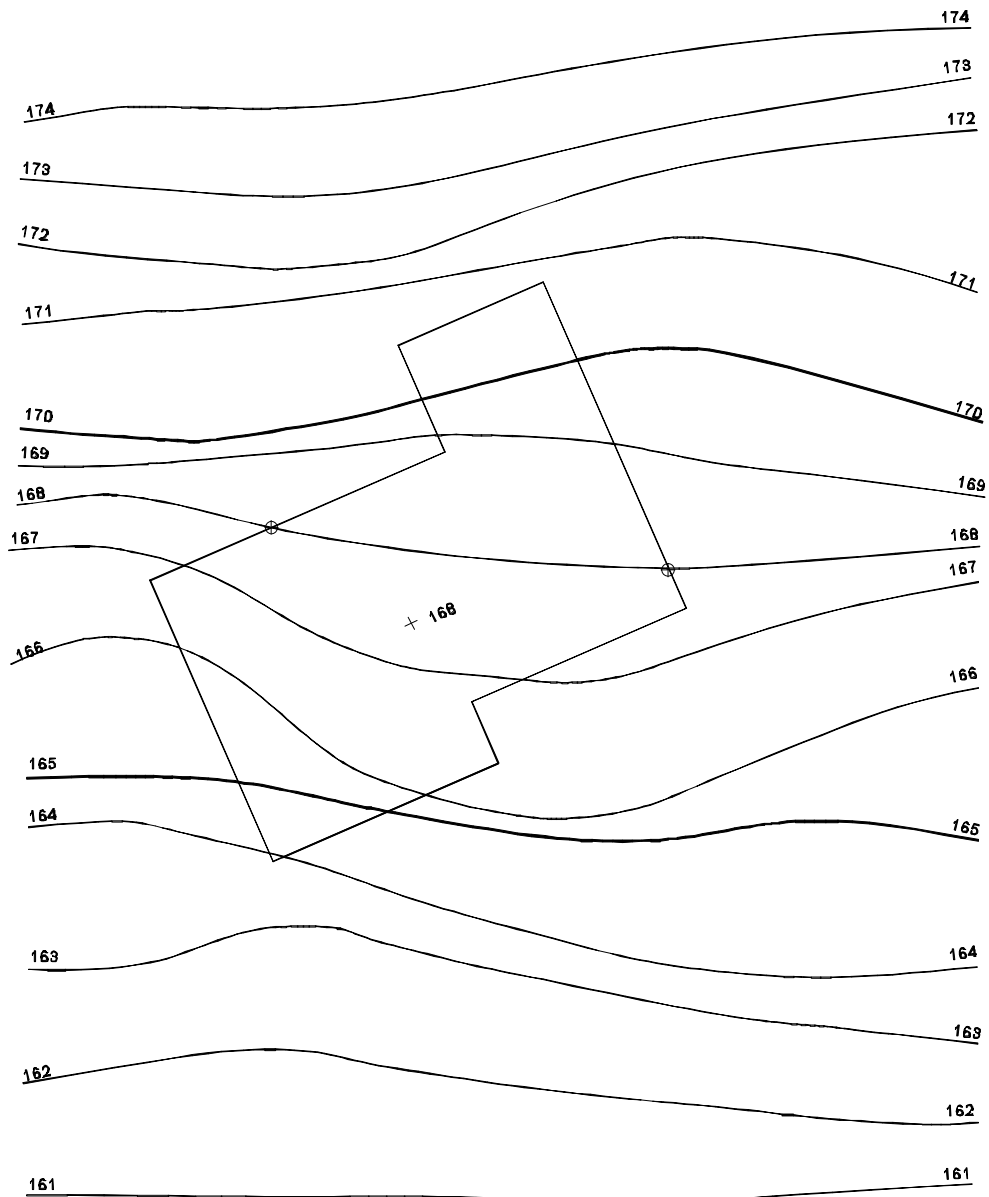


Fig. 10.9

Es tracen les rectes de màxim pendent dels talussos.

Els punts A i B són els punts de pas de la corba 168 i, com que aquesta cota és la de la plataforma, això vol dir que en aquests punts no hi ha desmunt ni terraplenament.

A partir dels punts A i B, la plataforma, per un costat, va penetrant dins el terreny, cosa que provoca un desmunt; i per l'altre, queda penjada sobre el terreny, fet que provoca un terraplenament.

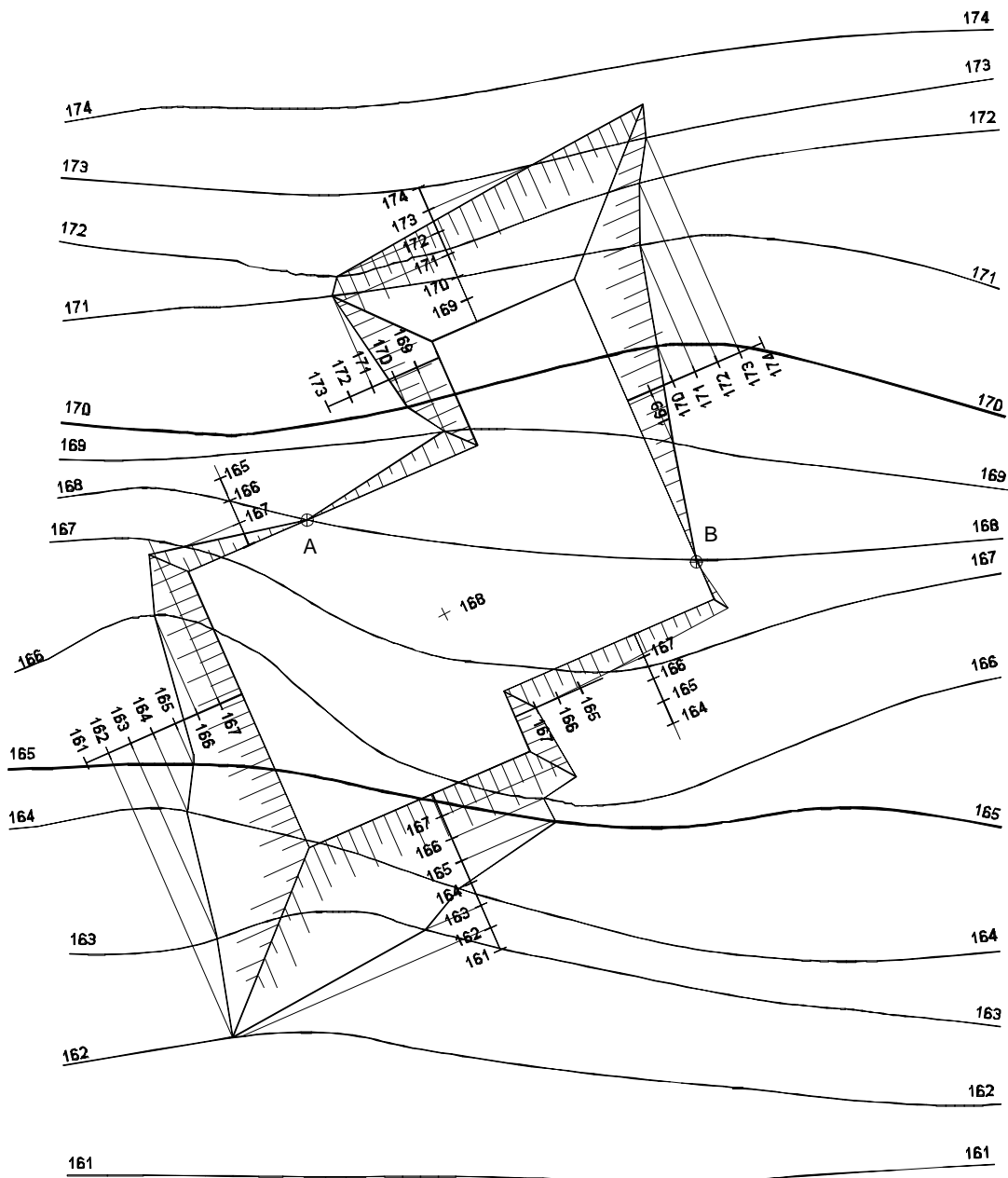


Fig. 10.10

Amb les rectes de màxim pendent graduades i a partir de la plataforma, es donen les cotes als intervals, creixents per als desmunt i decreixents per als terraplenaments, i es van trobant les interseccions de les horitzontals dels plans amb les corbes de nivell que tenen la mateixa cota. La unió d'aquests punts ens dona la intersecció que buscàvem. El ratllat per a la indicació dels talussos es traça sempre a la part més alta d'aquests, tant si són de desmunt, com si són de terraplenada, i es fa perpendicular a les horitzontals dels plans corresponents.

A la figura 10.11 es veu l'exercici totalment acabat, tal com s'han de presentar aquest tipus de feines.

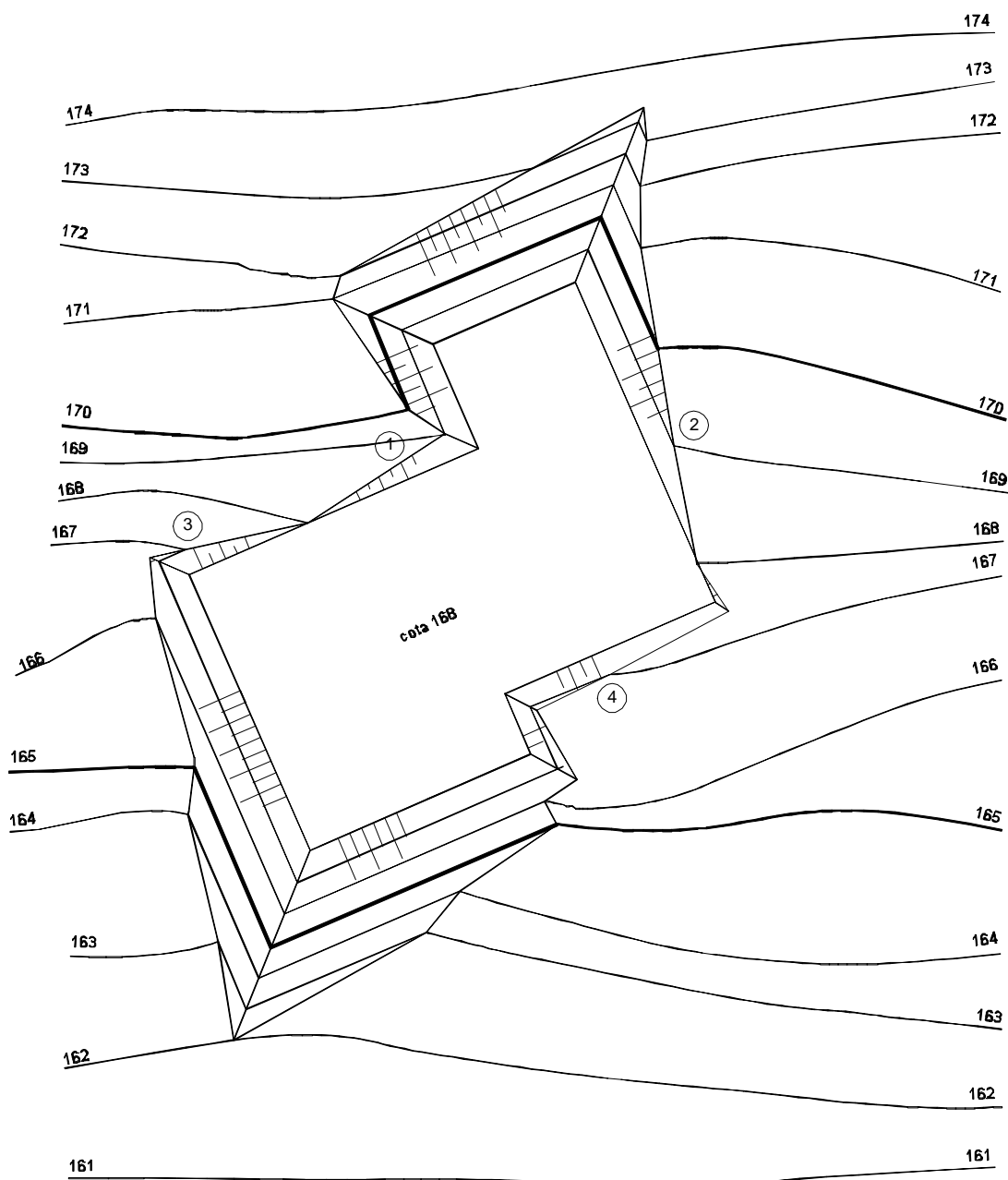


Fig. 10.11

Les corbes de nivell del terreny, quan entren en contacte amb l'obra, es converteixen en horitzontals dels plans geomètrics dels talussos fins que tornen a sortir al terreny lliure, per exemple:

La corba de la cota 169 entra a l'obra pel punt 1, recorre els plans de tres talussos i surt pel punt 2, i la corba de la cota 167 hi entra pel punt 3 i recorre els plans de cinc talussos i surt pel punt 4.

10.5 Un altre exercici resolt, de característiques totalment diferents

A la figura 10.12 es presenta un problema com l'anterior, però de característiques totalment diferents.

Observant la figura 10.12 veiem que es tracta d'una plataforma de cota 35 de la qual s'ha de trobar la intersecció dels talussos de l'obra amb el terreny. Sabem que l'escala del pla és 1:500 i que els talussos són del 50%.

En aquest cas, com que és una plataforma totalment circular, hem de saber veure que els talussos no són plans geomètrics, sinó que són una superfície cònica les generatrius de la qual tenen el pendent que hem indicat del 50%.

A la figura 10.13 s'han traçat les rectes de màxim pendent a qualsevol lloc. Són radials i s'han graduat segons l'interval corresponent. En aquest cas, tractant-se d'un 50%, els corresponen 2 m d'interval per 1 m d'equidistància entre corbes de nivell.

Les horitzontals del pla, en aquest exercici, s'han convertit en circumferències concèntriques de cota creixent si és un desmunt o de cota decreixent si és un terraplenament, i cada circumferència fa la intersecció amb la corba de nivell del terreny que tingui la mateixa cota que la circumferència corresponent.

La figura 10.13 presenta el problema resolt i a la figura 10.14 es pot veure com s'ha de presentar un problema d'aquest tipus.

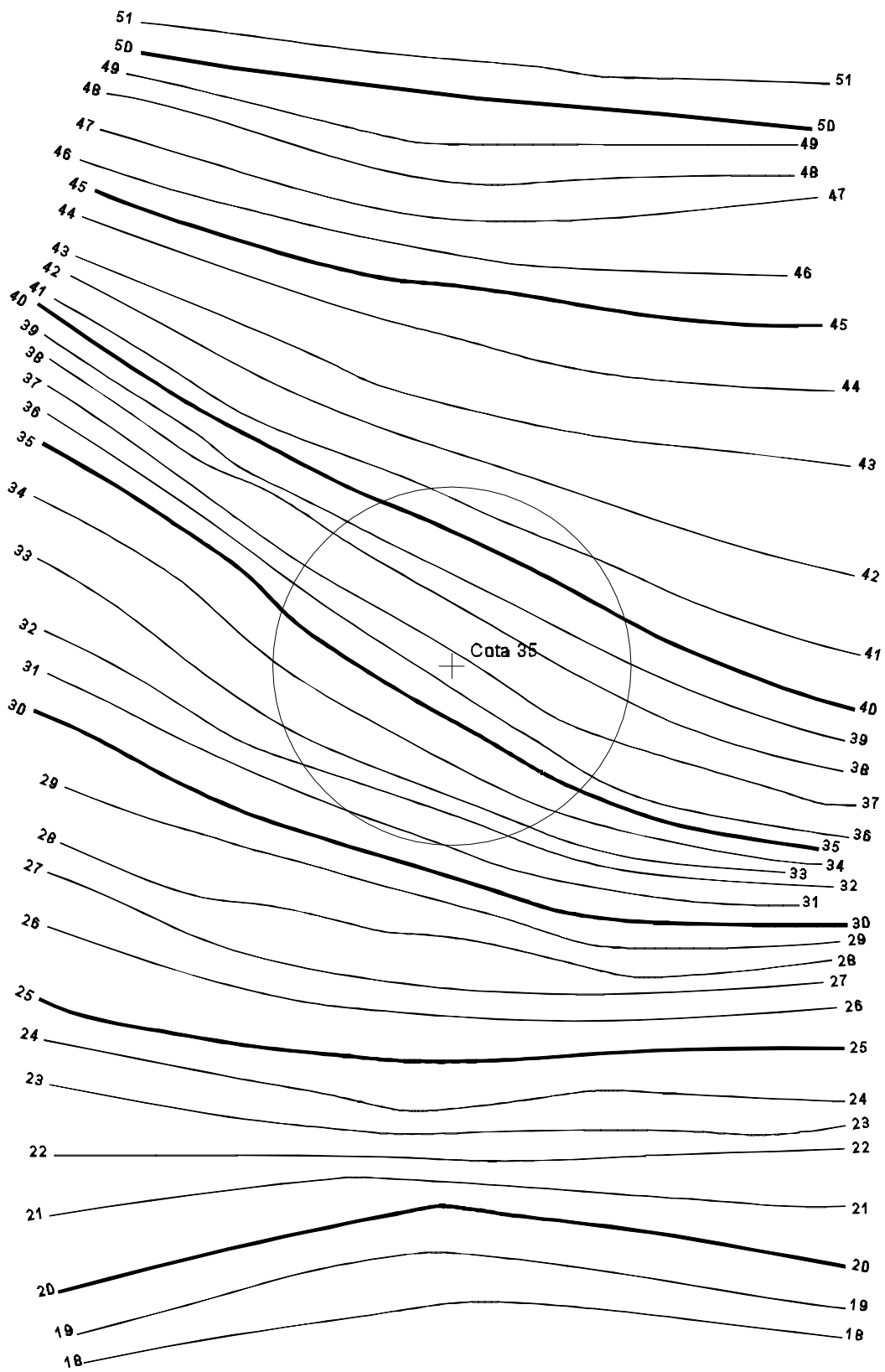


Fig. 10.12

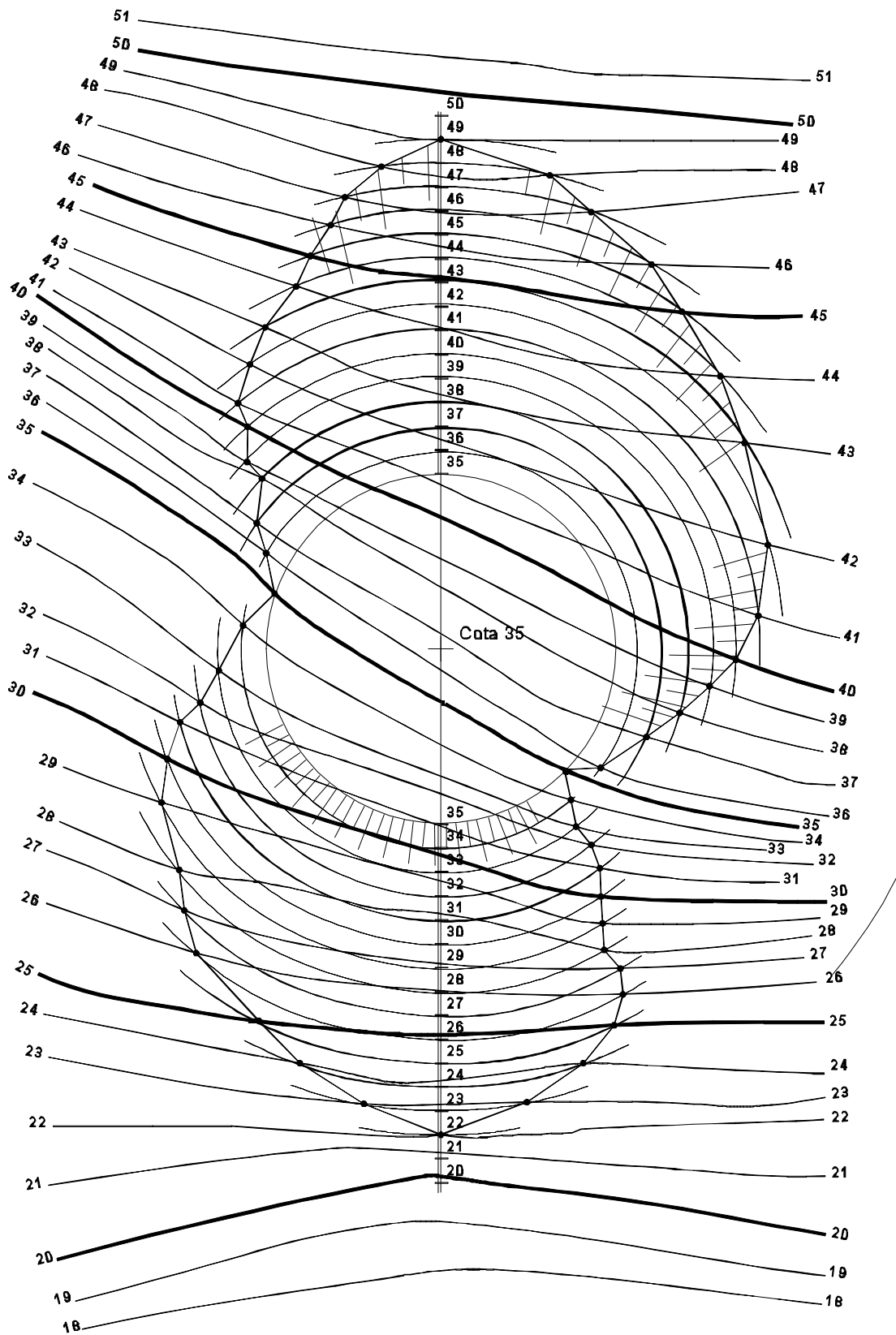


Fig. 10.13

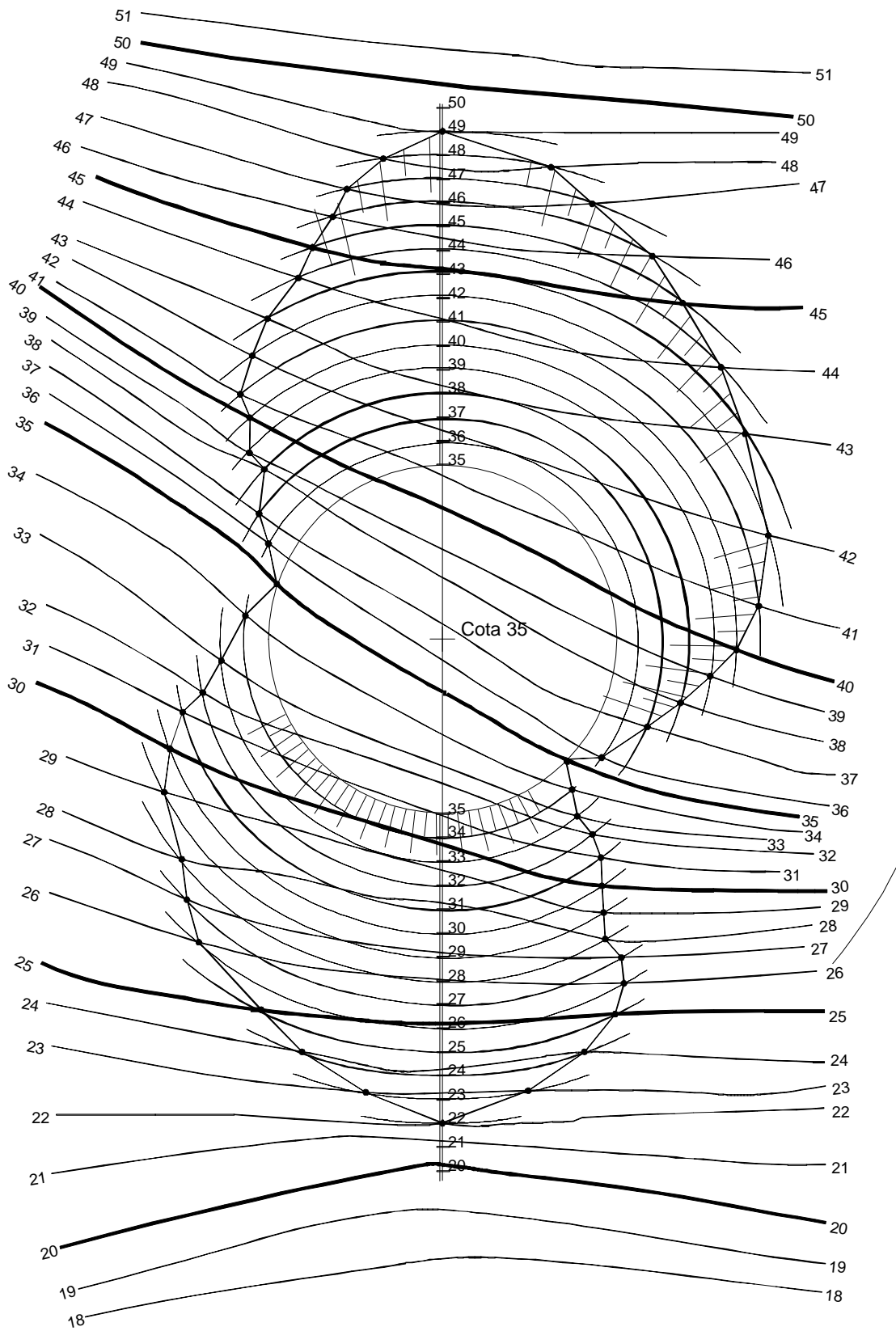


Fig. 10.13

11 Camins amb pendent

Fins ara hem tractat de plataformes horitzontals. En aquest capítol, doncs, tractarem de plataformes o camins amb un pendent determinat i de com trobar la intersecció dels plans de l'obra amb la superfície del terreny.

11.1 Pendent de les generatrius d'un con recte

A la figura 11.1.a hi ha representat un con recte les generatrius del qual formen un angle α amb el radi de la base.

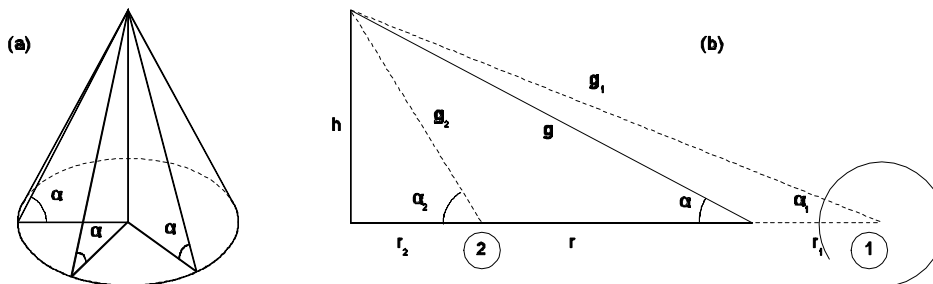


Fig. 11.1

Veiem que les infinites generatrius que es poden traçar en aquest con, totes tindran el mateix angle.

A la figura 11.1.b hi ha representat el triangle rectangle format per l'altura del con, h , el radi de la seva base, r , i la seva generatriu, g .

Si en aquesta figura variem la magnitud del radi, r , sense variar l'altura, h , obtenim triangles, és a dir, cons de diferents pendents.

h, r, g pertanyen a un con les generatrius del qual són de pendent α .

h, r_1, g_1 pertanyen a un con les generatrius del qual són de pendent α_1 .

h, r_2, g_2 pertanyen a un con les generatrius del qual són de pendent α_2 .

Això ens demostra que podem construir un con recte amb el pendent que sigui necessari.

Observant la figura 11.2 podem veure com es tracen plans tangents a aquest con. Cal traçar una tangent a la base del con i una paral·lela a aquesta tangent que passi pel vèrtex del con. Aquestes dues rectes paral·leles determinen un pla tangent al con perquè contenen una generatriu d'aquest.

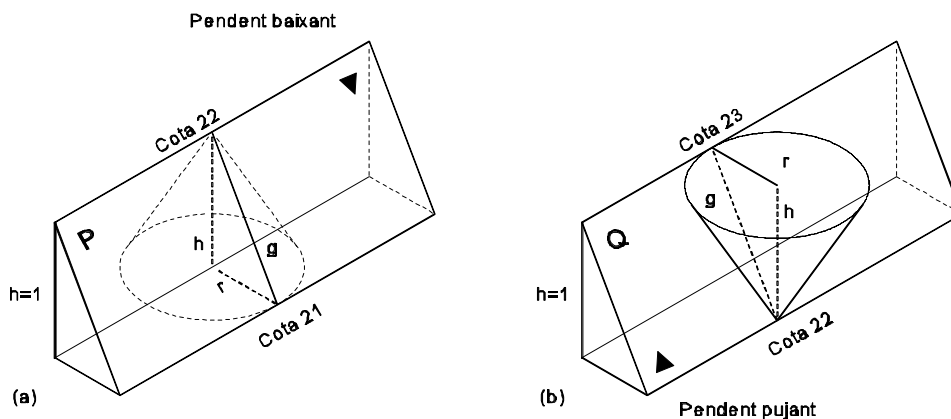


Fig. 11.2

A la figura 11.2.a suposem que és un pla amb un pendent de baixada. Aleshores, si en el vèrtex del con tenim la cota 22, a la base del con tindrem la cota 21, ja que l'altura està indicada com la unitat.

A la figura 11.2.b suposem que és un pla amb un pendent de pujada. Per tant, si en el vèrtex del con tenim la cota 22, a la base del con tindrem la cota 23.

La representació d'un con recte en planta és exactament igual per a un con de peu que per a un con invertit (Fig. 11.3), i per això no ens ha de preocupar la posició del con a l'hora de dibuixar-lo. Nosaltres sempre el dibuixarem igual, en planta, i el que hem de tenir molt clar és la cota que volem donar al seu vèrtex i la que en resultarà a la base, segons quines siguin les corbes del pla ascendents o descendents, com es veu clarament a les figures 11.2.a i 11.2.b.

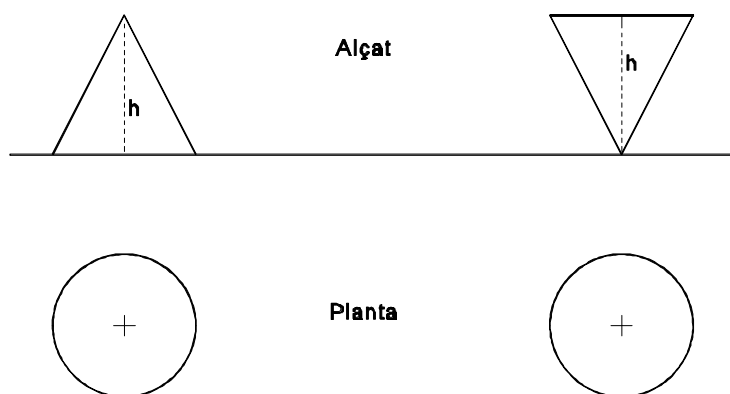


Fig. 11.3

Podem traçar un pla tangent a un con des de qualsevol punt que ens interessi. Per exemple, a la figura 11.4 volem traçar un pla tangent al con des del punt M al punt B de la base, i per A dibuixem una paral·lela a la tangent traçada.

D'aquesta manera tenim que aquestes dues paral·leles determinen un pla que conté la generatriu AB del con, la generatriu de qual ha estat dibuixada amb el pendent que necessitàvem, de manera que transmet aquest pendent al pla que la conté.

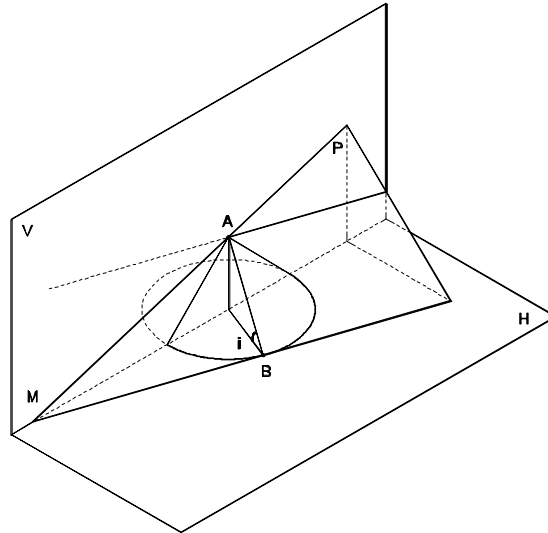
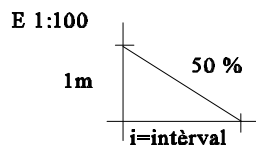


Fig. 11.4

Per exemple, suposem que tenim un camí amb un pendent del 50%, sense més dades adjuntes. El pla és a escala 1:100 i la distància entre horizontals del pla és la unitat, és a dir, 1 m.



Es calcula l'interval i i tenim que $i = 2$ m. Això a l'escala 1:100 ens dóna un interval de 2 cm.

11.2 Aplicació a camins amb pendent

S'inicia el dibuix tal com indica la figura 11.5.

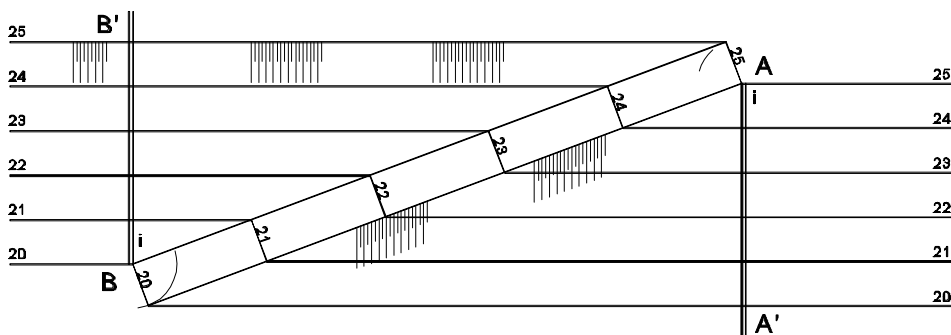


Fig. 11.5

Primer es gradua el pla inclinat a AB. En A tenim la cota 25 i en B la cota 20. A continuació interpolem la resta de cotes enteres tal com s'ha vist a la gradació d'un pla geomètric (apartat 10.1) i obtenim totes les altres horitzontals del pla.

Sabem que el pla AA' és descendent des d'A. Aleshores dibuixem en A el con tal com s'ha indicat a la figura 11.2.a. El radi d'aquest con és l'interval calculat, $i = 1$ cm. Com que sabem que és de baixada, si en el vèrtex del con tenim la cota 25, a la base tenim la cota 24. Des de la cota 24 del pla inclinat tracem la tangent a la base del con i obtenim una horitzontal del pla del talús.

Des d'A dibuixem una perpendicular a aquesta horitzontal i tenim la recta màxima AA' del pla del talús.

Operem de la mateixa manera per al pla del talús ascendent, BB'.

En el punt B dibuixem el con invertit (Fig. 11.2.b).

Si en el vèrtex del con tenim la cota 20 i ens disposem a pujar, a la base del con tenim una cota 21 i des del punt de la cota 21 del pla inclinat tracem una tangent a la base del con. A continuació, des de B dibuixem una perpendicular BB' a la tangent i obtenim, d'aquesta manera, la recta de màxim pendent BB', que, convenientment graduada amb l'interval i que ja tenim, ens permet obtenir totes les horitzontals necessàries del pla del talús.

A les figures 11.6, 11.7 i 11.8 s'exposa un problema mixt resolt de talussos de plataformes horitzontals i una rampa d'unió amb pendent.

11.3 Resolució d'un problema amb un camí amb pendent

Aquests casos es resolen igual que els exercicis dels apartats 10.4 i 10.5 en les parts de l'obra que siguin horitzontals.

Les parts amb pendent es resolen segons la teoria que s'ha explicat a l'apartat 11.2.

A l'exercici presentat a la figura 11.6 veiem en la part superior una plataforma horitzontal de cota 132, que ja hem practicat a l'exercici de l'apartat 10.4.

A la part inferior hi ha una superfície circular de cota 120 semblant a l'exercici resolt a l'apartat 10.5.

Unint les dues plataformes horitzontals hi ha un pla inclinat que va de la cota 120 a la cota 132. Aquesta part s'ha de resoldre amb el que s'ha dit a l'apartat 11.2.

A la figura 11.7 es pot observar tot el desenvolupament de l'exercici.

A la figura 11.8 hi ha l'exercici completament acabat.

L'enunciat diu: trobeu la intersecció dels talussos de l'obra amb la superfície del terreny, sabent que els talussos són de 3 m d'interval per 1 m de desnivell. Indiqueu clarament el que és desmunt i el que és terraplenament.

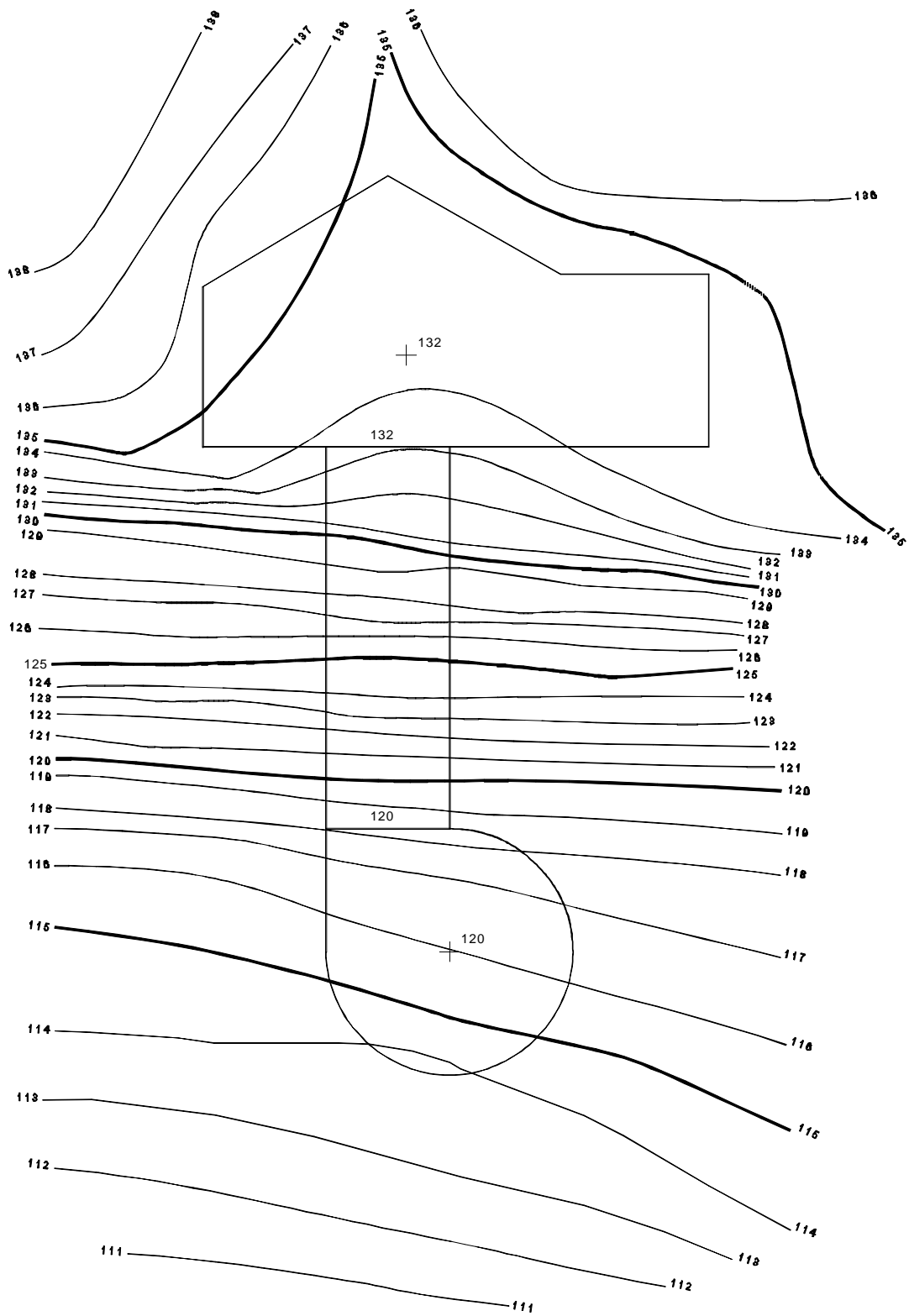


Fig. 11.6

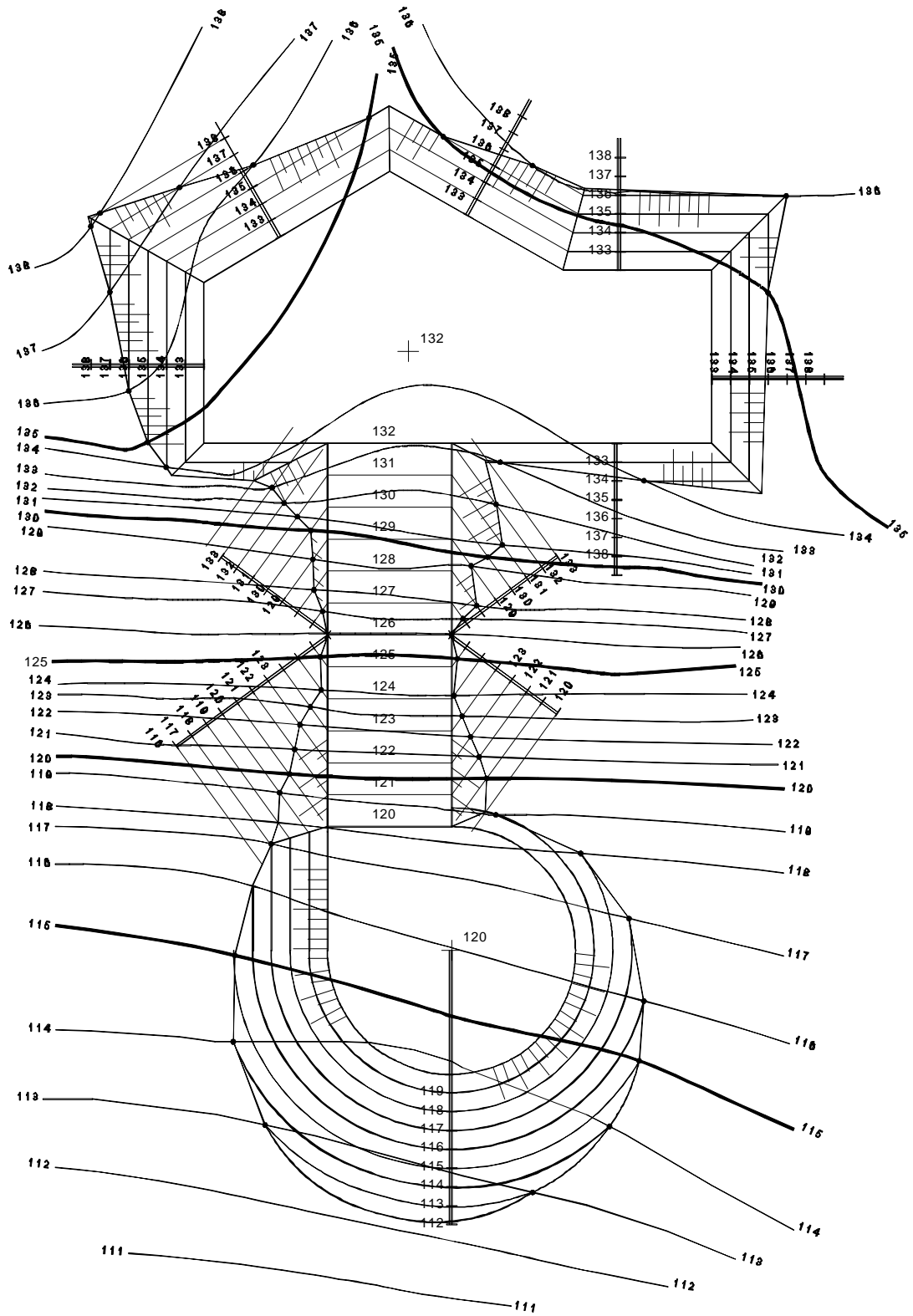


Fig. 11.7

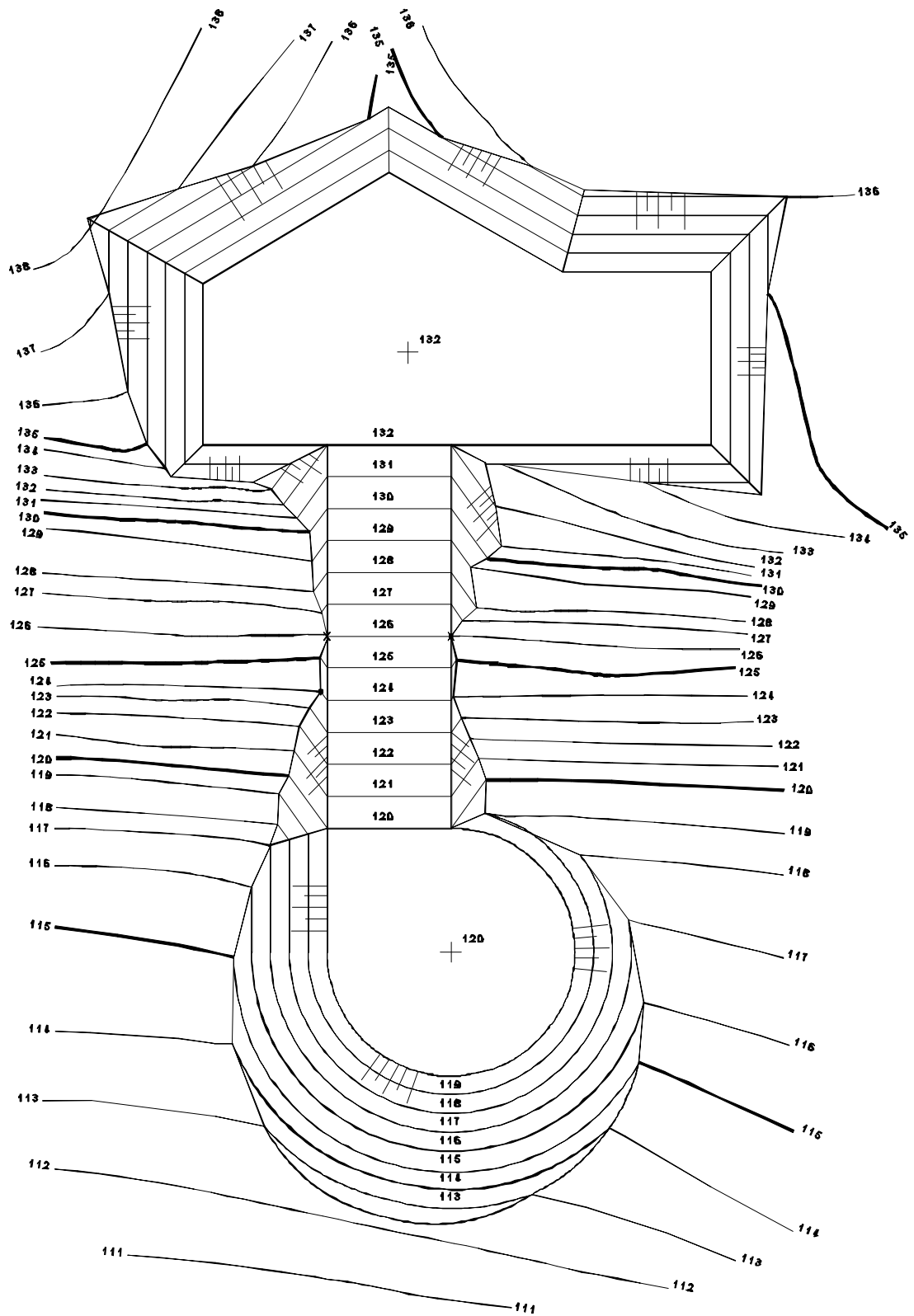


Fig. 11.8

12 Perfils longitudinals

Ens disposem a estudiar un traçat que cobreixi les necessitats del projecte sobre un pla topogràfic com el de la figura 12.1.

Quan es fa el projecte, per exemple, d'un vial, encara que el fet en si de projectar-lo no sigui la missió del topògraf, sí que ho és interpretar el projecte i realitzar el perfil longitudinal, els perfils transversals i la cubicació del moviment de terres.

En l'exemple hi ha un traçat compost per tres alineacions rectes i dues corbes d'enllaç.

Aquest exercici consta de vuit perfils transversals, que, per a un estudi com aquest, són pocs. Però la idea és que aquests exercicis es fan reduïts, perquè s'interpreta que l'exemple de vuit perfils és extensible al nombre de perfils que faci falta.

D'aquest nombre reduït de perfils transversals en traurem unes conseqüències molt interessants.

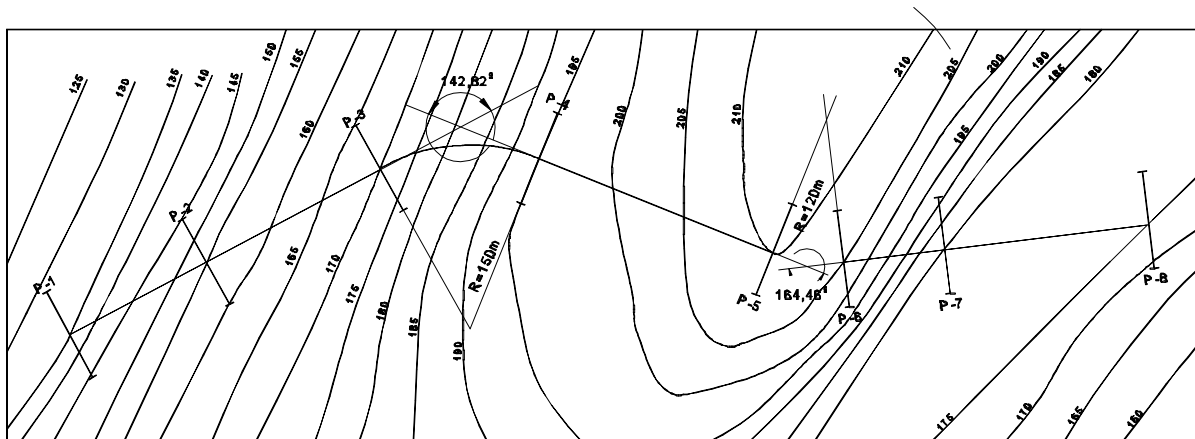


Fig. 12.1

12.1 Confecció d'un perfil longitudinal

Tot el procés que desenvolupem tot seguit, punt per punt, es pot seguir a la figura 12.1.

1 S'amiden les distàncies entre perfils a l'escala del pla topogràfic que conté el traçat.

- 2 Es calcula el desenvolupament de les corbes d'enllaç per mitjà de la fórmula

$$D = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{200}$$

on: D = desenvolupament R = radi α = angle en el centre

En el cas que tinguem l'angle entre alineacions, es busca l'angle en el centre restant 200 graus a l'angle esmentat, ja que els dos angles són suplementaris l'un de l'altre.

Sumant totes les alineacions rectes i corbes, obtenim el desenvolupament total del traçat.

- 3 Un perfil longitudinal s'ha de deformar perquè la sinuositat del terreny s'acusi.

Es treballa amb escala horitzontal i vertical amb la relació de 10:1. Per exemple, si l'escala horitzontal és 1:5000, la vertical ha de ser 1:500.

A la figura 12.2 hi veiem escales gràfiques. Això és a causa de la necessitat de reduir el dibuix perquè pugui ser representat en aquest format.

- 4 La presa de dades es fa en el pla, representat a la figura 12.1, i el desenvolupament del perfil longitudinal (PL) s'ha de seguir a la figura 12.2.
- 5 Es comença dibuixant les alineacions a la part més inferior del PL, segons el sentit de la marxa del perfil.
- 6 A l'horitzontal següent, es col·loquen els perfils transversals amidats a escala i numerats en sentit creixent.
- 7 Tornant a les alineacions, es veu que la primera és una recta, i es numeren de la manera següent:

recta núm. 1	de	297 m	corba núm. 4	de	67 m
corba núm. 2	de	134,73 m	recta núm. 5	de	255 m
recta núm. 3	de	205 m			

- 8 A les alineacions rectes s'indica la longitud que tenen i a les alineacions corbes d'indica el radi, R , l'angle en el centre, α , i el desenvolupament que s'ha calculat, D . Algunes vegades, també s'indica la tangent, T , de la qual parlarem en el replantejament de corbes d'enllaç horitzontals.
- 9 Les corbes es dibuixen seguint el sentit del traçat del PL, tal com s'indica a la figura 12.3.
- 10 Una vegada s'han traçat les alineacions, es passa a amidar en el pla topogràfic la distància entre perfils i a col·locar-los i numerar-los en el perfil longitudinal tal com s'indica a la figura 12.2, és a dir, col·locant a l'horitzontal corresponent les distàncies parcials i les distàncies respecte de l'origen, que són la suma progressiva de les parcials.
- 11 Del pla topogràfic es treu la cota del terreny que correspon a cada perfil transversal.

Perfil longitudinal

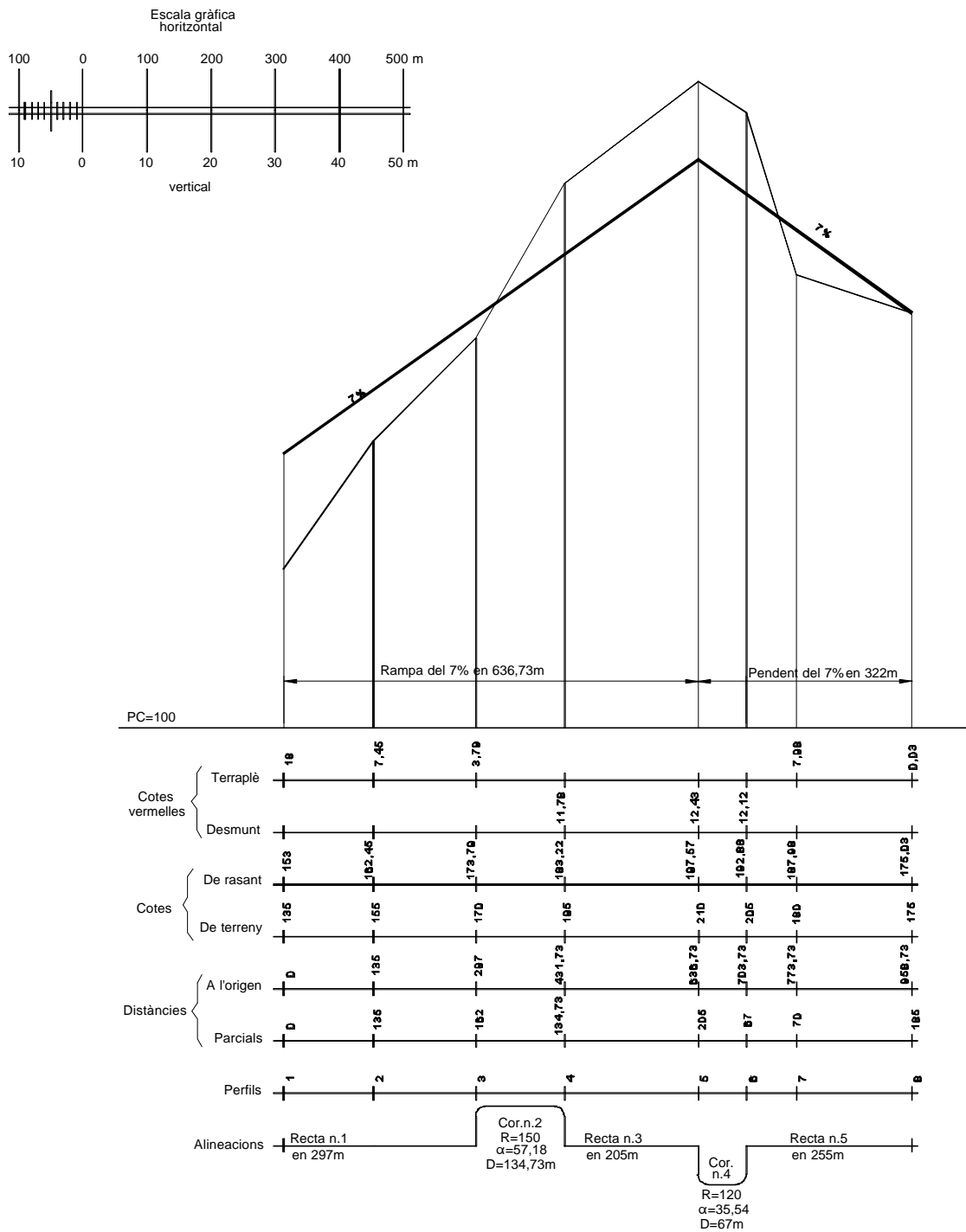


Fig. 12.2

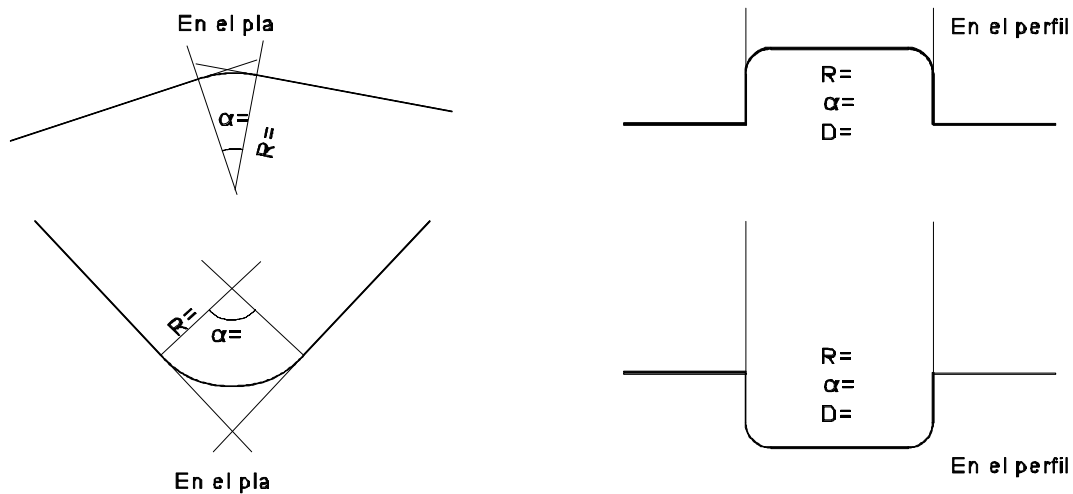


Fig. 12.3

- 12 En aquesta fase del treball, ja podem dibuixar el perfil longitudinal del terreny, però abans hem d'acabar la «guitarra» deixant preparades les horitzontals per a les cotes de rasant, i les cotes vermelles de desmunt i de terraplenament.
- 13 L'última línia horitzontal de la graella s'utilitza per al pla de comparació (PC) i per indicar quina cota se li assigna. A partir d'aquest PC, es pugen les ordenades corresponents a cada perfil transversal a l'altura que correspongui a la cota del terreny.
- 14 Una vegada dibuixat el perfil del terreny s'estudien, sobre seu, les rasants més convenients.

Les rasants són independents de les alineacions; és a dir, l'estudi de rasants no s'ha de supeditar al traçat de les alineacions.

L'estudi de les rasants s'ha de fer procurant respectar tres coses: 1) no sobrepassar el tant per cent fixat pel projecte; 2) cenyir-se al màxim al terreny, per evitar els desmunts i els terraplenaments excessius; i 3) procurar que en aquest perfil longitudinal les superfícies de desmunt i terraplenament quedin tan compensades com sigui possible.

- 15 Una vegada fixat el percentatge de rampa o pendent per a cada tram, s'ha de calcular la cota de rasant per a cada perfil.
- 16 Una vegada obtingudes totes les cotes de rasant de tots els perfils transversals, es completa el perfil longitudinal calculant les cotes vermelles de desmunt i de terraplenament, que són la diferència existent entre la cota del terreny i la cota de la rasant per a cada perfil.

Les cotes vermelles són molt importants per a la confecció dels perfils transversals.

- 17 Per sobre del pla de comparació se sol indicar la longitud de cada tram que correspon a una mateixa rasant, com es pot veure a la figura 12.2: rampa del 7% de 636,73 m i pendent del 6% de 322 m.

- 18 El concepte de *rampa* vol dir *de pujada* i el de *pendent* vol dir *de baixada*. Com que tot desnivell és relatiu, ja que si de P1 a P5 es puja vol dir que de P5 a P1 es baixa, se sol dir, d'una manera genèrica, *una rasant d'un determinat tant per cent*.

12.2 Numeració de les alineacions

La numeració de les alineacions ha de ser correlativa sense tenir en compte si són alineacions rectes o corbes. No és una numeració de rectes o de corbes, sinó simplement una numeració d'alineacions, siguin com siguin.

A continuació es donen exemples de diversos traçats en planta i la seva representació degudament numerada en el perfil longitudinal (Fig. 12.4, 12.5 i 12.6):

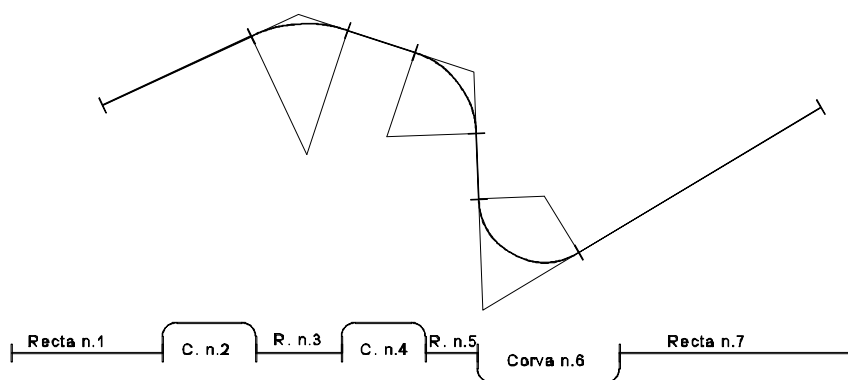


Fig. 12.4

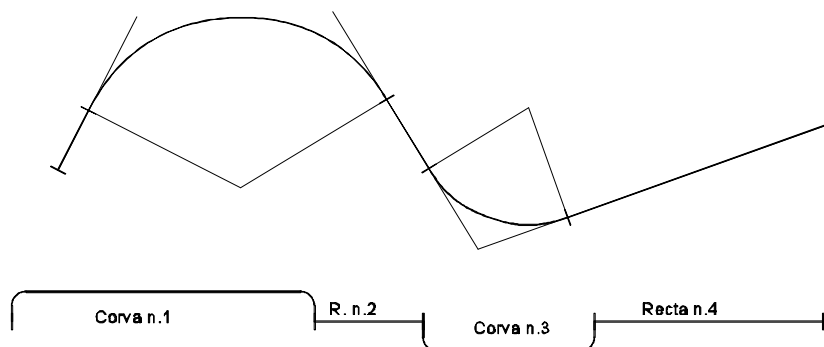


Fig. 12.5

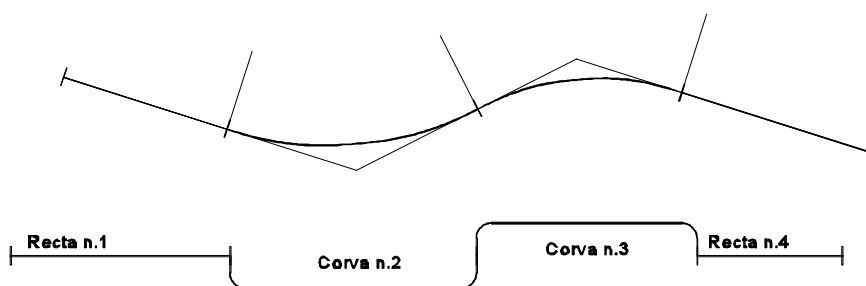


Fig. 12.6

13 Perfils transversals

13.1 Confecció dels perfils transversals

Els perfils transversals (PT) són un document que conté totes les dades necessàries per realitzar el càlcul de la cubicació de terres.

El pla topogràfic en el qual hi ha el traçat del projecte (Fig. 12.1) és el que ens servirà per treure totes les dades per als perfils transversals del terreny.

Per fer això, es procedeix de la forma següent.

Prenem com a eix dels PT l'eix del PL i operem situant-nos sobre aquest, segons el sentit de la marxa, per poder definir bé el costat dret i esquerre del PT a cada costat del seu eix.

Escollim l'escala en la qual volem representar els PT i tracem un eix, que per a nosaltres ho és, també, del PL (Fig. 13.1).

A dreta i a esquerra es van prenent distàncies i observant els metres que es pugen o es baixen. D'aquesta manera es van confeccionant els PT del terreny a cada perfil indicat en la planta topogràfica.

A la figura 13.3 es pot veure el dibuix dels PT de l'exercici anterior (Fig. 12.1).

La representació dels perfils s'acostuma a presentar segons el croquis de la figura 13.1.

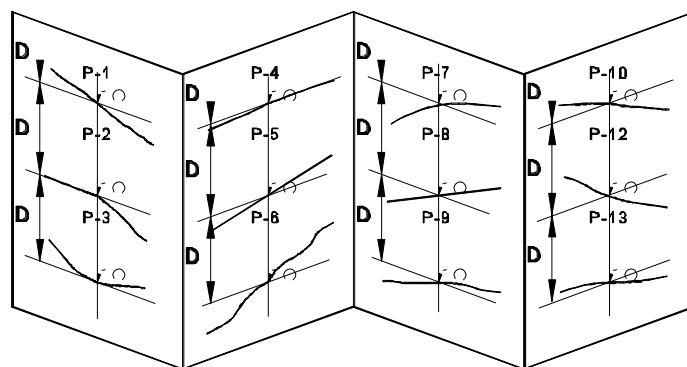


Fig. 13.1

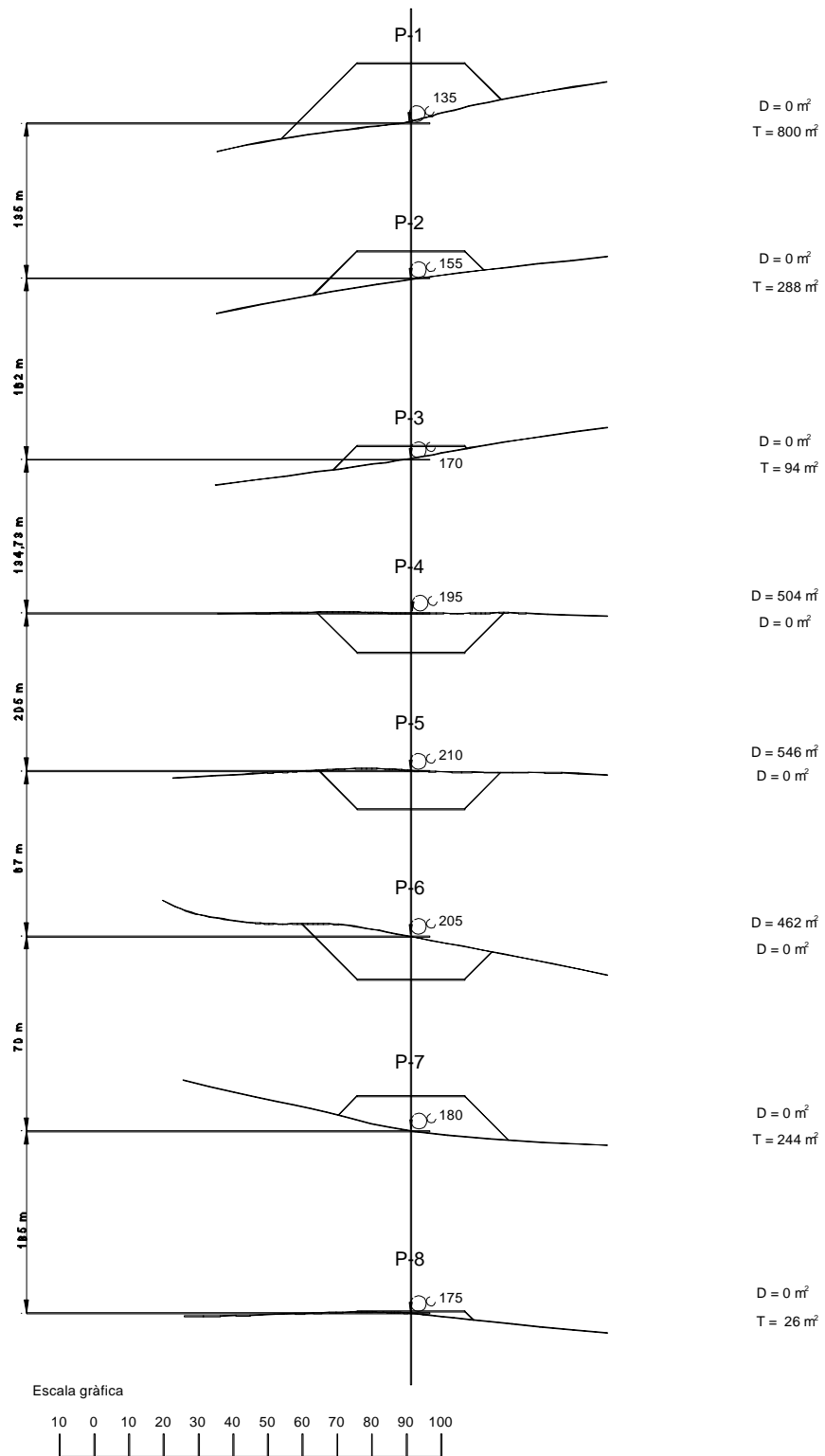


Fig. 13.3 Perfils transversals

L'eix dels perfils apareix centrat a cada full, i hi figuren el número del perfil, la cota del terreny i la distància entre els perfils. Aquesta distància només es representa en valor numèric però, com es pot comprendre, no es pot representar a escala.

Quan els PT estan representats així hem de situar-hi el que s'anomena *perfil tipus* o *caixa de l'obra* (Fig. 13.2), per poder veure com queda l'obra en relació amb el terreny.

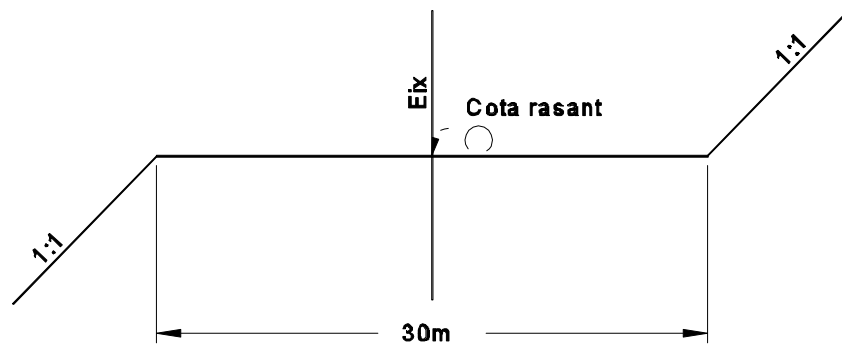


Fig. 13.2 Exemple de secció tipus o caixa de l'obra

Per dibuixar la caixa en els perfils es procedeix de la manera següent.

Del perfil longitudinal es pren la cota vermella del PT corresponent. Si és de desmunt es col·loca a l'eix del PT per sota de la cota del terreny i si és de terraplenament es col·loca per sobre d'aquesta cota.

Es fa passar la caixa d'obra per aquests punts i es dibuixen els talussos de desmunt o terraplenament, segons el cas, amb el pendent que s'indiqui en cada cas fins a fer la intersecció amb el pendent natural del terreny.

Després d'aquesta operació la superfície de desmunt i de terraplenament, superfície que s'ha de calcular i de col·locar al costat dret de cada perfil, queda perfectament limitada a cada PT.

13.2 Components d'un perfil transversal

Normalment es calculen les superfícies de desmunt i de terraplenament amb un planímetre, però també es poden calcular equiparant la secció a figures geomètriques.

L'exemple següent (Fig. 13.4) és d'un perfil transversal complet que conté aquests elements:

- eix del traçat
- número del perfil transversal
- cota del terreny
- perfil del terreny
- distància entre perfils
- pendent dels talussos
- cota vermella
- cota de rasant
- perfil tipus
- superfície de desmunt
- superfície de terraplenament

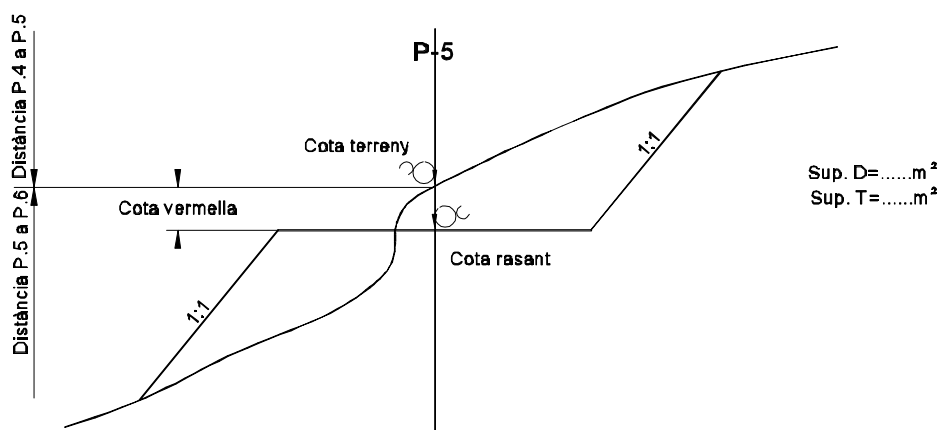


Fig. 13.4

13.3 Intercalació de perfils transversals

En el traçament dels PT cal matisar uns quants punts.

En un principi, amb la simple observació del PL, ens pot semblar que el nombre de perfils que s'han de traçar ja és suficient. En tenir-los dibuixats, però, ens podem adonar de la necessitat d'intercalar-ne més perquè donin una aproximació major a la cubicació de terres.

Un exemple d'això poden ser els PT de la figura 13.3 (al primer apartat d'aquest capítol).

Els perfils 1, 2 i 3 tenen una disminució gradual de la superfície de terraplenament, però del P3 al P4 passem d'una superfície de només terraplenament a una de només desmunt, i és evident que en algun lloc de l'eix del PL es produeix el canvi. Per tant, hem d'anar intercalant perfils fins que aconseguim el que s'exposa a la figura 13.5, en la qual, amb la intercalació dels perfils 3-1, 3-2, 3-3 i 3-4 entre els P3 i P4, s'ha aconseguit el pas gradual d'una secció del terreny a l'altra.

La intercalació de perfils transversals només afecta el PL en les distàncies parcials i en el dibuix del terreny. A la resta de plans no afecta per res, si bé s'han de calcular per als nous perfils intercalats totes les altres dades de què consta un perfil longitudinal.

En el nostre exemple, passaria el mateix entre els perfils P6 i P7, representats a la figura 13.3.

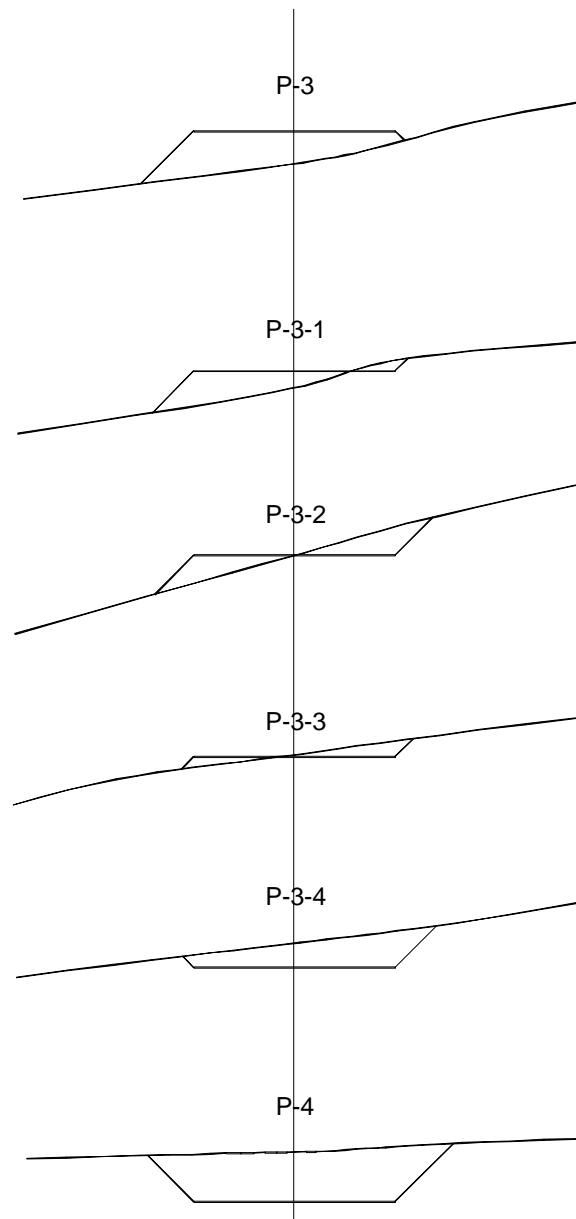


Fig. 13.5

Entre aquests perfils s'hauria d'aconseguir la intersecció que es mostra a la figura 13.6 (pàg. següent). Com es pot observar, per a l'estudi d'un traçat és necessari manejar la planta topogràfica, el perfil longitudinal i els perfils transversals, variant i modificant tot el que calgui, fins que l'estudi sigui complet i satisfactori.

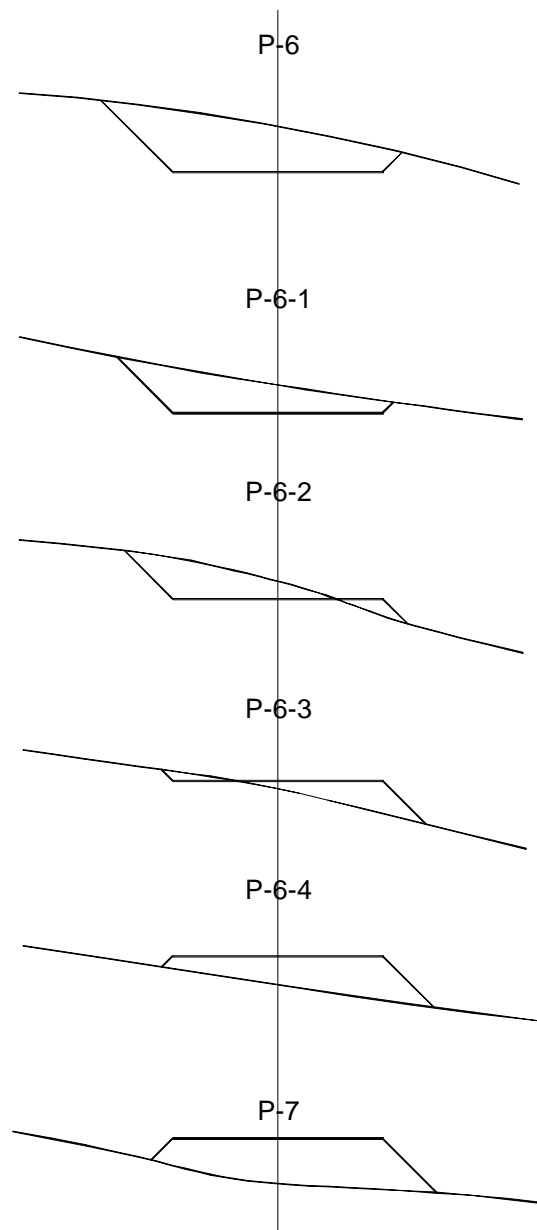


Fig. 13.6

13.4 Cubicació de terres

Amb el pla dels perfils transversals complet, disposem d'un document que ens és suficient per realitzar la cubicació de terres.

A la taula de l'exemple que seguim, s'exposen molt clarament els passos que s'han donat per estudiar el moviment de terres i es pot observar que totes les dades que necessitem es poden obtenir dels perfils transversals de la figura 13.3.

Aquests són els continguts de les vuit columnes de la taula de cubicació de terres (pàg. següent):

- 1a: la columna de perfils numerats
- 2a: la superfície de desmunt de cada perfil
- 3a: la superfície de terraplenament de cada perfil

Fins ara les dades són particulars de cada perfil.

Les dades següents fan referència a les relacions entre dos perfils. És per això que les línies horitzontals s'intercalen entre aquests dos perfils.

- 4a: la mitjana de superfícies de desmunt entre dos perfils consecutius
- 5a: la mitjana de superfícies de terraplenament entre dos perfils consecutius
- 6a: les distàncies entre dos perfils consecutius
- 7a: el producte de la distància per la superfície mitjana, és a dir, el volum de desmunt en metres entre dos perfils consecutius
- 8a: el producte de la distància per la superfície mitjana, és a dir, el volum de terraplenament en metres cúbics entre dos perfils consecutius.

Finalment se sumen les columnes 7a i 8a i s'obtenen els volums totals en metres cúbics de desmunt i de terraplenament que s'han de realitzar a l'obra.

Com ja vam dir, els volums de desmunt i de terraplenament haurien de ser iguals. Davant aquesta impossibilitat, s'ha de procurar que la diferència sigui la menor possible, per evitar que s'hagin d'anar a buscar terres a l'exterior de l'obra o bé que se n'hagin de treure de dins i portar-les a abocadors autoritzats.

Un bon exemple de la inquietud perquè el moviment de terres es limiti a l'interior de l'obra és el que exposem a continuació (Fig. 13.7).

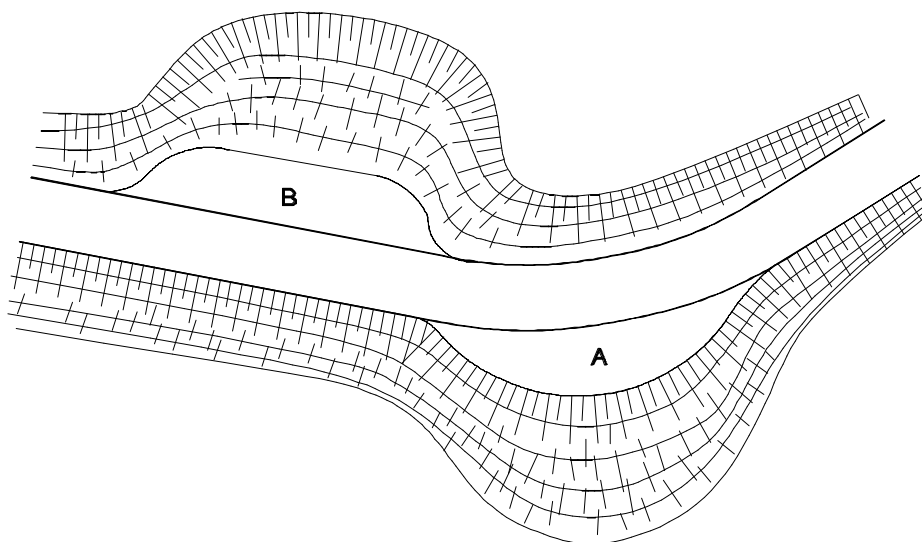


Fig. 13.7

Moltes vegades hem vist per les carreteres zones d'aturada com la A i la B.

Quan el volum del desmunt és més gran que el de terraplenament, l'habilitació de zones com la A dona l'oportunitat de poder abocar terres dins la zona d'obres i al mateix temps, de fer una obra útil.

Quan el volum de terraplenament és més gran que el de desmunt, vol dir que ens faltaran terres i aleshores construir una zona com la B ens proporciona les terres necessàries per cobrir els trams de terraplenament.

Taula 13.1 Cubicació de terres

Perfils	Superfícies		Mitjanes		Distàncies	Volums	
	Desmunt	Terraplenament	Desmunt	Terraplenament		Desmunt	Terraplenament
1	0 m ²	800 m ²	0 m ²	544 m ²	135 m	0 m ³	73,440 m ³
2	0	288	0	191	162	0	30,942
3	0	94	252	47	134,73	33,952	6,332
4	504	0	525	0	205	107,625	0
5	546	0	504	0	67	33,768	0
6	462	0	231	122	70	16,170	8,540
7	0	244	0	135	185	0	24,975
8	0	26					
					TOTALS	191,515 m ³	144,229 m ³

14 Cubiació de terres. Altres sistemes

A continuació analitzarem dos casos molt freqüents de cubiació de terres i veurem com, conceptualment, són molt diferents del mètode que hem vist, ja que són obres que necessiten un control especial i constant del moviment de terres.

14.1 Mètode per seccions horitzontals

Aquest mètode s'utilitza quan el moviment de terres és tot de desmunt i s'ha de realitzar un control periòdic del volum de terres que s'extreuen.

Suposem que es tracta d'un turó com el de la figura 14.1 (*a*, alçat; *b*, planta):

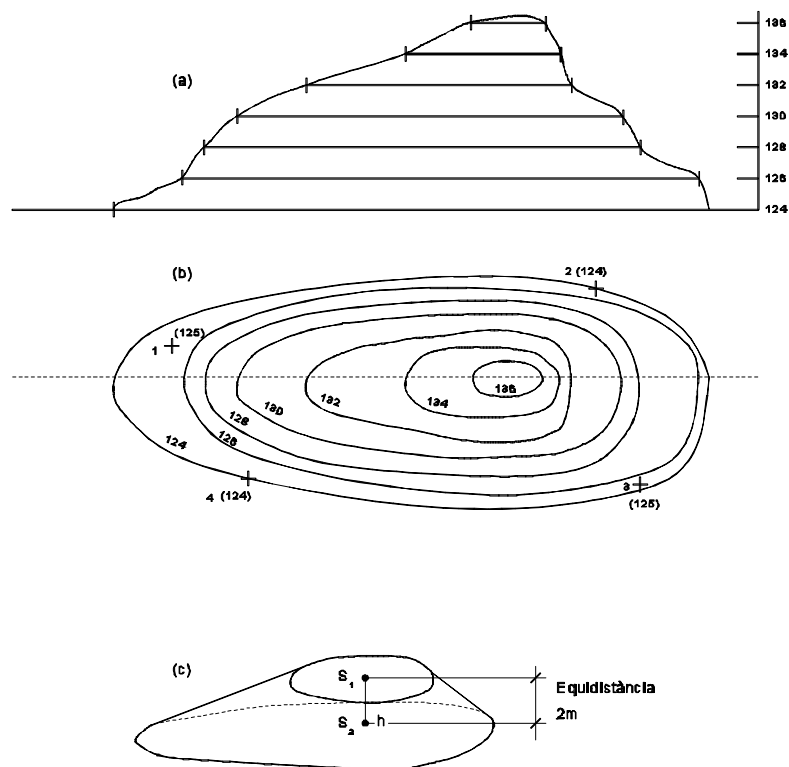


Fig. 14.1

i que se n'ha de fer l'esplanació fins a arribar a una cota determinada, per exemple la 124,00 m.

Es determina l'equidistància de les seccions que s'han d'amidar, en el nostre cas, 2 m.

Cada secció horitzontal està representada per la corba de nivell corresponent a la cota del pla que la produeix.

Evidentment hem de disposar d'un pla topogràfic realitzat amb precisió.

S'ha de calcular sobre el pla la superfície que abasta cada corba de nivell.

Per altra banda, haurem fet una anivellació geomètrica sobre el terreny i haurem deixat uns punts fixos (1, 2, 3, 4, etc.), com es pot veure a la figura 14.1.b, que tenen la cota d'altitud sobre el pla de comparació, que està situat a la cota en la qual ha d'arribar l'esplanació del turó. Des d'aquests punts d'anivellació es comprova periòdicament a quina cota s'ha arribat en el desmunt de terres.

S'admet que el volum entre dues corbes de nivell consecutives és

$$V = \frac{(S_1 + S_2)}{2 \cdot h} \quad (\text{Fig. 14.1.c})$$

essent:

S_1 i S_2 = superfícies de dues corbes de nivell consecutives

h = equidistància, en el nostre cas, 2 m

V = volum de terres entre les dues corbes de nivell que es consideren.

Com més juntes estiguin les corbes de nivell, més exacta serà la cubicació final.

14.2 Mètode per quadrícula

És un mètode especial molt pràctic per poder controlar una buidada de terres per a l'execució posterior de qualsevol obra.

Observeu la figura 14.2 (*a*, planta; *b*, secció; *c*, mòdul de la retícula traçada a la planta).

A la zona que s'ha de buidar es traça una retícula que tingui una magnitud lateral que faci possible fixar-hi estakes i que contindrà cordes de treure i posar.

Tenim, doncs, uns punts fixos, que ens indiquen les alineacions, i en qualsevol moment podem reconstruir la configuració de la quadrícula amb cordes.

Amb un pla topogràfic complet, amb la cota d'altitud en els punts fixos, és fàcil trobar la cota en el centre dels quadrats, que és on es considera que hi ha la cota mitjana de les arestes que limiten el prisma (Fig. 14.2.c).

La superfície de la quadrícula a la base és sempre la mateixa i la superfície variable és la de la base superior, que es controla amidant periòdicament la cota a què es troba.

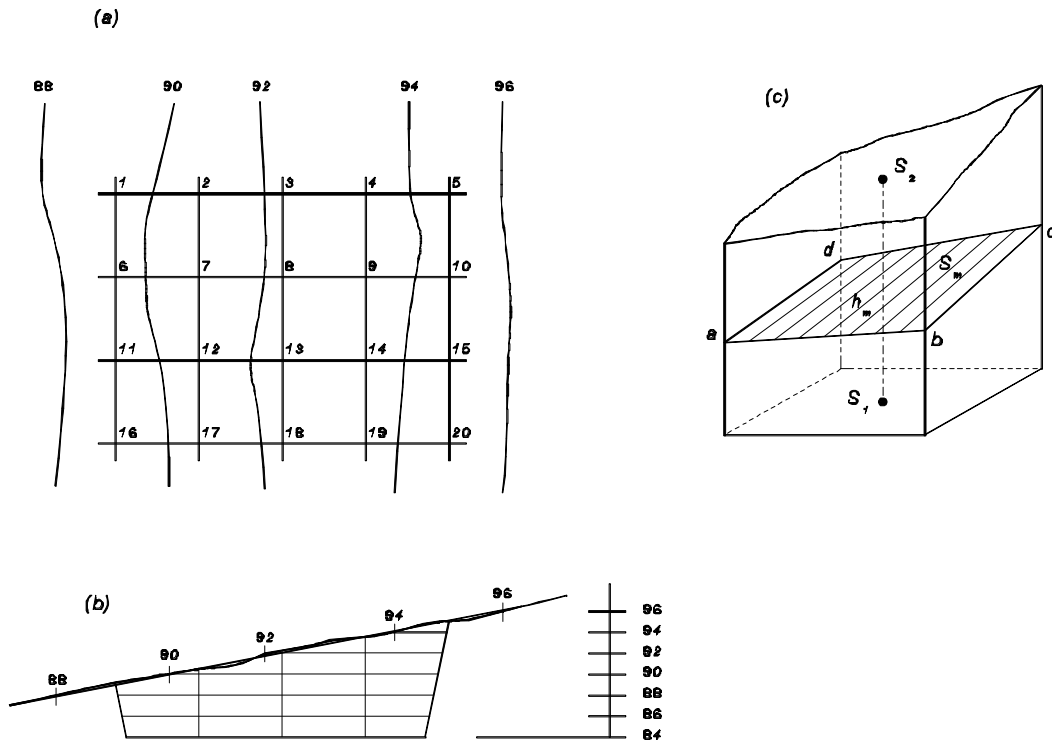


Fig. 14.2

Per calcular el volum de cada prisma, es considera suficient la fórmula següent:

$$V = S_m \cdot h_m$$

essent:

S_m = superfície mitjana: $(S_1 + S_2)/2$

h = altura mitjana entre les quatre arestes: $(a + b + c + d)/4$

V = volum de terra extreta entre les dues superfícies del prisma

El volum total de terres excavades és la suma de tots els volums parcials que s'hagin mesurat.

14.3 Variant del mateix mètode

Utilitzant el mateix mètode de la quadrícula podem obtenir més exactitud utilitzant la fórmula següent:

$$V_T = \frac{1}{4} (a + b + c + d) S$$

essent:

S = superfície d'un element de la quadrícula

a, b, c, d = altura de les arestes del prisma

El volum total és la suma dels volums de tots els prismes i com que cada aresta d'una cantonada pertany a un sol prisma, a dos prismes si és de perímetre i a quatre si és interior, la fórmula total del volum de terres excavades és

$$V_T = \frac{1}{4} \cdot S (E + 2L + 4I)$$

essent:

- E = suma de les altures de les arestes de cantonada
- L = suma de les altures de les arestes de perímetre, excloent-ne les arestes de cantonada
- I = suma de les altures de les arestes interiors
- S = superfície d'un element de la quadrícula

A l'exemple de la figura 14.2.a tenim:

- E = arestes de cantonada: 1, 5, 16 i 20
- L = arestes de perímetre: 2, 3, 4, 6, 10, 11, 15, 17, 18 i 19
- I = arestes interiors: 7, 8, 9, 12, 13 i 14
- S = superfície d'un element de la quadrícula

14.4 Mètode per seccions verticals

Aquest és el mètode que hem adoptat en el traçat de la variant d'un vial (pàg. 104).

Les seccions verticals són els perfils transversals realitzats al llarg de tot el traçat.

És un mètode aplicable a molts altres casos.

15 Càlcul de rasants i cotes

Rasant és un nom genèric; però, com vam veure, els desnivells són relatius, ja que si d'un punt 1 a un punt 2 pugem 20 m, del punt 2 al punt 1 baixarem 20 m.

Per poder determinar si en un recorregut, com vam veure en el perfil longitudinal, tenim rampa (de pujada) o pendent (de baixada), és evident que hem de fixar un sentit de marxa, sabent que si invertim aquest sentit invertim, també, el signe dels desnivells.

El càlcul d'una rasant no és cap problema, ja que és una simple multiplicació o divisió.

Aquest problema el practiquem moltes vegades en traçar un perfil longitudinal (Fig. 12.2).

Multiplicant una distància pel tant per cent de rampa o de pendent obtenim el desnivell entre els extrems de l'alineació, i sumant o restant aquests desnivells de la cota d'origen de la rasant tenim la cota del final d'aquesta.

Si, contràriament, el que tenim són les cotes dels dos extrems d'una rasant, restant aquestes dues cotes obtenim el desnivell existent i, dividint-lo per la distància i multiplicant-lo per cent, tenim el tant per cent de rasant corresponent.

En qualsevol dels casos, l'operació és molt simple.

El concepte de pendent uniforme entre dos punts significa que el tant per cent de pendent o de rampa no varia en tot el tram limitat per aquests punts, encara que hi hagi altres punts intermedis.

Aquest tipus de treball és de despatx, malgrat que una vegada fet l'estudi s'haurà de replantejar sobre el terreny.

A continuació posem un exemple d'urbanització, que és on més s'aplica aquest tipus de treball (Fig. 15.1, pàg. següent).

En el projecte ens diuen que la cota del punt A = 120,00 m i ens fixen unes rasants per als trams següents:

- tram AH: pendent uniforme (de baixada) del 6%
 - tram DN: rampa uniforme (de pujada) del 8%
 - tram DI: pendent uniforme (de baixada) del 5%
 - tram IL: pendent uniforme (de baixada) del 4%
-

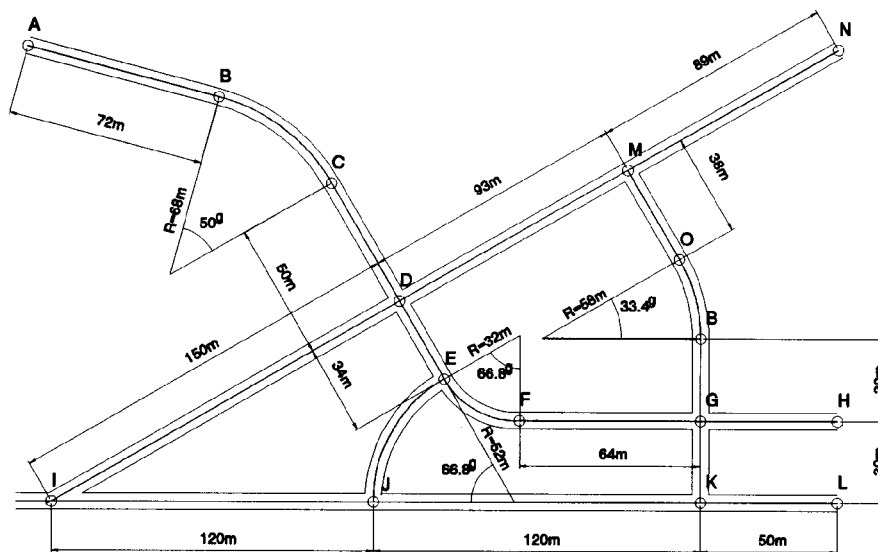


Fig. 15.1

Hem de calcular, doncs, les rasants dels trams GM, GK i EJ, i les cotes dels punts B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O i P.

Els càlculs que s'han de fer són molt senzills. Es tracta de fer:

El càlcul del desenvolupament de les corbes, per la fórmula de l'arc $\frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{200}$, sabent que en topografia només es treballa amb graduació centesimal.

El càlcul de rasants, $\% = \frac{\text{desnivell}}{\text{distància}} \cdot 100$, tant de pujada com de baixada.

El càlcul de desnivells, $Z = \frac{\text{distància} \cdot \text{rasant en } \%}{100}$

Per a les alineacions que tinguin punts intermedis, com l'alineació AH de la figura 15.1, es pot aplicar el petit programa que s'exposa a continuació i que es pot introduir a qualsevol calculadora programable en basic.

Programa per al càlcul de cotes donada una rasant en tant per cent

```

10 print "rasant contínua i cotes"
20 input "cota de sortida C=",C
30 input "tant per cent i signe T=",T
40 input "distància a l'origen D=",D
50 Z=D*T/100
60 P=C+Z
70 print "Z=";Z
80 print "P=";P
90 goto 40

```

Aplicant aquest programa o bé fent el càlcul de la manera tradicional, obtenim les cotes i les rasants següents:

Cotes:

A = 120,00	E = 107,44	I = 101,98	M = 116,92
B = 115,68	F = 105,42	J = 97,18	N = 124,04
C = 112,48	G = 101,58	K = 92,38	O = 111,00
D = 109,48	H = 98,58	L = 90,38	P = 106,26

Rasants:

GM = 15,58%
GK = 30,67%
EJ = 18,85%

Els pendents dels trams GM, GK i EJ són molt forts, per la qual cosa es poden acceptar les rasants de GM i EJ com a límits, però el pas GK només es podrà utilitzar com a pas de vianants.

Per solucionar aquest inconvenient es podrien variar una mica els pendents dels trams JK i KL de manera que augmentés la cota del punt K.

A la figura 15.2 es presenta un altre exemple de traçat de carrers urbans, amb uns pendents molt suaus, tal com ha de ser sempre que es pugui.

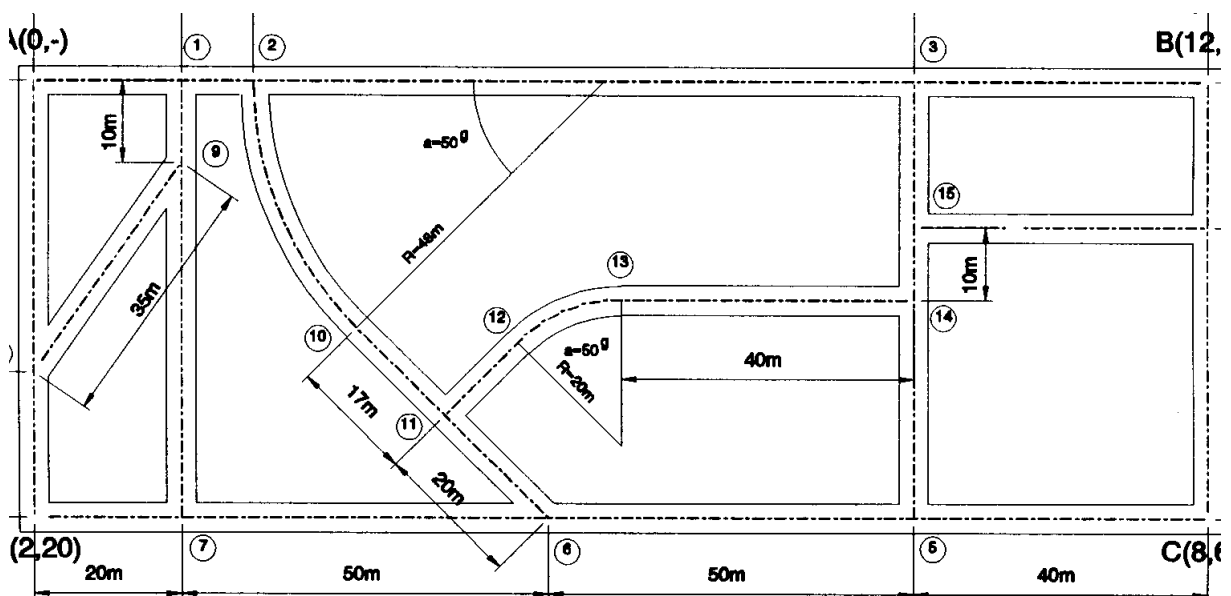


Fig. 15.2

En aquest cas es planteja el problema donant les cotes dels punts A, B, C i D. Així, doncs, tenim quatre alineacions AB, BC, CD i DA, de les quals el càlcul del tant per cent de pendent o de rampa és immediat.

Considerant tots els trams amb rasant uniforme, una vegada calculat el tant per cent de les seves rasants particulars, és molt fàcil calcular les cotes de tots els punts que formen el conjunt.

Cotes:

1 = 1,60	5 = 7,00	9 = 1,83	13 = 5,97
2 = 2,40	6 = 5,00	10 = 3,71	14 = 8,30
3 = 9,60	7 = 3,00	11 = 4,30	15 = 8,73
4 = 11,40	8 = 1,47	12 = 5,06	

Rasants:

AB = 8%	2-6 = 3,48%	8-9 = 1,03%
BC = 7%	11-14 = 5,82%	4-15 = 6,68%
CD = 4%	3-5 = 4,33%	
DA = 3,67%	1-7 = 2,33%	

Aquests casos que hem resolt són els projectes realitzats sobre plans topogràfics aixecats per aquesta finalitat i que s'haurien de replantejar sobre el terreny.

Els treballs topogràfics són dos i molt importants:

Primer es fa l'aixecament del pla en el lloc on posteriorment s'ha d'executar l'obra.

Amb el pla damunt la taula, l'arquitecte o enginyer desenvolupa el seu projecte.

Quan el projecte és definitiu, hi intervé de nou el topògraf.

16 Càlcul d'àrees

En aquest capítol es descriuen els mètodes per a la presa de dades en el camp, per al càlcul posterior de les àrees, i també els mètodes gràfics per al càlcul de les àrees amb dades preses directament del pla.

16.1 Mètode de descomposició en triangles

En aquest mètode (Fig. 16.1) es posen lletres als vèrtexs de la poligonal: A, B, C, D, E, F, G, H i I.

Es divideix la poligonal en figures regulars, per exemple triangles, trapezis, rectangles, quadrats, etc. Nosaltres hem escollit triangles i els hem numerat de l'1 al 7. Per descomptat, es podrien haver traçat uns altres triangles diferents. Sempre que sigui sobre el pla, mai no hi haurà dificultats; però si és sobre el terreny, ja és diferent.

A continuació amidem els tres costats de cada triangle i confeccionem una taula com la de la pàgina següent.

La fórmula que s'ha d'utilitzar és la coneguda *fórmula d'Heró*:

$$S = p(p-a)(p-b)(p-c)$$

essent p igual al semiperímetre i a , b i c els costats del triangle. És a dir, que

$$p = \frac{(a+b+c)}{2}$$

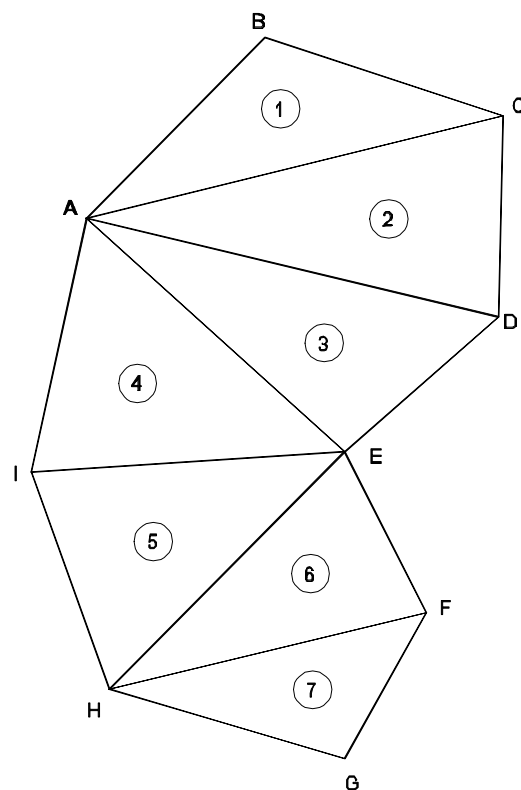
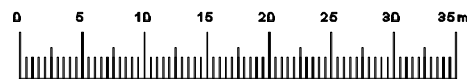


Fig. 16.1

Aplicant-ho al triangle 1 de la figura 16.1 tindríem:

$$p = \frac{(AB + BC + CA)}{2} \quad \text{i} \quad S_1 = p(p - AB)(p - BC)(p - CA)$$

Així, doncs, es tracta d'anar actuant d'aquesta manera per a tots els triangles, i la superfície total serà la suma de tots els triangles que constitueixen el polígon. Vegeu l'exemple numèric a la taula.

Taula 16.1

Àrea per descomposició en triangles		
Triangle	Costat	Mides
1	AB	20,25
	BC	20,30
	CA	34,60
2	CA	34,60
	CD	15,70
	DA	34,80
3	DA	34,80
	DE	16,50
	EA	28,60
4	EA	28,60
	AI	21,40
	IE	25,40
5	IE	25,40
	IH	18,80
	HE	27,70
6	HE	27,70
	EF	14,50
	FH	27,00
7	FH	27,00
	HG	19,70
	GF	14,20

$S_1 = 182,91 \text{ m}^2$

$S_2 = 265,31 \text{ m}^2$

$S_3 = 234,01 \text{ m}^2$

$S_4 = 262,26 \text{ m}^2$

$S_5 = 231,65 \text{ m}^2$

$S_6 = 190,97 \text{ m}^2$

$S_7 = 135,47 \text{ m}^2$

$ST = 1.502,58 \text{ m}^2$

16.2 Mètode de base per altura

També s'ha de descompondre el polígon en triangles, dels quals s'ha d'amidar la base i l'altura.

Treballarem amb la mateixa poligonal, però prenent les dades tal com s'indica a la figura 16.2 i a la taula que l'acompanya.

$$S_1 = \frac{(34,60 \cdot 10,30)}{2} = 181,65 \text{ m}^2$$

$$S_2 = \frac{(34,60 \cdot 15,00)}{2} = 259,50 \text{ m}^2$$

$$S_3 = \frac{(34,80 \cdot 13,60)}{2} = 240,12 \text{ m}^2$$

$$S_4 = \frac{(28,60 \cdot 18,30)}{2} = 261,69 \text{ m}^2$$

$$S_5 = \frac{(25,40 \cdot 18,40)}{2} = 233,68 \text{ m}^2$$

$$S_6 = \frac{(27,00 \cdot 14,20)}{2} = 191,70 \text{ m}^2$$

$$S_7 = \frac{(27,00 \cdot 10,00)}{2} = 135,00 \text{ m}^2$$

$$ST = 1.503,34 \text{ m}^2$$

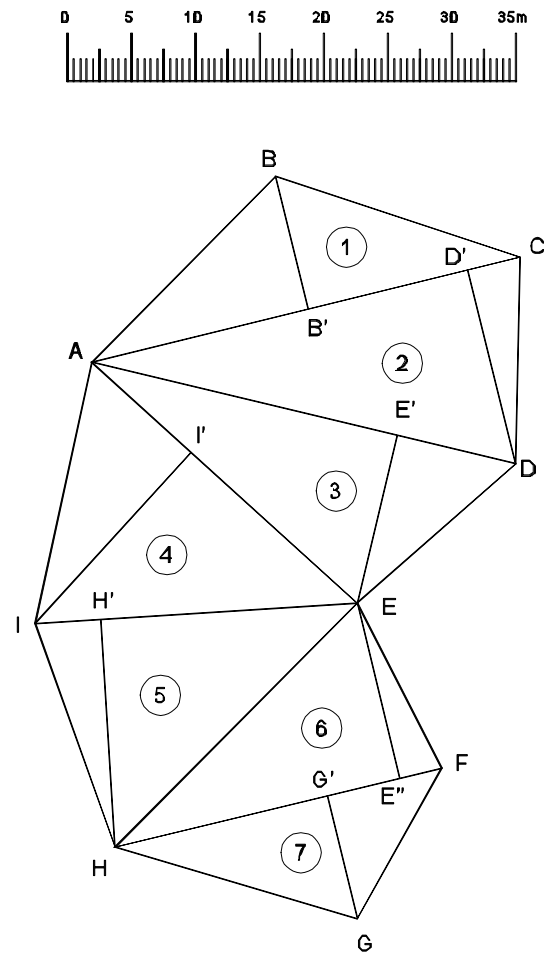


Fig. 16.2

Taula 16.2

Àrea dels triangles, base per altura				
Triangle	Base	Mides	Altura	Mides
1	AC	34,60	BB'	10,50
2	AC	34,60	DD'	15,00
3	AD	34,80	EE'	13,60
4	AE	28,60	II'	18,30
5	IE	25,40	HH'	18,40
6	HF	27,00	EE''	14,20
7	HF	27,00	GG'	10,00

Les superfícies que hem trobat pels dos mètodes difereixen només en $0,76 \text{ m}^2$, i si en calculem l'error relatiu o unitari, en trobem un de totalment negligible: $\frac{0,76}{1.503,34} = 0,000505$ per m^2

16.3 Mètode d'abscisses i ordenades

Es traça una base de recolzament (Fig. 16.3) i sobre seu s'amiden les abscisses: MA' , MB' , ME' , MD' , MC' i MN .

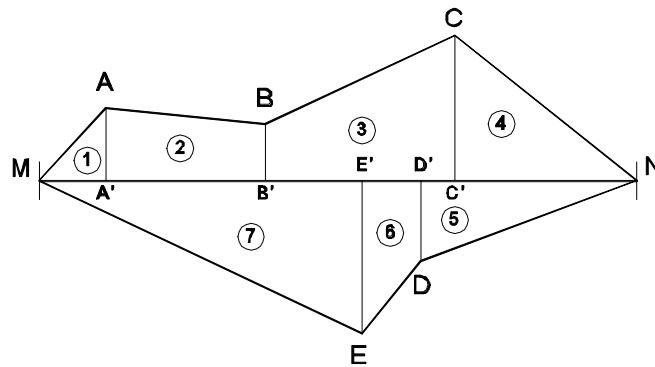


Fig. 16.3

Per altra banda, s'amiden les ordenades: AA' , BB' , CC' , DD' i EE' .

La figura ha quedat dividida en triangles i trapezidis, les àrees dels quals són molt fàcils de calcular.

$$\text{àrea de } S_1 = \frac{MA' \cdot AA'}{2}$$

$$\text{àrea de } S_2 = \frac{(AA' + BB')}{2 \cdot A'B'}; \quad A'B' = MB' - MA'$$

$$\text{àrea de } S_3 = \frac{(BB' + CC')}{2 \cdot B'C'}; \quad B'C' = MC' - MB'$$

$$\text{àrea de } S_4 = \frac{(CC' \cdot NC')}{2}; \quad NC' = MN - MC'$$

$$\text{àrea de } S_5 = \frac{(DD' \cdot ND')}{2}; \quad ND' = MN - MD'$$

$$\text{àrea de } S_6 = \frac{(DD' + EE')}{2 \cdot E'D'}; \quad E'D' = MD' - ME'$$

$$\text{àrea de } S_7 = \frac{(EE' \cdot ME')}{2}$$

$$\text{àrea total} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7$$

La figura 16.4 presenta una solució per quan no és possible fer amidaments a l'interior del polígon.

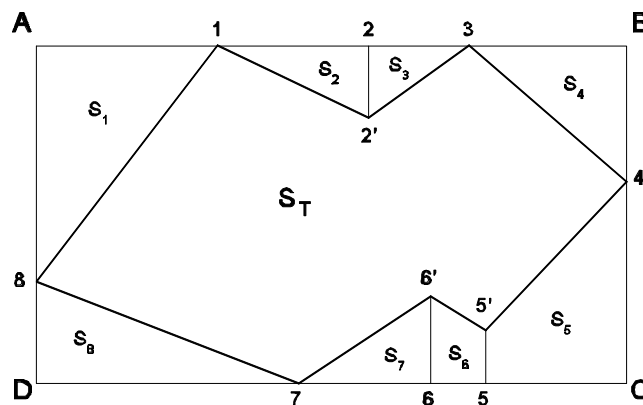


Fig. 16.4

En aquest cas s'envolta la parcel·la exteriorment amb unes alineacions tan regulars com sigui possible. En el nostre exemple s'han traçat quatre alineacions que formen un rectangle: AB, BC, CD i DA. En aquestes alineacions hi ha els trams A-1, 1-2, 2-3, 3-B, B-4, 4-C, C-5, 5-6, 6-7, 7-D, D-8 i 8-A. Per altra banda, s'amiden les ordenades 2-2', 5-5' i 6-6'.

Es calcula l'àrea de la figura envolupant, aquí $AB \cdot CD$, i se li resten les superfícies de les figures geomètriques enquadrades entre el perímetre de l'envolupant i la poligonal.

Així, doncs, l'àrea total és

$$ST = (AB \cdot BC) - (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8)$$

16.4 Mètode de coordenades cartesianes

Per trobar l'àrea de la figura 16.5, que té per perímetre 1, 2, 3, 4, 5 i 1, hem d'observar les figures que són positives i les que són negatives.

En traçar les ordenades paral·leles a l'eix Y, la figura ha quedat dividida en cinc trapezis, les àrees dels quals són molt fàcils de determinar.

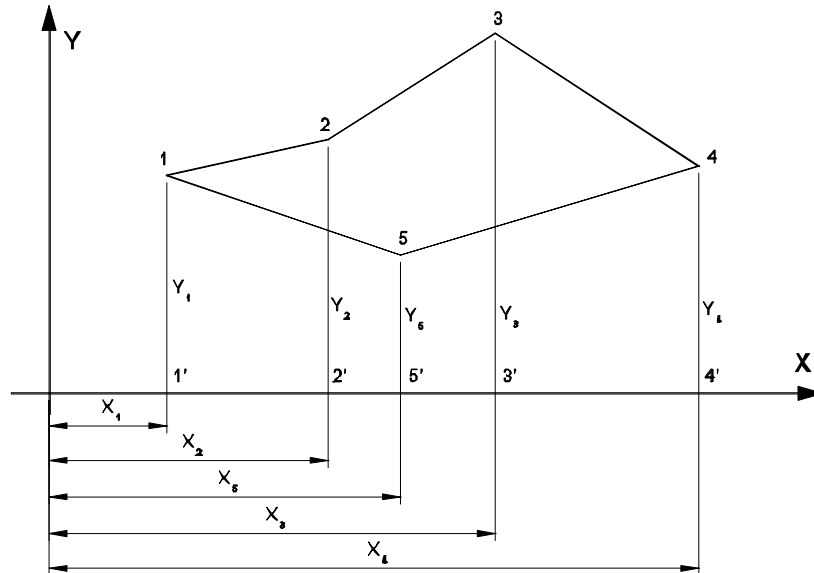


Fig. 16.5

Es calcula l'àrea dels trapezis positius i negatius:

Trapezis positius

$$S_1 = 1, 2, 2', 1', 1$$

$$S_2 = 2, 3, 3', 2', 2$$

$$S_3 = 3, 4, 4', 3', 3$$

Trapezis negatius

$$-S_4 = 4, 4', 5', 5, 4$$

$$-S_5 = 5, 5', 1', 1, 5$$

Per tant, l'àrea total és

$$ST = (S_1 + S_2 + S_3) - (S_4 + S_5)$$

16.5 Mètode de coordenades polars amb l'estació a l'interior del polígon

Es col·loca el teodolit en el centre del polígon i es realitza una radiació. Aleshores es mesuren els angles horitzontals, segons un origen que pot ser arbitrari, i s'amiden les distàncies, si és possible, amb una cinta mètrica metàl·lica quan el polígon és petit, i amb un distanciómetre quan el polígon és molt gran.

D'una banda, tenim la figura 16.6 i, de l'altra, sabem que l'àrea d'un triangle qualsevol és igual a una meitat del producte de dos dels seus costats pel sinus de l'angle comprès.

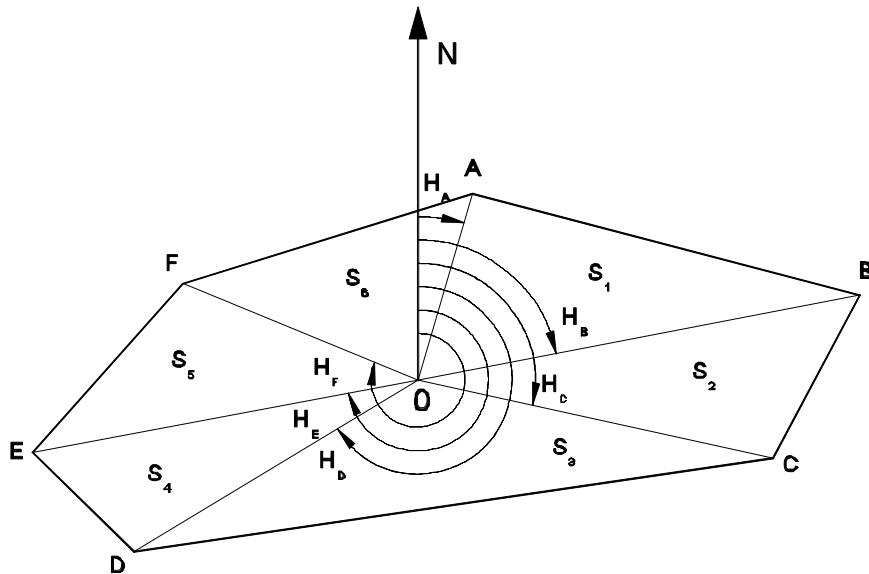


Fig. 16.6

En aquesta figura, veiem que el polígon queda dividit per la radiació en sis triangles, dels quals es coneixen els seus costats concurrents en el centre O i els angles compresos entre aquests costats, que es troben per la diferència d'angles a l'origen ON.

Superfícies

$$S_1 = \frac{OA \cdot OB \cdot \sin(H_B - H_A)}{2}$$

$$S_4 = \frac{OD \cdot OE \cdot \sin(H_E - H_D)}{2}$$

$$S_2 = \frac{OB \cdot OC \cdot \sin(H_C - H_B)}{2}$$

$$S_5 = \frac{OD \cdot OF \cdot \sin(H_F - H_E)}{2}$$

$$S_3 = \frac{OC \cdot OD \cdot \sin(H_D - H_C)}{2}$$

$$S_6 = \frac{OF \cdot OA \cdot \sin(400 - H_F + H_A)}{2}$$

L'àrea total, evidentment, és

$$ST = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6$$

16.6 Mètode de coordenades polars amb l'estació a l'exterior del polígon

Ens disposem a calcular l'àrea de la figura 16.7.

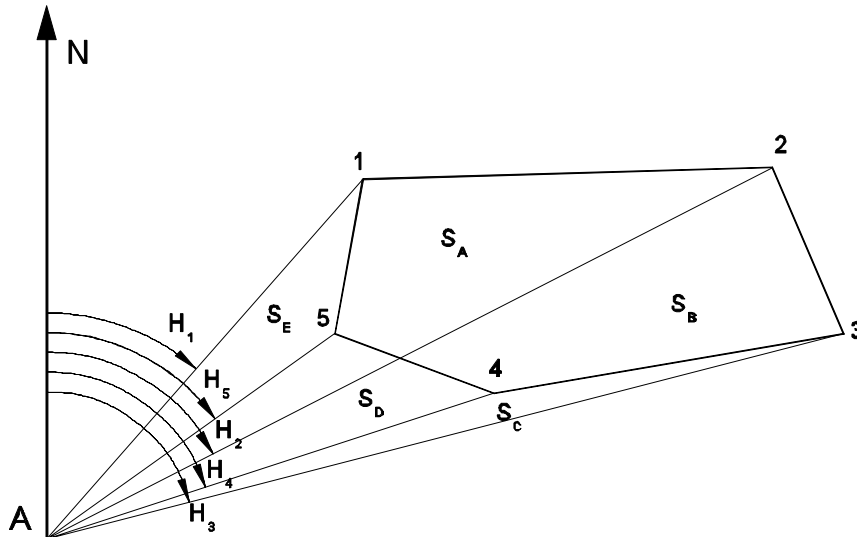


Fig. 16.7

Com en el cas anterior, haurem amidat totes les distàncies i mesurat tots els angles, que són les coordenades polars del contorn de la figura.

Tenim, en aquest cas, àrees positives i àrees negatives, com a l'exemple de la figura 16.5.

Triangles positius

A, 1, 2, A
A, 2, 3, A

Triangles negatius

A, 4, 3, A
A, 5, 4, A
A, 1, 5, A

Les àrees d'aquests triangles són la meitat del producte de dos dels seus costats concurrents a l'estació A pel sinus de l'angle comprès, que el trobem, com abans, per diferència d'angles a l'origen AN.

Àrees positives

$$S_A = \frac{A_1 \cdot A_2 \cdot \sin(H_2 - H_1)}{2}$$

$$S_B = \frac{A_2 \cdot A_3 \cdot \sin(H_3 - H_2)}{2}$$

$$S_C = \frac{A_3 \cdot A_4 \cdot \sin(H_3 - H_4)}{2}$$

Àrees negatives

$$S_D = \frac{A_4 \cdot A_5 \cdot \sin(H_4 - H_5)}{2}$$

$$S_E = \frac{A_5 \cdot A_1 \cdot \sin(H_5 - H_1)}{2}$$

L'àrea total és

$$ST = (S_A + S_B) - (S_C + S_D + S_E)$$

16.7 Àrees de contorn curvilini

Suposem que tenim un terreny d'un contorn mixt, de parts rectes i parts corbes, com el representat a la figura 16.8.

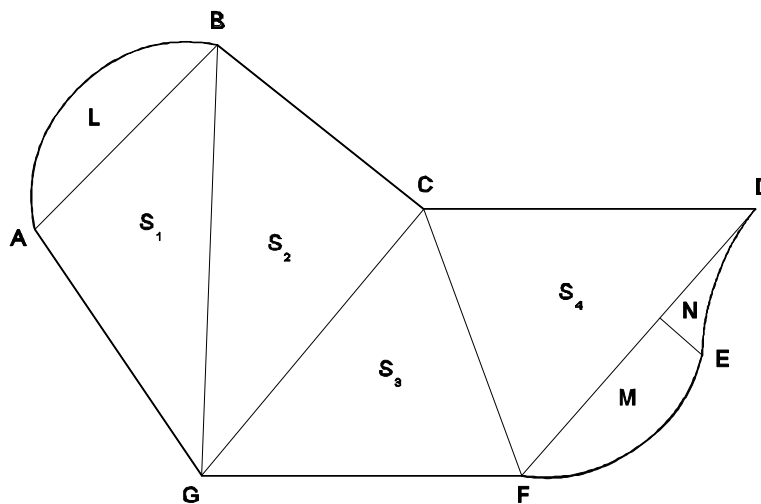


Fig. 16.8

En aquesta figura hi ha una part que podem descompondre en triangles, i aleshores podem fer-ne el càlcul de les àrees, S_1 , S_2 , S_3 i S_4 , per un dels mètodes que ja hem exposat anteriorment. Ens quedarà per resoldre, només, trobar les àrees de les parts corbes: L, M i N.

Per poder calcular aquestes àrees, haurem d'emprar les fórmules per a àrees corbes de Bezout, Simpson i Poncelet, totes de resultats molt semblants.

16.8 Fórmula de Bezout

L'aplicarem a la figura 16.9 (pàg. següent).

Condicions de l'aplicació

- La corba pot ser convexa, còncava o mixta.
- El nombre d'interval h pot ser parell o imparell.

fórmula:
$$S = h \left(P + I + \frac{E}{2} \right)$$

essent:

- h = longitud de l'interval
- P = suma d'ordenades de lloc parell (excloses les extremes)
- I = suma d'ordenades de lloc imparell (excloses les extremes)
- E = suma d'ordenades extremes

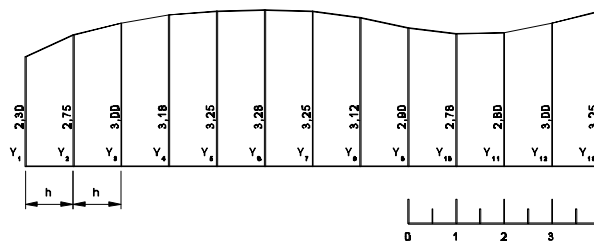


Fig. 16.9

Exemple numèric segons les dades de la figura

$$P = 2,75 + 3,18 + 3,28 + 3,12 + 2,78 + 3,00 = 18,07$$

$$I = 3,00 + 3,25 + 3,25 + 2,90 + 2,80 = 15,20$$

$$E = 2,30 + 3,25 = 5,65$$

$$h = 1$$

Aplicant aquests valors a la fórmula tenim:

$$S = 1 \left(18,07 + 15,20 + \frac{5,65}{2} \right) = 36,10 \quad S = 36,10 \text{ m}^2$$

16.9 Fórmula de Simpson

L'aplicarem a la figura 16.10.

Condicions de l'aplicació

- La corba ha de se enterament convexa o còncava.
- El nombre d'interval ha de ser sempre parell.

fórmula:
$$S = \frac{h}{3} (4P + 2I + E)$$

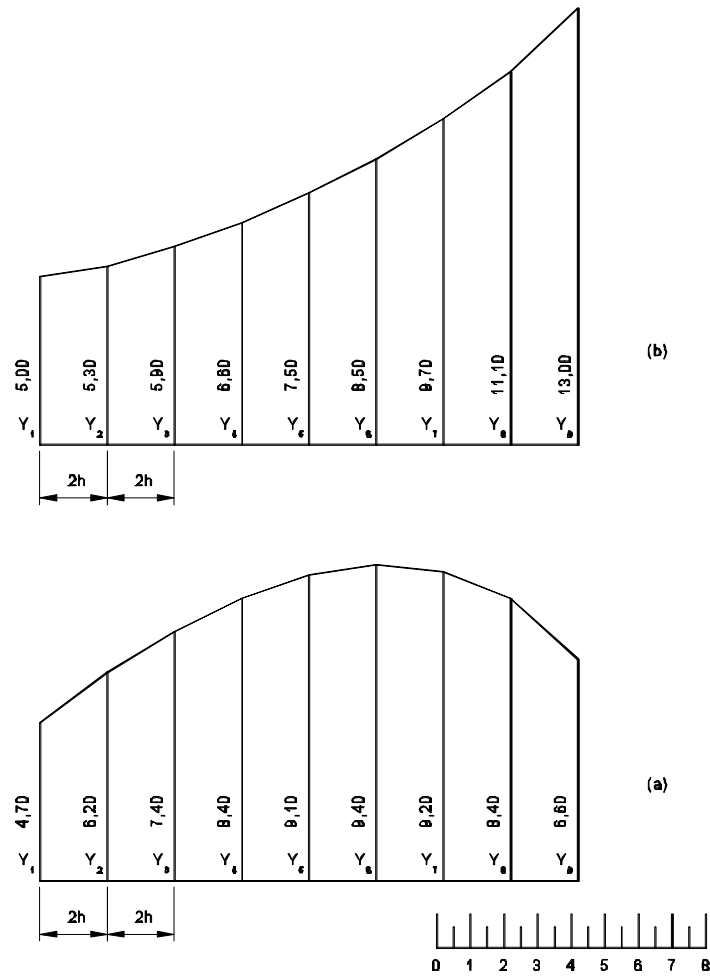


Fig. 16.10

Càlcul de l'àrea a

$$P = 6,20 + 8,40 + 9,40 + 8,40 = 32,40$$

$$I = 7,40 + 9,10 + 9,20 = 25,70$$

$$E = 4,70 + 6,60 = 11,30$$

$$h = 2$$

Aplicant aquests valors a la fórmula tenim:

$$S = \frac{2}{3} \cdot ((4 \cdot 32,4) + (2 \cdot 25,7) + 11,3) = 128,19$$

$$S = 128,19 \text{ m}^2$$

Càlcul de l'àrea b

$$P = 5,30 + 6,60 + 8,50 + 11,10 = 31,50$$

$$I = 5,90 + 7,50 + 9,70 = 23,10$$

$$E = 5,00 + 13,00 = 18,00$$

$$h = 2$$

Aplicant aquests valors a la fórmula tenim:

$$S = \frac{2}{3} \cdot ((4 \cdot 31,50) + (2 \cdot 23,10) + 18,00) = 126,79 \quad S = 126,79 \text{ m}^2$$

16.10 Fórmula de Poncelet

L'aplicarem a la figura 16.11.

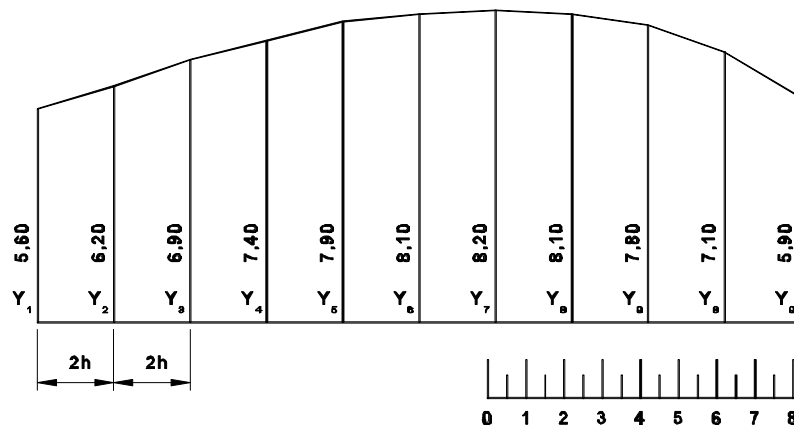


Fig. 16.11

Condicions de l'aplicació

- La corba ha de ser enterament convexa o còncava.
- El nombre d'intervals ha de ser sempre parell.

$$\text{fórmula:} \quad S = h \cdot \left(2 \cdot P - \frac{(E' - E)}{4} \right)$$

essent:

h = magnitud de l'interval

P = suma de les ordenades de lloc parell (totes)

- I = suma de les ordenades de lloc imparell (excloses les extremes)
 E = suma de les ordenades extremes
 E' = suma de les ordenades contigües a les extremes

Amb les dades de la figura 16.11 tenim els valors següents:

$$P = 6,20 + 7,40 + 8,10 + 8,10 + 7,10 = 36,90$$

$$I = 6,90 + 7,90 + 8,20 + 7,80 = 30,80$$

$$E = 5,60 + 5,90 = 11,50$$

$$E' = 6,20 + 7,10 = 13,30$$

$$h = 2$$

Aplicant aquests valors a la fórmula tenim:

$$S = 2 \cdot \left(2 \cdot 36,90 - \frac{(13,30 - 11,50)}{4} \right) = 146,70 \quad S = 146,70 \text{ m}^2$$

16.11 Exemple de comprovació

A continuació resoldrem un exemple utilitzant els tres mètodes per a una mateixa àrea i veurem que les diferències són mínimes.

Tenim la porció de terreny representada a la figura 16.12. Amb les dades que hi ha indicades, en calcularem l'àrea per les fórmules de Bezout, Simpson i Poncelet.

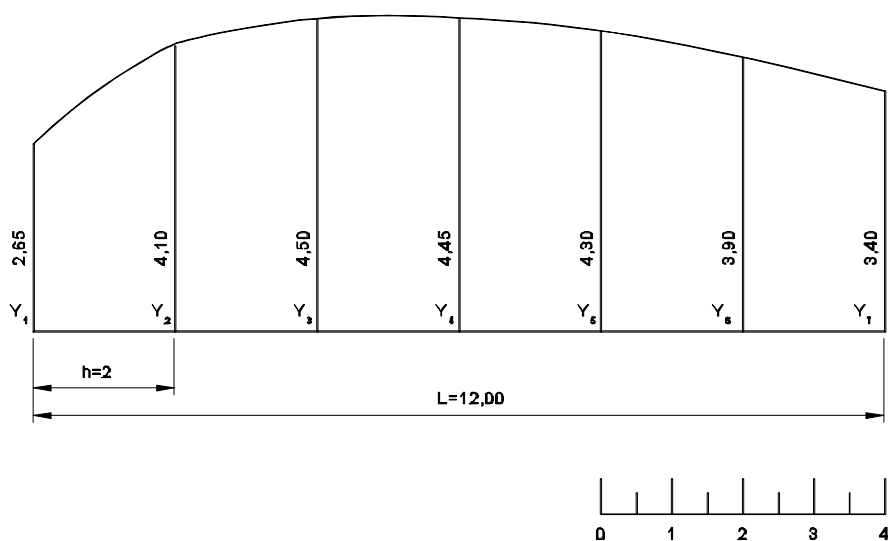


Fig. 16.12

$$1 \text{ Bezout} \quad S = h \left(P + I + \frac{E}{2} \right)$$

$$S = 2 \cdot \left((4,10 + 4,45 + 3,90) + (4,50 + 4,30) + \left(\frac{2,65 + 3,4}{2} \right) \right)$$

$$S = 48,55\text{m}^2$$

$$2 \text{ Simpson} \quad S = \frac{h}{3} (E + 4P + 2I)$$

$$S = \frac{2}{3} \cdot \left((2,65 + 3,40) + 4 \cdot (4,10 + 4,45 + 3,90) + 2 \cdot (4,50 + 4,30) \right)$$

$$S = 48,96\text{m}^2$$

$$3 \text{ Poncelet} \quad S = h \cdot \left(2 \cdot P - \frac{(E' - E)}{4} \right)$$

$$S = 2 \cdot \left((2 \cdot 12,45) - \frac{(4,10 + 3,90) - (2,65 + 3,40)}{4} \right)$$

$$S = 48,83\text{m}^2$$

Com es pot observar, les diferències entre les superfícies obtingudes pels tres mètodes són totalment negligibles.

17 Aparells per calcular àrees

Es pot calcular l'àrea de qualsevol superfície de terreny representada en un pla, per complex que sigui l'entorn, per un o alguns dels mètodes que s'han presentat.

Hi ha uns aparells especials per a aquests treballs de càlcul d'àrees, que s'anomenen *planímetres*. N'hi ha de diferents marques i tipus.

17.1 Planímetre mecànic

A la figura 17.1 es representa el planímetre mecànic, inventat per Amsler, nat a Schaffhausen l'any 1854, és a dir, fa 141 anys, i que encara s'utilitza.

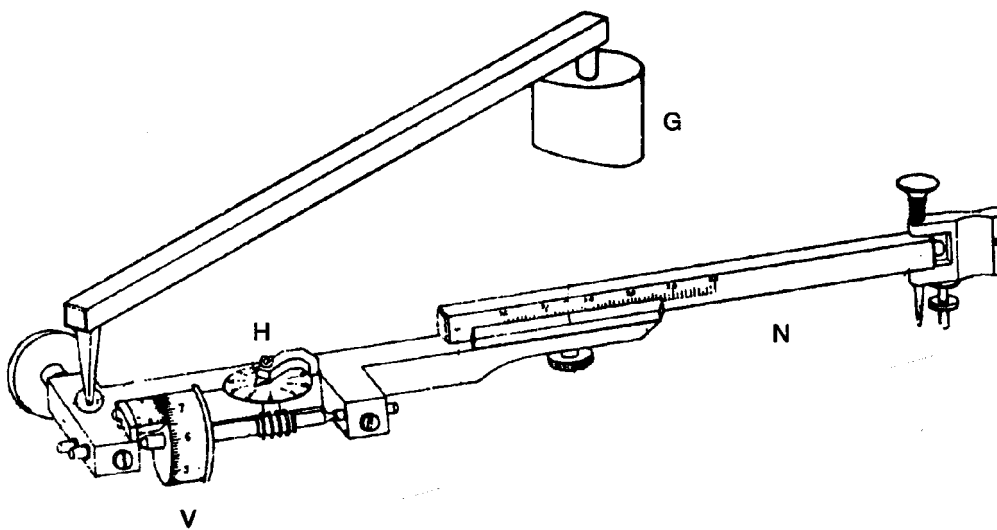


Fig. 17.1

Porta un pes, G, amb un punxó que es fixa en el taulell en què es treballa; el braç, N, du un senyalitzador, que s'agafa per una petita llengüeta amb la qual recorre tot el perímetre de la parcel·la de la qual volem calcular l'àrea.

A H hi ha una roda horitzontal graduada de 0 a 9 i una altra de vertical, V, amb graduació també de 0 a 9, i cada unitat és dividida en 10 parts; a més, hi ha un nònius que permet llegir fraccions d'aquesta última unitat, i que permet arribar a fer lectures de fins a quatre xifres.

Per exemple, si a la roda horitzontal es llegeix 7 i a la vertical 23, i el nònius indica 4, la lectura realitzada és 7234.

Abans de començar l'amidament, i quan el planímetre es troba ja en una posició correcta, es fa una lectura. Per exemple, suposem que ens dóna 2574.

S'inicia el recorregut del perímetre en el sentit de les agulles del rellotge, i se'l ressegueix tot fins a tornar al mateix punt de partida, on es realitza una altra lectura, que en el nostre cas suposem que és 3962. Aleshores, es resten aquestes dues lectures: $3962 - 2574 = 1388$.

Aquest amidament es pot repetir unes quantes vegades i després se'n pot fer la mitjana aritmètica.

La mitjana que s'ha obtingut es multiplica per un coeficient que ens donen unes taules adjuntes. Segons l'escala a què es treballa, aquestes taules donen un coeficient o un altre; es tracta simplement de seguir les instruccions adjuntes al planímetre.

17.2 Planímetre electrònic digital PLANIX 7

Aquest planímetre (Fig. 17.2) permet escollir la unitat de treball que interressi: cm^2 , m^2 o km^2 , i també unitats angleses.

Té un visor-lupa amb l'índex de seguiment, que és un petit cercle amb un punt al centre.



Fig. 17.2

A la figura 17.3 es pot observar que porta un quadre de tecles i símbols semblants al d'una calculadora.

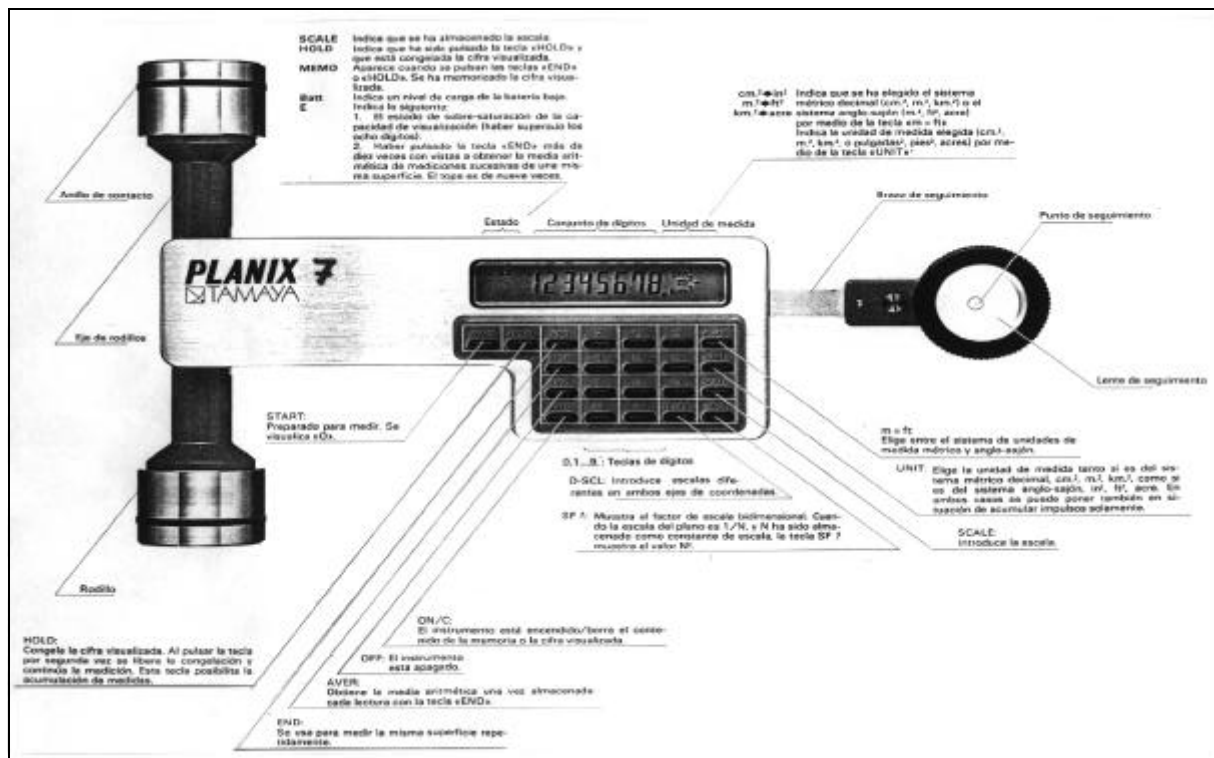


Fig. 17.3

El valor de l'escala s'introdueix en el quadre i es prem la tecla per començar, la qual fa un senyal auditiu. Es dóna una volta completa a tot el perímetre en el sentit de les agulles del rellotge i automàticament ens dóna l'àrea de la superfície amb les unitats escollides.

Es pot repetir l'operació tantes vegades com es vulgui prement la tecla d'ingrés a la memòria al final de cada vegada, i al final ens donarà directament la mitjana dels diferents amidaments.

Aquest planímetre també pot amidar la superfície d'un dibuix realitzat a dues escales, com per exemple un perfil longitudinal, que té una escala d'horizontals i una escala de verticals. Primer s'introdueix una escala i després l'altra, i ens dóna la superfície corresponent.

Com que hi ha molts models d'aquest tipus de planímetre, en cada cas ens hem de remetre a les instruccions particulars de cada un.

17.3 Planímetre electrònic digital X-PLAN 360 d

És el planímetre més sofisticat que actualment es troba al mercat. S'ha de tenir en compte que aquesta afirmació es fa en el moment de confeccionar aquest llibre, i que les tècniques varien amb tanta rapidesa que no és estrany que s'estiguin projectant aparells més avançats.

A la figura 17.4 en teniu la representació.



Fig. 17.4

Aquest planímetre té tots els avantatges del que hem descrit anteriorment, però a més té un botó que permet puntejar els dos extrems dels trams rectes sense recórrer-los, cosa que evita el possible error de desviació que representa recórrer una recta amb l'indicador.

Un exemple:

Es tracta d'amidar l'àrea ABCDEFA de la figura 17.4. El seguiment amb l'índex es fa com sempre, en el sentit de les agulles del rellotge.

Es comença el recorregut pel punt que es vulgui. Per exemple, seguim el tram corb de A fins a B amb el mode de seguiment. Després, com que ve un tram recte, el BC, premem el botó X i un senyal auditiu ens indica que ara estem en el mode de punteig. Puntegem, doncs, el punt B i després el C, però sense haver de seguir la recta. Quan som a C i ja l'hem puntejat, entrem novament en el mode de seguiment. Aleshores seguim la corba fins al punt D i d'aquí fins al final, fent el punteig a D, E, F i A com a final de recorregut.

A la pantalla digital del planímetre ens apareixeran dos valors: primer l'àrea en les unitats que hàgim escollit i després, prement el botó corresponent, el valor del perímetre recorregut. També podem treballar a dues escales i fer mitjanes. I quan tenim a la pantalla l'àrea de la figura, la podem multiplicar per un determinat preu i obtenir, doncs, el valor total de la superfície del terreny que hem amidat.

18 Replantejament d'obres

Fins ara hem vist una sèrie de problemes que se'ns poden presentar durant algun replantejament i la manera de resoldre'ls, o la necessitat de replantejar un simple punt en l'alineació, tal com també hem vist. Ara, però, tractarem el replantejament d'elements d'obres o d'obres senceres.

El tema dels replantejaments és un dels més importants dins la topografia d'obres.

L'arquitecte o l'enginyer projecten l'obra amb el pla topogràfic, i aleshores aquesta ha de ser replantejada en el terreny.

Perquè el replantejament es pugui fer amb precisió, s'ha de realitzar un bon aixecament topogràfic a una escala que ens permeti veure fins a l'últim detall. Això és indispensable perquè, quan s'hagi inclòs el projecte en el pla, se'n pugui fer un bon estudi, amb tota classe de dades, que ens permeti, després, fer el replantejament sobre el terreny amb exactitud.

18.1 Exemple de replantejament de tres punts

Començarem per un replantejament senzill de tres punts.

En primer lloc, hem de disposar del pla topogràfic corresponent, on estiguin representats els punts fixos de recolzament, com el E2 o el E3 (Fig. 18.1).

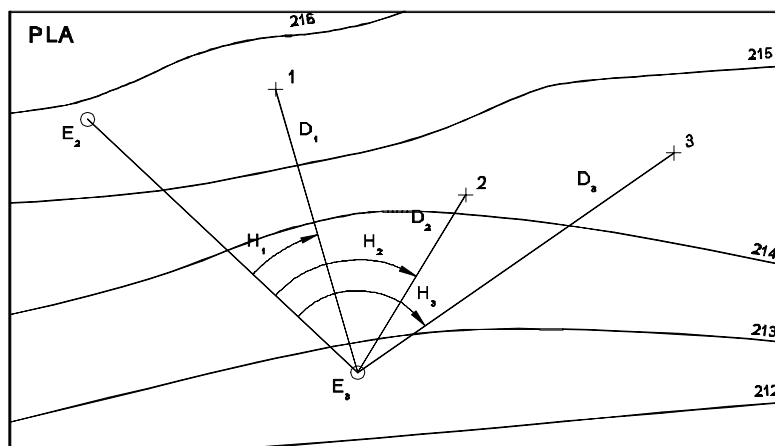


Fig. 18.1

En aquest pla projectem el replantejament dels tres punts. Suposem que els punts són els 1, 2 i 3 de la figura i que prenem E3 com a punt fix per estacionar el teodolit.

Des de E3 i visant E2 col·loquem a zero el limbe horitzontal en la direcció de E3 a E2, com a origen d'angles i, evidentment, el centre de l'estació com a origen de distàncies.

Situem el transportador d'angles sobre el punt E3 i el zero en la direcció de E2. En aquesta posició mesurem els angles H1, H2 i H3, que són els corresponents als tres punts.

Des del mateix punt de recolzament H3 i a l'escala del pla amb el qual estem treballant, amidem les distàncies des del punt de recolzament E3 a cada un dels punts 1, 2, 3. Després, tenint aquestes dades, ens traslladem al terreny per fer-ne el replantejament.

Col·loquem l'aparell, ben centrat i anivellat, en el punt E3, deixem lliure el limbe horitzontal de la base de l'aparell i de la ullera, i li col·loquem el zero sobre l'índex indicador d'angles.

Quan llegim l'angle 0,000 en el visor, fixem el limbe a la ullera de forma que quan aquesta giri l'arrossegui amb la graduació 0,000.

Aleshores, visem el punt E2 amb la ullera i quan el tenim ben centrat, fixem el limbe a la base de l'aparell. En aquest moment tenim l'aparell fix en bloc, amb el zero del limbe en la direcció E2. Llavors, deixem lliure la ullera per poder mesurar els angles amb l'origen a E2.

A la figura 18.2 es pot veure com es realitza el replantejament en el camp.

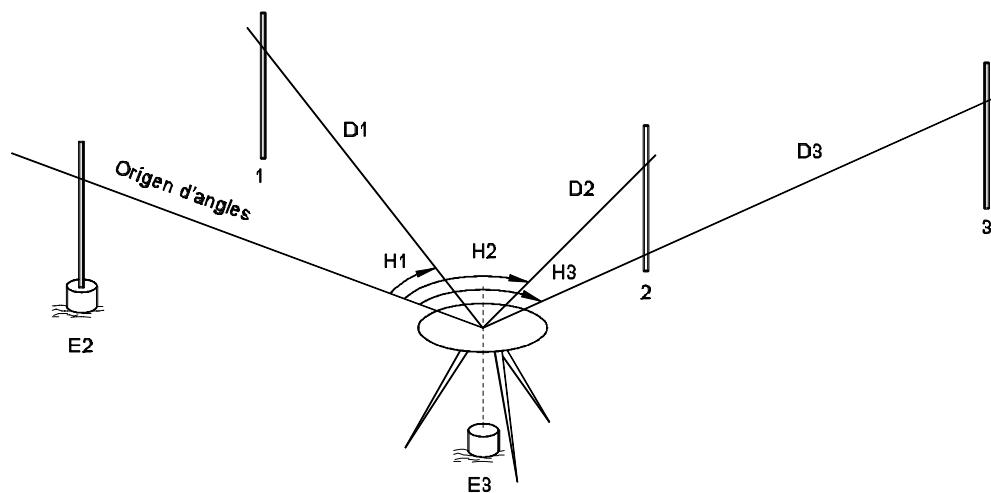


Fig. 18.2

18.2 Replantejament dels fonaments d'una edificació

Una vegada s'ha obtingut el pla topogràfic de la figura 18.3, s'hi projecta l'obra a sobre. En aquest cas es tracta dels fonaments per a una nau industrial, els vèrtexs dels quals són els punts 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 8.

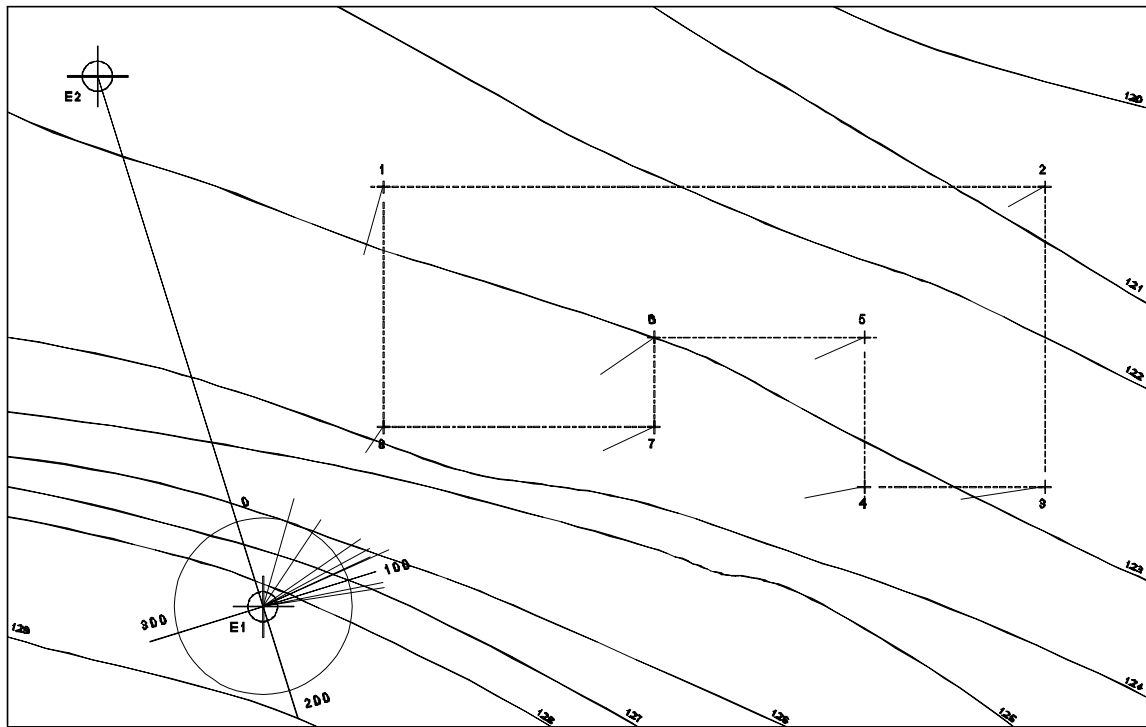


Fig. 18.3

En fer l'aixecament topogràfic, es van fixar al terreny dos punts de recolzament, que són el E1 i el E2, punts consollats i que han de romandre fixos durant tot el temps que duri l'execució de l'obra.

Tornant a la figura 18.3, veiem que recolzant-nos en E1 podem projectar el replantejament de la mateixa manera que ho havíem fet a la figura 18.1, i després podem dur a terme el replantejament en el camp com queda indicat a la figura 18.4.

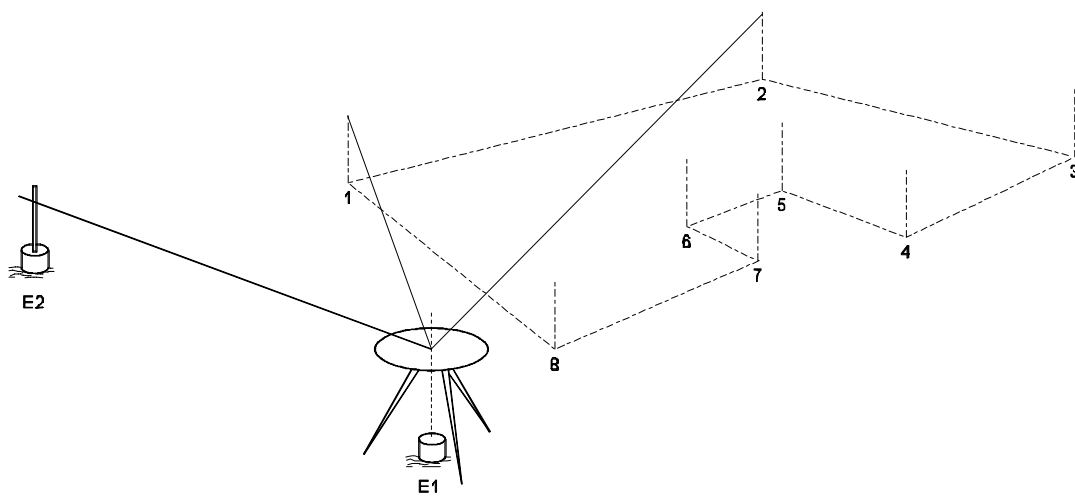


Fig. 18.4

Així, doncs, replantegem els vuit vèrtexs dels fonaments d'aquesta manera.

Una vegada tenim replantejats els punts, es col·loquen unes lliteres, que consisteixen en un travesser horitzontal de fusta i dues potes verticals que es claven en el terreny, o es cossolen, en el cas que el terreny sigui dur o rocós.

En aquestes lliteres s'assenyala la prolongació de les alineacions entre els punts (Fig. 18.5).

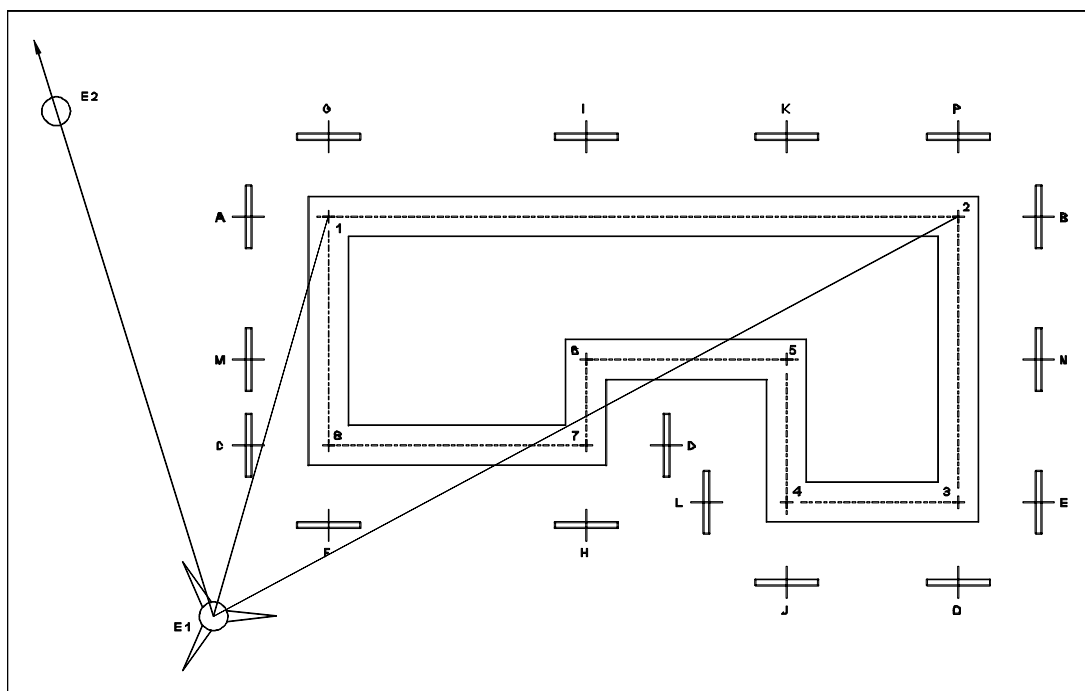


Fig. 18.5

<i>Lliteres</i>	<i>Assenyalen l'eix</i>	<i>Lliteres</i>	<i>Assenyalen l'eix</i>
A i B	1-2	F i G	8-1
M i N	6-5	H i I	7-6
C i D	8-7	J i K	4-5
L i E	4-3	O i P	3-2

En aquestes lliteres s'assenyala l'eix i l'amplada de l'excavació que s'ha de realitzar.

Les lliteres s'han de conservar durant tot el replantejament, i per això s'han de col·locar de forma que no estorbin mentre es buiden les rases.

Quan ja s'ha dut a terme l'extracció de les terres i l'ompliment de formigó, les lliteres permeten reconstruir el replantejament sense l'ajuda de cap aparell.

Observant la figura 18.6 veiem com s'ha d'operar per replantejar de nou els punts dels vèrtexs dels fonaments.

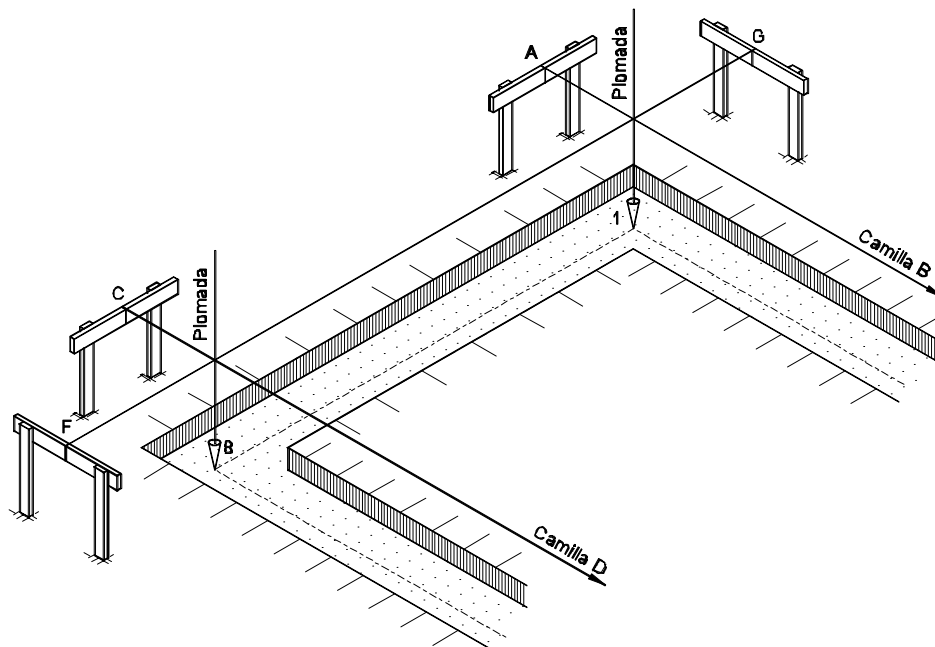


Fig. 18.6

Es lliguen cordills a les lliteres, just en el senyal indicador de l'eix.

La intersecció del cordill AB amb el GF ens dona un punt d'intersecció que, baixant-lo amb una plomada fins als fonaments, ens deixa replantejat el punt 1.

Amb un cordill a CD i un altre a FG obtenim la intersecció del punt 8 i pel mateix procediment de la plomada també ens queda replantejat el punt 8 sobre els fonaments.

Anem operant així amb totes les lliteres fins al replantejament final, aquesta vegada no sobre el terreny, sinó sobre els fonaments des dels quals començarà a pujar l'obra.

18.3 Replantejament d'una excavació

L'apartat del capítol 10 que comprèn les figures de 10.4 a 10.14 ens ha ensenyat a trobar la intersecció dels talussos d'obra amb la superfície del terreny.

A la figura 18.7 (pàg. següent) es pot veure com el projectista d'aquesta obra ha fet el mateix, és a dir, trobar la intersecció del terreny amb els talussos de la plataforma per saber quins límits ocuparà la part superior dels talussos, que en aquest cas és tota l'excavació. El que s'haurà de replantejar són els punts A, B, C, D, E i F.

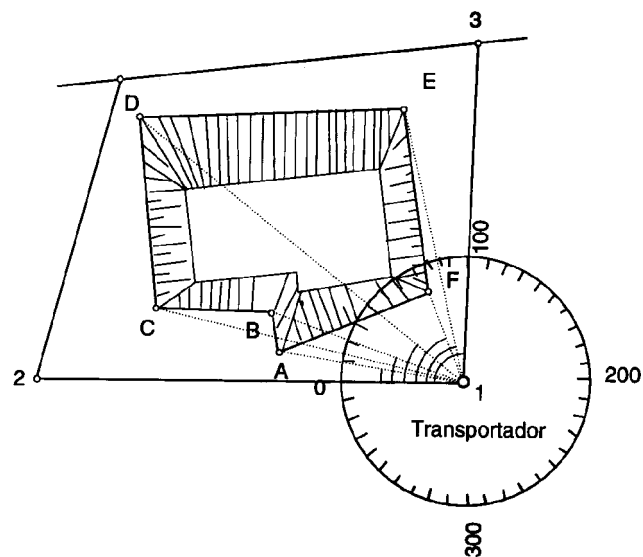


Fig. 18.7

A la figura 18.7 veiem el projecte de replantejament i a la figura 18.8 la forma com es procedeix per fer el replantejament en el camp.

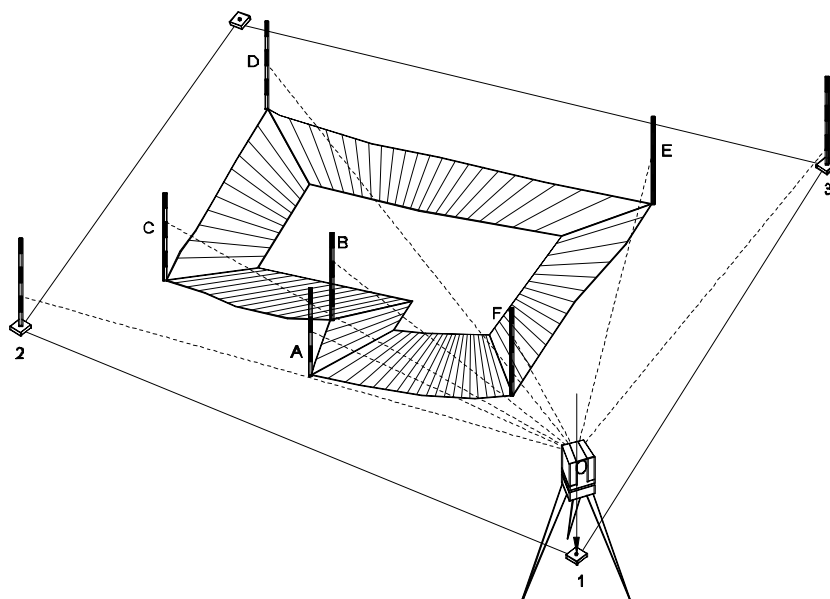


Fig. 18.8

Observem com també es recolza en una fita núm. 1 i traça visuals a les fites núm. 2 i 3 per obtenir l'origen i el control d'angles horitzontals.

El quadre següent és el conjunt de dades d'aquest replantejament, en el qual s'han anotat els angles i les distàncies de l'estació núm. 1 als punts núm. 2, A, B, C, D, E, F i núm. 3.

Taula 18.1

Estació 1		Control*
Punt	Angle horitzontal gon	Distància horitzontal m
2	0,00	28,45
A	9,70	12,65
B	20,80	13,65
C	14,05	21,20
D	41,80	28,15
E	85,00	18,80
F	73,50	6,40
*3	101,95	22,60

18.4 Un altre exemple de replantejament d'obres

A la figura 18.9 hi ha un projecte més complet i de forma més irregular.

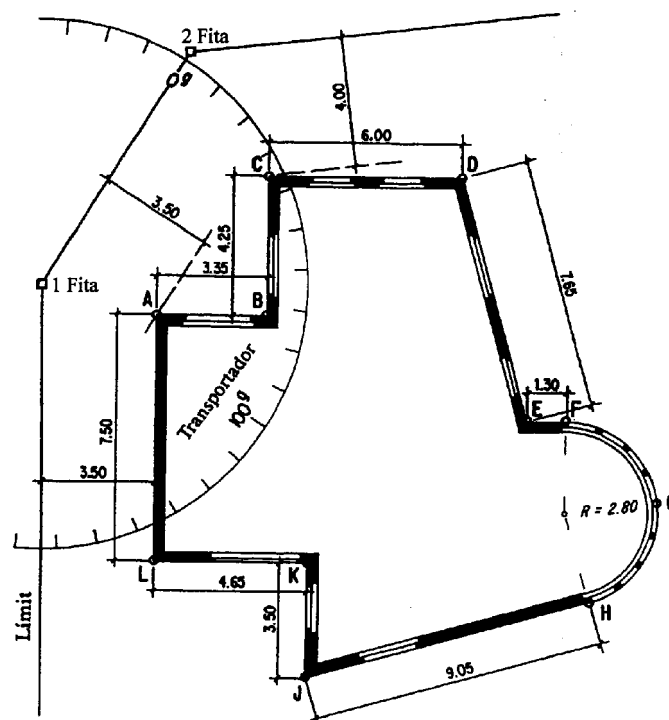


Fig. 18.9

El procediment és sempre el mateix: es busquen dos punts de referència que prèviament s'han col·locat en el terreny quan s'ha dut a terme l'aixecament topogràfic.

Amb relació a les fites núm. 1 i 2 es mesuren els angles i s'amiden les distàncies, i s'anoten tots els punts que s'han de replantejar.

A la figura 18.10 es representa el replantejament sobre el terreny.

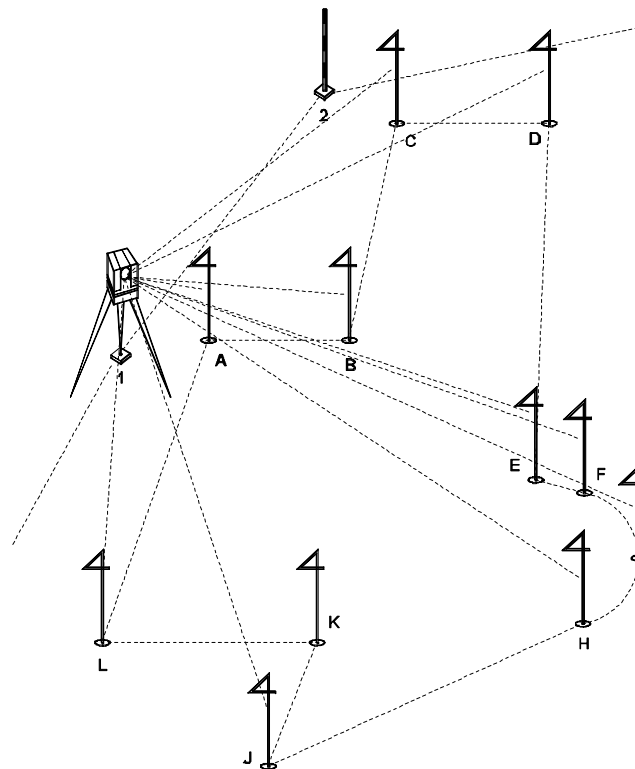


Fig. 18.10

Si l'obra és molt extensa, és necessari prendre més punts de recolzament per poder realitzar el replantejament des de diversos punts de recolzament relacionats entre ells, i prendre'n alguns de comuns per fer-ne la comprovació; és a dir, un mateix punt important ha de ser replantejat des de dos punts de recolzament o fites diferents.

19 Replantejament de corbes horitzontals d'enllaç

En el capítol 12, a l'apartat corresponent al traçat d'un vial, representat en el pla topogràfic de la figura 12.1, es veu com tots els canvis de direcció de les alineacions rectes del traçat s'han projectat mitjançant unes corbes d'enllaç situades entre les alineacions rectes. Aquestes corbes són circulars i el projectista els ha assignat un radi i un angle situat al centre, entre el radi d'entrada i el de sortida de la línia corba.

Aquestes corbes, evidentment, s'han de replantejar en el terreny i veiem molt clar que ni el terreny ni la longitud del radi no ens permeten replantejar l'arc i una corda.

Els mètodes de replantejament per aquest tipus de corbes, però, són molt fàcils, tinguin el radi que tinguin.

19.1 Càlcul dels elements d'una corba

$$T = \text{tangent} = T_1B = T_2B$$

$$B = \text{bisectriu} = AB$$

$$C = \text{corda} = T_1T_2$$

$$F = \text{fletxa} = AC$$

$$D = \text{desenvolupament} = T_1AT_2$$

α i β són suplementaris

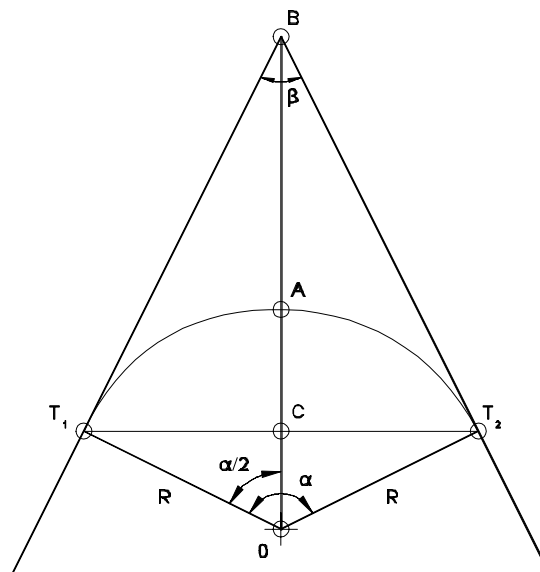


Fig. 19.1

Tangent $T_1B = T_2B$

$$\frac{T_1B}{R} = \text{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad T_1B = R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$T = R \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Bisectriu AB

$$R = OB \cdot \cos \frac{\alpha}{2}; \quad OB = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}}$$

$$AB = OB - R; \quad AB = \frac{R}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R$$

$$B = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$$

Corda T₁T₂

$$T_1C = R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad C = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

Fletxa AC

$$AC = R - OC$$

$$OC = R \cdot \cos \frac{\alpha}{2}; \quad AC = R - R \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad F = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

Desenvolupament T₁AT₂

$$\frac{2\pi R}{400} = \frac{D}{\alpha}; \quad D = \frac{2\pi R\alpha}{400} = \frac{\pi R\alpha}{200} \quad D = \frac{\pi R\alpha}{200}$$

Aquests càlculs estan tabulats.

Hi ha diverses taules. Per als exemples que vénen a continuació, s'han escollit les taules de replantejaments de Luis de la Rubia Rincón, de graduació centesimal (taules 19.1 i 19.2).

A continuació expliquem el maneig d'aquestes taules.

Suposem una corba d'enllaç amb un angle al centre de $\alpha = 54,86$ i un radi de la corba de $R = 260$ m.

Per a $54,80 = 45,910$ i una diferència tabular de 95

A la columna 95, per a $6 \text{ m} = \underline{57,0}$

En total, per a $54,86 = 45,967$

Aquest valor és per a un radi de 100 m. En el nostre exemple serà, doncs:

$$45,967 \times 2,6 = 119,51 \text{ m}$$

Taula 19.1

Angle en el centre	Tangent	Desenvolupament	Bisectriu	Semicorda	Fletxa	
50 ^g	00	41,421 ₉₂	78,540 ₁₅₇	8,239 ₃₅	38,268 ₇₃	7,612 ₃₀
	10	513 ₉₃	697 ₁₅₇	274 ₃₆	341 ₇₂	642 ₃₀
	20	606 ₉₂	854 ₁₅₇	310 ₃₅	413 ₇₃	672 ₃₀
	30	698 ₉₂	79,011 ₁₅₇	345 ₃₆	486 ₇₂	702 ₃₁
	40	790 ₉₂	168 ₁₅₇	381 ₃₅	558 ₇₃	733 ₃₀
	50	41,882 ₉₃	79,325 ₁₅₇	8,416 ₃₆	38,631 ₇₂	7,763 ₃₀
	60	975 ₉₂	482 ₁₅₇	452 ₃₆	703 ₇₃	793 ₃₁
	70	42,067 ₉₂	639 ₁₅₇	488 ₃₆	776 ₇₂	824 ₃₀
	80	159 ₉₃	796 ₁₅₈	524 ₃₆	848 ₇₂	854 ₃₁
	90	252 ₉₂	954 ₁₅₇	560 ₃₆	902 ₇₃	885 ₃₀
51 ^g	00	42,344 ₉₃	80,111 ₁₅₇	8,596 ₃₆	38,993 ₇₂	7,915 ₃₁
	10	437 ₉₃	268 ₁₅₇	632 ₃₆	39 065 ₇₂	946 ₃₁
	20	530 ₉₃	425 ₁₅₇	668 ₃₇	137 ₇₃	977 ₃₁
	30	623 ₉₃	582 ₁₅₇	705 ₃₆	210 ₇₂	8,008 ₃₀
	40	716 ₉₂	739 ₁₅₇	741 ₃₇	282 ₇₂	038 ₃₁
	50	42,808 ₉₃	80,896 ₁₅₇	8,778 ₃₆	39,354 ₇₂	8,069 ₃₁
	60	901 ₉₃	81,053 ₁₅₇	814 ₃₇	426 ₇₂	100 ₃₁
	70	994 ₉₃	210 ₁₅₇	851 ₃₇	498 ₇₃	131 ₃₁
	80	43,087 ₉₄	367 ₁₅₇	888 ₃₇	571 ₇₂	162 ₃₁
	90	181 ₉₃	524 ₁₅₇	923 ₃₇	643 ₇₂	193 ₃₂
52 ^g	00	43,274 ₉₃	81,681 ₁₅₇	8,962 ₃₇	39,715 ₇₂	8,225 ₃₁
	10	367 ₉₄	838 ₁₅₈	999 ₃₇	787 ₇₂	256 ₃₁
	20	461 ₉₃	996 ₁₅₇	9,036 ₃₇	859 ₇₂	287 ₃₁
	30	554 ₉₃	82,153 ₁₅₇	093 ₃₇	931 ₇₂	318 ₃₂
	40	647 ₉₄	310 ₁₅₇	110 ₃₈	40,003 ₇₂	350 ₃₂
	50	43,741 ₉₃	82,467 ₁₅₇	9,148 ₃₇	40,075 ₇₂	8,382 ₃₁
	60	834 ₉₄	624 ₁₅₇	185 ₃₈	147 ₇₂	413 ₃₁
	70	928 ₉₄	781 ₁₅₇	223 ₃₈	219 ₇₂	444 ₃₂
	80	44,022 ₉₄	938 ₁₅₇	261 ₃₈	291 ₇₂	476 ₃₂
	90	116 ₉₄	83,095 ₁₅₇	299 ₃₈	363 ₇₁	508 ₃₁
53 ^g	00	44,210 ₉₃	83,252 ₁₅₇	9,337 ₃₈	40,434 ₇₂	8,539 ₃₂
	10	303 ₉₄	409 ₁₅₇	375 ₃₈	506 ₇₂	571 ₃₂
	20	397 ₉₄	566 ₁₅₇	413 ₃₈	578 ₇₂	603 ₃₂
	30	491 ₉₅	723 ₁₅₈	451 ₃₈	650 ₇₁	635 ₃₂
	40	586 ₉₄	881 ₁₅₇	489 ₃₉	721 ₇₂	667 ₃₂
	50	44,860 ₉₄	84,038 ₁₅₇	9,528 ₃₈	40,793 ₇₂	8,699 ₃₂
	60	774 ₉₄	195 ₁₅₇	566 ₃₉	865 ₇₂	731 ₃₂
	70	868 ₉₅	352 ₁₅₇	605 ₃₈	937 ₇₁	763 ₃₂
	80	963 ₉₄	509 ₁₅₇	643 ₃₉	41,008 ₇₂	795 ₃₂
	90	45,057 ₉₅	666 ₁₅₇	682 ₃₉	080 ₇₁	827 ₃₃
54 ^g	00	45,152	84,823	9,721	41,151	8,860

Taula 19.2

Angle en el centre	Tangent	Desenvolupament	Bisectriu	Semicorda	Fletxa	
54 ^º	00	45,152 ₉₄	84,823 ₁₅₇	9,721 ₃₉	41,151 ₇₂	8,860 ₃₂
	10	246 ₉₅	980 ₁₅₇	760 ₃₉	223 ₇₂	892 ₃₂
	20	341 ₉₅	85,137 ₁₅₇	799 ₃₉	295 ₇₁	924 ₃₃
	30	436 ₉₄	294 ₁₅₇	838 ₃₉	366 ₇₂	957 ₃₂
	40	530 ₉₅	451 ₁₅₇	877 ₄₀	438 ₇₁	989 ₃₃
	50	45,625 ₉₅	85,608 ₁₅₇	9,917 ₃₉	41,509 ₇₁	9,022 ₃₃
	60	720 ₉₅	765 ₁₅₈	956 ₃₉	580 ₇₂	055 ₃₂
	70	815 ₉₅	923 ₁₅₇	995 ₄₀	652 ₇₁	087 ₃₃
	80	910 ₉₅	86,080 ₁₅₇	10,035 ₄₀	723 ₇₂	120 ₃₃
	90	46,005 ₉₆	237 ₁₅₇	075 ₄₀	795 ₇₁	153 ₃₃
55 ^º	00	46,101 ₉₅	86,394 ₁₅₇	10,115 ₄₀	41,866 ₇₁	9,186 ₃₃
	10	196 ₉₅	551 ₁₅₇	155 ₄₀	937 ₇₂	219 ₃₃
	20	291 ₉₆	708 ₁₅₇	195 ₄₀	42,009 ₇₁	252 ₃₃
	30	387 ₉₅	865 ₁₅₇	235 ₄₀	080 ₇₁	285 ₃₃
	40	482 ₉₅	87,022 ₁₅₇	275 ₄₀	151 ₇₁	318 ₃₃
	50	46,578 ₉₅	87,179 ₁₅₇	10,315 ₄₁	42,222 ₇₁	9,351 ₃₃
	60	673 ₉₆	336 ₁₅₇	356 ₄₀	293 ₇₂	384 ₃₃
	70	769 ₉₆	493 ₁₅₇	396 ₄₁	365 ₇₁	417 ₃₄
	80	865 ₉₆	650 ₁₅₈	437 ₄₁	436 ₇₁	451 ₃₃
	90	961 ₉₅	808 ₁₅₇	478 ₄₀	507 ₇₁	484 ₃₃
56 ^º		47,056	87,965	10,518	42,578	9,517

	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
2	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0
3	9,0	9,3	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0
4	12,0	12,4	12,8	13,2	13,6	14,0	14,4	14,8	15,2	15,6	16,0
5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0
6	18,0	18,6	19,2	19,8	20,4	21,0	21,6	22,2	22,8	23,4	24,0
7	21,0	21,7	22,4	23,1	23,8	24,5	25,2	25,9	26,6	27,3	28,0
8	24,0	24,8	25,6	26,4	27,2	28,0	28,8	29,6	30,4	31,2	32,0
9	27,0	27,9	28,8	29,7	30,6	31,5	32,4	33,3	34,2	35,1	36,0

	41	71	72	73	92	93	94	95	96	157	158
1	4,1	7,1	7,2	7,3	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	15,7	15,8
2	8,2	14,2	14,4	14,6	18,4	18,6	18,8	19,0	19,2	31,4	31,6
3	12,3	21,3	21,6	21,9	27,6	27,9	28,2	28,5	28,8	47,1	47,4
4	16,4	28,4	28,8	29,2	36,8	37,2	37,6	38,0	38,4	62,8	63,2
5	20,5	35,5	36,0	36,5	46,0	46,5	47,0	47,5	48,0	78,5	79,0
6	24,6	42,6	43,2	43,8	55,2	55,8	56,4	57,0	57,6	94,2	94,8
7	28,7	49,7	50,4	51,1	64,4	65,1	65,8	66,5	67,2	109,9	110,6
8	32,8	56,8	57,6	58,4	73,6	74,4	75,2	76,0	76,8	125,6	126,4
9	36,9	63,9	64,8	65,7	82,8	83,7	84,6	85,5	86,4	141,3	142,2

19.2 Mètode de coordenades a la tangent

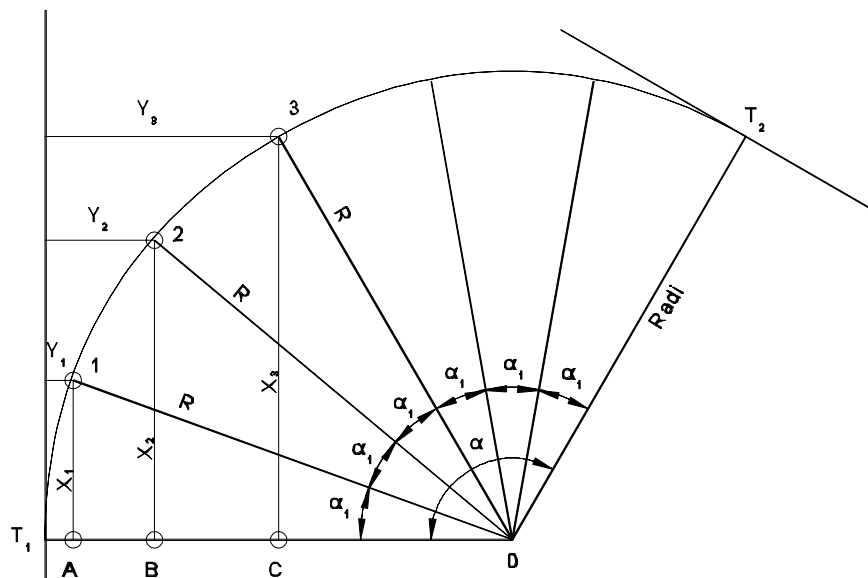


Fig. 19.2

L'angle α es divideix en un nombre de parts iguals, amb la qual cosa la corba queda també dividida en arcs fixos.

$$\frac{\alpha}{n} = \alpha_1$$

Càlcul de les coordenades del punt 1

$$X_1 = R \cdot \sin \alpha_1$$

$$Y_1 = R - OA; \quad OA = R \cdot \cos \alpha_1; \quad Y_1 = R - R \cdot \cos \alpha_1 = R(1 - \cos \alpha_1)$$

Càlcul de les coordenades del punt 2

$$X_2 = R \cdot \sin 2\alpha_1$$

$$Y_2 = R - OB; \quad OB = R \cdot \cos 2\alpha_1; \quad Y_2 = R - R \cdot \cos 2\alpha_1 = R(1 - \cos 2\alpha_1)$$

Càlcul de les coordenades del punt 3

$$X_3 = R \cdot \sin 3\alpha_1$$

$$Y_3 = R - OC; \quad OC = R \cdot \cos 3\alpha_1; \quad Y_3 = R - R \cdot \cos 3\alpha_1 = R(1 - \cos 3\alpha_1)$$

I per al càlcul dels punts successius, es veu clarament que seguiran els múltiples successius de α_1 .

19.3 Mètode de coordenades a la tangent fixant la magnitud de la corda

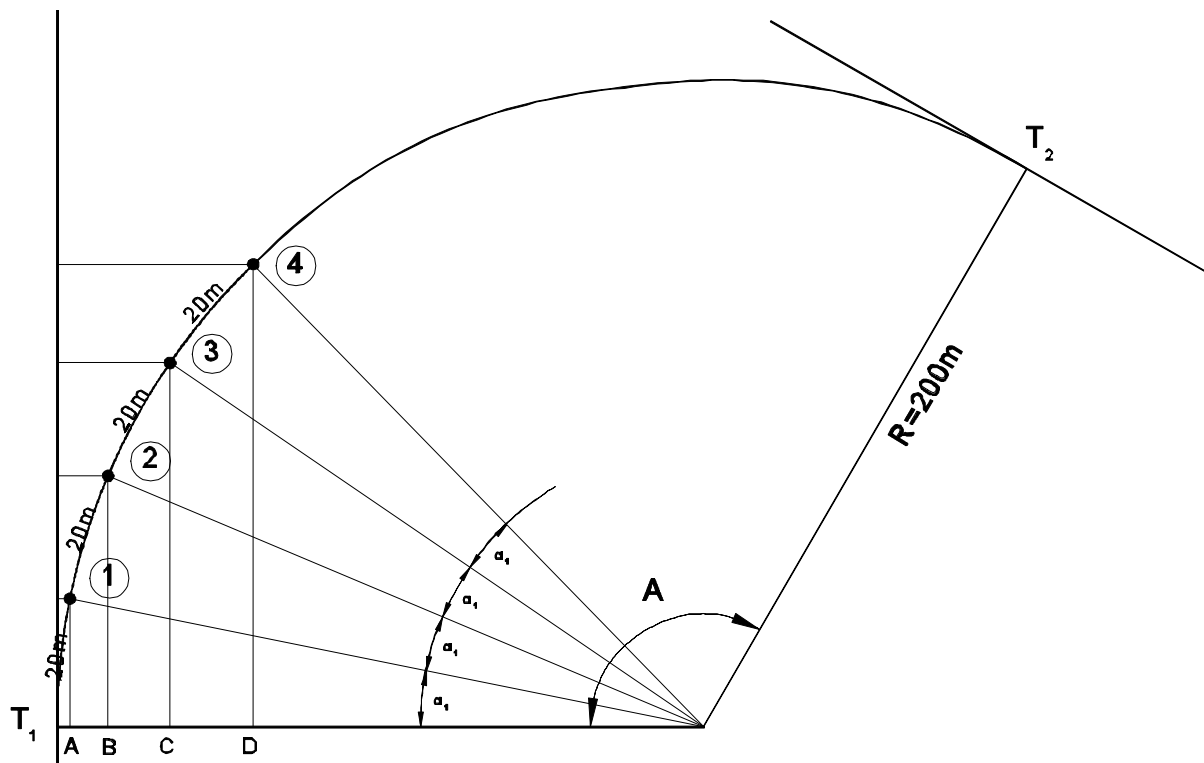


Fig. 19.3

Aquest sistema es resol igual que l'anterior, només que en aquest cas imposen la longitud de la corda.

Càlcul de l'angle corresponent a la corda fixada

$$\text{Fórmula de la corda} \quad C = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{en aquest cas } \alpha = \alpha_1)$$

$$\sin \frac{\alpha_1}{2} = \frac{C}{2R} = \frac{20}{2 \cdot 200} = 0,5$$

$$\sin \frac{\alpha_2}{2} = 0,5; \quad \text{arc sin} = 3,18 \cdot 2 = 6,37$$

$$\alpha_1 = 6,37^\circ$$

En tots els replantejaments en què es treballi amb la corda de l'arc s'ha de comprovar que la longitud d'aquesta corda i el desenvolupament de l'arc corresponent no difereixin més d'1 cm.

$$\text{Comprovació anterior} \quad D = \frac{rR\alpha}{200}$$

$$D = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 6,37}{200} = \pi \cdot 6,37 = 20,01 \text{ m. La diferència amb la corda fixada és d'1 cm, per la qual cosa s'accepta l'angle i es passa a calcular les coordenades com en el cas anterior de la figura 19.2.}$$

19.4 Mètode de coordenades a la tangent fixant l'arc i utilitzant taules

Taula 19.3

Arc	R = 100 (10 o 1000)		R = 110 (11 o 1100)		R = 120 (12 o 1200)	
	Abscissa sobre la tangent	Ordenada	Abscissa sobre la tangent	Ordenada	Abscissa sobre la tangent	Ordenada
2	2,000	0,020	2,000	0,018	2,000	0,017
4	3,999	0,080	3,999	0,073	3,999	0,067
6	5,996	0,180	5,997	0,164	5,998	0,150
8	7,992	0,320	7,993	0,291	7,994	0,267
10	9,983	0,500	9,986	0,454	9,988	0,416
12	11,971	0,719	11,977	0,654	11,980	0,600
14	13,954	0,978	13,962	0,890	13,968	0,816
16	15,932	1,277	15,944	1,162	15,953	1,065
18	17,903	1,616	17,920	1,470	17,933	1,348
20	19,867	1,993	19,890	1,813	19,908	1,663
22	21,82	2,41	21,85	2,19	21,88	2,01
24	23,77	2,87	23,81	2,61	23,84	2,39
26	25,71	3,36	25,76	3,06	25,80	2,80
28	27,64	3,90	27,70	3,55	27,75	3,25
30	29,55	4,47	29,63	4,07	29,69	3,73
32	31,46	5,08	31,55	4,62	31,62	4,24
34	33,35	5,73	33,46	5,21	33,55	4,78
36	35,23	6,41	35,36	5,84	35,46	5,36
38	37,09	7,13	37,25	6,50	37,37	5,96
40	38,94	7,89	39,12	7,19	39,26	6,60
42	40,78	8,69	40,99	7,92	41,15	7,27
44	42,60	9,52	42,84	8,68	43,02	7,98
46	44,40	10,39	44,68	9,48	44,88	8,71
48	46,18	11,30	46,50	10,31	46,73	9,47
50	47,94	12,24	48,30	11,17	48,57	10,27
52	49,69	13,22	50,09	12,06	50,39	11,10
54	51,41	14,23	51,86	12,99	52,20	11,95
56	53,12	15,27	53,61	13,95	53,99	12,83
58	54,80	16,35	55,35	14,94	55,77	13,75
60	56,46	17,47	57,07	15,96	57,53	14,69
62	58,10	18,61	58,77	17,01	59,28	15,66
64	59,72	19,79	60,45	18,09	61,01	16,66
66	61,31	21,00	62,11	19,20	62,72	17,69
68	62,88	22,24	63,75	20,35	64,42	18,75
70	64,42	23,52	65,37	21,53	66,10	19,84
72	65,94	24,82	66,97	22,73	67,76	20,96
74	67,43	26,15	68,54	23,96	69,40	22,10
76	68,89	27,52	70,09	25,22	71,02	23,47
78	70,33	28,91	71,62	26,51	72,62	25,69
80	71,74	30,33	73,13	27,83	74,20	
82	73,12	31,78	74,61	29,17	75,77	26,94
84	74,46	33,25	76,07	30,54	77,31	28,22
86	75,78	34,76	77,50	31,94	78,83	29,52
88	77,07	36,29	78,91	33,36	80,33	30,85
90	78,33	37,84	80,29	34,82	81,80	32,20

La primera columna d'aquesta taula és la longitud de l'arc i a la dreta apareix la X i la Y, que són les dades del replantejament de la corba de la figura 19.4.

A la part superior s'indica el radi de la corba, que va de 10 m en 10 m, i que es pot multiplicar o dividir per 10, 100, etc., però multiplicant sempre per les mateixes quantitats la X i la Y corresponents.

De la taula obtenim els valors següents per a les coordenades de replantejament:

		X	Y
Punt 1	20 m	19,89	1,81
Punt 2	40 m	39,12	7,19
Punt 3	60 m	57,07	15,96
Punt 4	80 m	73,13	27,83

No és convenient que les magnituds de les coordenades siguin gaire grans, ja que dificulten el replantejament i el fan més precís. És preferible replantejar pocs punts i realitzar canvis d'estació successius.

A la figura 19.4 tenim el gràfic del replantejament de la corba d'aquest exemple:

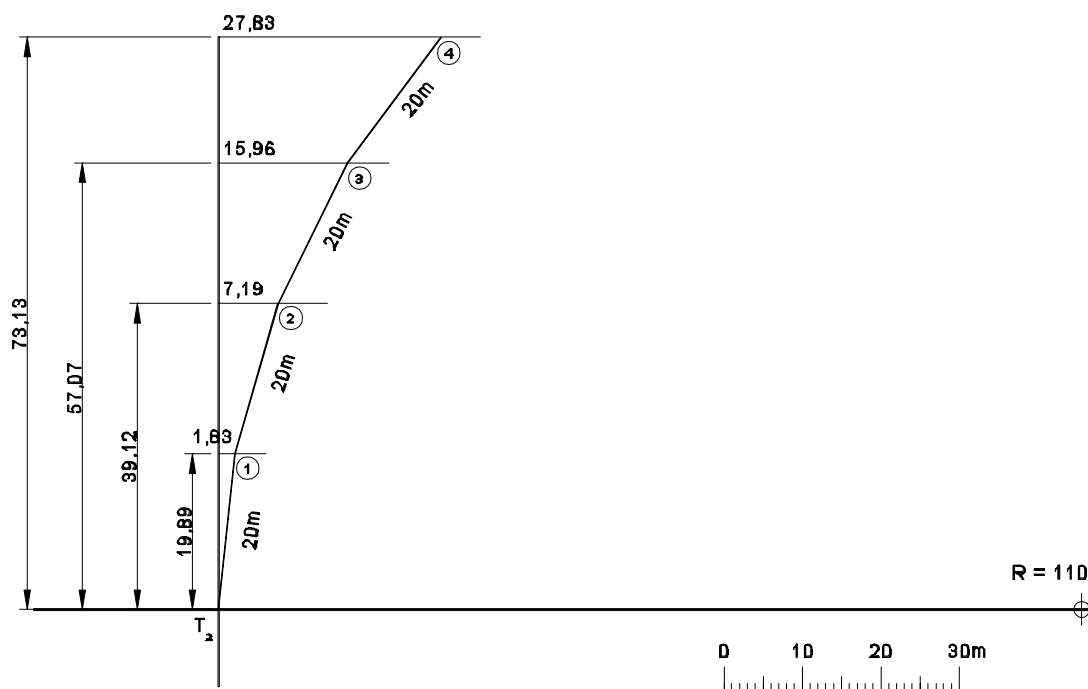


Fig. 19.4

19.5 Canvi d'estació d'un replantejament

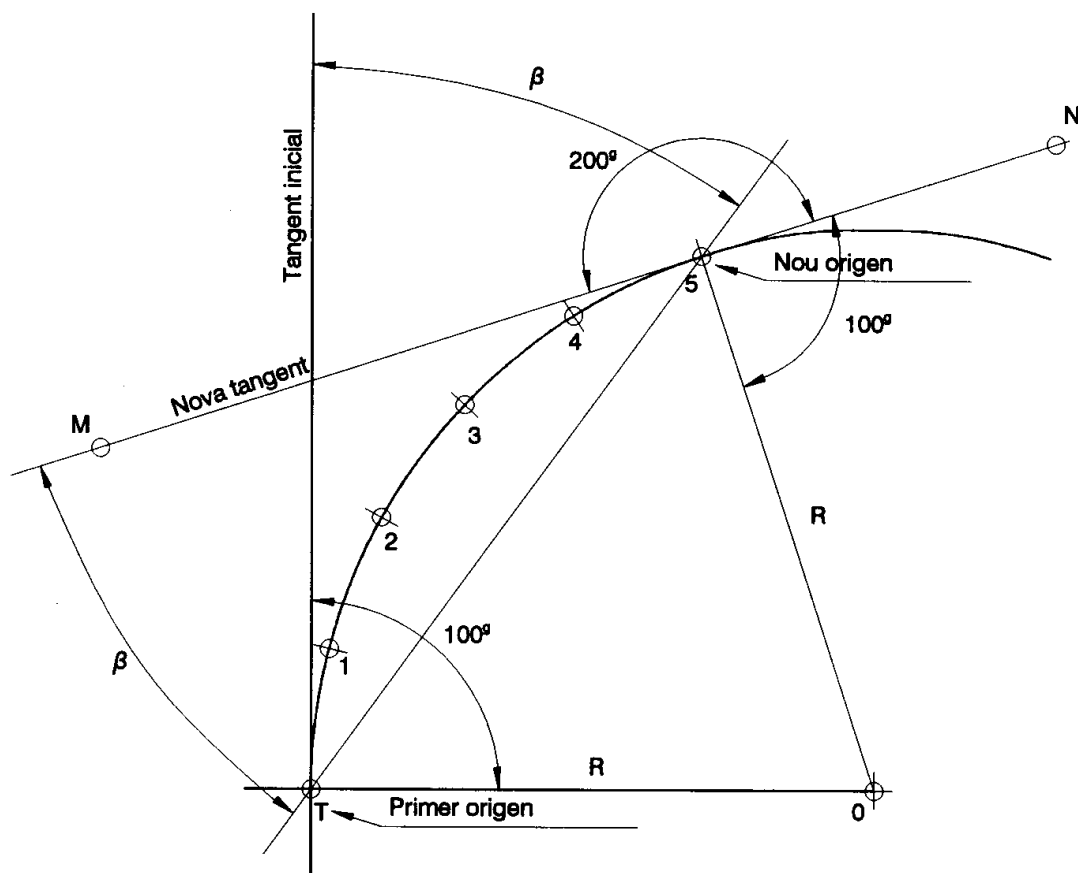


Fig. 19.5

Suposant que el replantejament s'hagi realitzat fins al punt 5 i que ja no sigui possible continuar el replantejament des de l'origen T_1 , aleshores es fa el canvi d'estació.

Des de T_1 , i visant el punt 5, es llegeix l'angle β .

A continuació es realitza el canvi d'estació i s'estaciona l'aparell en el punt 5, que havíem visat.

Des d'aquest punt 5 es visa l'estació anterior, T_1 , es gira la ullera una magnitud igual a la de l'angle β i se situa la visual en un punt M qualsevol d'aquesta nova alineació. Si fem un gir de 200° a la ullera ens queda una direcció 5N, oposada diametralment a la 5M anterior.

Aquesta direcció 5N és la nova tangent i el punt 5 el nou origen per a la continuació del replantejament, en el qual continuen valent els mateixos punts calculats.

Es poden fer tants canvis d'estació com siguin necessaris.

Aquest procediment de canvi d'estació es pot aplicar sempre, sigui quin sigui el tipus de replantejament adoptat.

19.6 Canvis d'estació realitzats a l'exemple anterior, calculat per taules

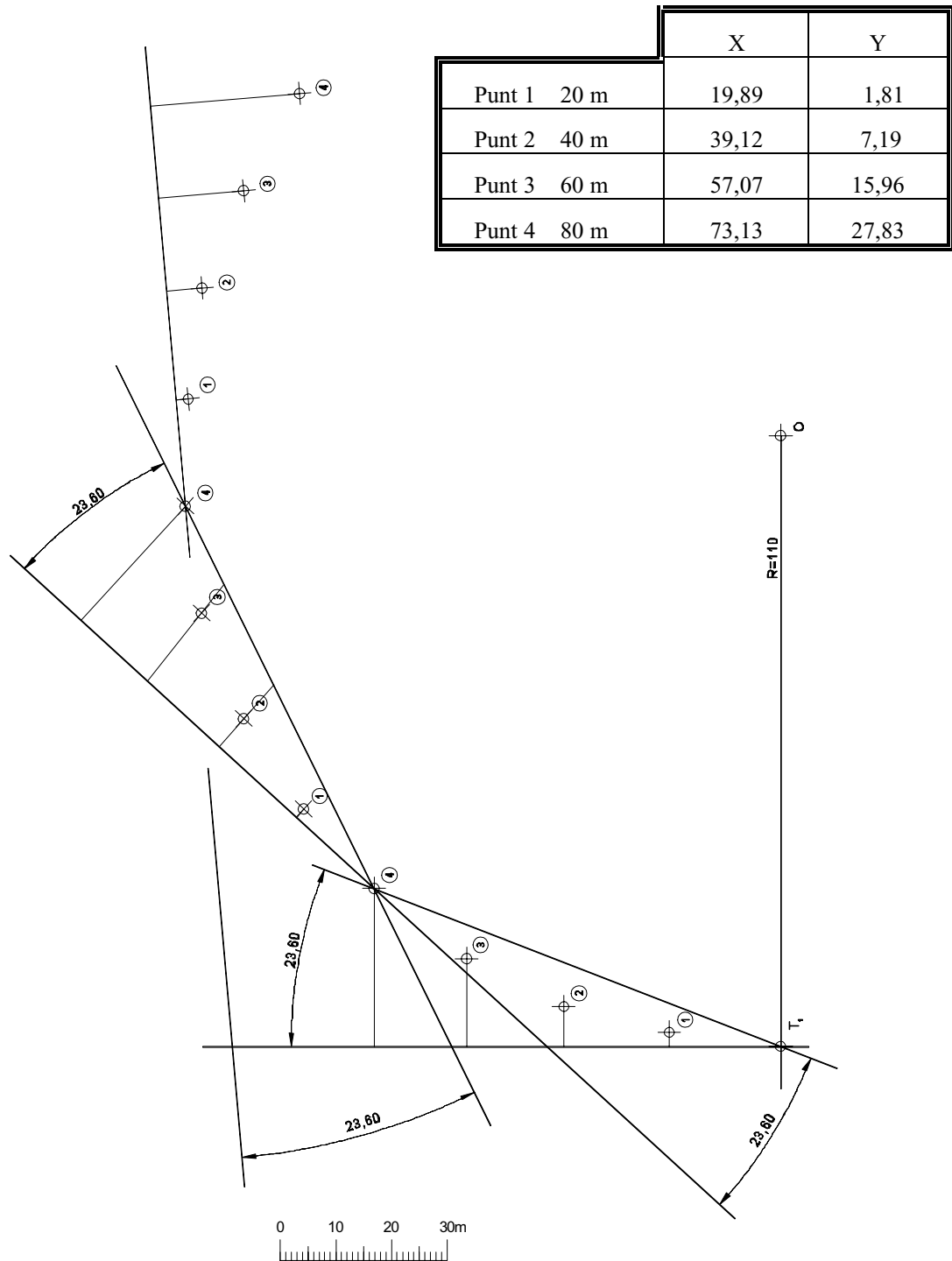


Fig. 19.6

19.7 Mètode de la corda prolongada o de desviaments successius

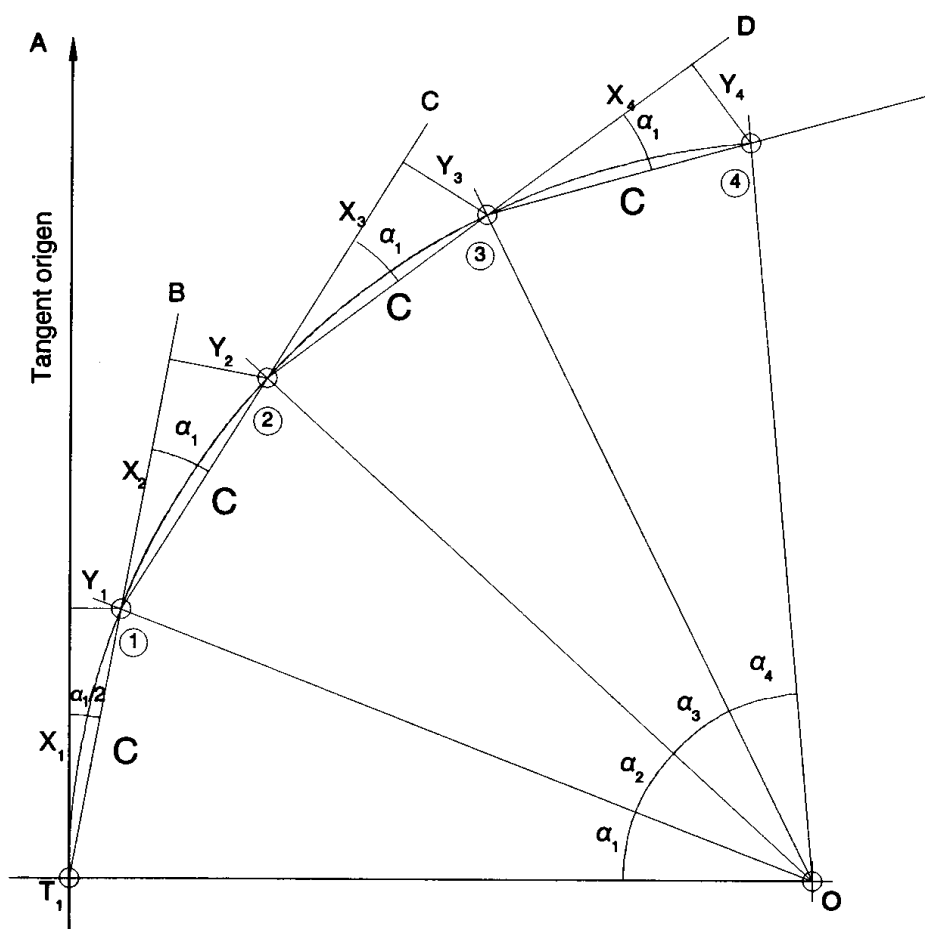


Fig. 19.7

Aquest mètode és molt interessant, ja que és l'únic que no necessita cap canvi d'estació i se cenyeix constantment a la corba, cosa que el converteix en un mètode idoni per a replantejaments en túnels. En contrapartida, és un mètode que requereix molta precisió en la utilització.

El primer que s'ha de fer és calcular l'angle α perquè ens doni una corda i un arc que difereixin com a màxim un centímetre.

Amb la fórmula del desenvolupament i la de la corda és fàcil deduir qualsevol altra dada que necessitem.

Suposem que la corda C i l'angle α' siguin els idonis.

L'angle entre la tangent T_1A i la corda T_1B és $\frac{\alpha_1}{2}$.

L'angle entre les cordes $1B$ i $1C$ és α_1 i per als punts restants es manté l'angle α_1 , amb la qual cosa, essent els angles i les cordes iguals, també ho seran les X i les Y per al punt 2 i per als punts successius.

Només s'hauran de calcular les coordenades per al primer punt i el segon.

Coordenades del punt 1

$$X_1 = C \cdot \cos \frac{\alpha_1}{2}$$

$$Y_1 = C \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2}$$

Coordenades del punt 2 i successius

$$X_2 = C \cdot \cos \alpha_1$$

$$Y_2 = C \cdot \sin \alpha_1$$

Una vegada s'han calculat les coordenades, s'estaciona l'aparell a T_1 i s'amiden X_1 i Y_1 en la direcció de la tangent d'origen T_1A , i el punt 1 queda replantejat.

Aleshores s'estaciona l'aparell a 1 i es visa T_1 , es gira 200^g la ullera, que ens quedarà en la direcció $1B$, que és la de la corda T_11 prolongada, i s'amiden la X i la Y corresponents; així queda replantejat el punt 2. Aquesta operació es repetirà tantes vegades com faci falta.

A continuació aclarirem per què en aquest mètode el primer angle és $\frac{\alpha_1}{2}$ i els restants són α_1 (Fig. 19.8).

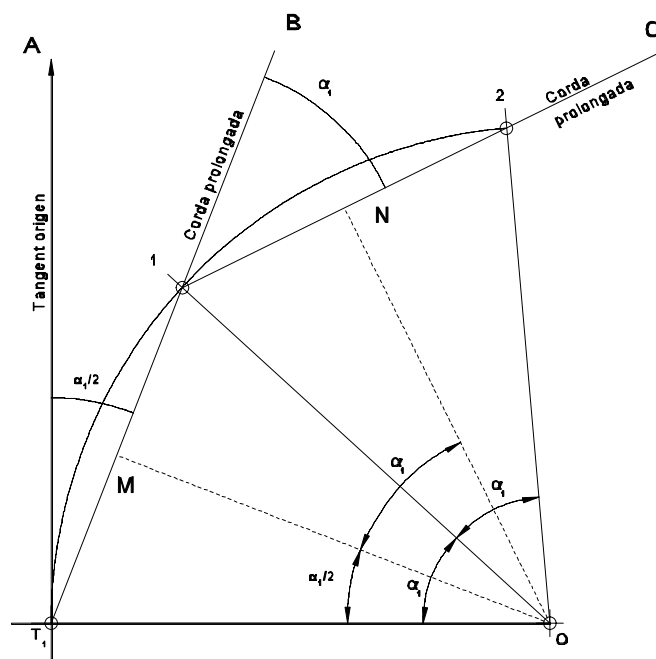


Fig. 19.8

T_1A és la tangent a l'origen i T_1B és la corda prolongada T_11 .

L'angle que formen ambdues alineacions és $\frac{\alpha_1}{2}$.

Si tracem les bisectrius dels angles α_1 , veiem que OT_1 és perpendicular a T_1A i OM és perpendicular a T_1B , i, també, que el radi OT_1 i la bisectriu OM formen un angle igual a $\frac{\alpha_1}{2}$.

Per geometria plana sabem que dos angles els costats dels quals són perpendiculars entre ells, són iguals o suplementaris. Com que en el nostre cas no són suplementaris, són, doncs, iguals, és a dir, T_1A i T_1B formen un angle $\frac{\alpha_1}{2}$.

Les bisectrius OM i ON formen un angle igual a α_1 . D'altra banda, OM és perpendicular a $1B$ i ON és perpendicular a $1C$. En conseqüència, l'angle que formen aquestes dues alineacions és α_1 .

Els punts successius compleixen la mateixa condició.

19.8 Mètode de la corda i de la fletxa

Aquest mètode és aplicable a corbes de poc radi, vorades, parterres, etc.

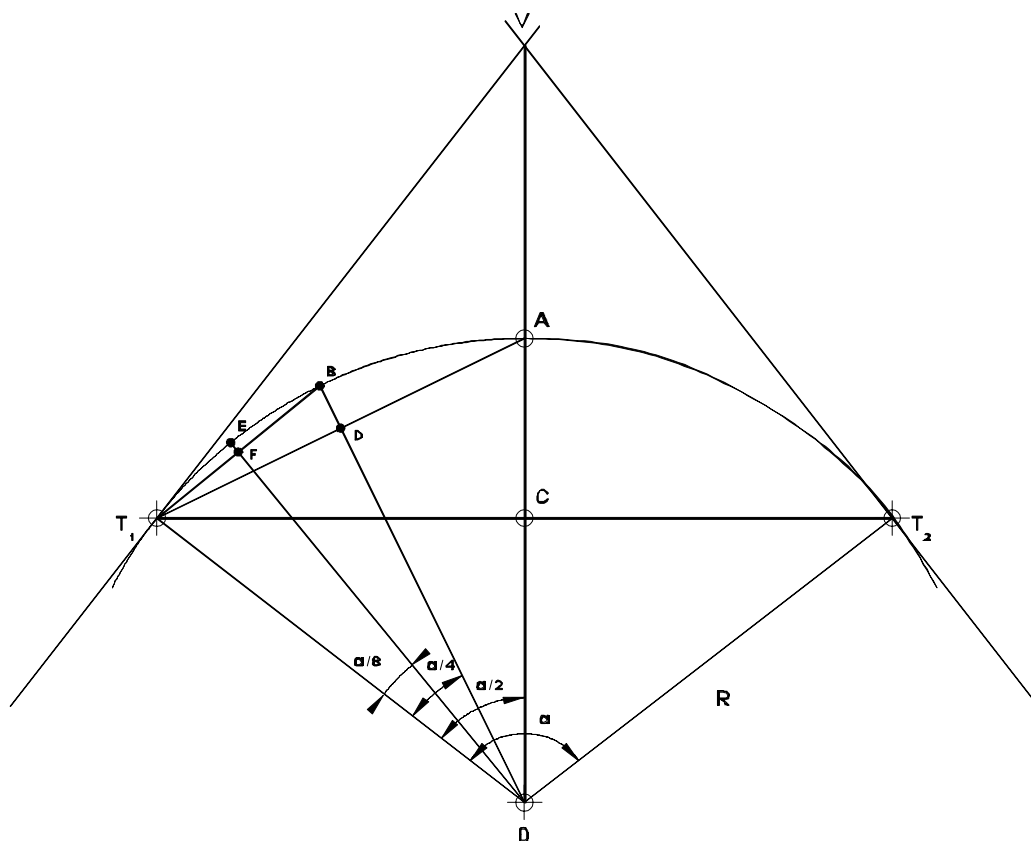


Fig. 19.9

Calculant la corda T_1T_2 i la fletxa AC es pot replantejar el punt A .

Calculant la corda T_1A i la fletxa BD , tenint en compte l'angle $\frac{\alpha}{4}$, es pot replantejar el punt B.

Calculant la corda T_1B i la fletxa EF , tenint en compte l'angle $\frac{\alpha}{8}$, es pot replantejar el punt E, etc.

En aquest mètode de replantejament es pot recórrer a la regla pràctica que diu que "una fletxa és igual a 1/4 de la fletxa de l'arc doble".

És a dir, $BD = \frac{1}{4}$ de AC , $EF = \frac{1}{4}$ de BD , etc., amb la qual cosa només cal anar unint els punts replantejats, T_1A , T_1B , T_1E i calcular només la primera fletxa, AC .

El procediment no és matemàticament exacte, però en el sentit pràctic és suficient.

La segona branca de la corba, AT_2 , és totalment simètrica.

19.9 Mètode d'angles tangencials

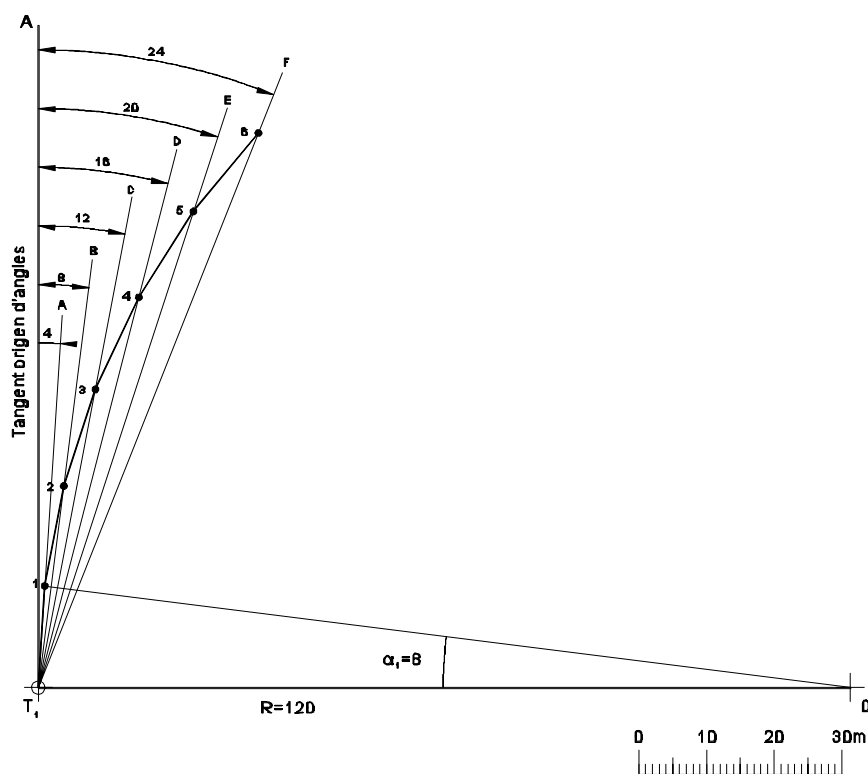


Fig. 19.10

Aquest mètode consisteix a traçar angles prenent com a origen la tangent T_1A (Fig. 19.10).

Tal com es demostra a la figura 19.8, l'angle α_1 al centre és el doble de l'angle tangencial corresponent.

D'altra banda, s'ha de complir que la corda i l'arc corresponents difereixin en 1 cm com a màxim.

A continuació temptem un angle, sabent que l'angle idoni es pot trobar entre els 6^g i els 10^g.

Si prenem un angle tangencial de 2,5^g, li correspon un angle en el centre de 5^g.

Càlcul de la corda

$$C = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad C = 2 \cdot 120 \cdot \sin 2,5 = 9,42 \text{ m}$$

Càlcul de l'arc

$$D = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{200} = \frac{r \cdot 120 \cdot 5}{200} = 9,42 \text{ m}$$

Corda i arc són iguals. Podem temptar un angle més gran, per exemple, l'angle tangencial de 4^g que correspon a un angle α_1 , al centre, de 8^g.

Càlcul de la corda

$$C = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = C = 2 \cdot 120 \cdot \sin 4 = 15,07 \text{ m}$$

Càlcul de l'arc

$$D = \frac{\pi \cdot R \cdot \alpha}{200} = \frac{r \cdot 120 \cdot 8}{200} = 15,08 \text{ m}$$

La diferència és la permesa. Així, doncs, es donen per bons l'angle i la corda corresponent.

Amb l'angle tangencial 4^g es traça l'alineació T_1A (Fig. 19.10) i amb la corda, des de T_1 , es fa la intersecció amb l'alineació T_1A en el punt 1.

Amb l'angle tangencial 8^g tracem l'alineació T_1B i amb la corda, recolzant-nos en 1, fem la intersecció amb l'alineació T_1B en el punt 2.

Amb l'angle 12^g tracem l'alineació T_1C i amb la corda, recolzant-nos en 1, fem la intersecció amb l'alineació T_1C en el punt 3.

D'aquesta manera anem replantejant els punts 4, 5, 6, etc.

Cada angle tangencial, menys l'anterior, dóna un angle de 4^g al qual correspon sempre la mateixa corda de 15,07 m.

Pot semblar que sigui més còmode llegir angles fraccionaris amb el taquímetre i, en canvi, que sigui més fàcil fer replantejaments amb una corda d'un nombre exacte de metres, per exemple, en comptes de 15,07 m, fer replantejaments amb una corda de 15 m.

En aquest cas es fixa per endavant la longitud de la corda i es dedueix l'angle corresponent (Fig. 19.11).

$$\text{corda} = 15 \text{ m} \quad \text{radi} = 120 \text{ m}$$

$$C = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2R}; \quad \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{15}{1 \cdot 120} = 0,0625$$

$$\text{arc sin de } 0,0625 = 3,98^{\circ} = \frac{\alpha}{2}; \quad \alpha = 7,96^{\circ}$$

Comprovació de l'arc

$$\frac{\pi R \alpha}{200} = \frac{\pi \cdot 120 \cdot 7,96}{200} = 15,00 \text{ m}$$

Replantejament (Fig. 19.11)

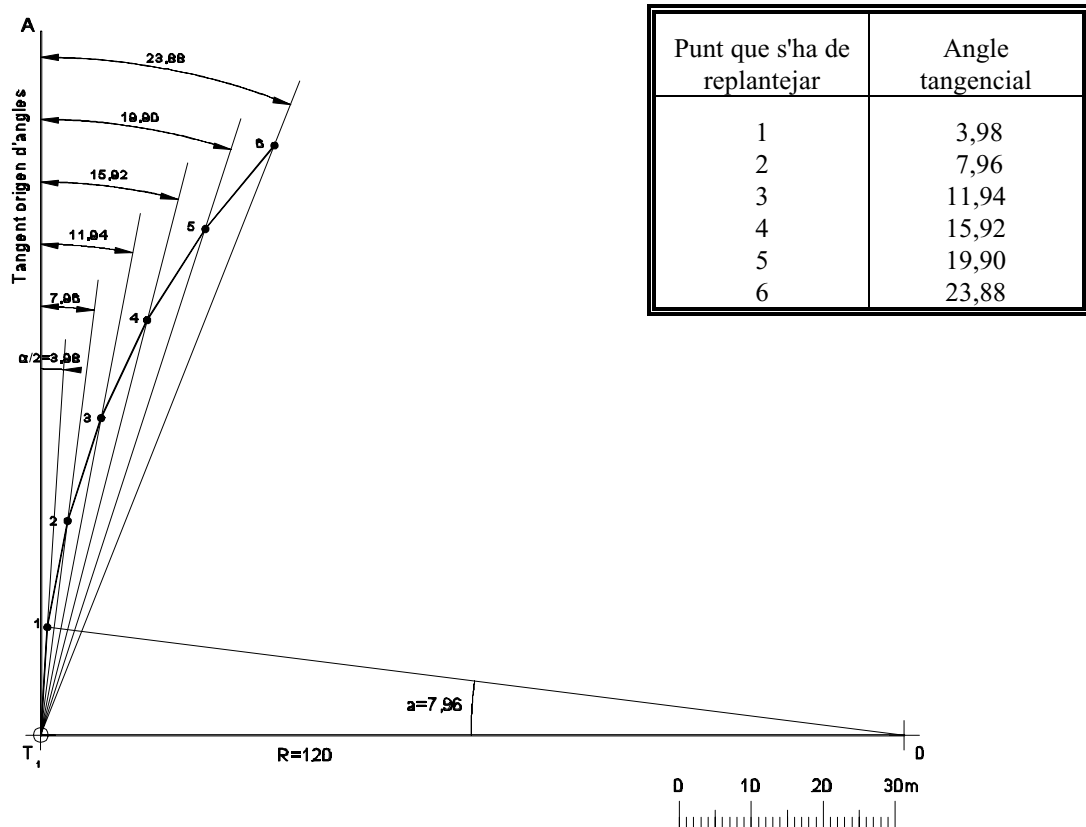


Fig. 19.11

El replantejament es realitza com en el cas anterior.

En aquest mètode també es pot aplicar el canvi d'estació explicat a l'apartat 19.5.

19.10 Mètode de coordenades polars

Aquest mètode consisteix a calcular les coordenades polars de cada punt que s'ha de replantejar (Fig. 19.12)

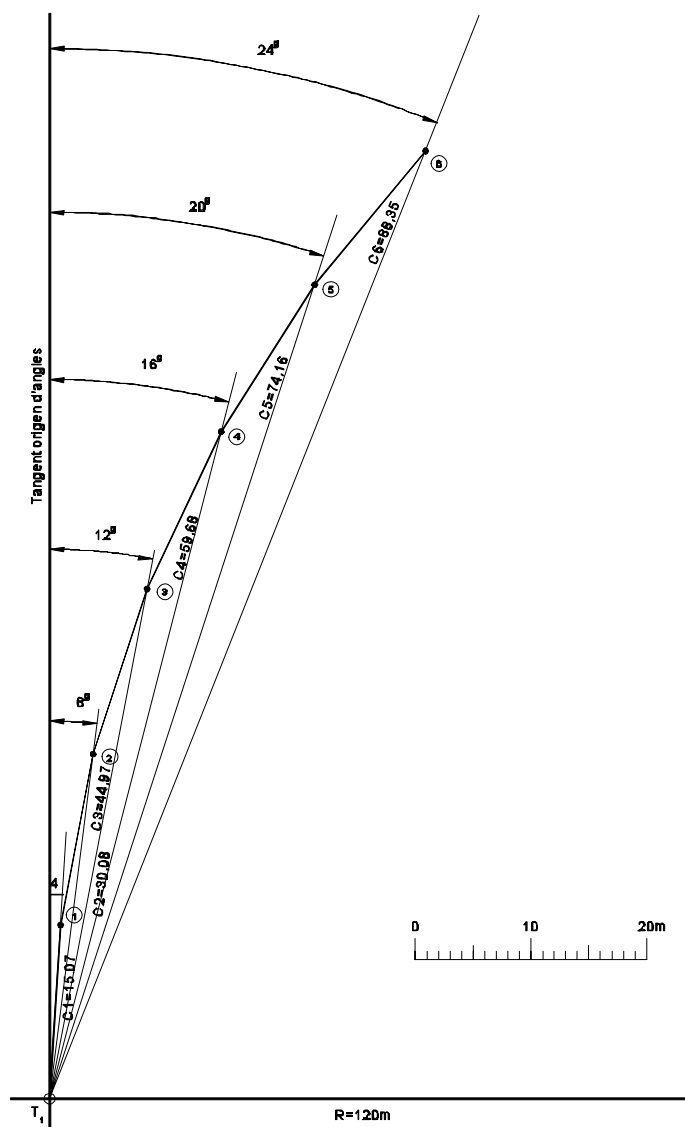


Fig. 19.12

Tal com ocorria a la figura 19.11, en aquest cas l'angle tangencial d'un punt és la meitat de l'angle corresponent al centre.

Les coordenades polars del punt 1 són l'angle i la distància T_11 .

Les coordenades del punt 2 són l'angle i la distància T_12 .

I així tots els punts del replantejament.

Veiem que els angles són tangencials i que les distàncies són les cordes dels angles corresponents al centre.

A tot angle tangencial li correspon un angle doble en el centre, però com que la corda es calcula amb $\frac{\alpha}{2}$, per calcular les distàncies (cordes) es pren directament l'angle tangencial.

$$C = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$C_1 = 2 \cdot 120 \cdot \sin 4 = 15,07 \text{ m}$$

$$C_2 = 2 \cdot 120 \cdot \sin 8 = 30,08 \text{ m}$$

$$C_3 = 2 \cdot 120 \cdot \sin 12 = 44,97 \text{ m}$$

$$C_4 = 2 \cdot 120 \cdot \sin 16 = 59,68 \text{ m}$$

$$C_5 = 2 \cdot 120 \cdot \sin 20 = 74,16 \text{ m}$$

$$C_6 = 2 \cdot 120 \cdot \sin 24 = 88,35 \text{ m}$$

Després s'uneixen els punts replantejats i s'obté el traçat de la corba replantejada.

19.11 Mètode compost dels mètodes d'angles tangencials i de coordenades polars

Iniciem el replantejament de la corba de la figura 19.13 pel mètode d'angles tangencials i desviaments successius

corba de radi $R = 120$ m

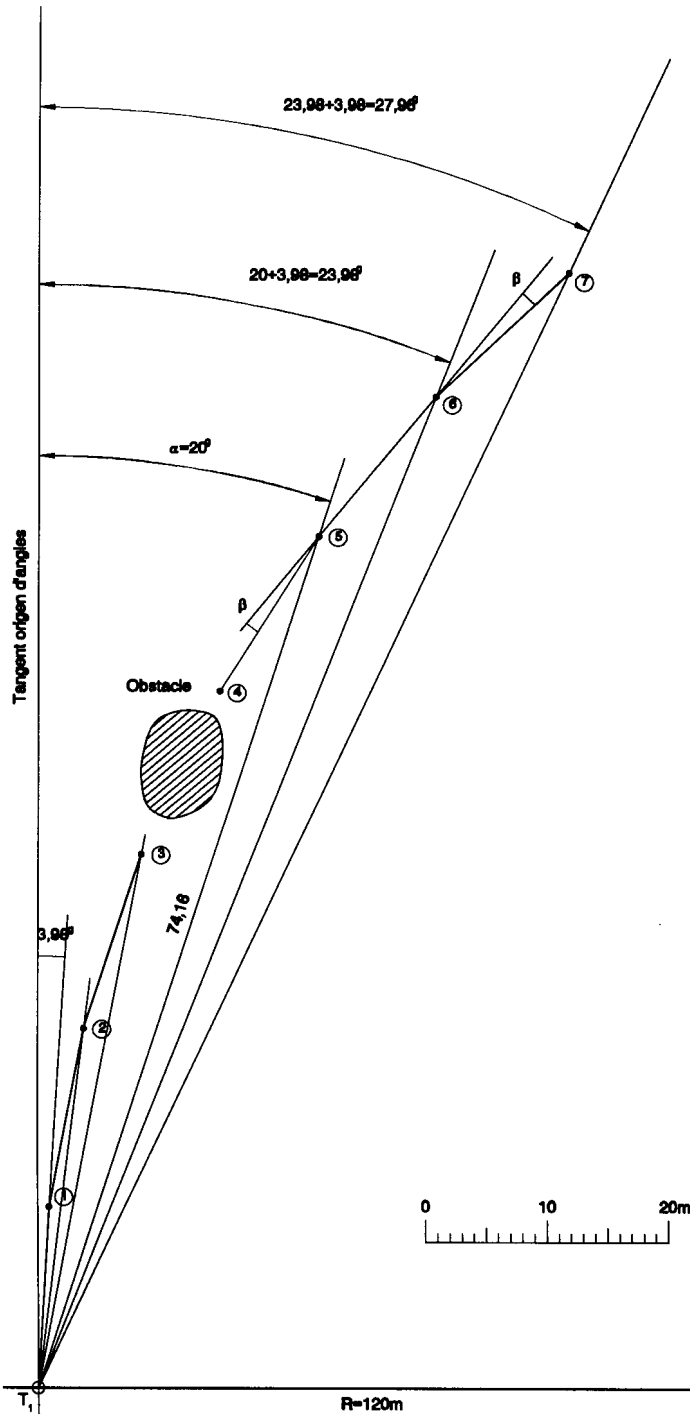


Fig. 19.13

Calculem l'angle corresponent per a una corda de 15 m:

$$C = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}, \quad \text{per tant,}$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{C}{2R} = \frac{15}{2 \cdot 120} = 0,0625$$

$$\text{arc sin de } 0,0625 = 3,98^\circ$$

Per aquest mètode, que és el que s'ha exposat a l'apartat 19.9 (Fig. 19.10) replantegem els punts 1, 2 i 3, però no podem replantejar el punt 4 perquè s'hi interposa un obstacle.

Mesurem l'angle $\alpha = 20^\circ$, suficient per salvar l'obstacle i calculem la corda $T_1 5$:

$$C = 2 \cdot 120 \cdot \sin 20 = 74,16$$

Amb aquesta corda replantegem el punt 5 pel mètode de coordenades polars.

Ja es pot continuar el replantejament dels punts 6, 7 i successius per angles tangencials.

Per aconseguir el replantejament del punt 4 s'actua de la manera següent:

Estacionem l'aparell en el punt 6 i s'amida l'angle β que formen els trams 5-6 i 6-7.

Estacionem el taquímetre en el punt 5, es mesura cap enrere el mateix angle β i amb la mateixa corda de 15 m es replanteja el punt 4.

El replantejament d'una corba es pot fer, doncs, combinant els mètodes que siguin més idonis en cada moment.

19.12 Mètode de bissecció (intersecció angular)

Aquest mètode de replantejament de corbes circulars d'enllaç és el més precís que existeix. No sempre és possible aplicar-lo, ja que es necessita que tots els punts per replantejar siguin visibles des dels punts de tangents d'entrada, T_1 , i de sortida, T_2 .

Es divideix l'arc en un nombre parell de parts iguals perquè hi pugui haver un punt central, A, de simetria.

Com que els punts a les dues branques de l'arc són simètrics, només es calcula la meitat de l'arc, perquè l'altra meitat té els mateixos valors angulars, però en posició simètrica.

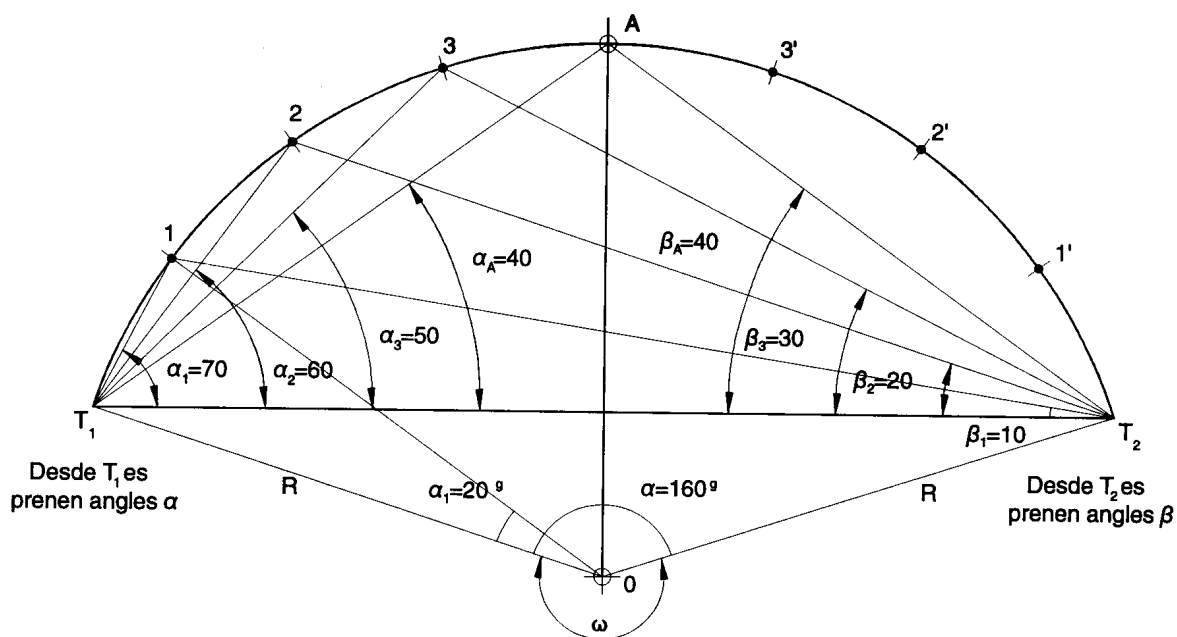


Fig. 19.14

Angles segons l'arc abastat

	Presos des de T_1	Presos des de T_2
punt 1	$\alpha_1 = \frac{160 - 20}{2} = \frac{140}{2} = 70^\circ$	$\beta_1 = \frac{20}{2} = 10^\circ$
punt 2	$\alpha_2 = \frac{160 - 2 \times 20}{2} = \frac{120}{2} = 60^\circ$	$\beta_2 = \frac{2 \times 20}{2} = 20^\circ$
punt 3	$\alpha_3 = \frac{160 - 3 \times 20}{2} = \frac{100}{2} = 50^\circ$	$\beta_3 = \frac{3 \times 20}{2} = 30^\circ$
punt A	$\alpha_A = \frac{160 - 4 \times 20}{2} = \frac{80}{2} = 40^\circ$	$\beta_A = \frac{4 \times 20}{2} = 40^\circ$

S'ha de complir que qualsevol angle és la meitat de l'arc abastat i, com veiem, tots els punts 1, 2, 3 i A abasten l'arc $\omega = 400 - 160 = 240$.

Per tant, l'arc en aquests punts és $\frac{240}{2} = 120^\circ$.

La figura 19.15 és una foto aèria molt interessant: s'hi veu el traçat de corbes i contracorbes amb algun tram recte.

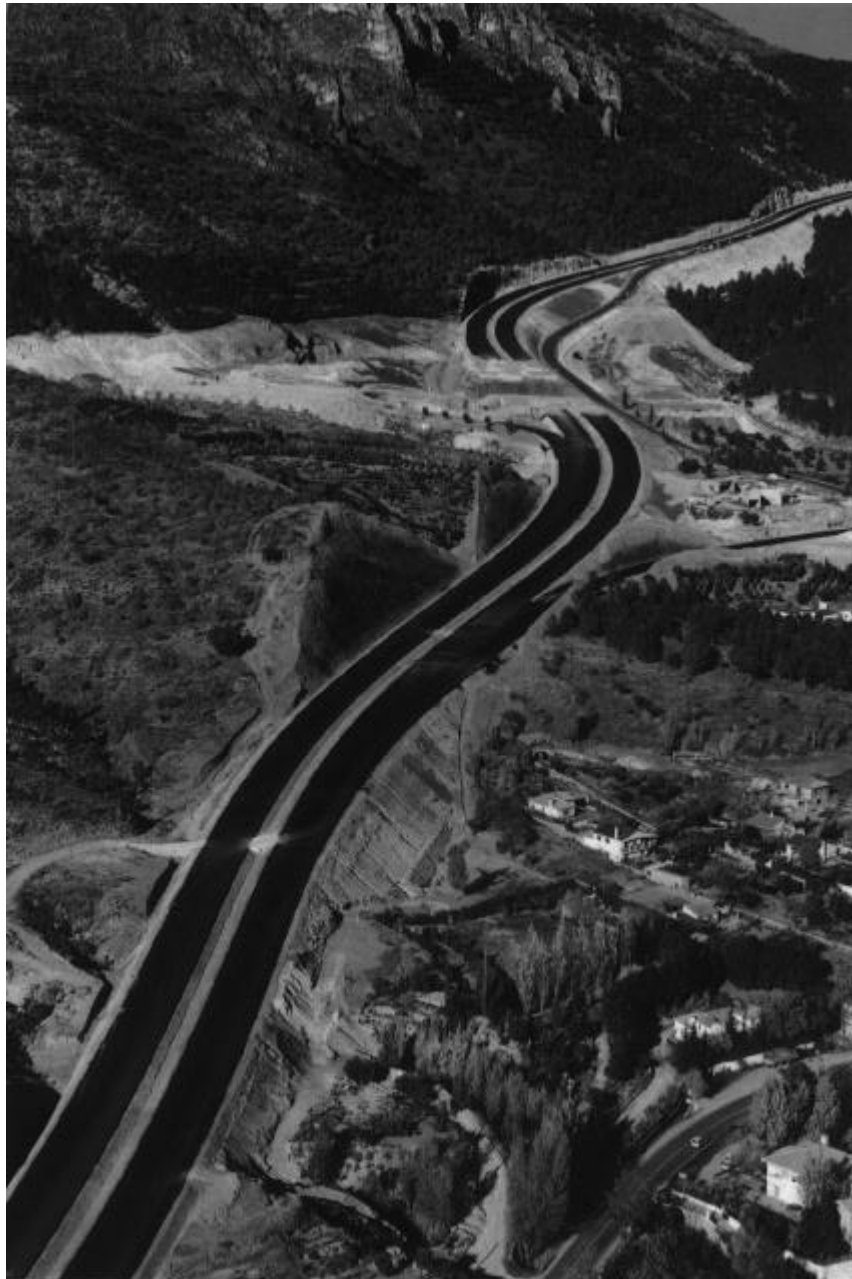


Fig. 19.15

D'altra banda, es veuen clarament els desmunts i els terraplenaments que aquest traçat ha provocat, i es pot observar la intersecció dels talussos d'obra amb el terreny.

Aquesta fotografia és molt representativa del que hem exposat al capítol 10 i al llarg d'aquest capítol 19.

20 Replantejament d'acords verticals

20.1 Exposició teòrica

Necessitat de l'acord

Les normes diuen que l'acord és necessari quan $\theta \geq 0,5\%$.

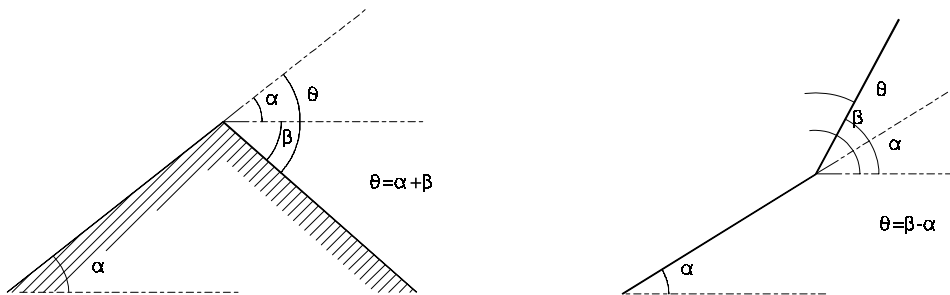
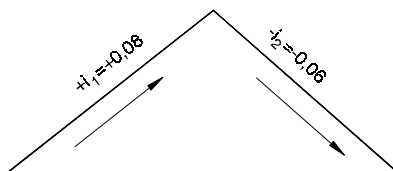


Fig. 20.1

En comptes de sumar els angles, la suma es fa amb les *rasants expressades en tant per u*.

Exemple

Segons la taula 20.1 no podem ultrapassar el 8%:



Rampa: signe + Pendent: signe -

Fig. 20.2

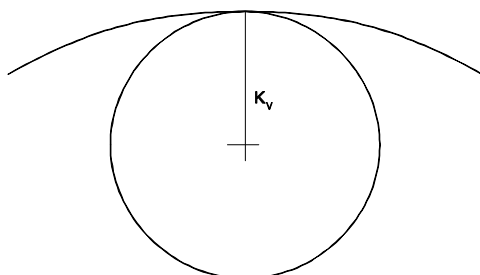
$$\theta = i_1 - i_2$$

$$\begin{aligned} \theta &= 0,08 - (-0,06) = \\ &= 0,08 + 0,06 = 0,14 \end{aligned}$$

Hem sobrepassat el 0,5%.

Per tant, és necessari l'acord.

Com a corba d'acord, es pren la paràbola quadràtica la fórmula de la qual és



$$Y = \frac{x^2}{2K_v}$$

Essent K_v equivalent al radi de la circumferència d'assimilació, tangent a la paràbola en el vèrtex.

Fig. 20.3

Taula 20.1

Terreny	Intensitat mitjana diària			
	<250	250-500	500-2.000	>2.000
	Rampa en %			
pla	5	4	3	3
ondulat	6	5	4	4
accidentat	7	6	5	5
molt accidentat	8	7	6	5

Distància de visibilitat

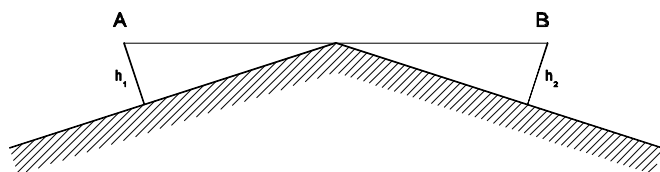


Fig. 20.4

AB és la distància de visibilitat segons l'altura de visió de cada vehicle.

Les normes franceses donen com a bo el valor $h_1 = h_2 = 1,25$ m

$$D_v = AB = \frac{4h}{\theta} \quad \text{Surti el valor}$$

que surti, D_v ha de ser com a mínim igual a la suma de les distàncies de parada de cada vehicle.

Distància de parada

La instrucció espanyola de carreteres dona la fórmula següent per a la distància de parada de cada vehicle:

$$D_p = \frac{v \cdot t}{3,6} + \frac{v^2}{250(f_l \pm i)}$$

Essent:

D_p = distància de parada en m

v = velocitat en km/h

f_l = coeficient de fregament. (Es pot trobar al gràfic de la figura 20.5.)

i = inclinació de la *rasant en tant per u*; per a rampes (de pujada), $+i$; i per a pendents (de baixada), $-i$.

t = temps de reacció des de la percepció del vehicle contrari; s'estima en 2 seg.

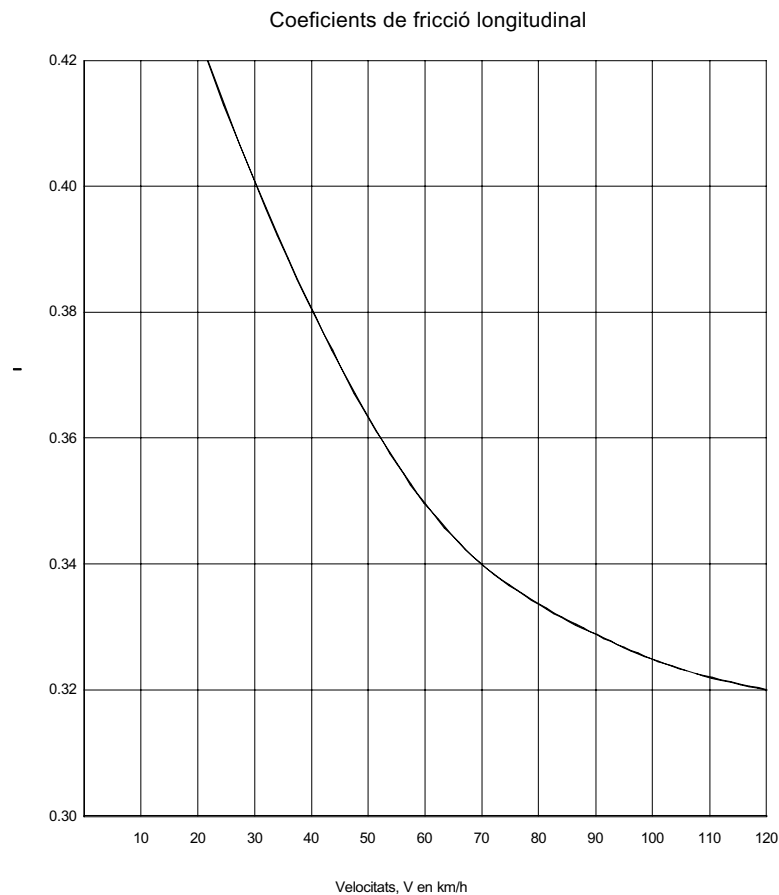


Fig. 20.5

20.2 Exemple numèric resolt

En el nostre exemple les dades són:

Per a D_1 $v = 100$ km/h

$f_l = 0,324$

$i = +0,08$

$t = 2$ seg.

Per a D_2 $v = 100$ km/h

$f_l = 0,324$

$i = -0,06$

$t = 2$ seg.

Càlcul de les distàncies de parada, D_1 i D_2

$$D_P = \frac{v \cdot t}{3,6} + \frac{v^2}{250 (f_l \pm i)}$$

En el gràfic de la figura 20.5 i per a una velocitat de 100 km/h trobem una $f_l = 0,324$.

$$D_1 = \frac{100 \cdot 2}{3,6} + \frac{100^2}{250(0,324 + 0,08)} = 55,55 + 99,00 = 154,55 \text{ m}$$

$$D_2 = \frac{100 \cdot 2}{3,6} + \frac{100^2}{250(0,324 - 0,06)} = 55,55 + 151,5 = 206,55 \text{ m}$$

Comprovant aquests càlculs amb el gràfic de la figura 20.6 veiem que pràcticament trobem el mateix valor.

Càlcul del K_v

La instrucció espanyola dona com a valor mínim el paràmetre K_v , per raons de seguretat.

$$K_v = \frac{D^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad \text{Prenent el valor de D més favorable: } D = 200 \text{ m}$$

$$K_v = \frac{D^2}{2(\sqrt{1,25} + \sqrt{1,25})^2} = \frac{40.000}{2(1,12 + 1,12)^2} = 3.984 \text{ m}$$

$$K_v = \sim 4.000 \text{ m.}$$

Càlcul de la tangent

$$T = \frac{K_V \cdot \theta}{2} = \frac{4.000 \cdot 0,14}{2} = 280 \text{ m}$$

Càlcul de la fletxa

$$F = \frac{K_V \cdot \theta^2}{8} = \frac{4.000 \cdot \overline{0,14}^2}{8} = 9,80 \text{ m.}$$

Càlcul de les coordenades de replantejament

Dades definitives

$$T = 280 \text{ m} \quad F = 9,80 \text{ m} \quad K_V = 4.000 \text{ m}$$

Coordenades

$$y = \frac{X^2}{2 \cdot K_V}$$

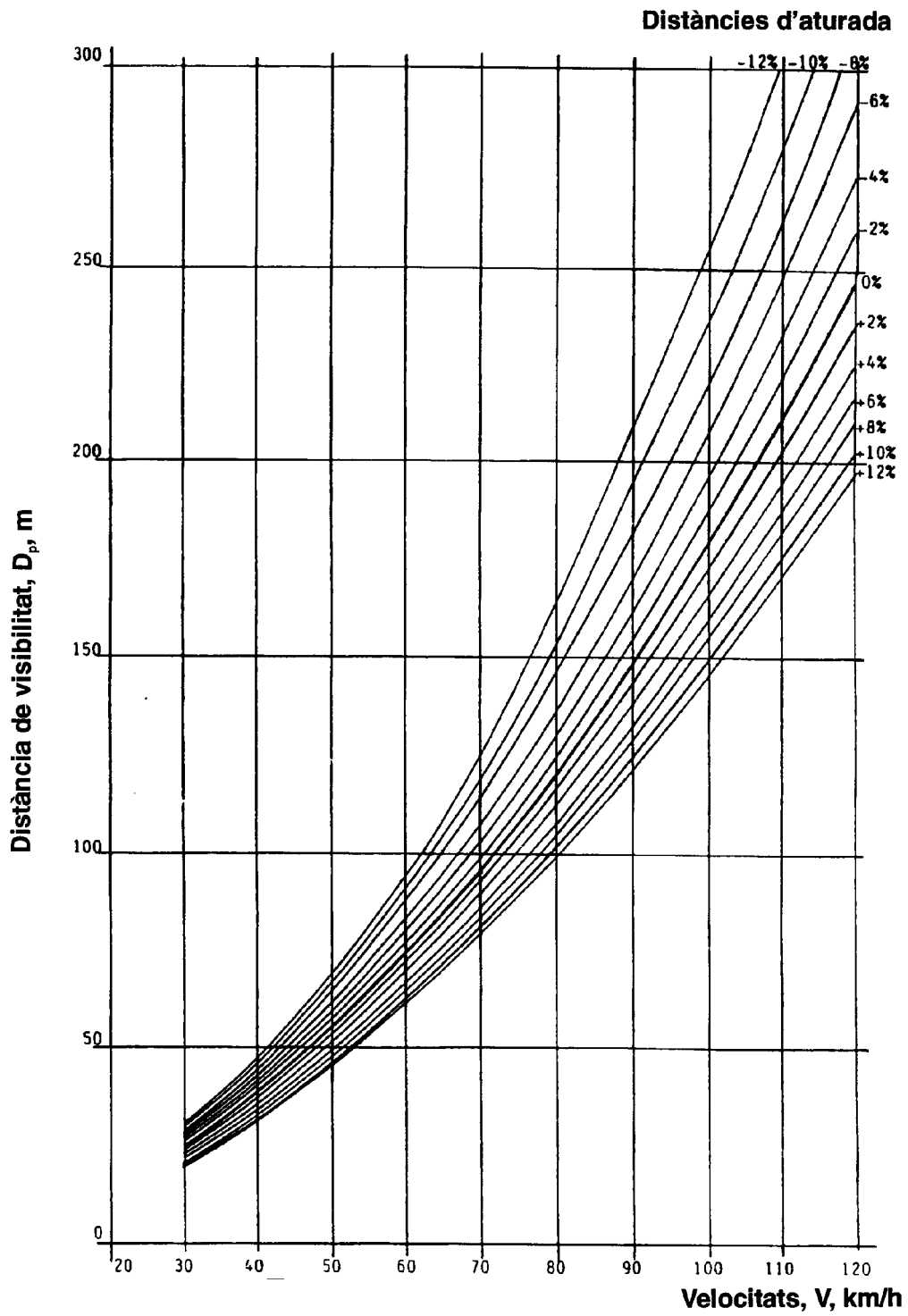


Fig. 20.6

Per a 280 m	$y = 280^2 / 4.000 = 9,89 \text{ m}$
Per a 270 m	$y = 270^2 / 4.000 = 9,11 \text{ m}$
Per a 260 m	$y = 260^2 / 4.000 = 8,45 \text{ m}$
Per a 250 m	$y = 250^2 / 4.000 = 7,81 \text{ m}$
Per a 240 m	$y = 240^2 / 4.000 = 7,20 \text{ m}$
Per a 230 m	$y = 230^2 / 4.000 = 6,61 \text{ m}$
Per a 220 m	$y = 220^2 / 4.000 = 6,05 \text{ m}$
Per a 210 m	$y = 210^2 / 4.000 = 5,51 \text{ m}$
Per a 200 m	$y = 200^2 / 4.000 = 5,00 \text{ m}$
Per a 190 m	$y = 190^2 / 4.000 = 4,51 \text{ m}$
Per a 180 m	$y = 180^2 / 4.000 = 4,05 \text{ m}$
Per a 170 m	$y = 170^2 / 4.000 = 3,61 \text{ m}$
Per a 160 m	$y = 160^2 / 4.000 = 3,20 \text{ m}$
Per a 150 m	$y = 150^2 / 4.000 = 2,81 \text{ m}$
Per a 140 m	$y = 140^2 / 4.000 = 2,45 \text{ m}$
Per a 130 m	$y = 130^2 / 4.000 = 2,11 \text{ m}$
Per a 120 m	$y = 120^2 / 4.000 = 1,80 \text{ m}$
Per a 110 m	$y = 110^2 / 4.000 = 1,51 \text{ m}$
Per a 100 m	$y = 100^2 / 4.000 = 1,25 \text{ m}$
Per a 90 m	$y = 90^2 / 4.000 = 1,01 \text{ m}$
Per a 80 m	$y = 80^2 / 4.000 = 0,80 \text{ m}$
Per a 70 m	$y = 70^2 / 4.000 = 0,61 \text{ m}$
Per a 60 m	$y = 60^2 / 4.000 = 0,45 \text{ m}$
Per a 50 m	$y = 50^2 / 4.000 = 0,31 \text{ m}$
Per a 40 m	$y = 40^2 / 4.000 = 0,20 \text{ m}$
Per a 30 m	$y = 30^2 / 4.000 = 0,11 \text{ m}$
Per a 20 m	$y = 20^2 / 4.000 = 0,05 \text{ m}$
Per a 10 m	$y = 10^2 / 4.000 = 0,01 \text{ m}$

A la pàgina següent tenim un gràfic de replantejament de la corba (Fig. 20.7), en el qual només s'han posat les magnituds de les ordenades cada 20 m, per a més claredat.

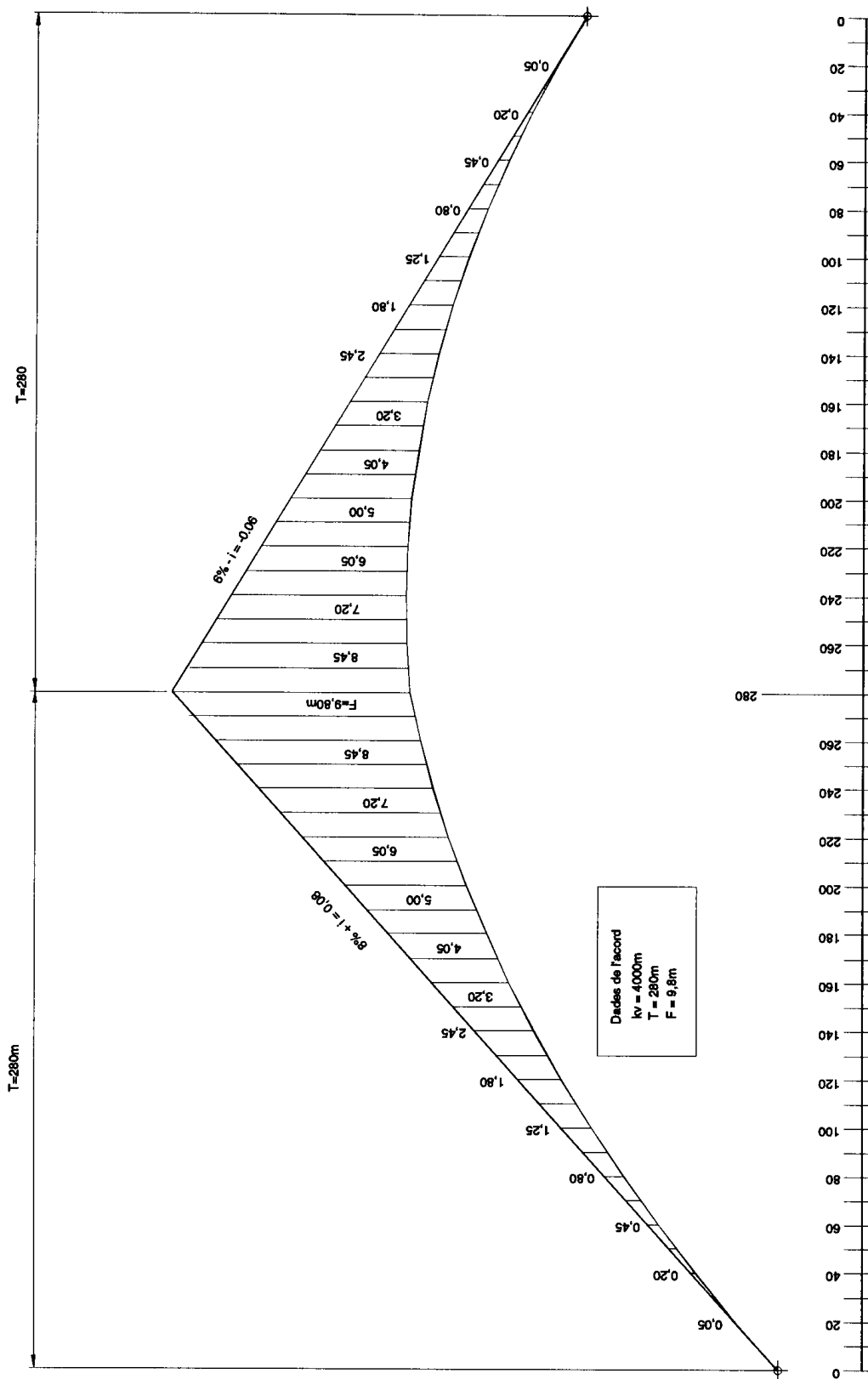


Fig. 20.7

A la figura 20.8 es presenta un perfil longitudinal, en el qual s'han inclòs les corbes d'acords verticals.

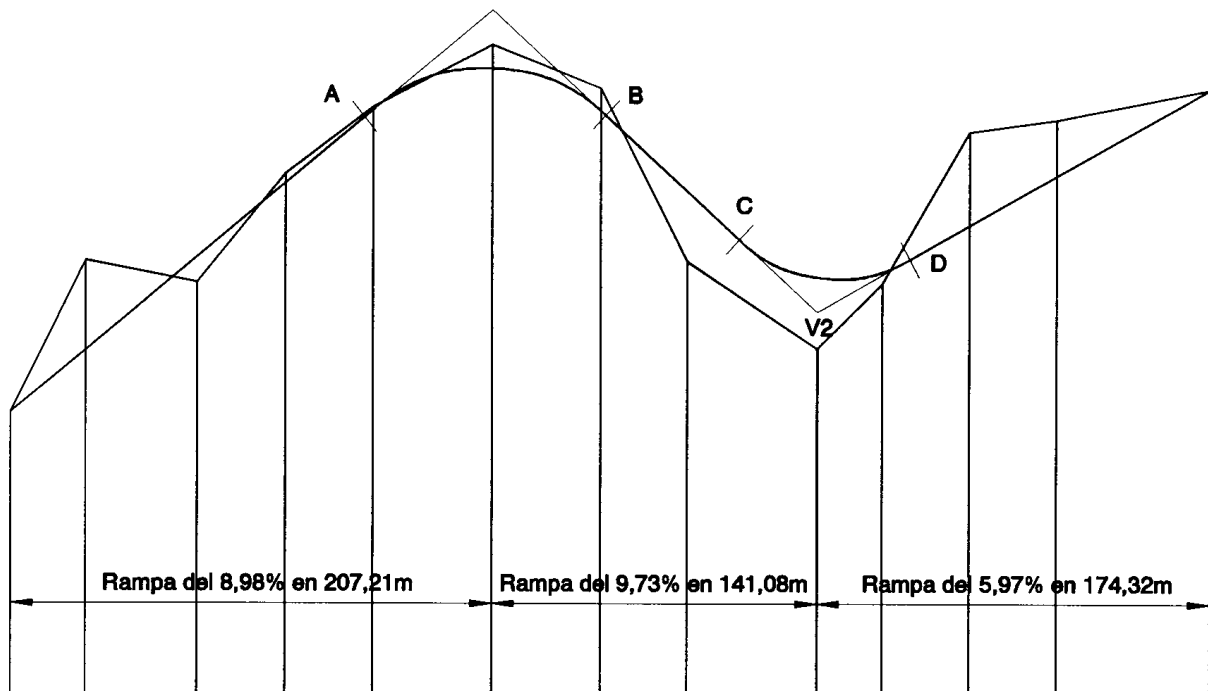


Fig. 20.8

Aquest perfil longitudinal té una alineació M-V1 en rampa (de pujada), segons l'ordre de la marxa del perfil, és a dir, l'ordre numèric dels perfils transversals; una alineació V1-V2 en pendent (de baixada); i una alineació V2-N en rampa (de pujada).

En el vèrtex V1 i en el V2 s'ha calculat una corba d'acord vertical per a cada un.

Les cotes de rasant dels perfils transversals hauran de variar, sumant-hi o restant-hi, segons correspongui, les ordenades de replantejament calculades en les corbes corresponents d'acord vertical.

El perfil longitudinal par al replantejament definitiu queda com tenim a continuació:

- Alineació en rampa (de pujada) des del punt d'inici del traçat, M, fins al punt A, on comença el primer acord vertical.
- Del punt A al punt B se situa el primer acord (convex).
- Del punt B al punt C hi ha una alineació en pendent (de baixada).
- Del punt C al punt D hi ha el segon acord vertical (còncau).
- Finalment, del punt D al punt N, hi ha l'última alineació recta en rampa (de pujada).

La figura 20.8 s'adjunta com a simple croquis orientatiu.

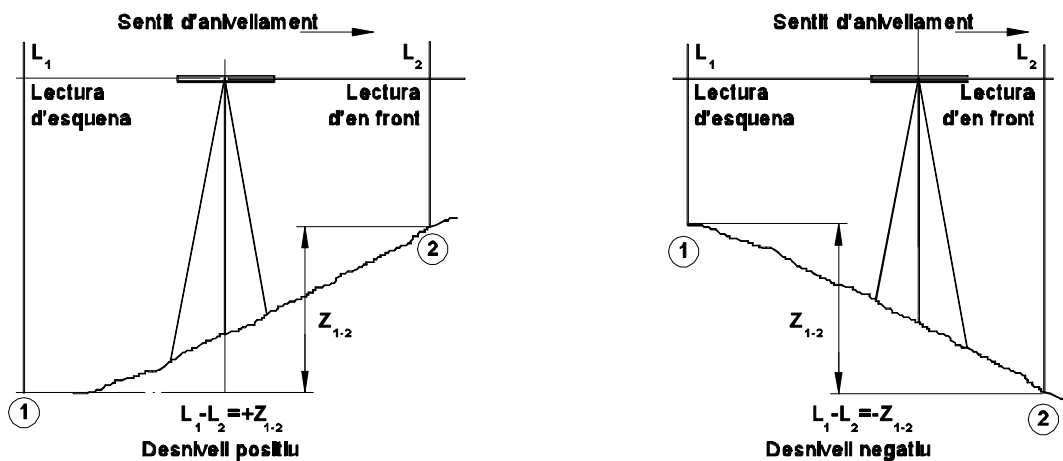
Problemes per resoldre

Problemes

1 Anivellació geomètrica (itinerari tancat)

Amb les dades adjuntes, calculeu i compenseu les cotes definitives dels punts A, B i C (itinerari tancat).

Cota definitiva del punt 1 = 50,000 m



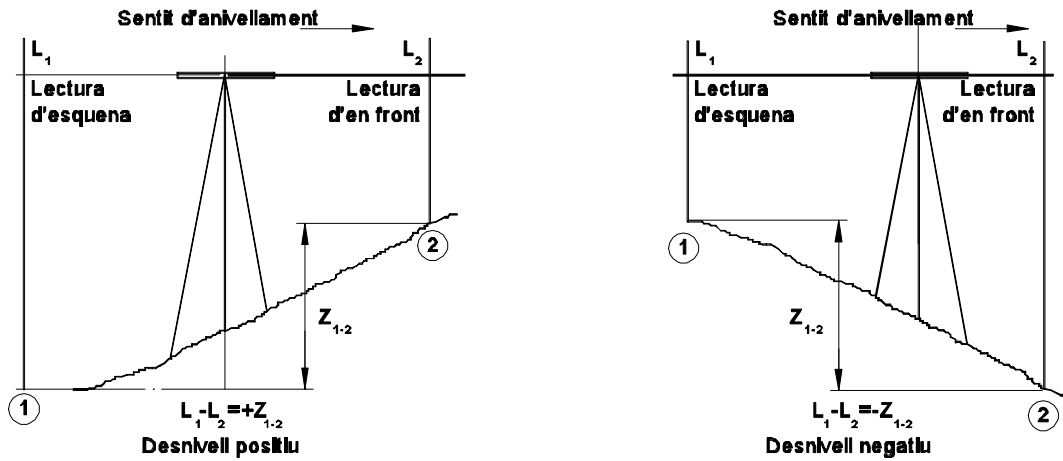
Punts	Lectura de les mires		Desnivells		Cotes definitives		
	d'esquena	de cara	+	-	calculades	Correcció	compensades
1	1,847						
2	0,026	0,994					
3	1,702	0,872					
A	1,004	1,154					
4	0,661	1,866					
5	0,262	1,264					
B	1,357	1,371					
6	0,404	1,664					
7	0,842	1,082					
8	1,208	0,216					
9	1,644	1,057					
C	1,301	0,268					
10	0,221	0,122					
11	0,425	0,242					
1		0,727					

2 Anivellació geomètrica (itinerari enquadrat)

Amb les dades adjuntes, calculeu i compenseu les cotes definitives dels punts S i T (itinerari enquadrat).

Cota definitiva de RN 120 = 126,142 m

Cota definitiva de RN 132 = 133,733 m



Punts	Lectura de les mires		Desnivells		Cotes definitives		
	d'esquena	de cara	+	-	calculades	Correcció	compensades
RN.120	1,024						
1	1,862	0,262					
2	0,801	0,844					
3	1,298	0,211					
4	1,044	0,527					
5	0,846	1,632					
S	0,973	0,225					
6	1,777	0,206					
7	1,202	0,544					
8	1,041	0,260					
9	0,874	0,208					
T	1,620	1,372					
10	0,221	1,617					
11	1,486	1,357					
12	1,589	0,425					
RN.132		0,373					

3 Anivellació geomètrica (radiació)

S'ha realitzat una radiació amb anivellació geomètrica pel mètode del punt mitjà.

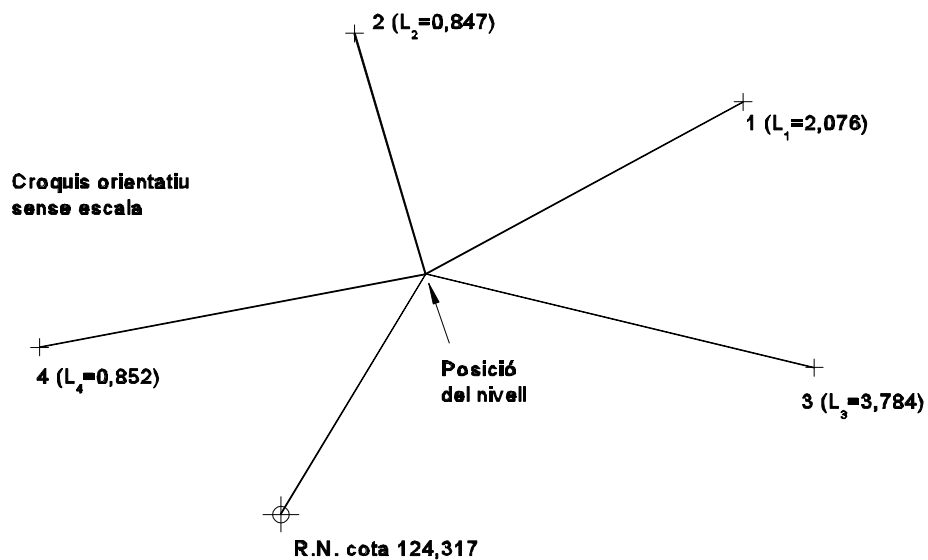
Les lectures de mira que s'han fet en els diferents punts són les que s'indiquen el croquis adjunt:

$L_{RN}=2,606$, $L_1=2,076$, $L_2=0,847$, $L_3=3,784$ i $L_4=0,852$

La cota de RN = 124,317 m

Es demana:

1. La cota dels punts 1, 2, 3 i 4.
2. El desnivell i el signe de Z_4^1 (desnivell del punt 4 al punt 1)



Punts	Lectura de les mires		Desnivells	
	d'esquena	de cara	+	-
RN	2,606			
1		2,076		
2		0,847		
3		3,784		
4		0,852		

4 Anivellació trigonomètrica. Itinerari trigonomètric tancat

Calculeu i compenseu les cotes definitives de l'itinerari altimètric, segons les dades de camp de la llibreta trigonomètrica adjunta.

Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
A	1,32	B	112,85	92,23	1,132 0,500	0,816
B	1,52	A	312,85	109,08	1,135 0,500	0,818
		C	182,26	90,20	1,354 1,000	1,177
C	1,48	B	382,26	110,60	1,556 1,200	1,378
		D	290,64	103,95	1,598 0,500	1,049
D	1,44	C	90,64	96,35	1,897 0,800	1,348
		A	34,60	106,65	1,829 1,100	1,464
A	1,56	D	234,60	94,08	0,928 0,200	0,564

La cota definitiva de l'estació és A = 124,36 m K = 100

5 Anivellació trigonomètrica. Itinerari altimètric tancat

Amb les dades de la llibreta taquimètrica adjunta, calculeu i compenseu les cotes definitives de les estacions que componen aquest itinerari.

Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
RN.	1,38	L	366,70	97,84	2,083 0,500	1,292
L	1,51	RN	166,70	102,08	2,583 1,000	1,792
		M	83,45	102,02	1,574 0,600	1,087
M	1,34	L	283,45	98,54	1,473 0,500	0,987
		N	149,06	97,48	1,163 0,200	0,682
N	1,42	M	349,06	103,24	1,464 0,500	0,982
		RN.	246,09	103,82	1,773 0,500	1,136
RN	1,45	N	46,09	96,20	2,273 1,000	1,636

La cota definitiva de RN = 212,21 m K = 100

6 Anivellació trigonomètrica. Itinerari enquadrat

Amb les dades de la llibreta taquimètrica adjunta, calculeu i compenseu les cotes definitives de les estacions que componen l'itinerari.

Cota definitiva de M = 264,68

Cota definitiva de S = 274,68

K = 100

Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
M	1,41	E1	80,37	96,41	1,095 0,500	0,797
E1	1,48	M	280,37	104,87	1,186 0,600	0,898
		E2	142,92	95,59	1,499 1,000	1,250
E2	1,52	E1	342,92	105,69	1,001 0,500	0,750
		E3	265,60	103,22	1,702 1,000	1,351
E3	1,44	E2	65,60	97,47	1,201 0,500	0,850
		S	290,80	95,86	1,402 0,600	1,001
S	1,43	E3	90,80	104,67	1,603 0,800	1,201

7 Anivellació trigonomètrica. Itinerari altimètric enquadrat

Amb les dades de la llibreta taquimètrica adjunta, calculeu i compenseu les cotes definitives de les estacions que componen l'itinerari.

Cota definitiva de V12 = 122,14

Cota definitiva de V15 = 91,16

K = 100

Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
V-12	1,42	A	84,18	105,42	1,320 0,100	
A	1,51	V-12	284,18	94,72	2,620 1,400	
		B	141,62	104,12	2,300 0,200	
B	0,74	A	341,62	95,81	2,200 0,100	
		C	238,55	103,64	2,320 0,100	
C	1,38	B	38,55	96,22	2,420 0,200	
		V-15	272,41	98,14	1,700 0,100	
V-15	1,42	C	72,41	102,26	1,800 0,200	

Nota: Realitzeu la compensació de les cotes pels tres mètodes coneguts:

- proporcional als desnivells
- proporcional a les distàncies
- proporcional a les discrepàncies en desnivells recíprocs.

Feu el quadre de comprovació de les cotes compensades pels tres mètodes.

8 Anivellació trigonomètrica. Radiació

Amb les dades de camp de la llibreta taquimètrica adjunta, calculeu la cota de l'estació A i les cotes dels punts que componen cada radiació.

Cota definitiva de B = 22,50 m K = 100

Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
A	1,40	B	312,10	101,48	1,660 0,600	1,130
		1	310,81	94,14	0,858 0,500	0,679
		2	357,68	100,09	1,470 1,000	1,235
		3	264,44	101,03	1,272 0,800	1,036
B	1,30	A	112,10	98,42	2,260 1,200	1,730
		4	12,57	116,74	1,428 1,100	1,264
		5	212,17	103,71	1,317 1,000	1,158
		6	112,93	93,65	0,851 0,500	0,675
		7	311,12	112,59	1,559 1,200	1,380

9 Anivellació trigonomètrica. Radiació

Amb les dades de camp de la llibreta taquimètrica adjunta, calculeu les cotes de les estacions A i B, i les cotes de tots els punts radiats de cada estació.

Els desnivells de Z_A^B i Z_B^A s'han de calcular fent la mitjana.

Cota definitiva del punt 3 = 114,91 K = 100

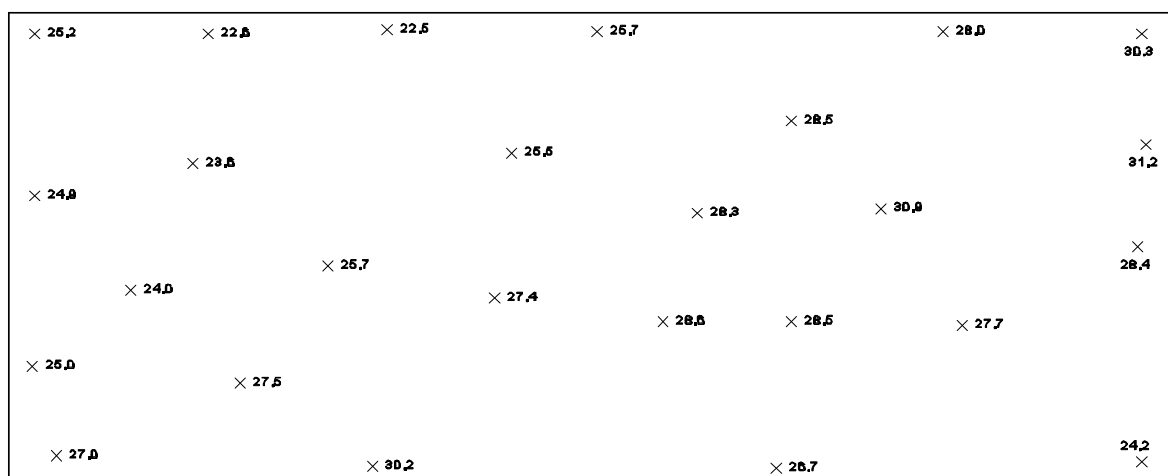
Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
A	1,01	B	93,10	100,94	0,862 0,300	
		1	357,22	105,83	0,490 0,100	
		2	144,54	92,61	0,860 0,500	
		3	293,39	104,37	1,620 1,200	
		4	40,02	106,85	0,600 0,200	
		5	235,12	93,30	0,620 0,300	
B	1,40	A	293,10	99,54	1,762 1,200	
		6	152,58	107,07	0,480 0,100	
		7	39,08	91,24	0,560 0,200	
		8	92,64	94,04	1,550 1,100	

10, 11 i 12 Interpolació de corbes de nivell

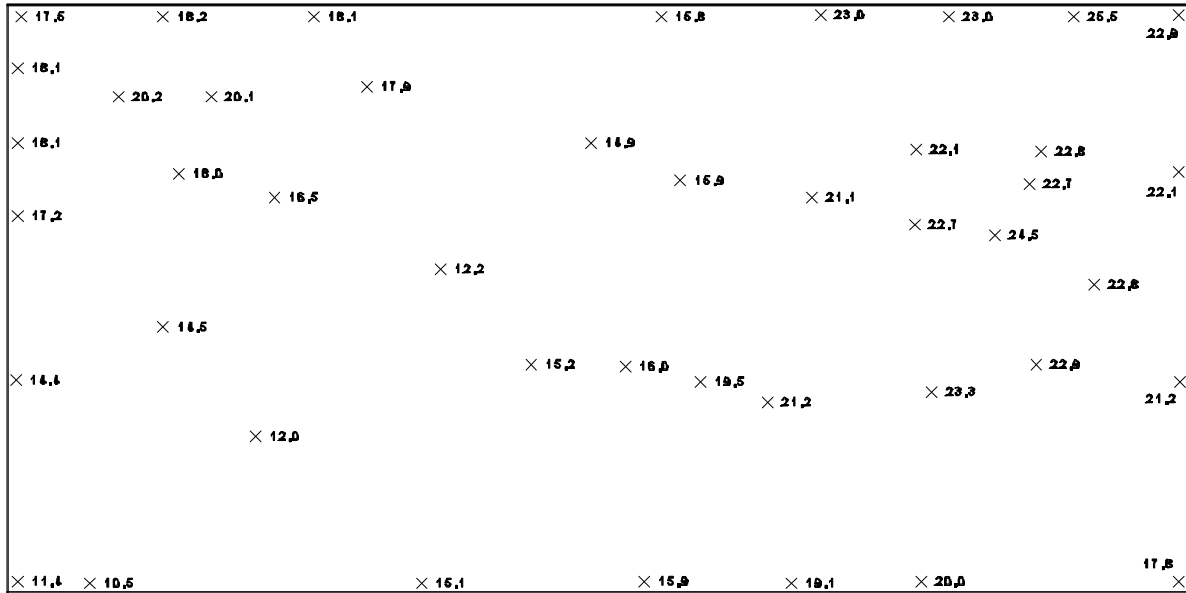
Interpoleu les corbes de nivell d'1m. d'equidistància.

Reforceu les corbes de nivell de cada 5 m.

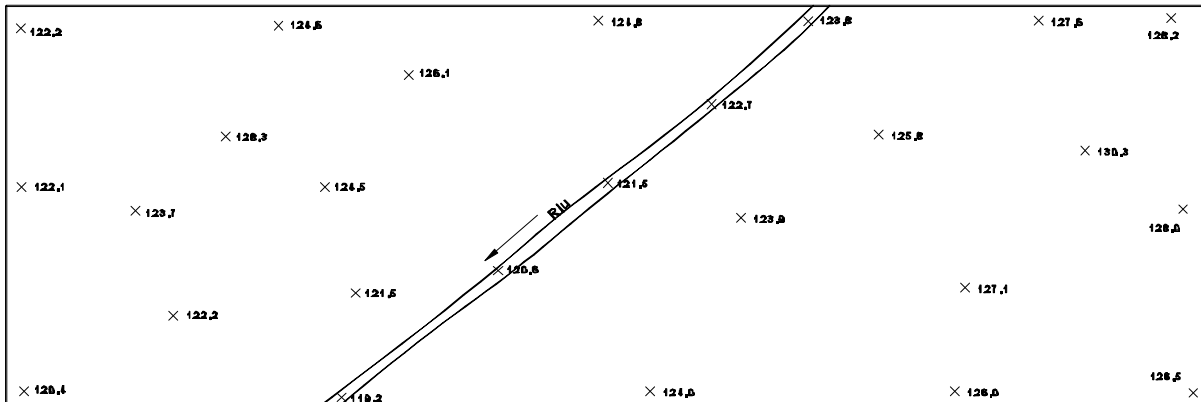
10



11

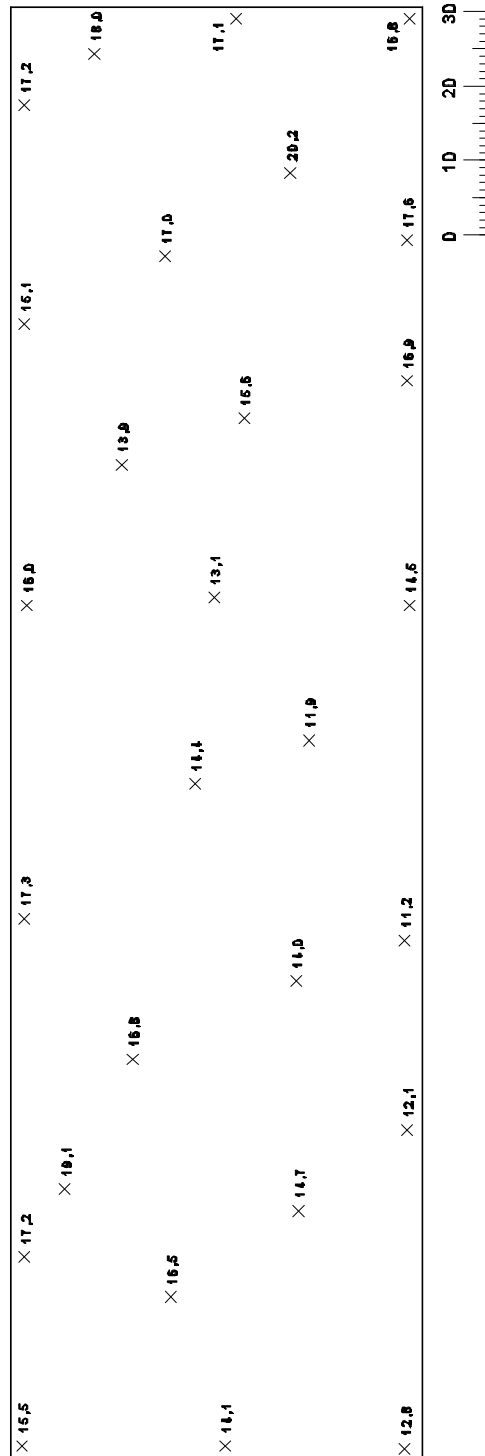


12



13 Interpolació de corbes de nivell

Interpoleu les corbes de nivell en aquest pla altimètric. L'equidistància entre corbes és d'1 m. Reforceu el traçat de les corbes cada 5 m.



16 Radiació completa amb corbes de nivell

Amb les dades de la llibreta taquimètrica adjunta, realitzeu les tasques següents:

- Calculeu la radiació adjunta amb les cotes corresponents.
- Dibuixeu la radiació per coordenades polars a escala 1:1000.
- Engruixiu les corbes mestres de 15, 20 i 25 m.

Cota de l'estació A = 18,2 m

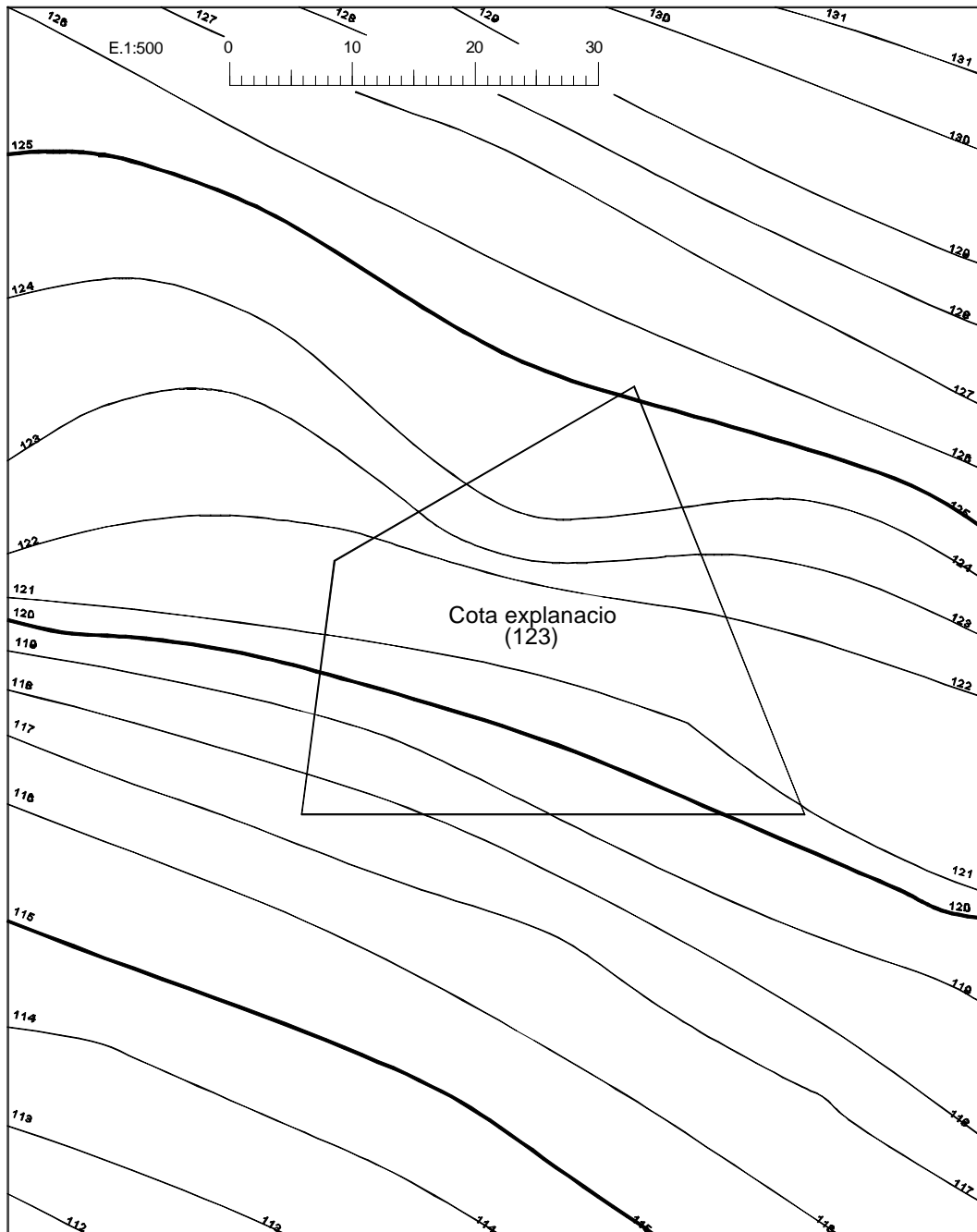
Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
A	1,42	B	94,76	95,06	1,479 0,500	0,990
		1	355,21	107,76	1,039 0,600	0,820
		2	158,68	94,31	1,367 1,000	1,183
		3	248,88	100,82	0,903 0,500	0,702
		4	37,43	101,80	0,897 0,500	0,698
B	1,51	A	294,76	105,23	1,980 1,000	1,490
		5	356,75	113,57	1,150 0,800	0,975
		6	294,59	109,60	0,983 0,500	0,741
		7	232,86	105,96	1,529 1,100	1,315
		8	52,36	107,65	0,888 0,500	0,694
		9	158,76	110,43	0,677 0,200	0,438

17 Radiació amb corbes de nivell

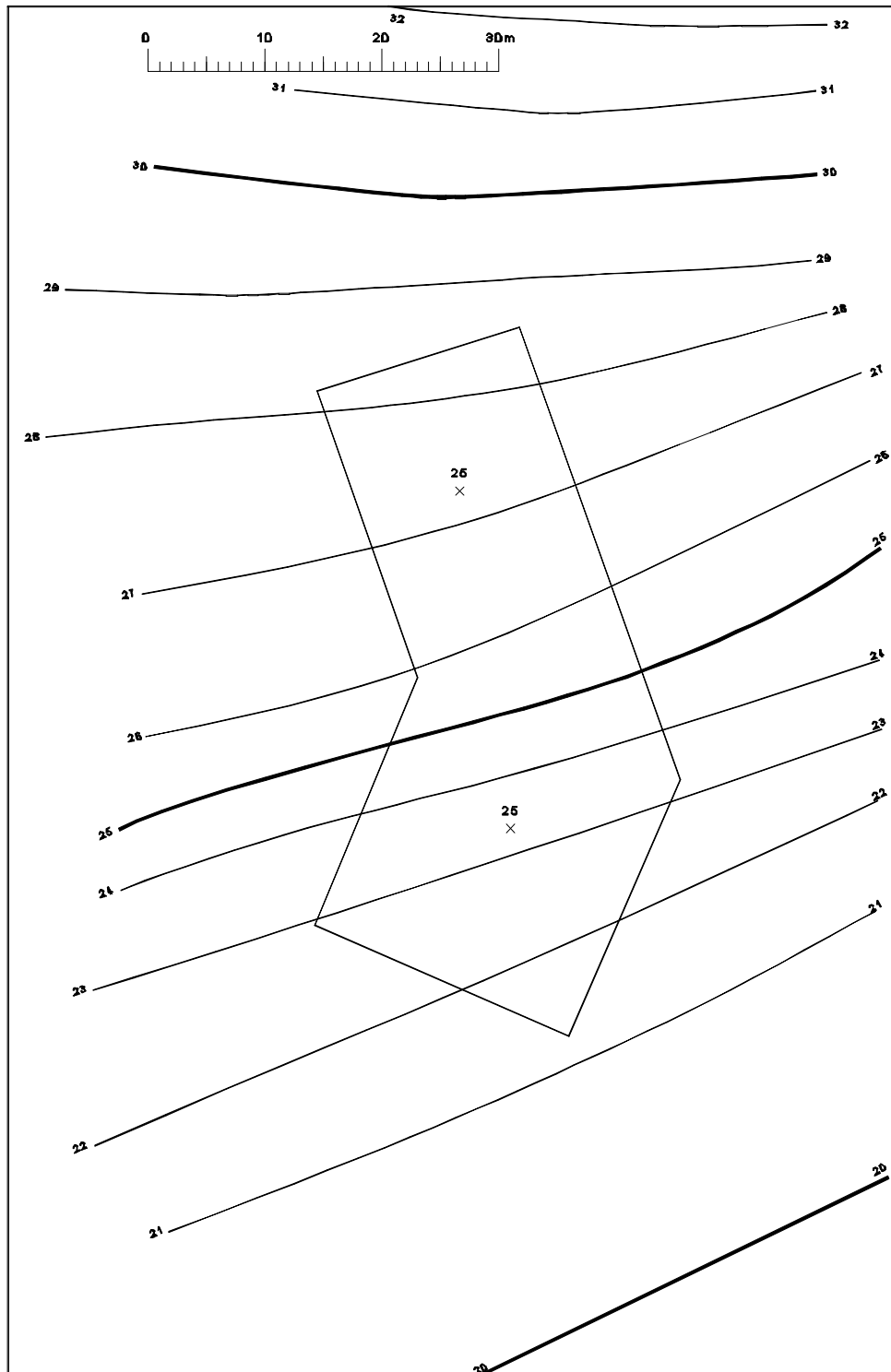
Feu el càlcul de la llibreta taquimètrica adjunta. Dibuixeu la radiació a escala 1:1000 i interpoleu les corbes de nivell amb una equidistància d'1 m. $K = 100$.

Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
A	1,40	B	100,00	101,74	0,910 0,200	0,555
		1	346,24	109,77	0,993 0,500	0,746
		2	3,97	109,14	1,327 1,000	1,163
		3	303,53	102,68	0,861 0,500	0,680
		4	92,96	99,45	1,372 1,100	1,236
		5	277,94	101,18	0,582 0,200	0,391
		6	242,40	89,75	1,182 1,000	1,091
		7	147,23	100,46	0,962 0,800	0,881
		8	260,18	95,82	0,646 0,200	0,423
		9	190,28	103,31	0,764 0,500	0,632
		10	142,48	103,62	1,621 1,200	1,410
B	1,50	A	300,00	99,59	1,210 0,500	0,855
		11	305,15	98,14	1,372 1,000	1,186
		12	390,13	104,58	0,826 0,500	0,663
		13	34,11	102,42	0,972 0,600	0,786
		14	57,04	102,66	0,613 0,100	0,356
		15	36,56	101,25	0,702 0,500	0,601
		16	111,98	105,32	1,315 1,100	1,207
		17	278,69	99,16	1,244 1,000	1,122
		18	142,54	115,89	1,058 0,800	0,929
		19	212,05	115,68	0,682 0,400	0,541
		20	158,26	113,81	0,844 0,500	0,672
		21	136,69	114,23	1,502 1,000	1,251

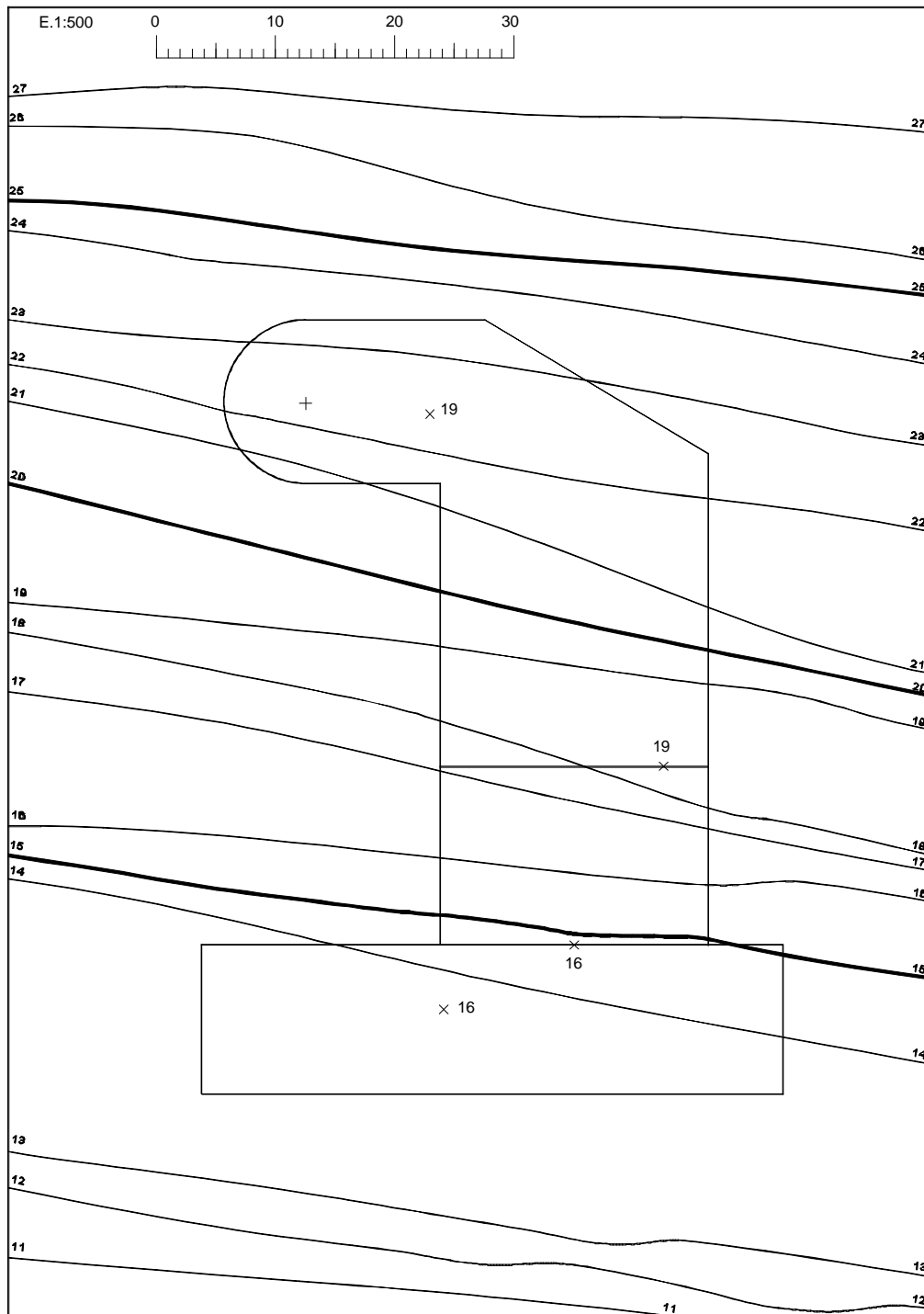
- 18 Trobeu la intersecció dels talussos de l'obra, amb la superfície natural del terreny. Els pendents dels talussos són tots iguals, de 2 m d'interval per 1 m de desnivell.



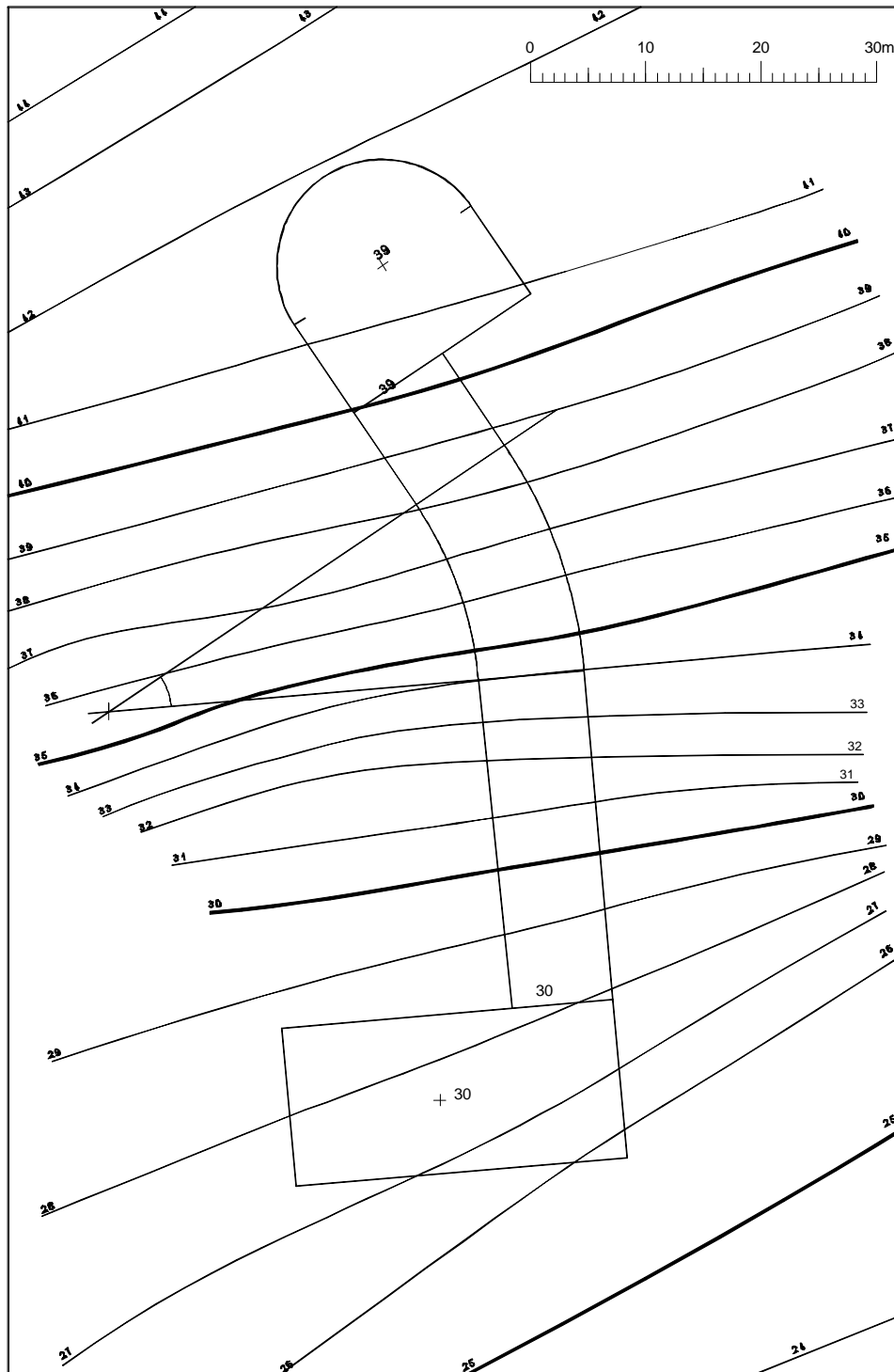
- 19 Trobeu la intersecció entre els diferents talussos de l'obra i la intersecció de cada un amb el terreny, i indiqueu clarament el que és desmunt i el que és terraplenament. Els pendents dels plans són tots iguals, de 2 m d'interval per 1 m de desnivell.



- 21 Trobeu la intersecció dels talussos de l'obra amb la superfície natural del terreny i indiqueu el que és desmunt i el que és terraplenament. Tenim una superfície horitzontal a la cota 19 i una altra a la cota 16, i totes dues estan unides per un pla inclinat. El pendent dels talussos és de 2 m d'interval per 1 m de desnivell.



- 22 Trobeu la intersecció dels talussos de l'obra amb la superfície natural del terreny i indiqueu el que és desmunt i el que és terraplenament. Els talussos de l'obra són tots de 2 m d'interval per 1 m de desnivell. La plataforma de cota 39 i de cota 30 estan unides per un camí inclinat.



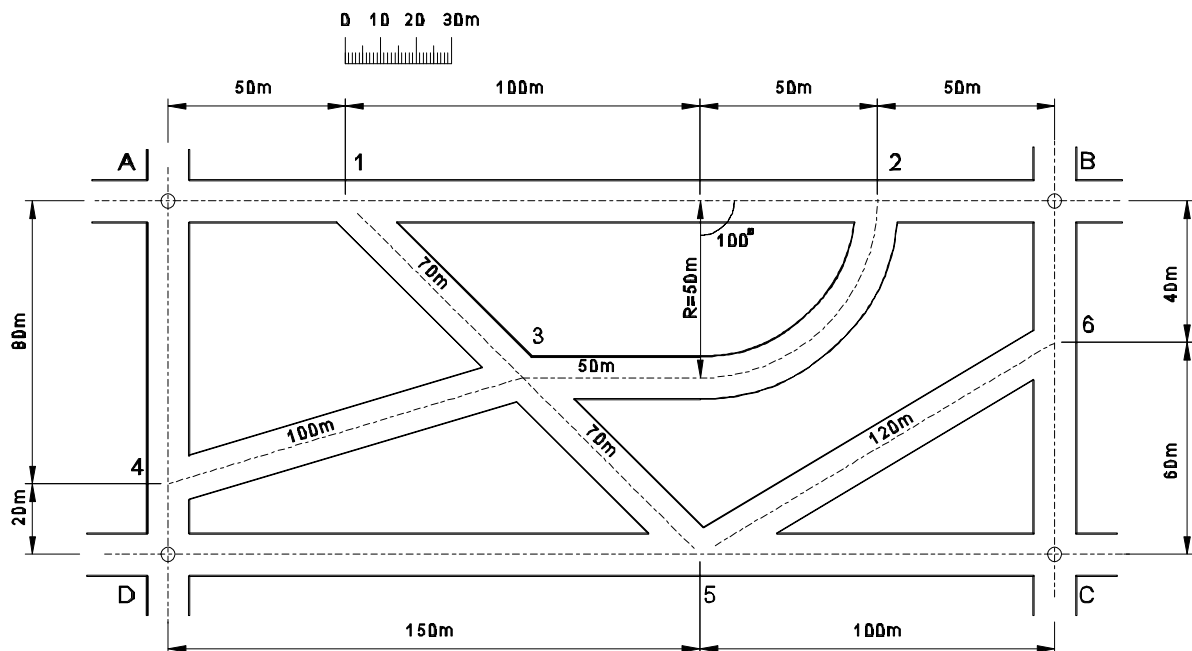
23 Càlcul de rasants i cotes

El traçat de vials adjunt té els trams acotats. Es donen les cotes dels punts:

A=22,00 m, B=29,50 m, C=23,50 m, D=33,50 m.

Considerem que el pendent és uniforme, (no igual), en tots els trams.

Calculeu les cotes dels punts 1, 2, 3, 4, 5 i 6, i els pendents dels trams AB, BC, CD, DE, 1-5, 3-4, 2-3 i 5-6.

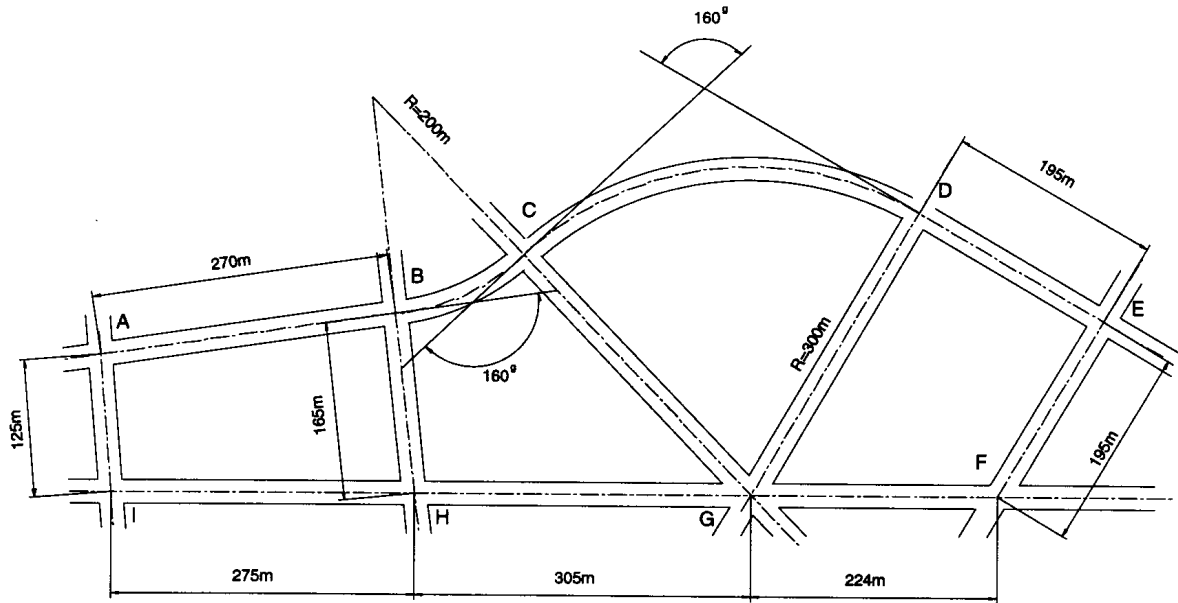


24 Càlcul de cotes i rasants

Donades les cotes dels punts

A = 22,20 C = 49,20 E = 20,36 F = 43,16 H = 27,56 I = 41,31

i considerant que els trams entre les cotes donades són de pendent uniforme, calculeu els pendents dels trams AC, CE, EF, FH, HI, IA, BH, CG i DG, i les cotes dels punts B, D i G.

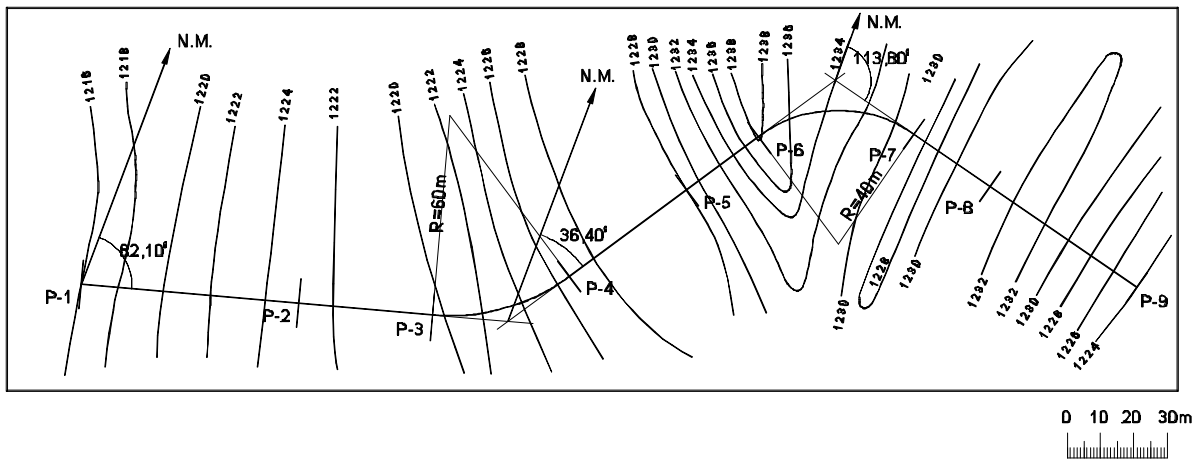


25 Perfil longitudinal

Donat el pla topogràfic adjunt a escala E 1:2000, dibuixeu el perfil longitudinal amb totes les dades que el componen. Calculeu les dues corbes d'enllaç per integrar-les en el perfil longitudinal.

Les escales del PL són H = 1:2000 i V = 1:200. Heu de traçar les rasants següents:

- Del P1 al P4, traceu una rampa del 8% (de pujada).
- Del P4 al P7, traceu una rampa del 3% (de pujada).
- Del P7 al P9, traceu un pendent del 9,2% (de baixada).



26 Donada la figura següent:

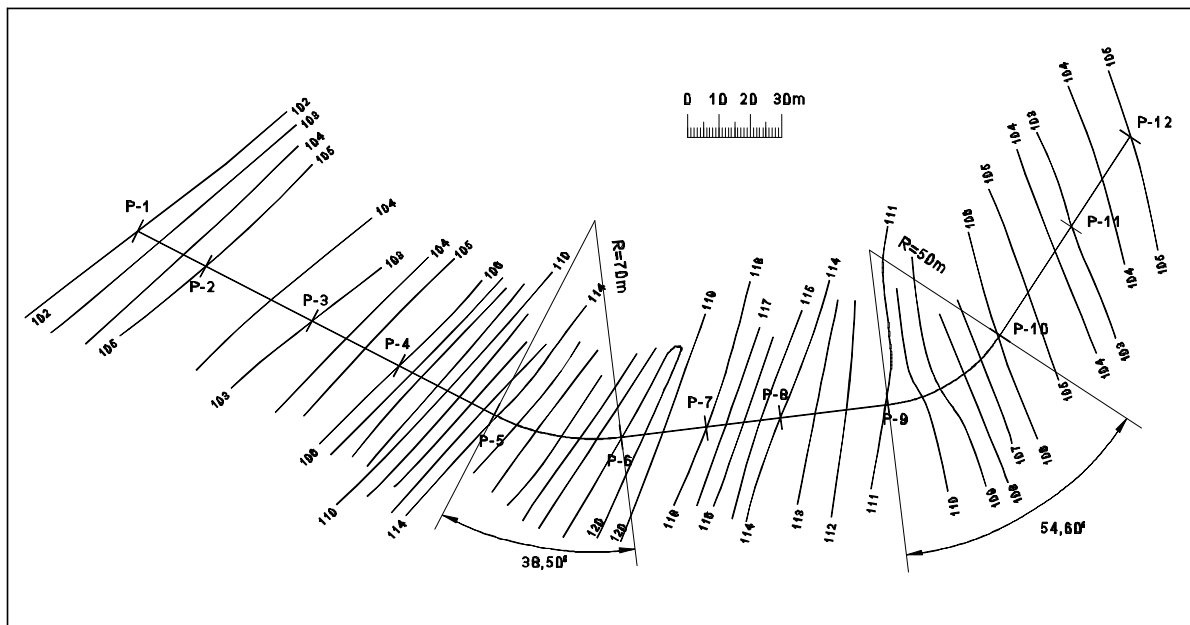
- Traceu el perfil longitudinal del terreny.
- Traceu una rasant del 7% (de pujada) des del perfil 1 fins al perfil 6. La cota de rasant del perfil 1 és igual a la cota del terreny: 102 m.
- Traceu una rasant (de baixada) des del perfil 6 fins al perfil 12 amb un tant per cent necessari perquè, partint de la cota de rasant trobada per al perfil 6, s'arribi al perfil 12 amb la cota de la rasant igual a la cota del terreny: 105 m.
- Heu de dibuixar el perfil longitudinal a les escales següents: $H = 1:2000$ i $V = 200$
- El perfil longitudinal ha de contenir totes les dades que l'integren:

Distàncies entre perfils

1 a 2 = 24 m
2 a 3 = 38 m
3 a 4 = 32 m
4 a 5 = 33 m

5 a 6 = calculeu-la
6 a 7 = 27 m
7 a 8 = 22 m
8 a 9 = 34 m

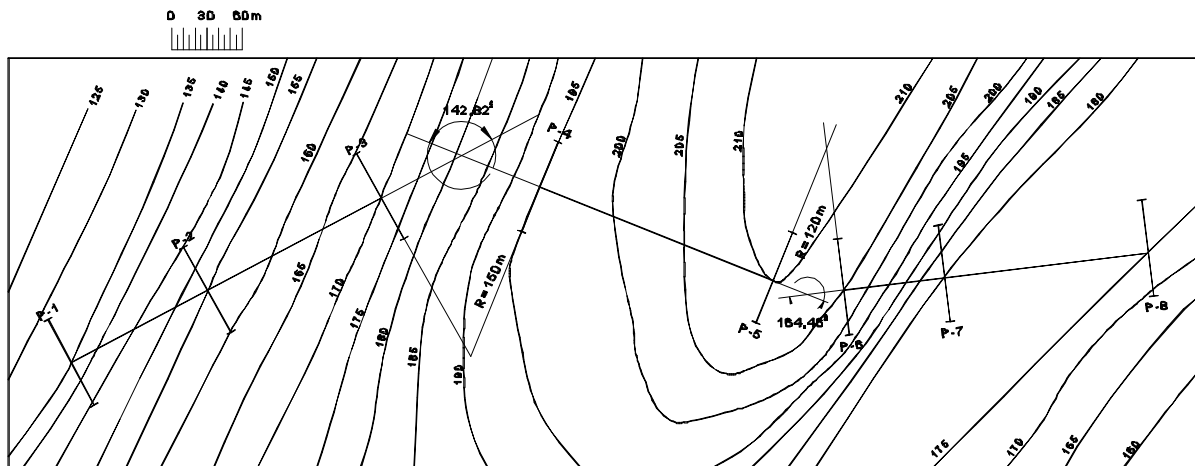
9 a 10 = calculeu-la
10 a 11 = 44 m
11 a 12 = 34 m



27 Perfils transversals i cubicació de terres

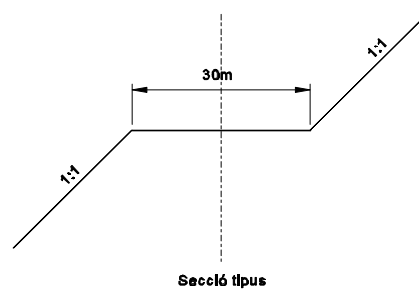
Traceu a escala 1:500 els perfils transversals indicats a la planta topogràfica de la figura (pàgina següent).

En els perfils transversals que hàgiu trobat, situeu la secció tipus donada i feu la cubicació de terres corresponent.



Cota de rasant dels perfils

Perfil 1 = 135,00 m
 Perfil 2 = 152,50 m
 Perfil 3 = 174,00 m
 Perfil 4 = 191,50 m
 Perfil 5 = 197,50 m
 Perfil 6 = 193,00 m
 Perfil 7 = 187,50 m
 Perfil 8 = 175,00 m

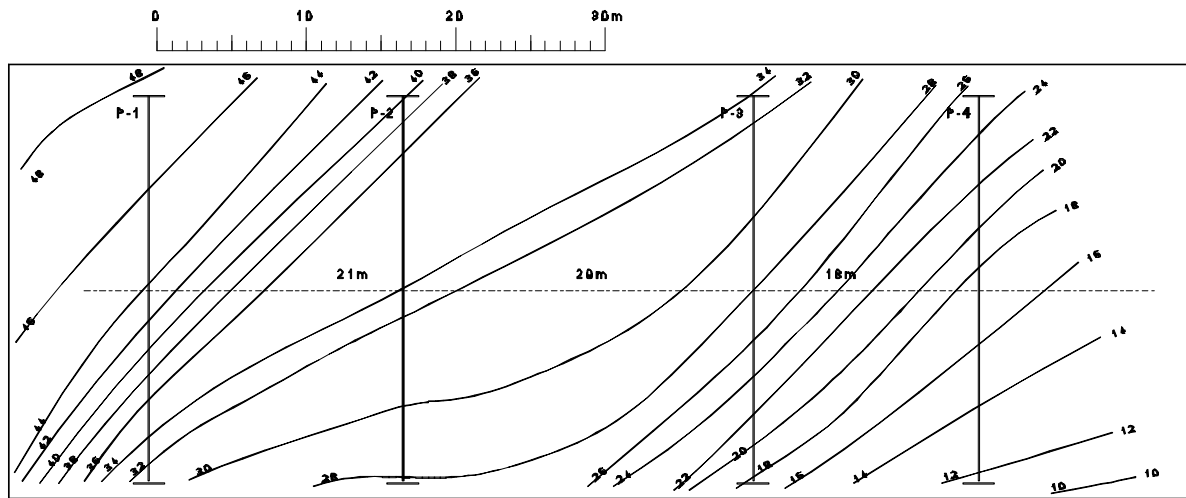


28 Perfils transversals i cubicació de terres

Donat el pla topogràfic adjunt a escala 1:1000, realitzeu els exercicis següents:

- Dibuixeu a escala 1:500 els quatre perfils transversals indicats en el pla.
- Col·loqueu la secció tipus en aquests perfils, segons les cotes vermelles corresponents.
- Calculeu els metres cúbics de desmunt i de terraplenament.

Cota vermella del P1 = 5 m de desmunt
 Cota vermella del P2 = 3 m de terraplenament
 Cota vermella del P3 = 1 m de desmunt
 Cota vermella del P4 = 0 m



29 Càlcul d'àrees

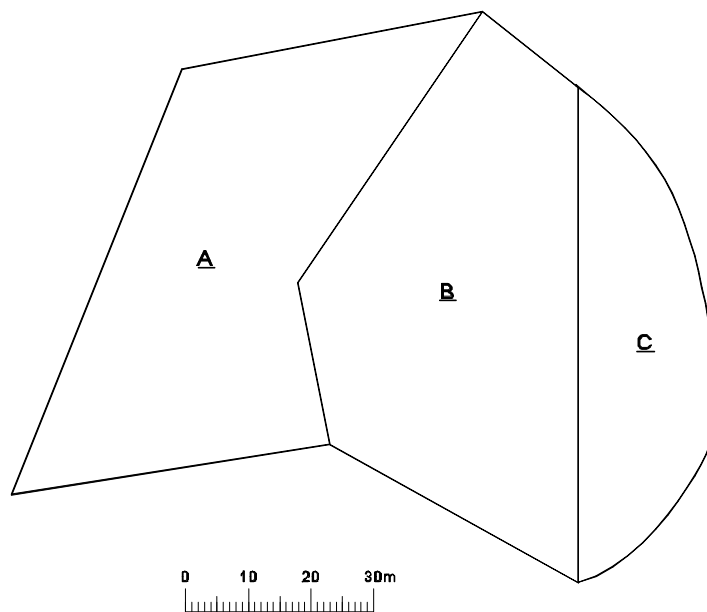
Amb les dades de la llibreta taquimètrica adjunta:

- Calculeu les distàncies horitzontals de la radiació.
- Dibuixeu la radiació a escala 1:500.
- Dibuixeu el polígon que resulta d'unir els punts 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i 1.
- Calculeu l'àrea del polígon resultant, pel mètode de coordenades polars.

Estacions	Altura de la ullera	Punts observats	Angles		Lectura dels fils	
			horitzontal	vertical	extremes	mitjana
A						
		1	315,19	97,29	1,510 1,000	1,250
		2	362,54	107,99	0,787 0,500	0,643
		3	43,90	109,88	1,354 1,100	1,227
		4	106,69	118,39	1,070 0,800	0,935
		5	196,40	111,38	0,710 0,500	0,605
		6	280,25	88,86	1,540 1,000	1,270
		7	294,67	93,79	1,562 1,200	1,381

30 Càlcul d'àrees

- Calculeu les àrees parcials A, B i C.
- Doneu el valor total de l'àrea $A + B + C$. (Preneu les mides sobre el croquis adjunt a l'escala indicada.)
- Calculeu l'àrea A per coordenades cartesianes.
- Calculeu l'àrea B per un dels mètodes de descomposició en triangles.
- Calculeu l'àrea C per Bezout, Simpson o Poncelet.



31 Replantejament de corbes circulars

Replantejaments

Feu els càlculs necessaris per al replantejament d'una corba circular d'enllaç de radi $R = 70,00$ m i un angle en el centre de $50,60^\circ$, dividint l'arc en onze parts iguals.

Representeu gràficament en un pla a escala 1:100 les operacions de replantejament dels sis primers punts, pels mètodes de coordenades en la tangent i el mètode de la corda prolongada o de desviaments successius.

En el mètode de coordenades a la tangent, feu un canvi d'estacionament en el punt 3.

No heu d'utilitzar el compàs en cap cas.

En els problemes de replantejament de corbes horitzontals d'enllaç, vosaltres mateixos podeu prendre les dades que desitgeu i fer el replantejament per qualsevol dels mètodes estudiats.

32, 33 i 34 Replantejament de corbes d'acords verticals

Calculeu els acords verticals dels tres casos següents:

