

2 - ANÁLISIS

2.1 - NOMENCLATURA UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DEL MODELO TOPOGRÁFICO

Matrices que intervienen y su utilización:

A(20,3): Matriz utilizada para contener según orden de aparición las tres coordenadas de los vértices de cúspides o de valles (hasta veinte).

B(20,30): Matriz utilizada para contener según orden de aparición las tres coordenadas de los puntos ladera correspondientes a las cúspides o valles (hasta 9 puntos cada vértice).

C(20,30): Matriz utilizada para contener según orden de aparición los puntos límite de zona (pie de cúspide o valles, mesetas o cráteres, límite poligonal cordillera, límite de precipicio).

Z(21,21): Altura de los puntos de la malla (3ª coordenada de sus puntos).

Y(21,21): Posición de la coordenada 2ª de los puntos de la malla.

X(21,21): Posición de la coordenada 1ª de los puntos de la malla.

AB(20): Ángulo con respecto a la horizontal en el sentido contrario de las agujas del reloj de los puntos B(20,30) (puntos discretos)

DB(20): Distancias en proyección horizontal hasta el punto A(20,3) que corresponde a cada entorno definido (puntos discretos).

AC(20): Ángulo con respecto a la horizontal en el sentido contrario a las agujas del reloj de los puntos C(20,30) (puntos discretos).

DC(20): Distancia en proyección horizontal hasta el punto A(20,3) que corresponde a cada entorno definido (puntos discretos).

A1(37): Ángulos ordenados que abarcan una circunferencia.

D1(37): Distancias que señalan el límite de los puntos B(20,30) para cada ángulo A1(37).

Z1(37): Altura que corresponde a los puntos B(20,30) en cada ángulo A1(37).

ZB(20): Altura que corresponde a los puntos B(20,30) discretos.

ZC(20): Altura que corresponde a los puntos C(20,30) discretos.

E(10,3): Matriz utilizada para contener las coordenadas de los puntos cresta en las cordilleras.

G(10,4): Matriz utilizada para contener las coordenadas de los puntos elevados en los precipicios (las tres primeras) y la altura de los puntos bajos (4ª coordenada).

H(10,3): Matriz utilizada para contener los puntos silla en las coordenadas y cauces.

DZ(37): Distancias que señalan el contorno de una zona y que corresponde a los puntos C(20,30) y ángulos A1(37).

ZZ(37): Altura que corresponde a los puntos C(20,30) en su distribución uniforme según ángulos A1(37).

GX(10,3): Matriz utilizada para contener los puntos precipicio originales a utilizar en la 2ª pasada para los puntos bajos.

PR: Altura generalizada de los puntos en la opción "puntos orientativos".

L1 y L2: Proyección del segmento A-B o A-C en la dirección X o Y respectivamente sobre el plano horizontal.

BB y CB: Ángulos sobre el plano horizontal para delimitar la zona donde se encuentra un ángulo A1(37) con respecto a dos puntos B(20,30).

CC y DC: Igual que la anterior pero con respecto a puntos B(20,30).

SW: Identificador de zona específica.

AA: Identificador de zona genérica.

W: Determinante correspondiente al denominador en la resolución de un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas.

2.2 - DESCRIPCIÓN DEL MODELO

2.2.1 - GENERALIDADES

Descripción: El modelo que vamos a utilizar nos va a permitir definir una superficie curva de tipo topográfico con las siguientes características:

- La superficie quedará definida con 400 puntos.
- En ningún caso podrá suceder que un punto coincida con otro en sus dos primeras coordenadas (coordenadas X e Y)
- Las dos primeras coordenadas de cada punto corresponderán a los vértices de una malla cuadrada plana y estarán comprendidas entre 10 y 200 (unidades que pueden corresponder a metros, centímetros, docenas de metros e incluso fracciones) y serán múltiplos de 10 tal como se muestra en la figura 2-2-1-1.
- La tercera coordenada (coordenada Z) corresponderá a la distancia hasta la malla plana que le corresponde en cada vértice a la superficie curva. En el sistema de representación acotado contemplaríamos una nube de puntos (los vértices de la malla plana) con su respectiva altura.
- Esto queda de manifiesto a través de la figura 2-2-1-2.
- Cada coordenada estará guardada en una variable indexada cuyos índices y valores estarán definidos de la siguiente forma:
 - X(I,J): Coordenada X de un punto de la malla cuya posición en planta está determinada por los subíndices I y J el nº de orden en el sentido de las Y, su valor numérico para este modelo será siempre $X(I,J)=10*I$.
 - Y(I,J): Coordenada Y de las mismas características que X(I,J) y cuyo valor numérico es $Y(I,J)=10*J$.
 - Z(I,J): Coordenada Z que corresponde al punto cuyas coordenadas son $X=10*I$, $Y=10*J$.
- Se comprende que nuestro problema principal va a consistir en asignar valores a esta variable indexada Z(I,J). De ello se ocupa el proceso siguiente:

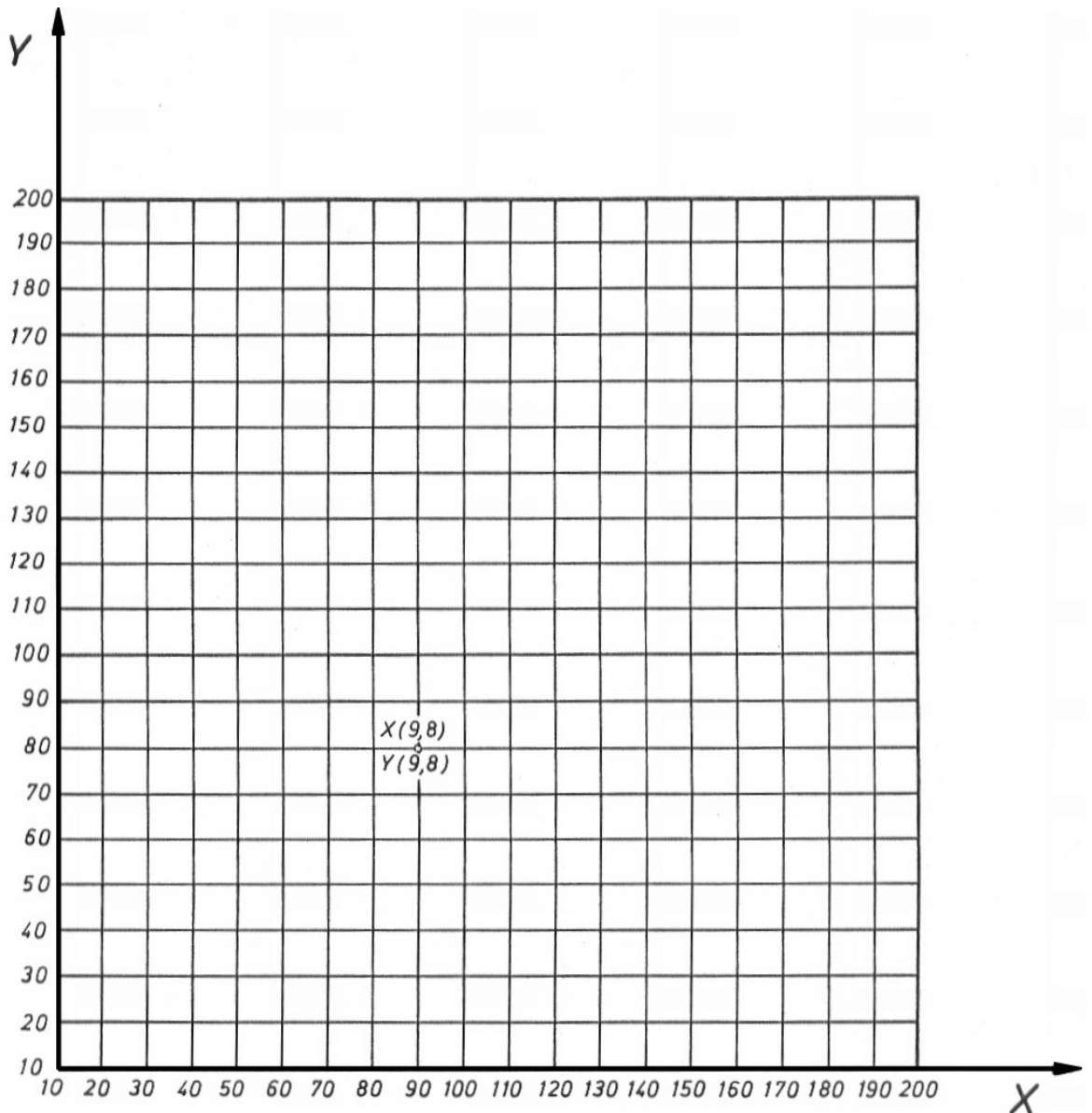


Figura 2-2-1-1

Una vez hayamos encontrado los valores de $Z(I,J)$, podremos visualizarlos analíticamente (apartado 3.1) mediante pantalla o impresora, o bien grabar las tres coordenadas de cada punto de manera ordenada para poder posteriormente aplicarle las distintas utilidades. El tratamiento de datos que corresponde a esta ordenación es la de simplemente guardarlos en el disco, con un nombre de fichero a elegir, como una lista de variables. Su identificación en la lectura de datos se hará utilizando en ella el mismo sistema para recuperar los puntos que se utiliza para grabarlos y que consiste en una variación ordenada de los subíndices de todas las variables indexadas (instrucciones 300-340 PROGRAMA TOPOGRÁFICO apartado 3.1).

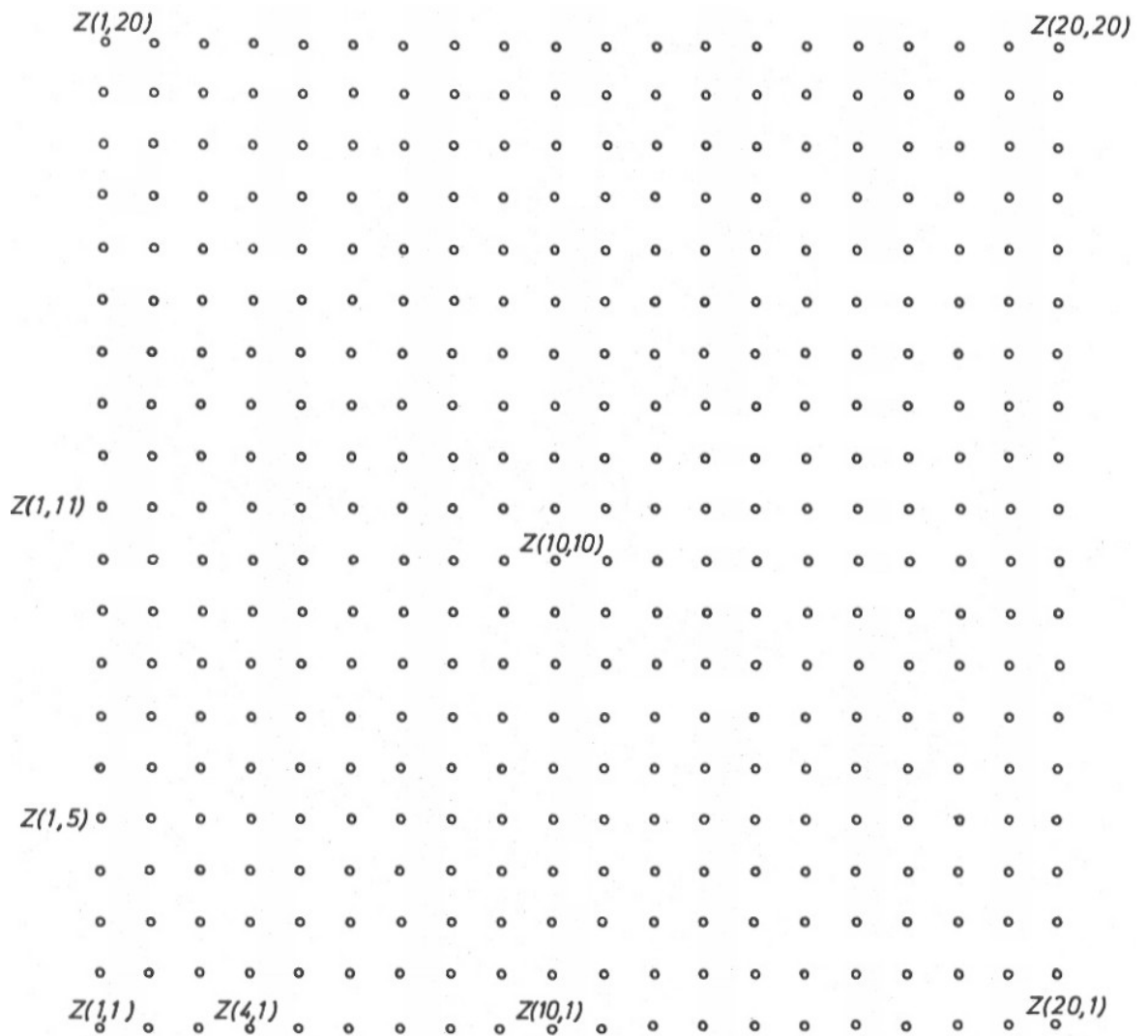


Figura 2-2-1-2

2.2.2 - TIPOS DE ENTORNO CONSIDERADOS DE MANERA GENERAL

Dentro de la totalidad de formas que puede adoptar una superficie como la que acabamos de describir, vamos a diferenciar algunas de ellas (las que consideramos imprescindibles) puesto que otras se crearán de forma automática al generar las anteriores. Esto sucede en las vertientes que se originan al generar las laderas de las montañas, las divisorias que separan dos vertientes o las vaguadas generadas de igual forma.

Dentro de las zonas que consideramos imprescindibles están:

Cúspides: Zonas con un punto elevado que decrecen en altura hacia el exterior (figura 2-2-2-1).

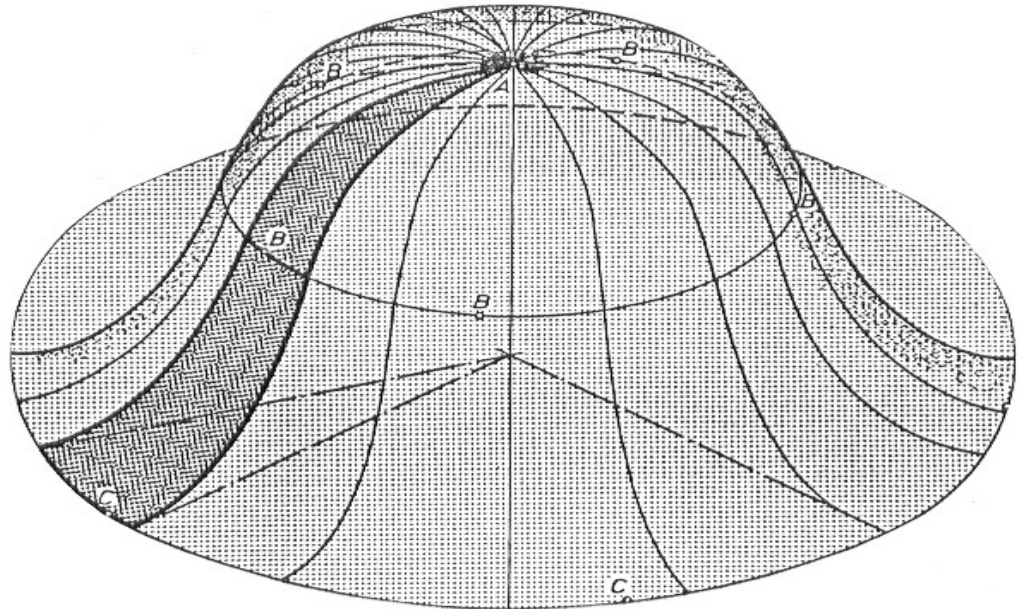


Figura 2-2-2-1

Valles u hondonadas: Zonas con un punto bajo que aumentan en altura hacia el exterior (figura 2-2-2-2).

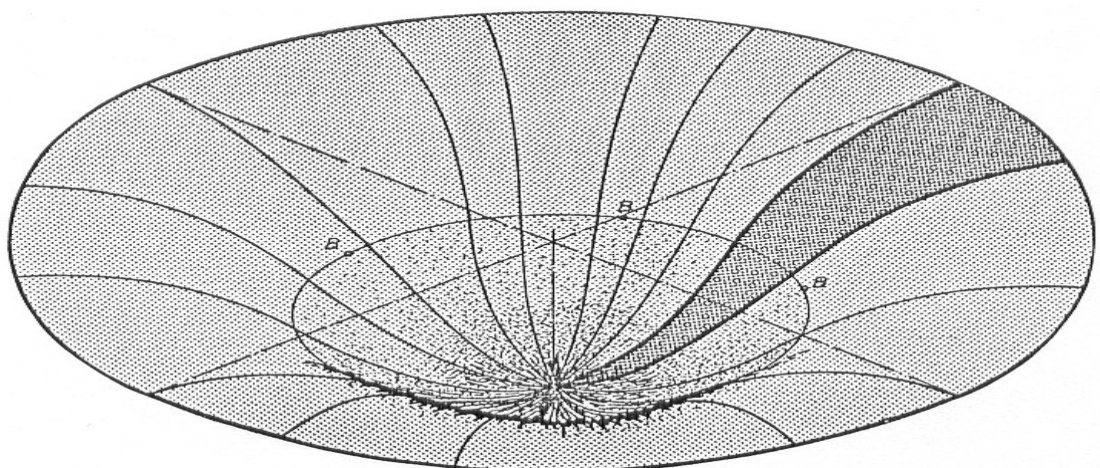


Figura 2-2-2-2

Mesetas: Zonas en las que existe una parte más o menos plana y cerrada en cuyo alrededor los puntos decrecen en altura (figura 2-2-2-3).

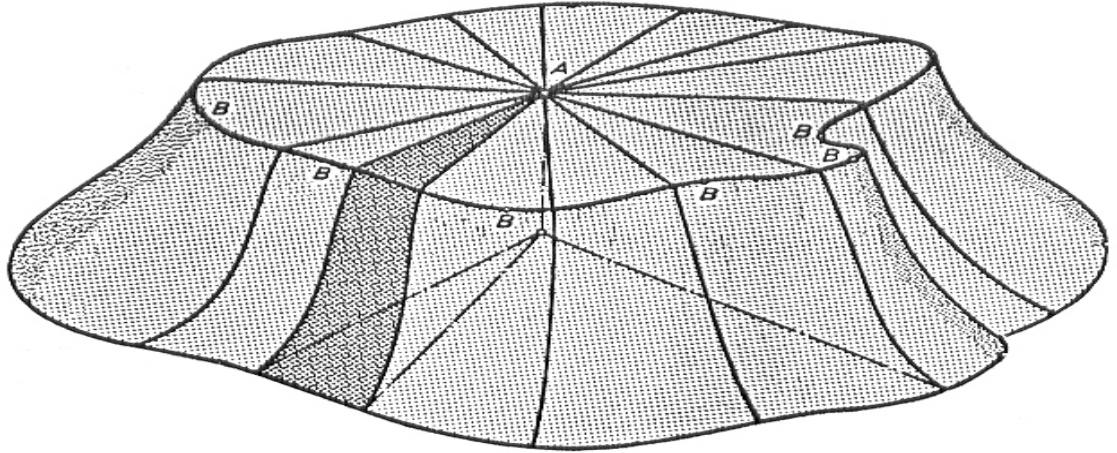


Figura 2-2-2-3

Cráteres: Zonas en las que existe una parte más o menos plana y cerrada en cuyo alrededor los puntos decrecen en altura (figura 2-2-2-4).

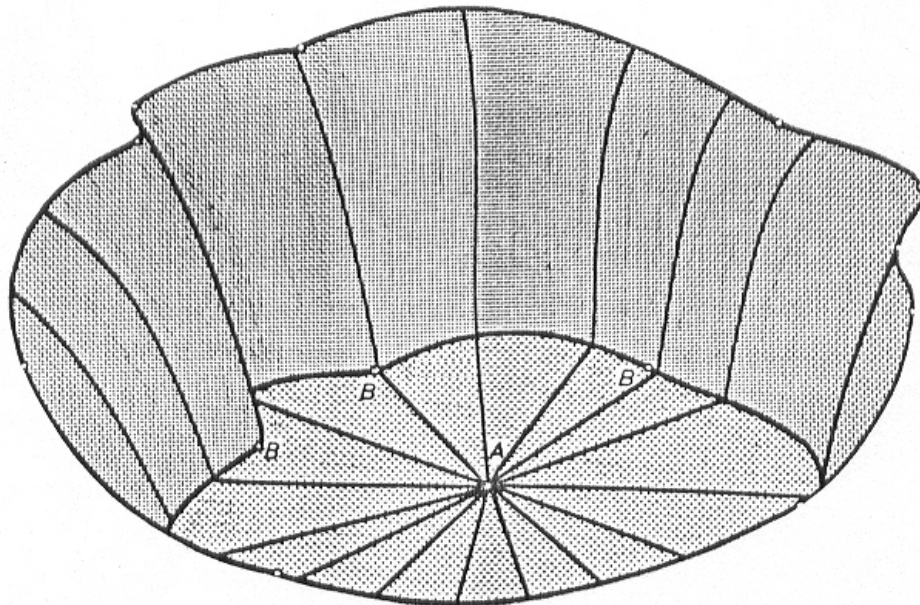


Figura 2-2-2-4

Cordilleras: Zonas determinadas por la interferencia entre varias montañas (figura 2-2-2-5).

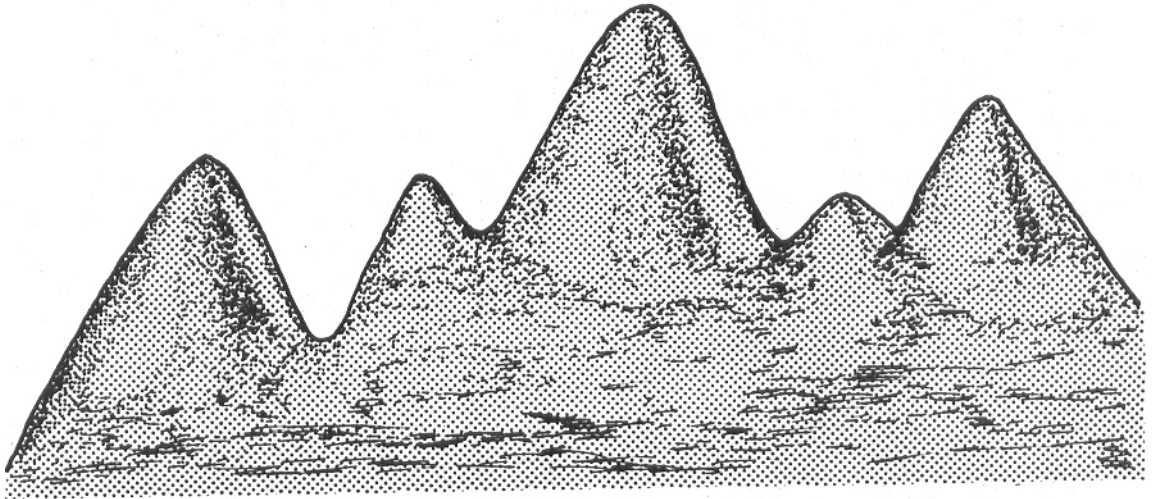


Figura 2-2-2-5

Cauces: Depresiones en el terreno de forma longitudinal (figura 2-2-2-6).

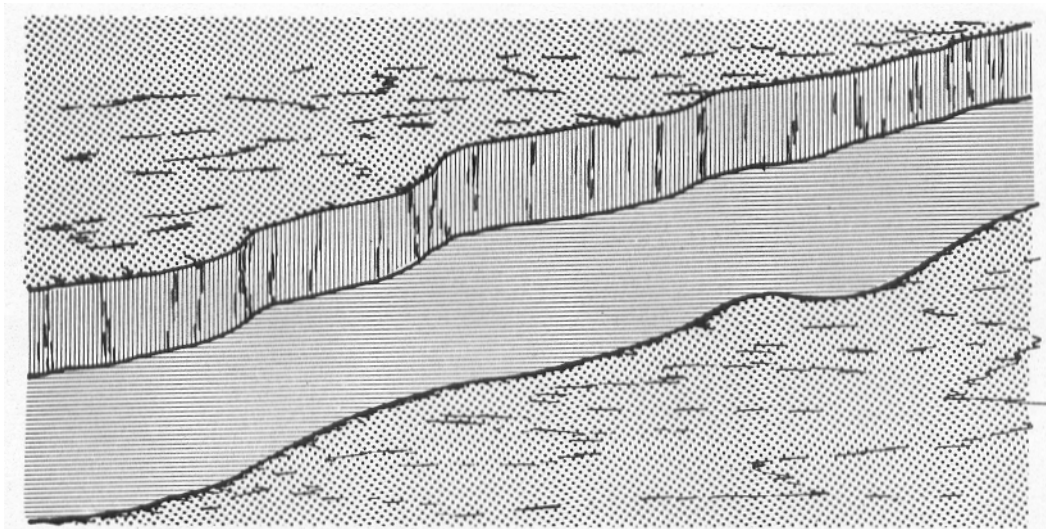


Figura 2-2-2-6

Precipicios: Zonas en las que existe una línea que separa la superficie en dos partes de alturas considerablemente distintas (figura 2-2-2-7).

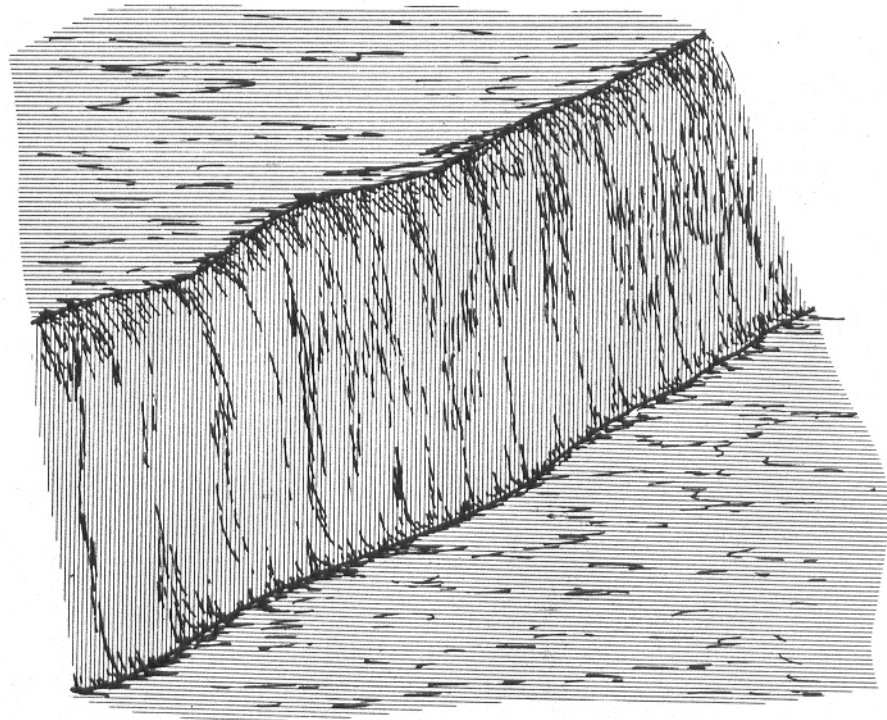


Figura 2-2-2-7

Puntos especiales: Puntos que por sus características singulares no pueden definirse como pertenecientes a los apartados anteriores ni tampoco al posterior.

Puntos de altura de referencia generalizada: Puntos que están situados sobre un plano que puede considerarse como de referencia.

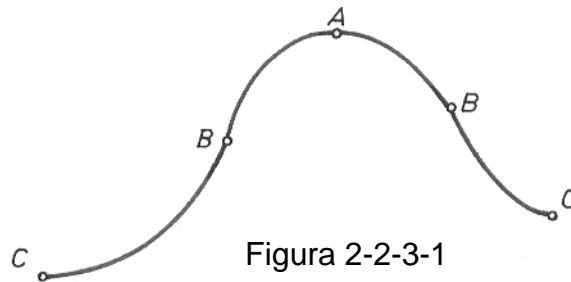
2.2.3 - PUNTOS CÚSPIDE

Consideramos puntos cúspide a todos los puntos de coordenadas $X(I,J)$, $Y(I,J)$, $Z(I,J)$ que se encuentran dentro de la zona de influencia de ese nombre. Esta zona está compuesta por un punto elevado alrededor del cual las alturas van disminuyendo.

Tratamiento de los puntos cúspide aislada:

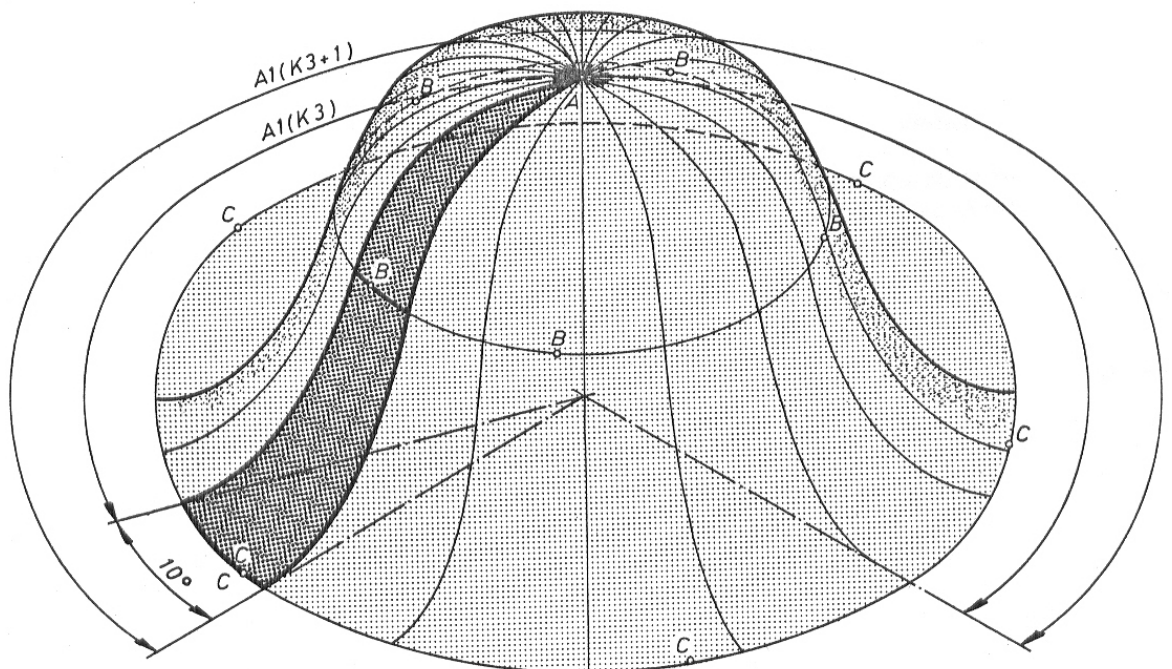
Consideremos una sección vertical de una superficie de este tipo (fig. 2-2-3-1). Diferenciaremos tres tipos de puntos principales en estas zonas; a saber:

- Punto A
- Puntos B
- Puntos C



El punto A será el vértice de la montaña, por lo tanto el máximo de la superficie. Los puntos B serán puntos de la ladera, no necesariamente puntos de inflexión de la superficie. Los puntos C serán pie de la montaña, sirviendo al mismo tiempo de límite para dichas superficies.

Consideraremos estas superficies divididas mediante planos verticales que pasan por el punto A en 36 zonas que corresponderán cada una de ellas a un ángulo de abertura de 10° a modo de gajos de naranja (figura 2-2-3-2).



Para cada una de estas zonas, la superficie estará compuesta por líneas curvas, planas verticales, que contendrán al punto A, a un punto B y un punto C que determinaremos previamente a partir de los puntos dato del mismo tipo cuya forma de entrada estableceremos posteriormente.

En el lugar concreto de esta zona donde nos interese conocer la altura determinaremos los puntos B y C (el A siempre está incluido) que corresponden a la curva que pasa por el mismo plano vertical que contiene al punto en cuestión.

Con estos puntos principales e imponiéndoles unas condiciones de contorno que luego describiremos, procederemos a la determinación de la curva.

La altura del punto incógnita será la altura de la curva en el punto de igual proyección horizontal (figura 2-2-3-3).

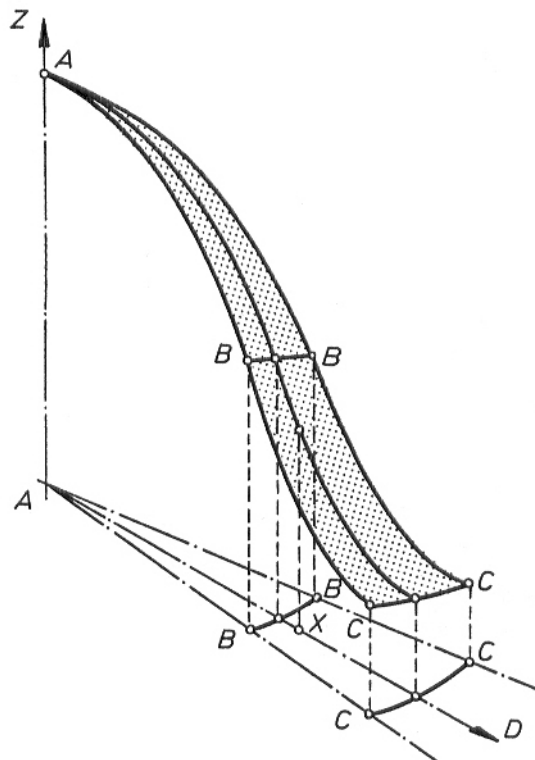


Figura 2-2-3-3

Puesto que dicha curva estará sobre un plano vertical, haremos por comodidad un cambio de coordenadas en el que:

- El eje Y pasará por el punto A.
- El eje X pasará por el plano de referencia.
- Las coordenadas Z de los puntos se mantendrán como coordenadas y las coordenadas X de los puntos serán las distancias en proyección hasta el punto A (figura 2-2-3-4).

Las condiciones de contorno que vamos a imponer a esta curva, son las siguientes:

- 1) En los puntos A debe haber un máximo en la superficie y por lo tanto en la curva.
- 2) Debe haber un mínimo en el punto C.
- 3) Para el punto B la condición es simplemente que pase por él.

Tratar de hacer que la curva que cumpla esas condiciones sea una curva de la forma $y=f(x)$ es imposible, ya que la primera condición de contorno implica:

$$y=f(x) \text{ para } x=0 \quad 1^{\text{a}} \text{ ecuación}$$

Para el punto C pasa exactamente lo mismo. Debe cumplirse:

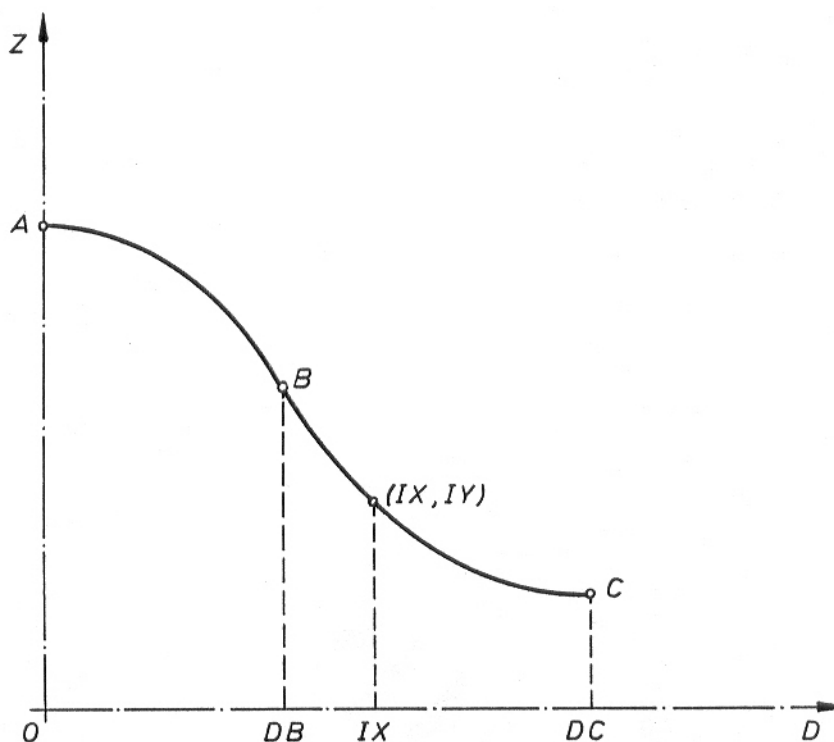


Figura 2-2-3-4

$$y=f(x) \text{ para } x=DC \quad 3^{\text{a}} \text{ ecuación}$$

$$f'(x)=0 \text{ para } x=DC \quad 4^{\text{a}} \text{ ecuación}$$

Con la tercera condición de contorno tendríamos:

$$y=f(x) \text{ para } x=DB \quad 5^{\text{a}} \text{ ecuación}$$

Sin imponer ninguna condición más, tendríamos que ir a buscar una ecuación de cuarto grado para que el número de ecuaciones fuese igual al número de incógnitas, con lo que la ecuación debería ser de la forma:

$$Y = AX^4 + BX^3 + CX^2 + DX + E$$

PROGRAMA ERRCUSPVALL

```
5 GRAPH11,C
10 REMCURVA DE CUARTO GRADO QUE PASA POR TRES PUNTOS
   TENIENDO TANGENTE HORIZONTAL EN LOS EXTREMOS
20 PRINT"ENTRAR ORDENADAMENTE LAS DOS COORDENADAS
   DE LOS TRES PUNTOS,EMPEZANDO POR EL DE ABCISA 0"
30 INPUT R1,R2,S1,S2,T1,T2
40 A1=S1^4:A2=S1^3:A3=S1^2:A4=S2-R2
50 B1=T1^4:B2=T1^3:B3=T1^2:B4=T2-R2
60 C1=B2*4:C2=B3*3:C3=2*T1:C4=0
70 GOTO 140
100 REM SOLUCION DE TRES ECUACIONES CON TRES
   INCOGNITAS POR EL METODO DE KRAMER
140 W=A1*B2*C3+A2*B3*C1+B1*C2*A3-A3*B2*C1-B1*A2*C3-A1*C2*B3
150 IFW=0THENPRINT"EL DETERMINANTE ES IGUAL A 0":END
160 X=(A4*B2*C3+A2*B3*C4+B4*C2*A3-A3*B2*C4-B4*A2*C3-A4*C2*B3)/W
170 Y=(A1*B4*C3+A4*B3*C1+B1*C4*A3-A3*B4*C1-B1*A4*C3-A1*C4*B3)/W
180 Z=(A1*B2*C4+A2*B4*C1+B1*C2*A4-A4*B2*C1-B1*A2*C4-A1*C2*B4)/W
190 PRINT(INT(X*100))/100
200 PRINT(INT(Y*100))/100
210 PRINT(INT(Z*100))/100
300 GRAPH11,C,01
310 LINES1-2+100,130-S2,S1+3+100,130-S2:LINES1+100,130-S2+2,
   S1+100,130-S2-3
320 LINER1-2+100,130-R2,R1+3+100,130-R2:LINER1+100,130-R2+2,
   R1+100,130-R2-3
330 LINET1-2+100,130-T2,T1+3+100,130-T2:LINET1+100,130-T2+2,
   T1+100,130-T2-3
340 LINE100,130,100,1:LINE100,130,319,130
350 FOR IX=1TO 150
352 TG=4*X*(IX^3)+3*Y*(IX^2)+2*Z*IX
354 IF(IX<T1)*(TG<0)*(S2>R2)THEN PRINT"NO CUMPLE CONDICIONES DE
   CONTORNO":PRINT"SE TRATA DE PUNTOS EN FORMA DE CRATER O MESETA":STOP
360 IY=INT(X*(IX^4)+Y*(IX^3)+Z*(IX^2)+R2)
370 IF((IX+100)<=0)+((130-IY)<=0)GOTO390
380 SETIX+100,130-IY
390 NEXT:PRINTCHR$(6)
400 D$=" DATOS (" +STR$(R1)+"," +STR$(R2)+") (" +STR$(S1)+"," +
   STR$(S2)+") (" +STR$(T1)+"," +STR$(T2)+") "
410 PRINT"PRINT/P";D$
420 END
```

PROGRAMA ERRCUSPVALL

En el programa ERRCUSPVALL que se aporta a continuación se pone de manifiesto que en condiciones extremas la curva no responde al modelo que necesitamos, ya que se produce en ocasiones un mínimo en la zona (figuras 2-2-3-5-a y 2-2-3-5-b) que no está controlado. Esto nos obliga a dividir la curva en dos partes, a saber: *un trozo de curva que va desde A hasta B y otro que va desde B hasta C.*

En cada tramo se deben dar unas condiciones de contorno que son las siguientes:

- En el punto A debe haber un máximo.
- En el punto B la tangente debe ser común para las dos curvas.
- En el punto C debe haber un mínimo.

Estas condiciones generan cuatro ecuaciones para cada curva. En la primera curva debe cumplirse:

$y=f(x)$ en el punto A debe pasar por el punto
 $f'(x)=0$ en el punto A 1^{a} derivada nula (máximo)
 $y=f(x)$ en el punto B debe pasar por el punto
 $f'(x)=k$ en el punto B 1^{o} derivada (tangente) determinada

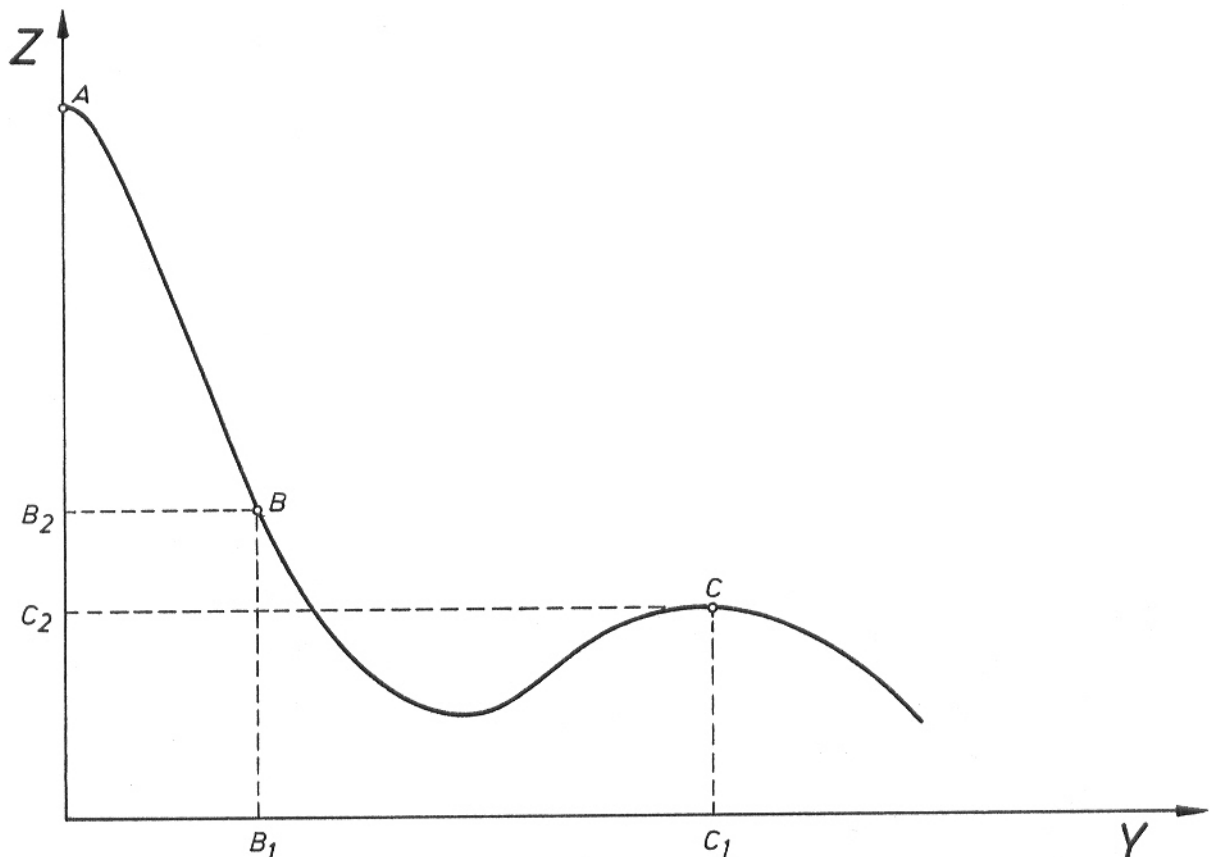


Figura 2-2-3-5-a

En la segunda curva debe cumplirse:

$y=f(x)$ en el punto B debe pasar por el punto
 $f'(x)=0$ en el punto B misma tangente que la 1ª curva
 $y=f(s)$ en el punto C debe pasar por el punto
 $f'(x)=0$ en el punto C 1ª derivada nula (mínimo)

Conociendo el valor de k que debe ser común a ambas curvas tendremos el problema resuelto pues podremos formar en cada caso cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas para determinar los coeficientes que corresponden a dos ecuaciones de tercer grado.

$$AX^3 + BX^2 + CX + D = Y$$

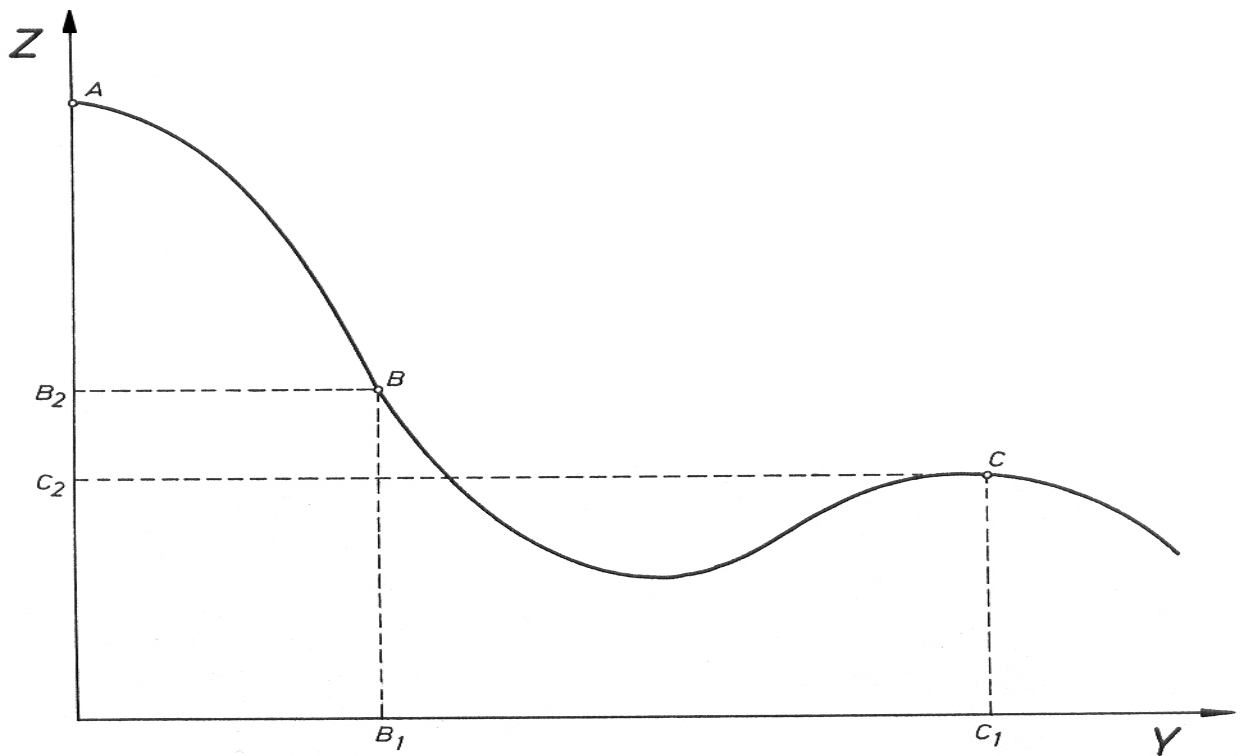


Figura 2-2-3-5-b

El valor de k lo vamos a elegir de manera que la curva al pasar por B tenga una tangente en la misma dirección que el segmento AC con lo que el empalme resultará perfecto y podremos cumplir todas las condiciones que le habíamos exigido a la curva (figuras 2-2-3-6-a y 2-2-3-6-b).

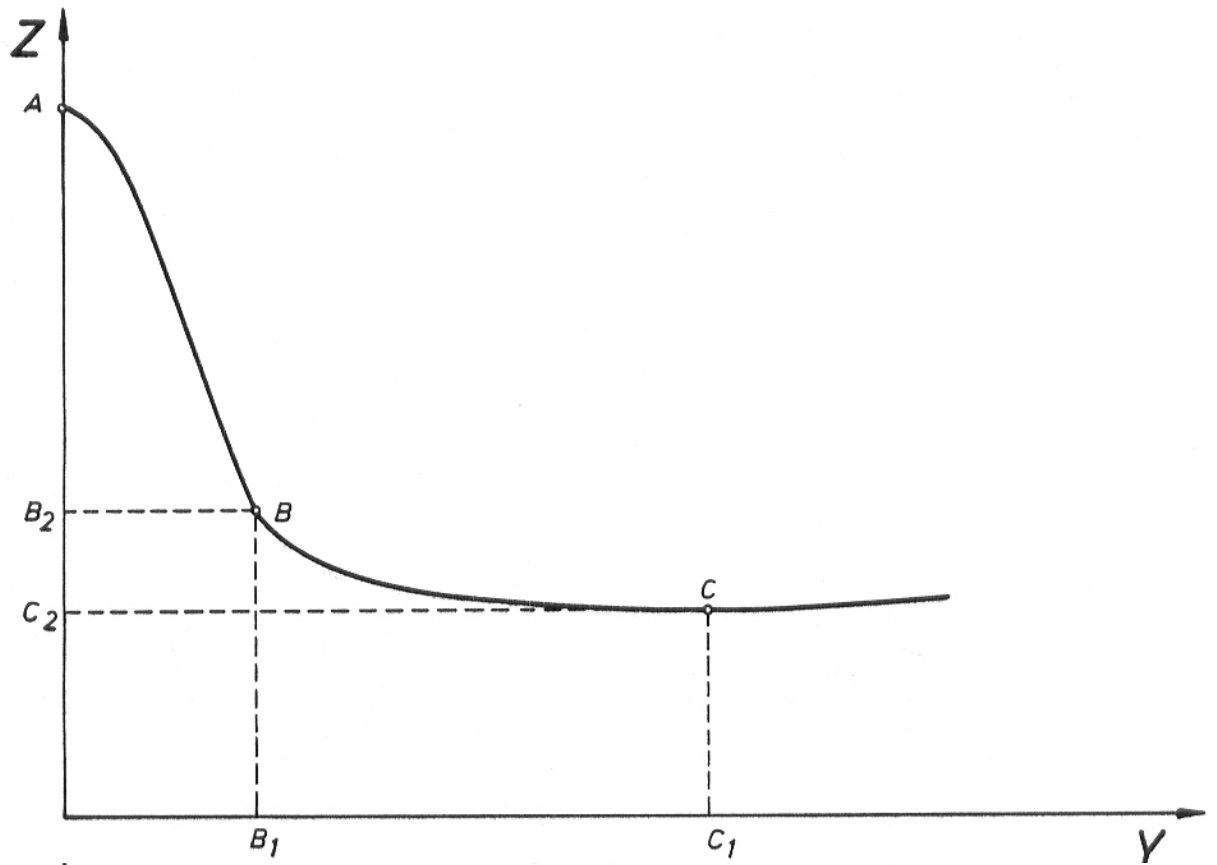


FIGURA 2-2-3-6-a

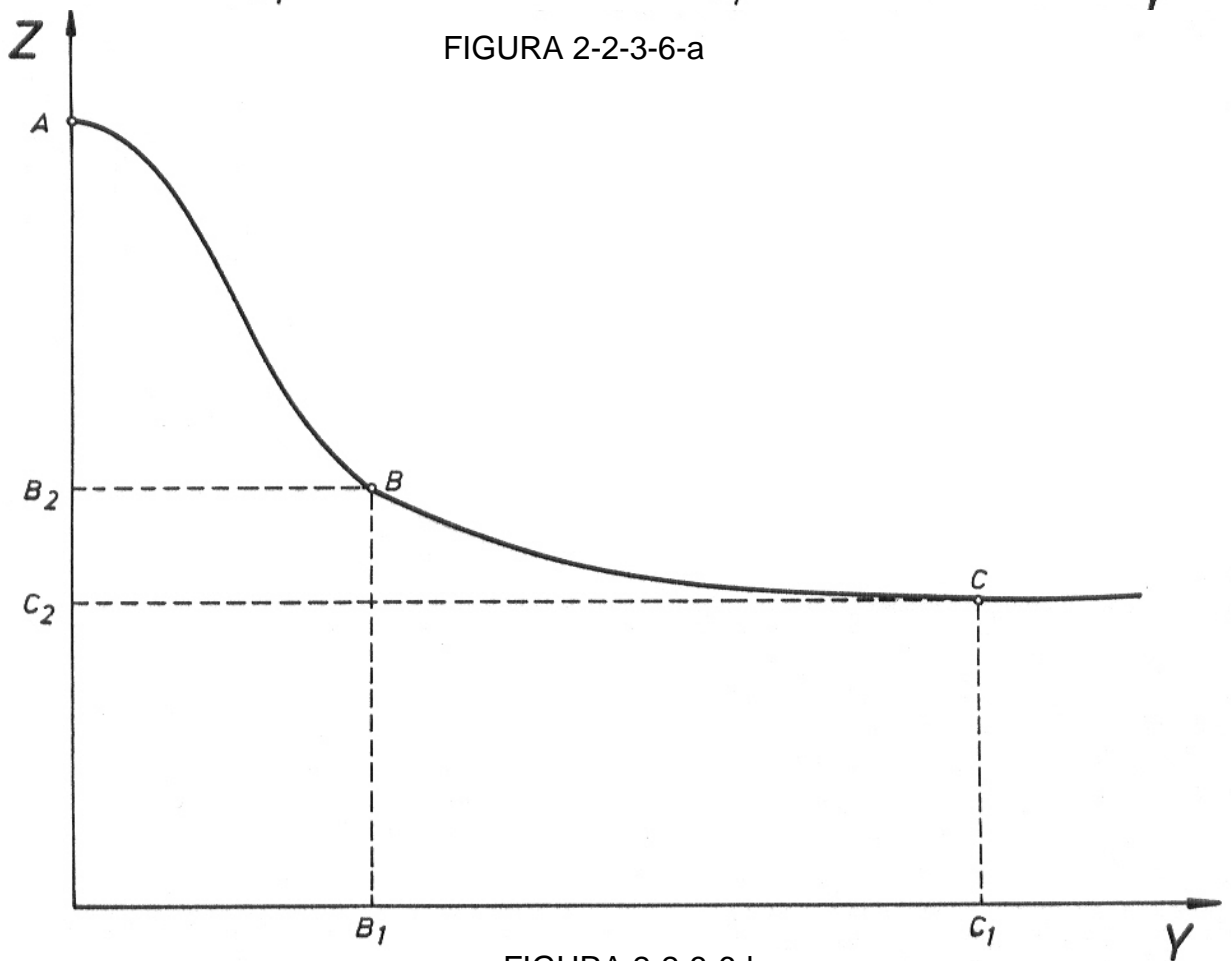


FIGURA 2-2-3-6-b

El programa VALLECUSPIDE permite ver el resultado que se obtiene al considerar la curva según las condiciones establecidas. Puesto que su resultado es satisfactorio, se ha incorporado al modelo topográfico.

Veamos las ecuaciones que nos permitirán llegar a la obtención de ambas curvas siendo las coordenadas de los puntos A(A1,A2), B(B1,B2) y C(C1,C2). Estas serán:

$$\begin{aligned} A_2 &= A(A_1)^3 + B(A_1)^2 + C(A_1) + D & B_2 &= A(B_1)^3 + B(B_1)^2 + C(B_1) + D \\ f'(x) = 0 &\rightarrow 3AX^2 + 2BX + C = 0 \longrightarrow 3 * A * (A_1)^2 + 2 * B * (A_1) + C = 0 \\ K &= (C_2 - A_2) / (C_1 - A_1) \text{ Tangente de AC} & 3 * A * (B_1)^2 + 2 * B * (B_1) + C &= K \end{aligned}$$

De estas ecuaciones se deducen los coeficientes de la ecuación de tercer grado correspondiente al primer tramo cuya resolución está incluida en el programa VALLECUSPIDE utilizando el método KRAMER y que una vez ordenadas se ven de la forma siguiente:

$$\begin{aligned} A[(A_1)^3] + B[(A_1)^2] + C[(A_1)] &= [(A_2 - D)] \\ A[(B_1)^3] + B[(B_1)^2] + C[(B_1)] &= [(B_2 - D)] \\ A[3(A_1)^2] + B[2(A_1)] + C[1] &= [0] \\ A[3(B_1)^2] + B[2(B_1)] + C[1] &= K \end{aligned}$$

Para evitar confusiones al programar se han utilizado como coordenadas de los puntos las siguientes: A(R1,R2), B(S1,S2), C(T1,T2) y como coeficientes X, Y y Z siendo W el valor del determinante.

PROGRAMA VALLECUSPIDE

```
2 REMPROGRAMA QUE DIBUJA LA CURVA DE TERCER GRADO QUE PASA POR
TRES PUNTOS, TENIENDO TANGENTE HORIZONTAL EN LOS EXTREMOS
4 REMLA DIRECCION DE LA TANGENTE EN EL PUNTO MEDIO ES LA DE LA RECTA
QUE UNE LOS EXTREMOS"
5 PRINTCHR$(6):GRAPHI1,C,12,C
10 REMCURVA DE CUARTO GRADO QUE PASA POR TRES PUNTOS
TENIENDO TANGENTE HORIZONTAL EN LOS EXTREMOS
20 PRINT"ENTRAR ORDENADAMENTE LAS DOS COORDENADAS DE LOS TRES PUNTOS
EMPEZANDO POR EL DE ABCISA 0"
30 INPUT R1,R2,S1,S2,T1,T2:GOTO500
140 W=A1*B2*C3+A2*B3*C1+B1*C2*A3-A3*B2*C1-B1*A2*C3-A1*C2*B3
150 IFW=0THENPRINT"EL DETERMINANTE ES IGUAL A 0":END
160 X=(A4*B2*C3+A2*B3*C4+B4*C2*A3-A3*B2*C4-B4*A2*C3-A4*C2*B3)/W
170 Y=(A1*B4*C3+A4*B3*C1+B1*C4*A3-A3*B4*C1-B1*A4*C3-A1*C4*B3)/W
180 Z=(A1*B2*C4+A2*B4*C1+B1*C2*A4-A4*B2*C1-B1*A2*C4-A1*C2*B4)/W
190 REM PRINT(INT(X*100))/100
200 REM PRINT(INT(Y*100))/100
210 REM PRINT(INT(Z*100))/100
220 RETURN
310 LINES1-2+100,130-S2,S1+3+100,130-S2:LINES1+100,130-S2+2,
S1+100,130-S2-3
320 LINER1-2+100,130-R2,R1+3+100,130-R2:LINER1+100,130-R2+2,
R1+100,130-R2-3
330 LINET1-2+100,130-T2,T1+3+100,130-T2:LINET1+100,130-T2+2,
T1+100,130-T2-3
340 LINE100,130,100,1:LINE100,130,319,130
345 RETURN
500 GRAPHI2,C,D2:GOSUB310
505 W=-(S1^4)
510 X=((S2-R2)*2*S1-(T2-R2)*(S1^2)/(T1-R1))/W
520 Y=((S1^3)*(T2-R2)/(T1-R1)-(S2-R2)*(S1^2)*3)/W
530 FOR IX=1TO S1
540 IY=INT(X*(IX^3)+Y*(IX^2)+R2)
550 IF((IX+100)<=0)+((130-IY)<=0)GOTO570
560 SETIX+100,130-IY
570 NEXT
580 A1=((S1^3)-(T1^3)):A2=((S1^2)-(T1^2)):A3=S1-T1:A4=S2-T2
590 B1=(S1^2)*3:B2=2*S1:B3=1:B4=(T2-R2)/(T1-R1)
600 C1=(T1^2)*3:C2=T1*2:C3=1:C4=0
610 GOSUB 140
630 WW=S2-X*(S1^3)-Y*(S1^2)-Z*S1
650 FOR IX=S1TOT1
660 IY=INT(X*(IX^3)+Y*(IX^2)+Z*IX+WW)
670 IF((IX+100)<=0)+((130-IY)<=0)GOTO690
680 SETIX+100,130-IY
690 NEXT:PRINTCHR$(6)
700 D$=" DATOS (" +STR$(R1)+"," +STR$(R2)+") (" +STR$(S1)+"," +
STR$(S2)+") (" +STR$(T1)+"," +STR$(T2)+") "
710 PRINT"PRINT/P";D$
720 END
```

PROGRAMA VALLECUSPIDE

Para el segundo tramo las ecuaciones serían:

$$B2 = A(B1)^3 + B(B1)^2 + C(B1) + D$$

$$C2 = A(C1)^3 + B(C1)^2 + C(C1) + D$$

$$0 = 3 * A * (C1)^2 + 2 * B * (C1) + C f'(x) = 0 \text{ en } (C1, C2)$$

$$K = 3 * A * (B1)^2 + 2 * B * (B1) + C$$

que ordenadas serían:

$$A[(B1)^3] + B[(B1)^2] + C[(B1)] = [(B2 - D)]$$

$$A[(C1)^3] + B[(C1)^2] + C[(C1)] = [(C2 - D)]$$

$$A[3(C1)^2] + B[2(C1)] + C[1] = [0]$$

$$A[3(B1)^2] + B[2(B1)] + C[1] = K$$

Para poder determinar si un punto está o no dentro de la zona denominada "cúspide", es necesario establecer también un modelo matemático que nos permita proceder posteriormente a su tratamiento. El modelo establecido es el siguiente:

Son puntos necesarios para establecer los límites de la zona, el punto A y como mínimo un punto C (el número máximo previsto para este menester es de 9 puntos C), es decir, el vértice de la montaña y los puntos pie que señalan su término.

En cuanto a la forma de establecer el límite, será la siguiente:

Serán considerados puntos fuera de la zona todos aquellos que tengan su proyección horizontal fuera de la curva cerrada que se forma trazando la espiral de Arquímedes (por tramos) que une los puntos pie que están relacionados (figura 2-2-3-7).

La entrada de puntos B y C será ordenada desde la horizontal y en el sentido contrario de las agujas del reloj.

Para poder utilizar esta curva será necesario obtener en proyección horizontal todos los puntos que están situados en ángulos de 10° en 10° hasta 360°, según la división que se ha propuesto con anterioridad; puntos que servirán al mismo tiempo para configurar estas 36 partes en las que dividiremos la superficie.

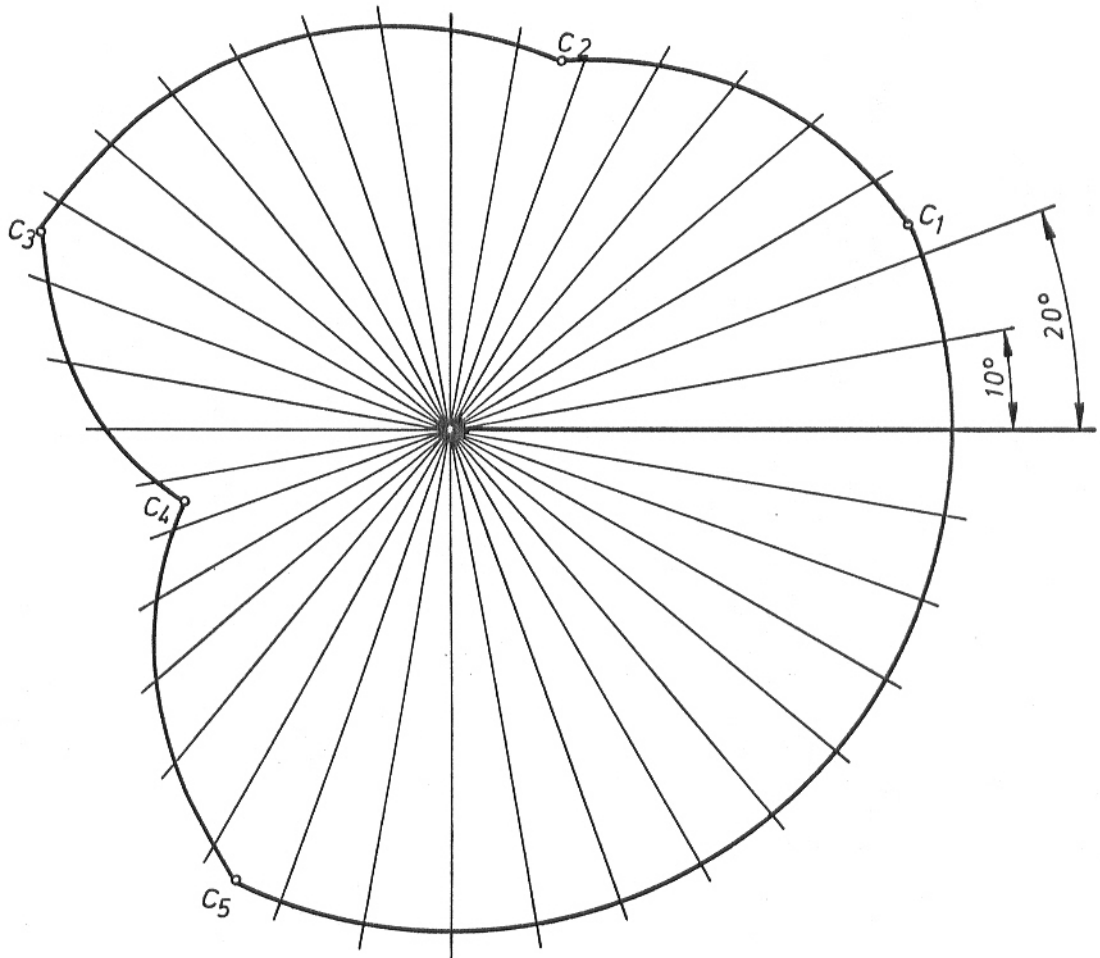


FIGURA 2-2-3-7

Para establecer si los puntos de la malla están o no en esta zona haremos primero una aproximación grosera, que será un rectángulo y posteriormente tomaremos una decisión sobre los puntos del interior del rectángulo comprobando si sus distancias al punto A son o no mayores que las de los puntos C en cuya parte están situados.

Este algoritmo se utiliza también para otras zonas y corresponde a las instrucciones desde la línea 1510 hasta la 1740 del programa TOPOGRÁFICO que desarrolla este modelo y que corresponde al apartado 3.1.

Este procedimiento posibilita la obtención de dos puntos C sobre cada parte de las 36. El punto intermedio que correspondería a la curva intersección de la superficie con el plano vertical que pasa por A y por el punto cuya altura se está buscando, se obtendrá por interpolación una vez obtenido el ángulo en proyección horizontal que corresponde a dicho plano.

Para ello se obtendrán las coordenadas polares del punto a determinar en altura. Ello permitirá por un lado considerarle dentro o fuera de la zona globalmente y dentro o fuera de la parte (del total de 36) específica utilizando la coordenada angular (figura 2-2-3-8).

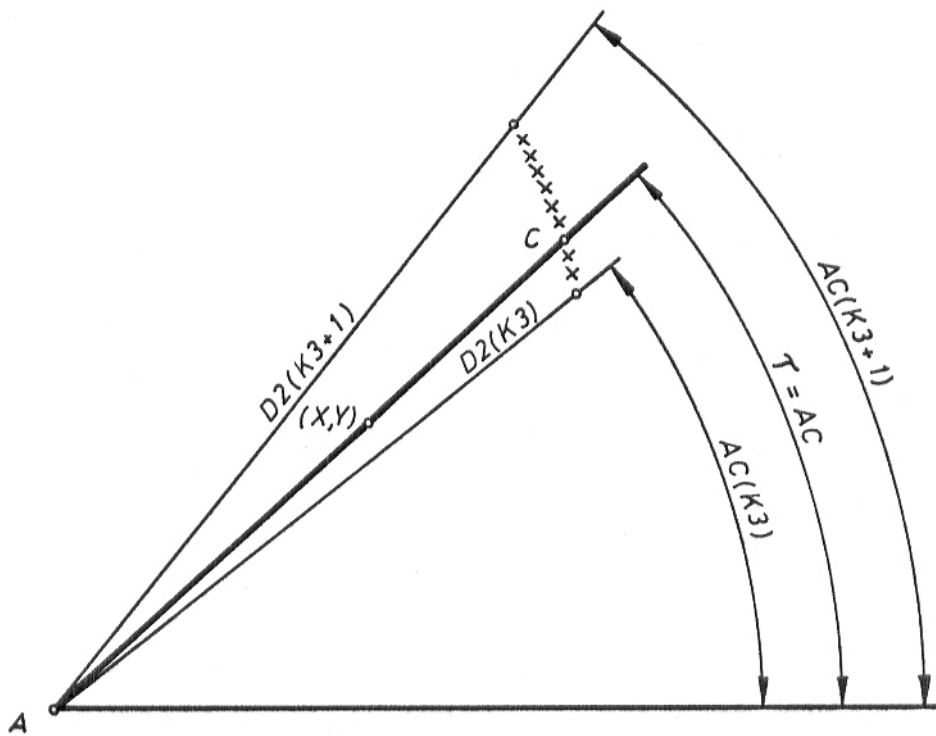


Figura 2-2-3-8

Como se puede observar, los ejes coordenados que se utilizan son coincidentes en el punto A y la horizontal que pasa por A es la que tendría coordenada angular $t = 0$, considerando los ángulos a partir de esta horizontal en el sentido antihorario.

La diferencia angular entre t y DC (ángulo menor que lo engloba), comparada con los 10° de diferencia angular entre CC y DC, sirve de proporción para obtener la distancia CA de la curva en proyección horizontal, así como su altura en C que se utilizará en el cálculo con la de A y la de B que luego veremos. Este procedimiento queda explícito en las instrucciones 1195 a 1290 del programa TOPOGRÁFICO.

Con los puntos ladera se actúa de igual modo. En primer lugar, se encuentra sobre cada ángulo de 10° en 10° en proyección horizontal la distancia horizontal que separa los puntos B del punto A asignándoles un valor que resulta de aplicar la espiral de Arquímedes a cada tramo comprendido entre dos puntos de ladera contiguos (figura 2-2-3-9).

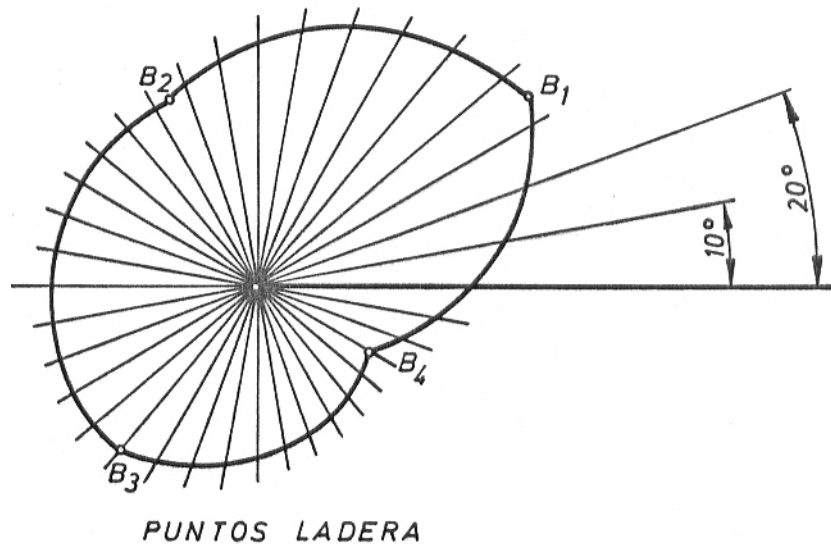


Figura 2-2-3-9

Posteriormente se procede a una interpolación para obtener sobre la curva la distancia horizontal que corresponde al punto B de dicha curva, para por último determinar también su altura por interpolación entre las alturas de los puntos B correspondientes a los planos que limitan el trozo de superficie.

Para esto se deben de haber calculado previamente los puntos. El procedimiento es el mismo que el utilizado para los puntos pie, es decir, un reparto radial de las distancias horizontales desde estos puntos al punto A para grados incrementados de 10° en 10° con respecto a la horizontal mediante la espiral de Arquímedes, y un reparto proporcional también a la diferencia angular en cuanto a las alturas.

Este reparto puede visualizarse en el programa TOPOGRÁFICO, instrucciones 1090 a la 1190 y gráficamente en la figura 2-2-3-10 en la que puede observarse que el tratamiento es análogo al de los puntos C (figura 2-2-3-8).

Cuando tenemos dentro del plano vertical que pasa por el punto cuya altura se desea obtener, los tres puntos principales, es cuando podemos utilizar el proceso analítico descrito en la primera parte de este apartado según la figura 2-2-3-3 vista con anterioridad.

En las instrucciones que van desde la línea 6000 a 6240 puede observarse la aplicación de este modelo que no es más que la adaptación correspondiente al programa VALLECUSPIDE.

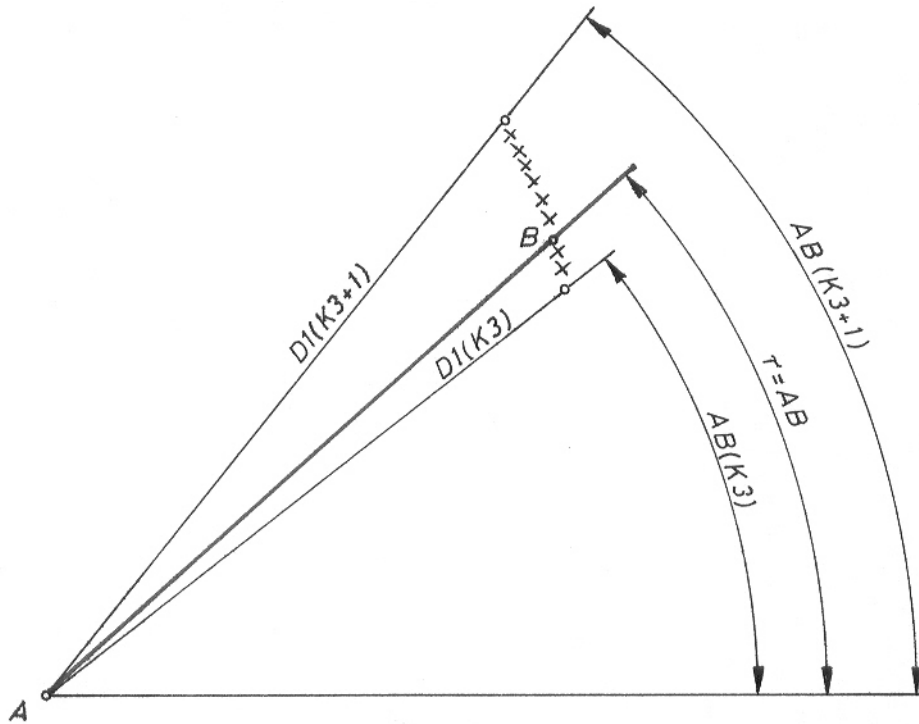


Figura 2-2-3-10

Prever las restricciones en cuanto a la definición de los puntos en apartado 2-2-12, así como el cambio de variables para adaptar la realidad al modelo.

Prever también el hecho de que se abarca toda la zona mediante un margen de seguridad para que no se pierda ningún vértice de la malla.

Prever la conversión de programa a tratamiento de grados centesimales.

2.2.4 - PUNTOS VALLE

Consideraremos puntos valle a todos aquéllos de coordenadas $X(I,J)$, $Y(I,J)$ y $Z(I,J)$ que se encuentren dentro de la zona de influencia de ese nombre. Esta zona está compuesta por un punto de altura inferior a los que le rodean.

Tratamiento de los puntos valle aislado:

Consideremos una sección vertical de una superficie de este tipo (figura 2-2-4-1). Al igual que en los puntos cúspide aislada, diferenciaremos tres tipos de puntos principales en estas zonas, a saber:

- Puntos A
- Puntos B
- Puntos C

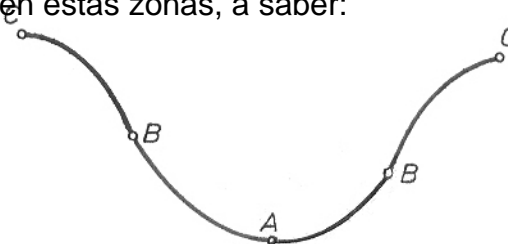


FIGURA 2-2-4-1

El punto A será el más bajo de la superficie, y por lo tanto de cualquier sección vertical que pase por él.

Los puntos B serán puntos de la ladera cuyas características coinciden con los utilizados como ladera en las zonas cúspide.

Los puntos C son los puntos que están junto al borde donde la tangente es horizontal y nos servirán al mismo tiempo de límite de estas zonas una vez tratados convenientemente.

Consideraremos también en este caso toda la zona dividida en 36 partes, que son las que se obtienen al cortar la superficie por planos verticales que pasan por el punto A y que difieren entre ellos por su posición pues van variando de 10° en 10° hasta completar los 360° de la circunferencia (figura 2-2-4-2).

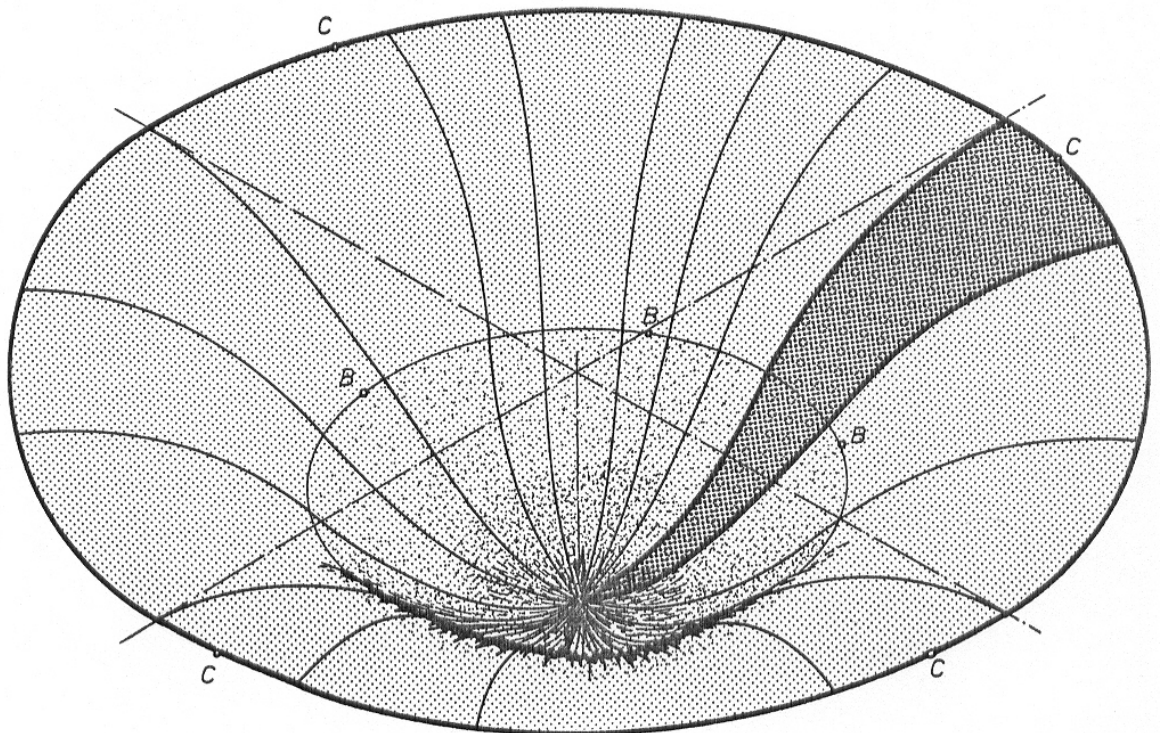


Figura 2-2-4-2

Para cada una de estas zonas la superficie estará compuesta por líneas curvas planas verticales, que contendrán al punto A, a un punto B y a un punto C que determinaremos previamente a partir de los datos de entrada.

Puesto que el sistema para obtener las alturas de los puntos de la malla que están dentro de este entorno, es el mismo que el utilizado para las cúspides, vamos a proceder a su exposición sin extendernos en el modelo utilizado una vez introducidos los puntos.

La forma de la curva que contiene un punto del que nos interesa su altura será la que se indica en la figura 2-2-4-3.

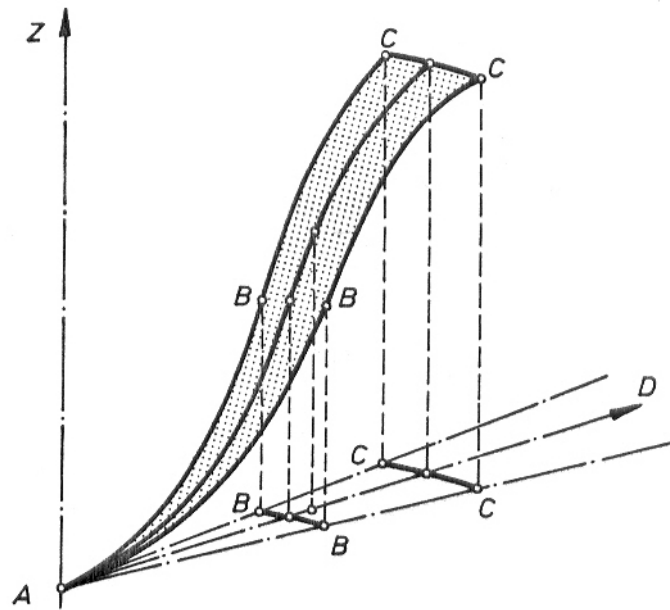


Figura 2-2-4-3

Podemos hacer también un cambio de coordenadas de iguales características que el utilizado para los puntos cúspide, con lo que la figura que expresará con más claridad la nueva posición de la curva con respecto a esos ejes será la figura 2-2-4-4.

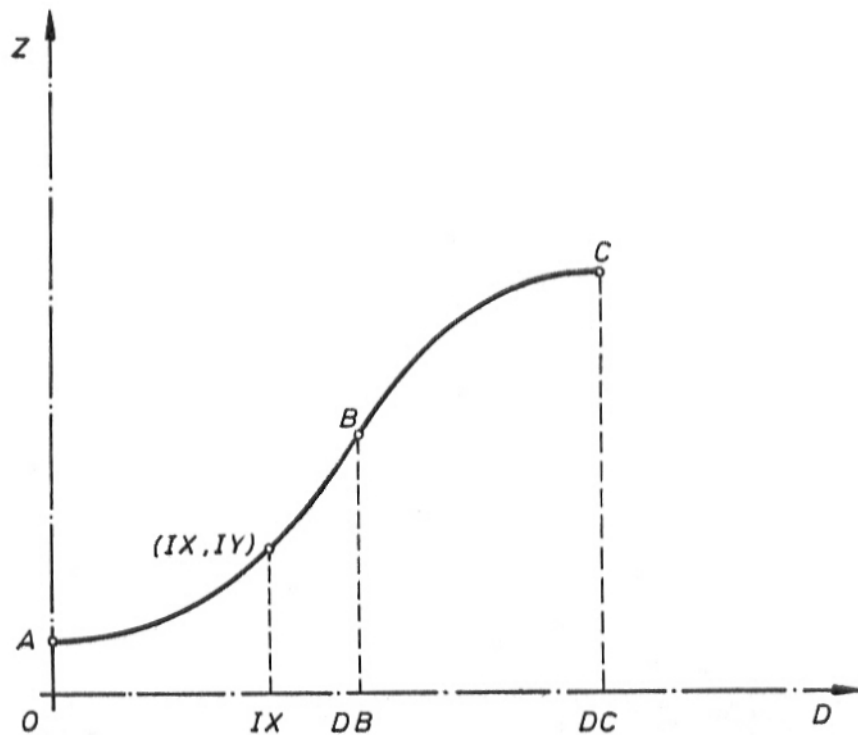


Figura 2-2-4-4

Las condiciones de contorno a aplicar a esta curva serán:

- 1) En los puntos A debe haber un mínimo en la superficie y por lo tanto en la curva.
- 2) En el punto B debe cumplirse la ecuación (debe pasar por él).
- 3) En el punto C debe haber un máximo en la curva.

Estas condiciones únicamente difieren de las de la cúspide en cuanto a la consideración de máximo o mínimo para los puntos A y C, por lo que no tienen reflejo distinto en cuanto a la forma de conseguir el trazado de la curva, ya que sólo utilizamos para considerar máximo o mínimo la primera derivada, que en ambos casos es igual a cero.

Consideraremos pues la curva formada por dos tramos, uno para abscisas entre valores 0 y DB (curva que va desde A hasta B) y el otro para abscisas que van desde DB hasta DC (curva que va desde B hasta C) siendo ambas curvas funciones de X, y en ambos casos de tercer grado, es decir, de la forma:

$$AX^3 + BX^2 + CS + D = Y$$

También en este caso podemos dar a la tangente en B la dirección AC por lo que podemos utilizar los mismos algoritmos que ya hemos utilizado para las cúspides. Véanse los resultados obtenidos a través del programa VALLECUSPIDE (figuras 2-2-4-5-a, 2-2-4-5-b y 2-2-4-5-c)

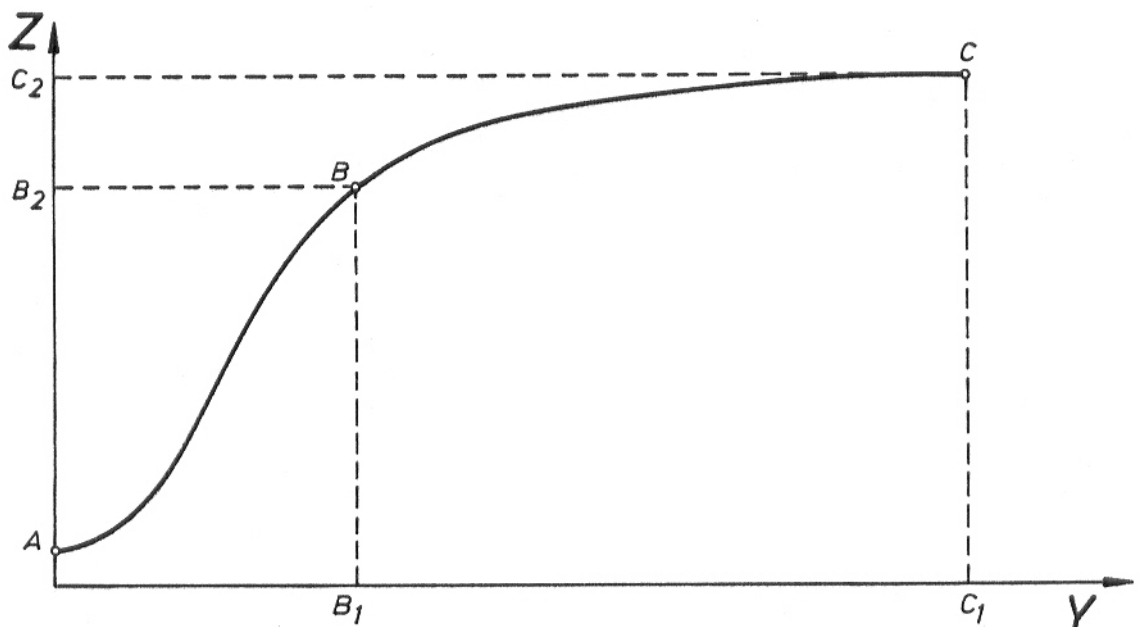


Figura 2-2-4-5-a

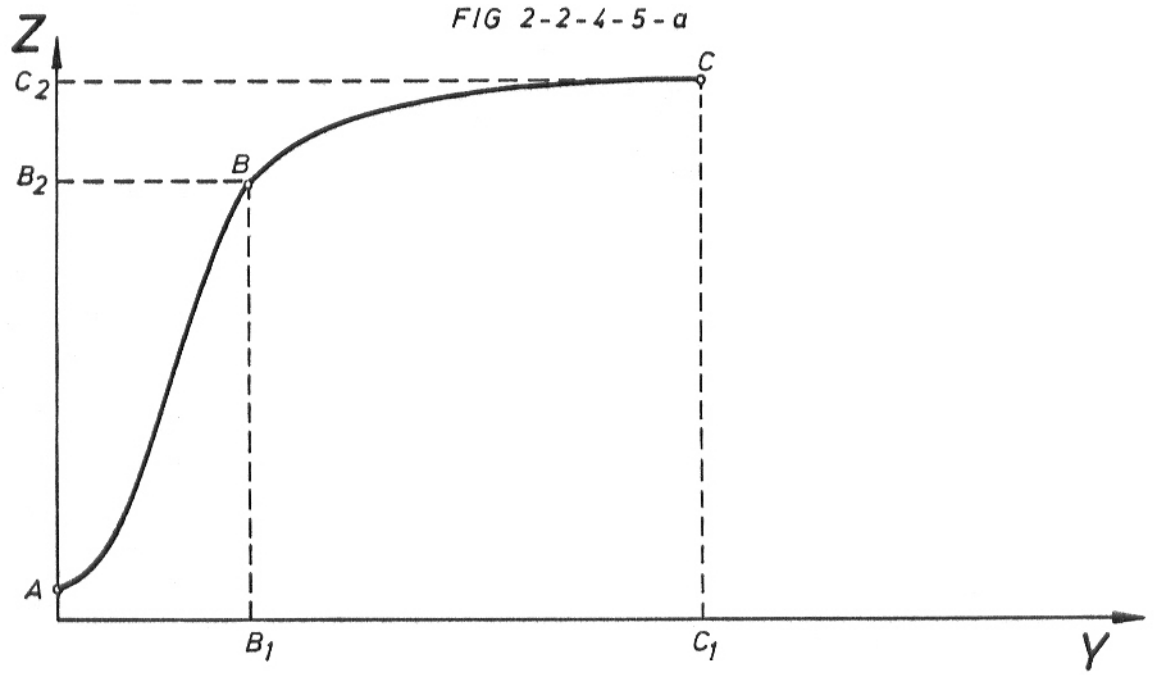


Figura 2-2-4-5-b

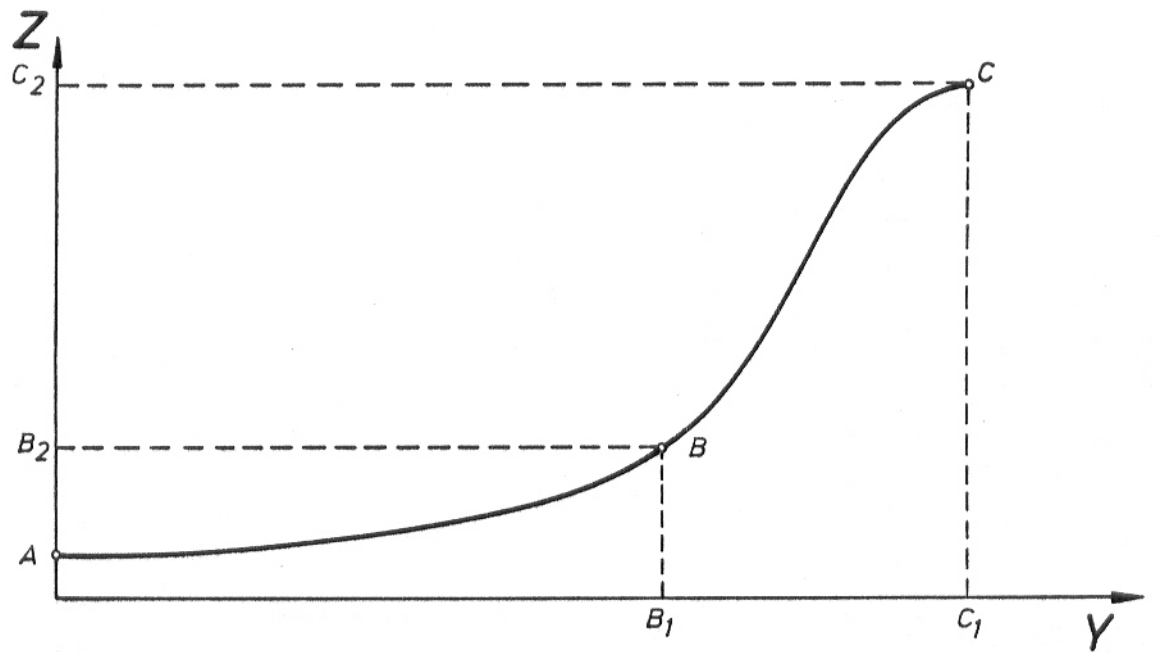


Figura 2-2-4-5-c

2.2.5 - PUNTOS MESETA

Tendrán esta consideración todos aquéllos de coordenadas $X(I,J)$, $Y(I,J)$, $Z(I,J)$ que se encuentren dentro de la zona de influencia de ese nombre. Esta zona está compuesta por un terreno sensiblemente plano y poco accidentado, al que rodea una ladera descendente hacia el exterior.

Tratamiento de los puntos meseta:

Consideremos una sección vertical de una superficie de este tipo (figura 2-2-5-1).

En esta zona también consideraremos tres tipos de puntos principales según se indica en la sección antes aludida.

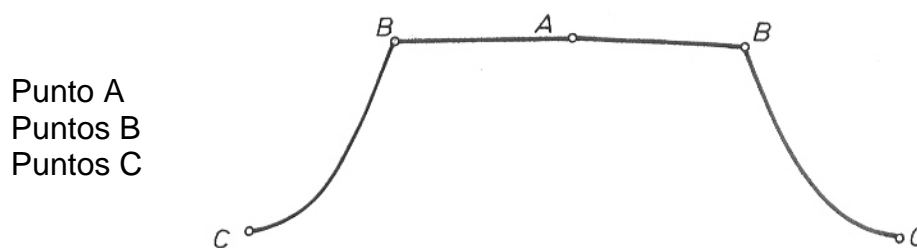


FIGURA 2-2-5-1

El punto A será un punto del interior de la meseta considerado como de altura promedio.

Los puntos B son los que servirán para delimitar la zona plana o casi plana a partir de la cual comienzan a disminuir las alturas al movernos hacia el exterior.

Los puntos C son los que determinarán el límite de influencia de estas zonas, por lo tanto serían los puntos de la ladera en la meseta.

Consideraremos estas superficies divididas mediante planos verticales que pasan por el punto A que debe elegirse adecuadamente, en 36 zonas que corresponderán cada una de ellas a un ángulo de abertura de 10° tal como indica la figura 2-2-5-2.

Cada una de las 36 zonas estaría compuesta por un punto A, dos puntos b y dos puntos C, que se determinarán de igual modo que los puntos B y C correspondientes a cúspides o valles, por lo que en esta parte pueden utilizarse los mismos algoritmos para hallarlos. La forma de la superficie sería la que indica la figura 2-2-5-3.

A partir de esos 5 puntos se generará la superficie por curvas verticales que resultarán de la interpolación entre las dos curvas extremas separadas 10° de abertura en proyección horizontal como puede observarse en la figura 2-2-5-4.

Esta interpolación no será lineal, sino que será siguiendo también en planta la espiral de Arquímedes que pasa por los puntos extremos. En cuanto a su

altura también se obtendrá por interpolación en función del ángulo que separa los planos verticales que contienen las curvas.

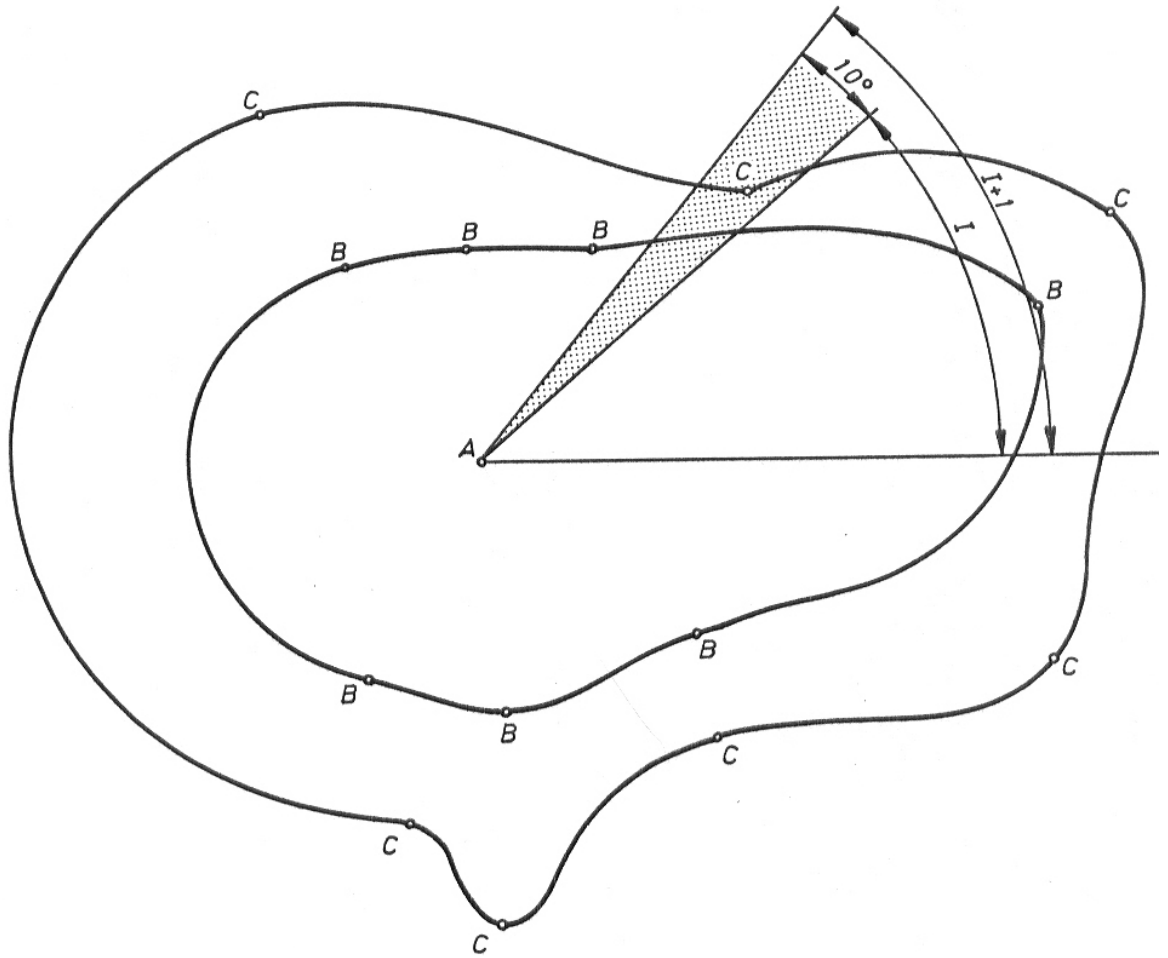


Figura 2-2-5-2

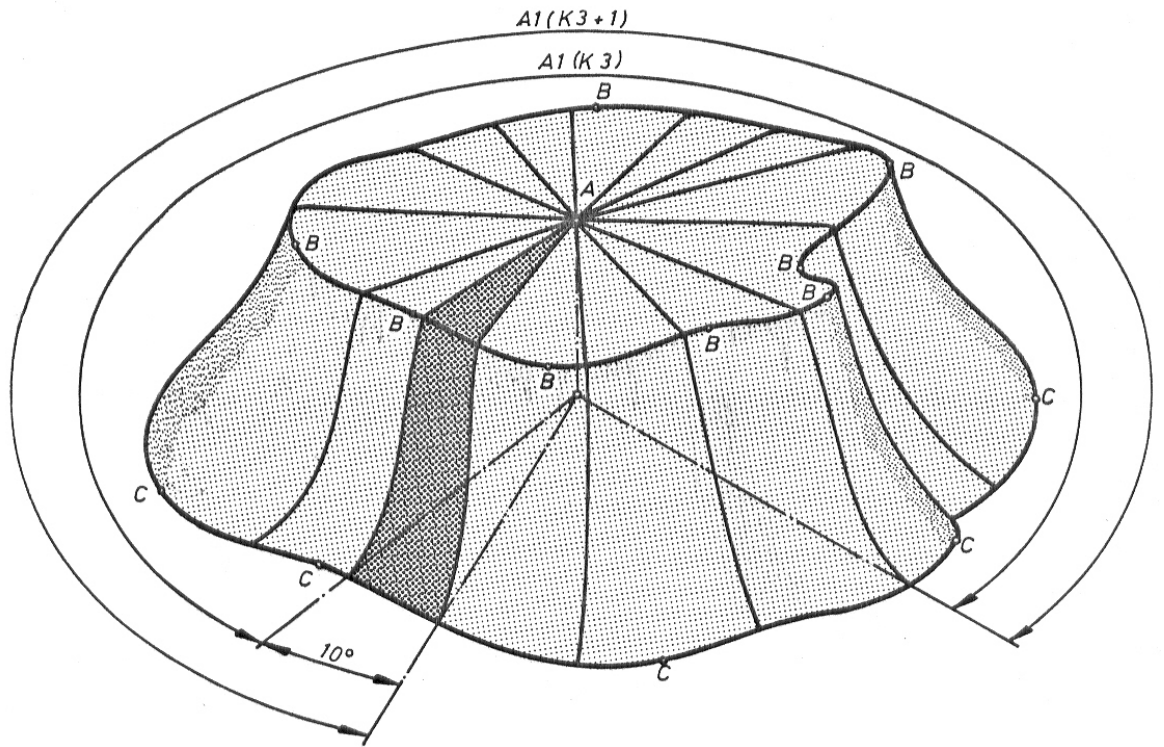


Figura 2-2-5-3

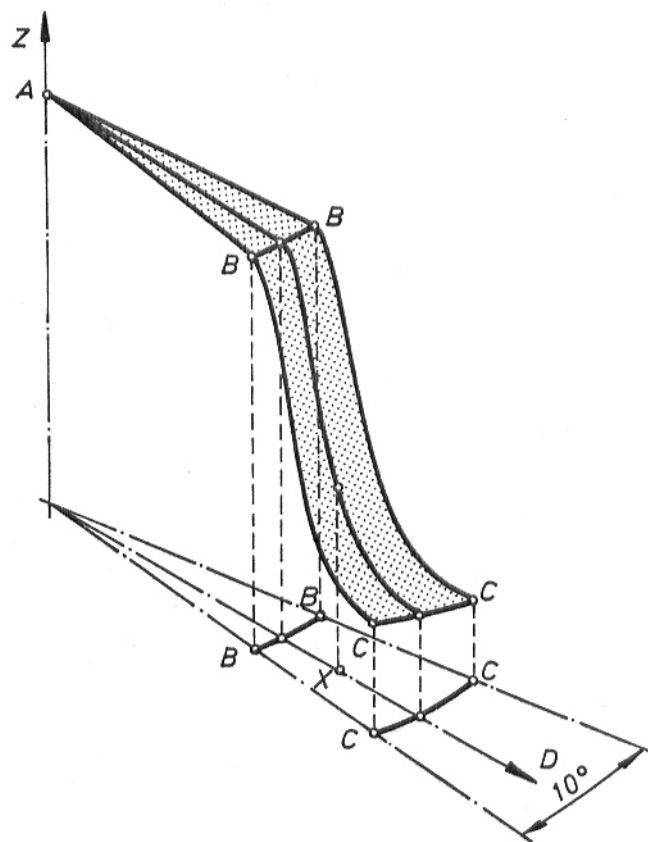


Figura 2-2-5-4

Por comodidad trabajaremos en el plano vertical que contiene la curva con lo que desaparecerá la tercera dimensión y utilizaremos sólo dos ejes:

- Eje vertical Y que pasará por el punto A .
- Eje horizontal X que pasará por el plano de referencia.

Las coordenadas Y de los puntos serán coordenadas Z de la malla.

Las coordenadas X serán las distancias en proyección horizontal entre el punto A y el punto en cuestión, por lo que el gráfico que correspondería a la curva sería el de la figura 2-2-5-5.

Las condiciones de contorno que vamos a imponer a esta curva serán:

- 1) En los puntos A la curva debe ser horizontal.
- 2) En el punto B la curva también debe ser horizontal (al menos en la parte que va hacia A).
- 3) En el punto C la curva debe tener un mínimo.

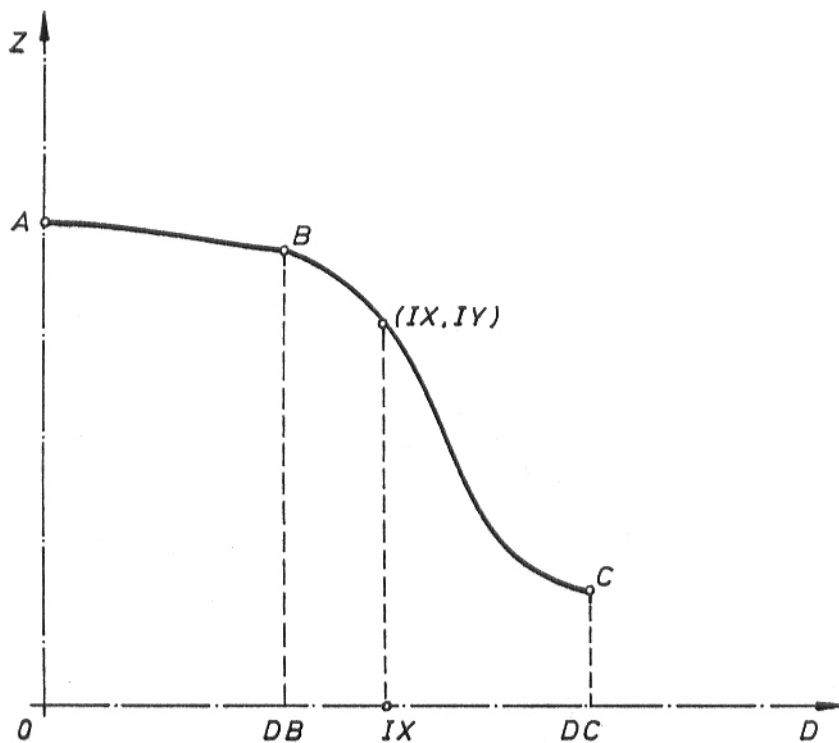


FIGURA 2-2-5-5

Dado que con las cúspides y los valles hemos podido cumplir todos los requisitos a base de dos tramos, que respondían a ecuaciones de tercer grado en función de X (distancia en este caso en proyección horizontal hasta el punto A proyectado), vamos a probar si este tipo de curva también cumple los requisitos en esta ocasión.

Debe cumplirse en el primer tramo:

$y=f(x)$ en el punto A Debe pasar por el punto
 $y=f(x)$ en el punto B Debe pasar por el punto
 $f'(x)=0$ en el punto A Pendiente horizontal en el punto A
 $f'(x)=0$ en el punto B Pendiente horizontal en el punto B

En la segunda curva debe cumplirse:

$y=f(x)$ en el punto B Debe pasar por el punto
 $y=f(x)$ en el punto C Debe pasar por el punto
 $f'(x)=0$ en el punto C Mínimo en el punto C

En cuanto a la última condición podrían ser varias las que cumplieran más o menos satisfactoriamente con el modelo que nos interesa crear.

Una condición podría ser la de utilizar una pendiente distinta a la que determina el tramo anterior, con la consiguiente discontinuidad, y otra, la de mantener la misma pendiente (horizontal) que en el primer tramo.

La primera condición tiene a su vez varias posibilidades puesto que habría que dar un valor a la pendiente en B que fuese dependiente de los puntos A y C o incluso también de B.

Veamos el aspecto que tendrían las curvas con algunas de estas condiciones:

- Valor de la pendiente igual a la del segmento AC (figura 2-2-5-6)

$$f'(x) = (C2 - A2) / (C1 - A1)$$

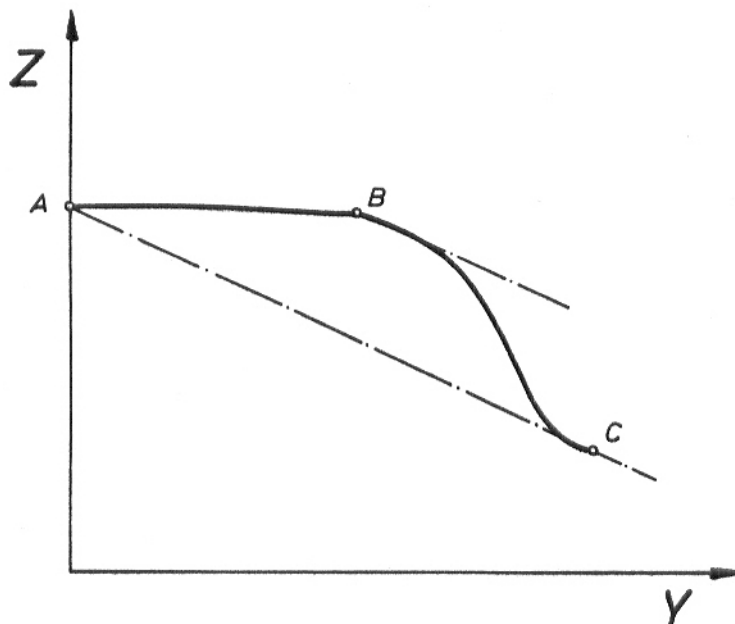


Figura 2-2-5-6

- Valor de la pendiente igual al doble de la del segmento AC (figura 2-2-5-7)

$$f'(x) = [(C2 - A2) / (C1 - A1)] * 2$$

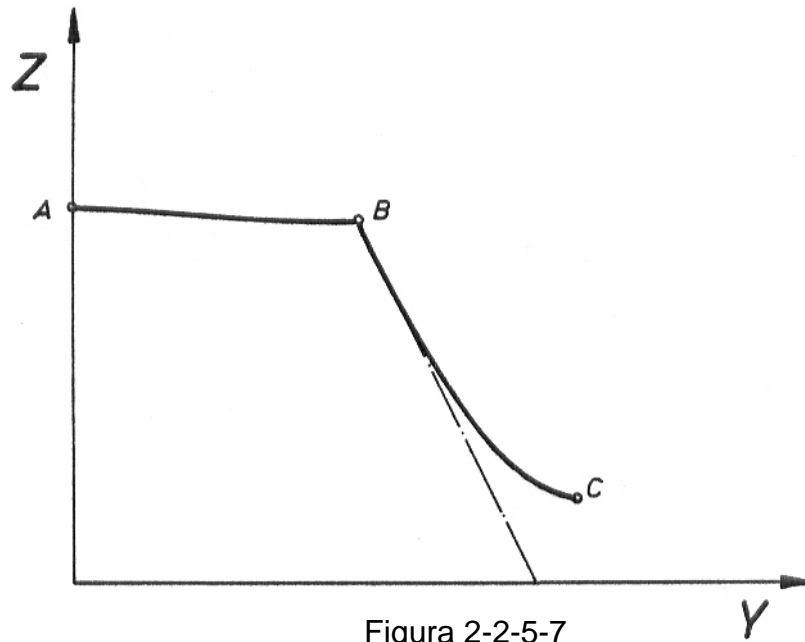


Figura 2-2-5-7

- Valor de la pendiente igual a la del segmento BC (figura 2-2-5-8)

$$f'(x) = (C_2 - B_2) / (C_1 - B_1)$$

Todos estos aspectos son satisfactorios, por lo que se podrían haber adoptado perfectamente.

Sin embargo la segunda opción tiene el aspecto visual que indican las figuras 2-2-5-9 y 2-2-5-10, y de cara a una información no exhaustiva (como la de los vértices de la malla), hay menos riesgo de pérdida de puntos elevados que en las anteriores.

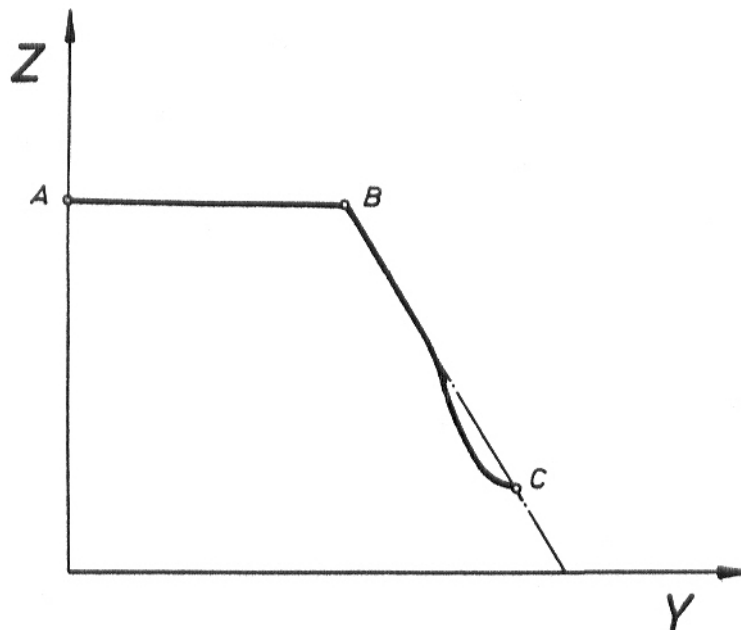


Figura 2-2-5-8

Por esto se ha utilizado como condición para el punto B en el segundo tramo la tangente horizontal, que también era la condición que le imponíamos en el primer tramo.

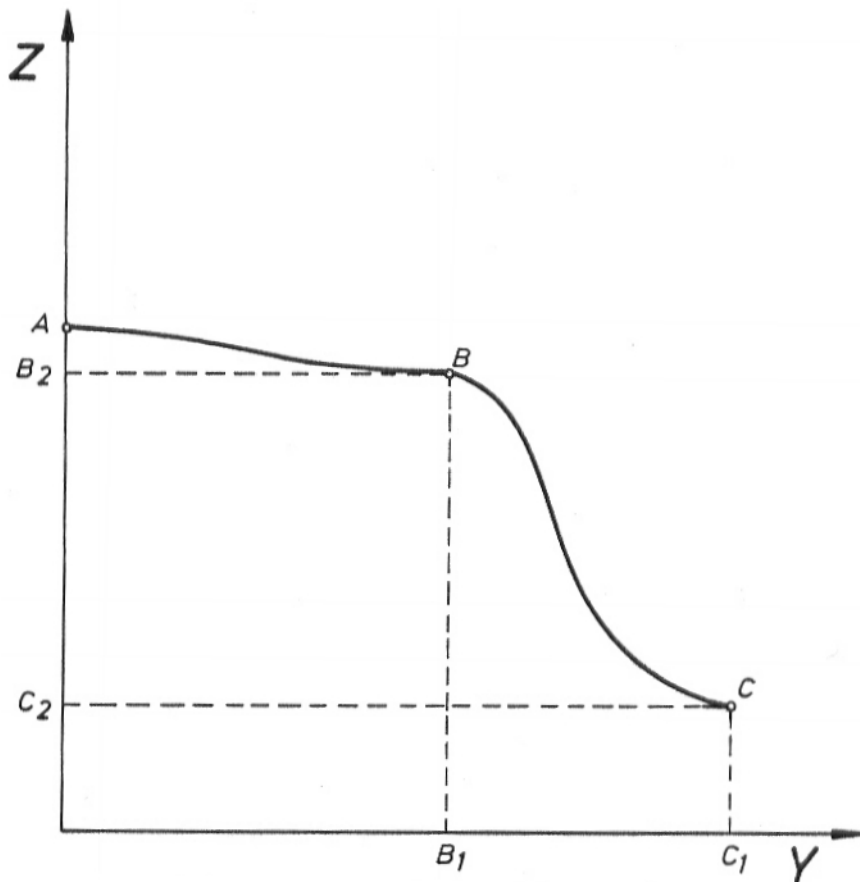


Figura 2-2-5-9

Antes de pasar a la condición de forma analítica es conveniente señalar que para la creación del modelo de esta zona también se pensó previamente en utilizar puntos ladera como en las cúspides y valles con los resultados que se pueden observar en las figuras 2-2-5-11 y 2-2-5-12 obtenidas mediante el programa PERCRATMES que se adjunta al final de este punto.

Puesto que la aportación que se hace en cuanto al modelo anterior, en el que se prescinde de los puntos ladera, es tan pequeña, se ha considerado que no merecía la pena ya que los resultados son casi idénticos.

El programa con el que se han conseguido los resultados anteriores es el denominado MESETACRATER, que también se aporta junto al anteriormente mencionado.

Las ecuaciones por las que se obtienen las dos curvas son:

Primer tramo:

$$A2 = A(A1)^3 + B(A1)^2 + C(A1) + D$$

$$B2 = A(B1)^3 + B(B1)^2 + C(B1) + D$$

$$f'(x) = 0 \rightarrow 3 * A * (A1)^2 + 2 * B * (A1) + C = 0$$

$$f'(x) = 0 \rightarrow 3 * A * (B1)^2 + 2 * B * (B1) + C = 0$$

Situadas de forma ordenada estas ecuaciones quedan:

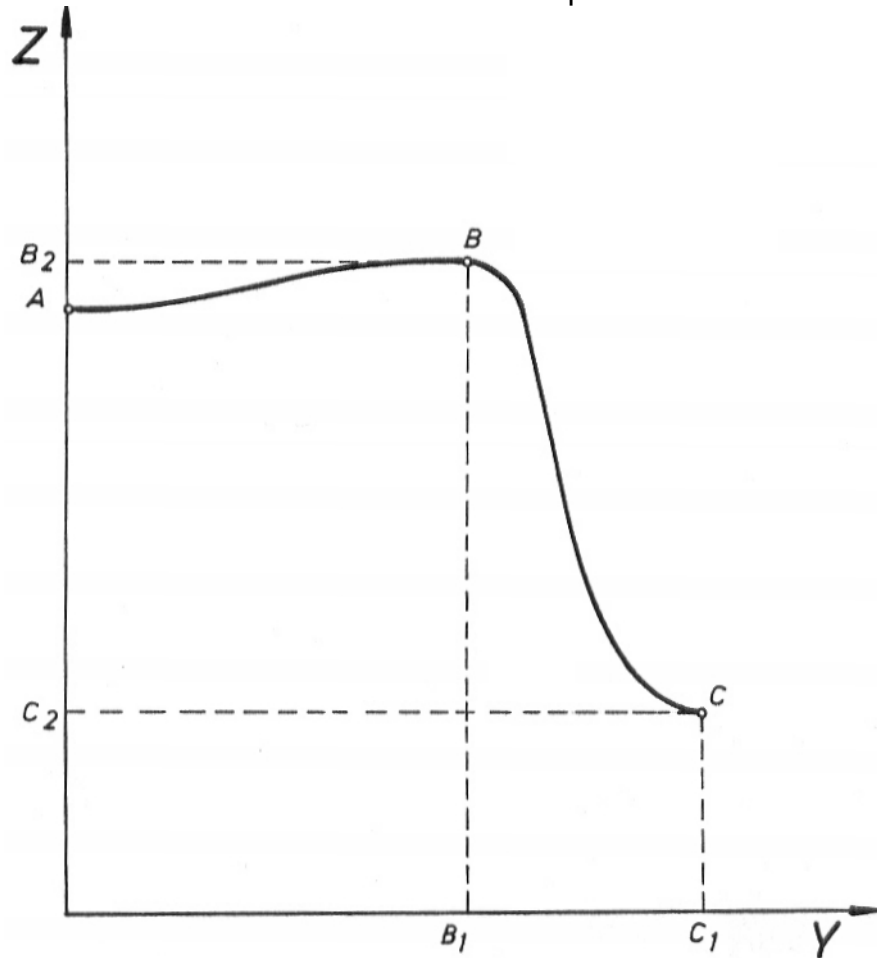


Figura 2-2-5-10

$$A[(A1)^3] + B[(A1)^2] + C[(A1)] = [(A2 - D)]$$

$$A[(B1)^3] + B[(B1)^2] + C[(B1)] = [(B2 - D)]$$

$$A[3 * (A1)^2] + B[2 * (A1)] + C[1] = 0$$

$$A[3 * (B1)^2] + B[2 * (B1)] + C[1] = 0$$

En los programas, las coordenadas de los puntos han sido para evitar confusiones: (A(R1,R2), B(S1,S2) y C(T1,T2).

Segundo tramo:

$$B2 = A(B1)^3 + B(B1)^2 + C(B1) + D$$

$$C2 = A(C1)^3 + B(C1)^2 + C(C1) + D$$

$$3 * A * (B1)^2 + 2 * B * (B1) + C = 0$$

$$3 * A * (C1)^2 + 2 * B * (C1) + C = 0$$

que ordenadas quedan:

$$A[(B1)^3] + B[(B1)^2] + C[(B1)] = [(B2 - D)]$$

$$A[(C1)^3] + B[(C1)^2] + C[(C1)] = [(C2 - D)]$$

$$A[3 * (B1)^2] + B[2 * (B1)] + C[1] = [0]$$

$$A[3 * (C1)^2] + B[2 * (C1)] + C[1] = [0]$$

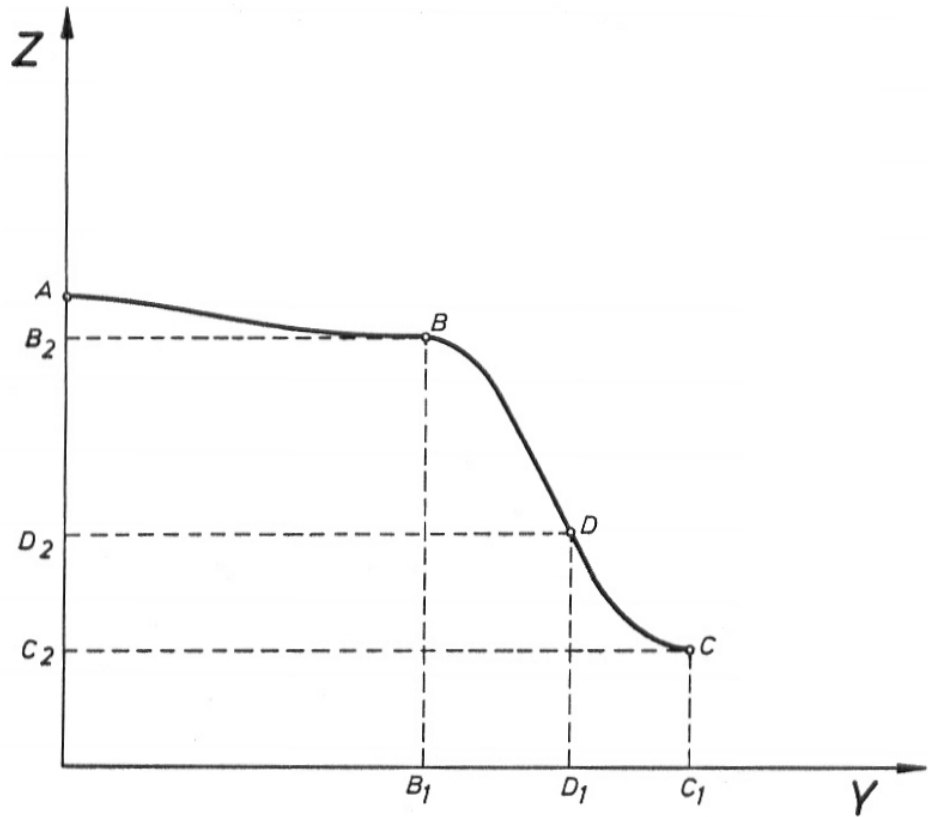


FIGURA 2-2-5-11

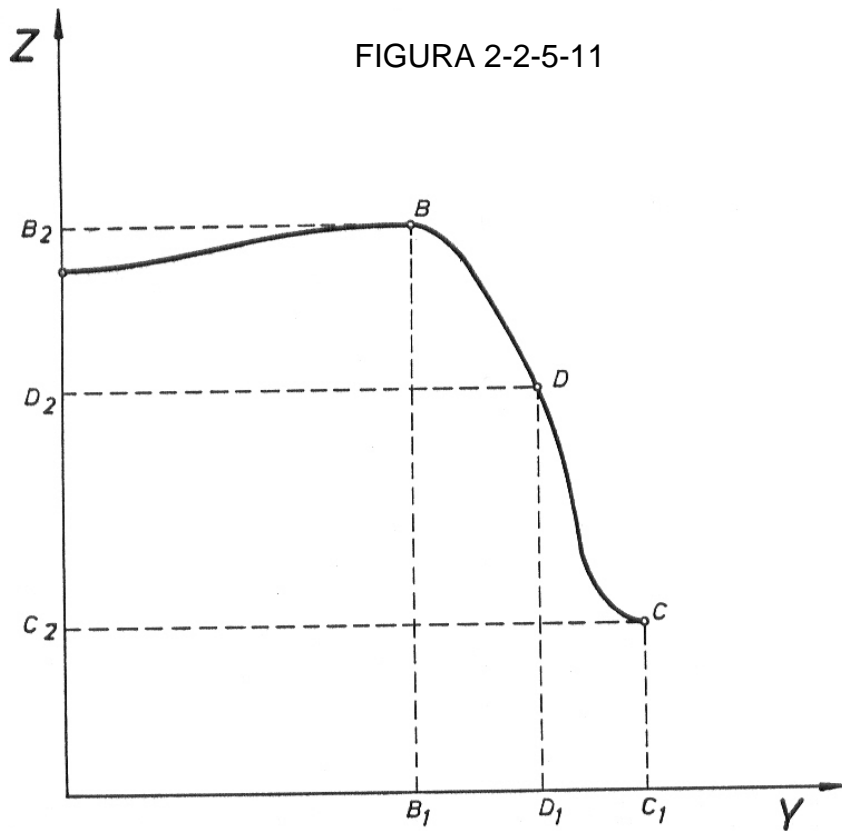


FIGURA 2-2-5-12

PROGRAMA PERCRATMES

```

2  REMPROGRAMA QUE DIBUJA LA CURVA TIPO MESETA O CRATER A PARTIR
   DE UN PUNTO CENTRAL, UNPUNTO LADERA Y DOS PUNTOS BORDES
4  REMLA DIRECCION DE LA TANGENTE EN LOS PUNTOS ES HORIZONTAL
   EXCEPTO EN LA LADERA
5  PRINTCHR$(6):GRAPHI1,C,I2,C
20 PRINT"ENTRAR ORDENADAMENTE LAS DOS COORDENADAS DE LOS TRES PUNTOS
   EMPEZANDO POR EL DE ABCISA 0"
30 INPUTR1,R2,S1,S2,T1,T2,V1,V2:GOTO500
140 W=A1*B2*C3+A2*B3*C1+B1*C2*A3-A3*B2*C1-B1*A2*C3-A1*C2*B3
150 IFW=0THENPRINT"EL DETERMINANTE ES IGUAL A 0":END
160 X=(A4*B2*C3+A2*B3*C4+B4*C2*A3-A3*B2*C4-B4*A2*C3-A4*C2*B3)/W
170 Y=(A1*B4*C3+A4*B3*C1+B1*C4*A3-A3*B4*C1-B1*A4*C3-A1*C4*B3)/W
180 Z=(A1*B2*C4+A2*B4*C1+B1*C2*A4-A4*B2*C1-B1*A2*C4-A1*C2*B4)/W
220 RETURN
310 LINES1-2+100,130-S2,S1+3+100,130-S2:LINES1+100,130-S2+2,
   S1+100,130-S2-3
320 LINER1-2+100,130-R2,R1+3+100,130-R2:LINER1+100,130-R2+2,
   R1+100,130-R2-3
330 LINET1-2+100,130-T2,T1+3+100,130-T2:LINET1+100,130-T2+2,
   T1+100,130-T2-3
335 LINEV1-2+100,130-V2,V1+3+100,130-V2:LINEV1+100,130-V2+2,
   V1+100,130-V2-3
340 LINE100,130,100,1:LINE100,130,319,130:RETURN
500 GRAPHI2,C,Q2:GOSUB310
505 A1=((R1^3)-(S1^3)):A2=((R1^2)-(S1^2)):A3=R1-S1:A4=R2-S2
510 B1=(S1^2)*3:B2=2*S1:B3=1:B4=0
520 C1=(R1^2)*3:C2=R1*2:C3=1:C4=0:GOSUB140
532 WW=R2-X*(R1^3)-Y*(R1^2)-Z*R1
534 FOR IX=R1TOS1
540 IY=INT(X*(IX^3)+Y*(IX^2)+Z*IX+WW)
550 IF((IX+100)<=0)+((130-IY)<=0)GOTO570
560 SETIX+100,130-IY
570 NEXT
580 A1=((S1^3)-(T1^3)):A2=((S1^2)-(T1^2)):A3=S1-T1:A4=S2-T2
590 B1=(S1^2)*3:B2=2*S1:B3=1:B4=0
600 C1=(T1^2)*3:C2=T1*2:C3=1:C4=(V2-S2)/(V1-R1):GOSUB140
630 WW=T2-X*(T1^3)-Y*(T1^2)-Z*T1
650 FOR IX=S1TOT1
660 IY=INT(X*(IX^3)+Y*(IX^2)+Z*IX+WW)
670 IF((IX+100)<=0)+((130-IY)<=0)GOTO690
680 SETIX+100,130-IY
690 NEXT:PRINTCHR$(6)
700 A1=((T1^3)-(V1^3)):A2=((T1^2)-(V1^2)):A3=T1-V1:A4=T2-V2
710 B1=(V1^2)*3:B2=2*V1:B3=1:B4=0
720 C1=(T1^2)*3:C2=T1*2:C3=1:C4=(V2-S2)/(V1-S1):GOSUB140
740 WW=V2-X*(V1^3)-Y*(V1^2)-Z*V1
750 FOR IX=T1TOV1
760 IY=INT(X*(IX^3)+Y*(IX^2)+Z*IX+WW)
770 IF((IX+100)<=0)+((130-IY)<=0)GOTO790
780 SETIX+100,130-IY
790 NEXT:PRINTCHR$(6)
1000 D$=" DATOS (" +STR$(R1)+"," +STR$(R2)+") (" +STR$(S1)+"," +
   STR$(S2)+") (" +STR$(T1)+"," +STR$(T2)+") (" +STR$(V1)+"," +STR$(V2)+") "
1010 PRINT"PRINT/P";D$:END

```

PROGRAMA PERCRATMES

PROGRAMA MESETACRATER

```
2 REMPROGRAMA QUE DIBUJA LA CURVA TIPO MESETA O CRATER
  A PARTIR DE UN PUNTO CENTRAL Y DOS PUNTOS BORDES
4 REMLA DIRECCION DE LA TANGENTE EN LOSTRES PUNTOS ES HORIZONTAL
5 PRINTCHR$(6):GRAPHI1,C,I2,C
20 PRINT"ENTRAR ORDENADAMENTE LAS DOS COORDENADAS DE LOS TRES PUNTOS
  EMPEZANDO POR EL DE ABCISA 0"
30 INPUT R1,R2,S1,S2,T1,T2:GOTO500
140 W=A1*B2*C3+A2*B3*C1+B1*C2*A3-A3*B2*C1-B1*A2*C3-A1*C2*B3
150 IFW=0THENPRINT"EL DETERMINANTE ES IGUAL A 0":END
160 X=(A4*B2*C3+A2*B3*C4+B4*C2*A3-A3*B2*C4-B4*A2*C3-A4*C2*B3)/W
170 Y=(A1*B4*C3+A4*B3*C1+B1*C4*A3-A3*B4*C1-B1*A4*C3-A1*C4*B3)/W
180 Z=(A1*B2*C4+A2*B4*C1+B1*C2*A4-A4*B2*C1-B1*A2*C4-A1*C2*B4)/W
190 REM PRINT(INT(X*100))/100
200 REM PRINT(INT(Y*100))/100
210 REM PRINT(INT(Z*100))/100
220 RETURN
310 LINES1-2+100,130-S2,S1+3+100,130-S2:LINES1+100,130-S2+2,
S1+100,130-S2-3
320 LINER1-2+100,130-R2,R1+3+100,130-R2:LINER1+100,130-R2+2,
R1+100,130-R2-3
330 LINET1-2+100,130-T2,T1+3+100,130-T2:LINET1+100,130-T2+2,
T1+100,130-T2-3
340 LINE100,130,100,1:LINE100,130,319,130
345 RETURN
500 GRAPHI2,C,D2:GOSUB310
505 A1=((R1^3)-(S1^3)):A2=((R1^2)-(S1^2)):A3=R1-S1:A4=R2-S2
510 B1=(S1^2)*3:B2=2*S1:B3=1:B4=0
520 C1=(R1^2)*3:C2=R1*2:C3=1:C4=0
530 GOSUB 140
532 WW=R2-X*(R1^3)-Y*(R1^2)-Z*R1
534 FOR IX=R1TOS1
540 IY=INT(X*(IX^3)+Y*(IX^2)+Z*IX+WW)
550 IF((IX+100)<=0)+((130-IY)<=0)GOTO570
560 SETIX+100,130-IY
570 NEXT
580 A1=((S1^3)-(T1^3)):A2=((S1^2)-(T1^2)):A3=S1-T1:A4=S2-T2
590 B1=(S1^2)*3:B2=2*S1:B3=1:B4=0
600 C1=(T1^2)*3:C2=T1*2:C3=1:C4=0
610 GOSUB 140
630 WW=S2-X*(S1^3)-Y*(S1^2)-Z*S1
650 FOR IX=S1TOT1
660 IY=INT(X*(IX^3)+Y*(IX^2)+Z*IX+WW)
670 IF((IX+100)<=0)+((130-IY)<=0)GOTO690
680 SETIX+100,130-IY
690 NEXT:PRINTCHR$(6)
700 D$=" DATOS (" +STR$(R1)+"," +STR$(R2)+") (" +STR$(S1)+"," +
STR$(S2)+") (" +STR$(T1)+"," +STR$(T2)+") "
710 PRINT"PRINT/F";D$
720 END
```

PROGRAMA MESETACRATER

En esta zona también es necesario como en las anteriores definir un modo de entrada para los puntos así como el tratamiento específico de las fronteras que nos permitirán decidir qué puntos están dentro y fuera de la zona.

En cuanto a la forma de entrada será interactiva por pantalla (en otros equipos podrá hacerse con digitalizados, lápiz óptico u otro sistema).

Primero entraremos el punto A, que será elegido de forma adecuada para que pueda abarcar toda la zona y su entrada se hará mediante sus tres coordenadas cartesianas, sin que sus dos primeras tengan por qué coincidir con los vértices de la malla.

Posteriormente entraremos los puntos borde superior, que serán un número no inferior a uno ni superior a nueve (puntos B).

Por último entraremos los puntos pie de meseta, que también podrán ser hasta nueve puntos C. No se ha considerado que fuesen más, pero podrían aumentarse caso de disponer de memoria suficiente.

La forma de entrada de estos últimos puntos, al igual que los anteriores, deberá hacerse de forma ordenada partiendo de la horizontal y siguiendo el sentido antihorario (figura 2-2-5-13).

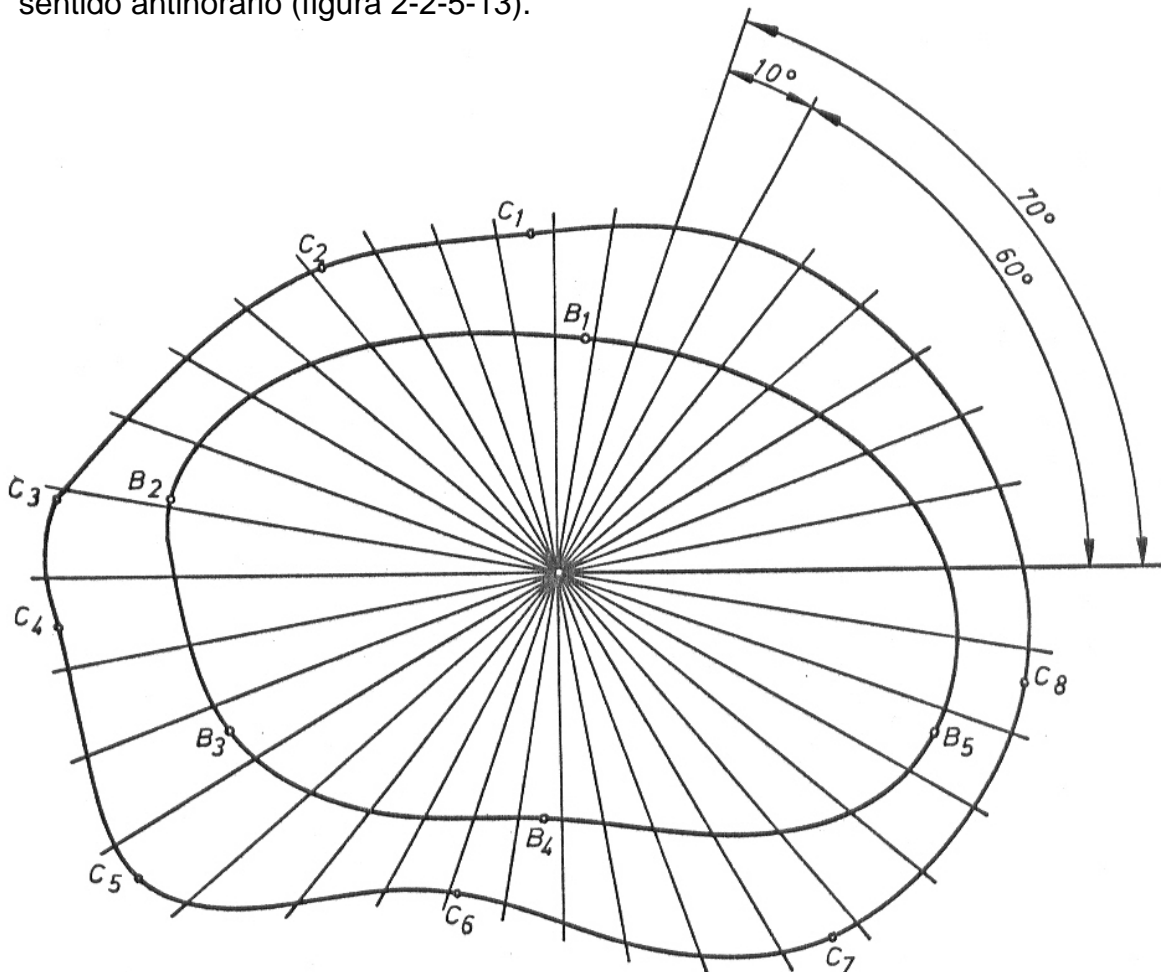


FIGURA 2-2-5-13

El procedimiento para encontrar la frontera será el mismo utilizado para los puntos cúspide y los puntos valle, es decir, la utilización de la espiral de Arquímedes que pasa por dos puntos del mismo tipo consecutivos. A pesar de que estas curvas son siempre convexas, al no ser la superficie continua, sino de información solamente en los vértices de la malla, la variación con respecto al modelo real en los puntos cuyo contorno es cóncavo, puede despreciarse.

Es importante resaltar que los puntos B no tienen por qué tener la misma altura en la definición de una meseta, así como tampoco los puntos C.

El algoritmo que se utiliza para determinar la frontera, es el mismo de cúspides y valles) instrucciones 1510 a 1740 del programa TOPOGRÁFICO apartado 3.1 de la SÍNTESIS).

2.2.6 - PUNTOS CRÁTER

Tendrán esta consideración todos aquéllos de coordenadas $X(I,J)$, $Y(I,J)$ y $Z(I,J)$ que se encuentren dentro de la zona de influencia de ese nombre. Esta zona está compuesta por un terreno sensiblemente plano y poco accidentado, a cuyo alrededor existe una ladera ascendente hacia el exterior.

Tratamiento de los puntos cráter:

Consideremos una sección vertical de una superficie de este tipo (figura 2-2-6-1).

Consideraremos para estas zonas tres tipos de puntos que se señalan:

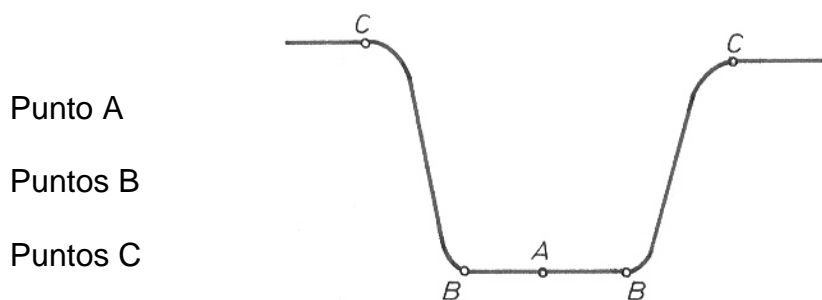


FIGURA 2-2-6-1

El punto A será un punto del interior del cráter considerado como de altura promedio de esa parte aproximadamente plana.

Los puntos B son los que servirán para delimitar la zona a partir de la cual comienzan a aumentar las alturas al movernos hacia el exterior.

Los puntos C son los que determinarán el límite de influencia de estas zonas, considerados como la frontera de la zona cráter.

Suponemos estas superficies divididas mediante planos verticales que pasan por el punto A, que deberá ser elegido de forma adecuada al igual que la meseta en 36 zonas que corresponderán cada una de ellas a un ángulo de abertura de 10° tal como indica la figura 2-2-6-2.

Cada una de las 36 zonas estará compuesta por un punto A, dos puntos B y dos puntos C, que se determinarán de igual modo que los puntos B y C correspondientes a las cúspides, valles y mesetas, por lo que los algoritmos usados serán los mismos. La forma de este tipo de superficies es la que refleja la figura 2-2-6-3.

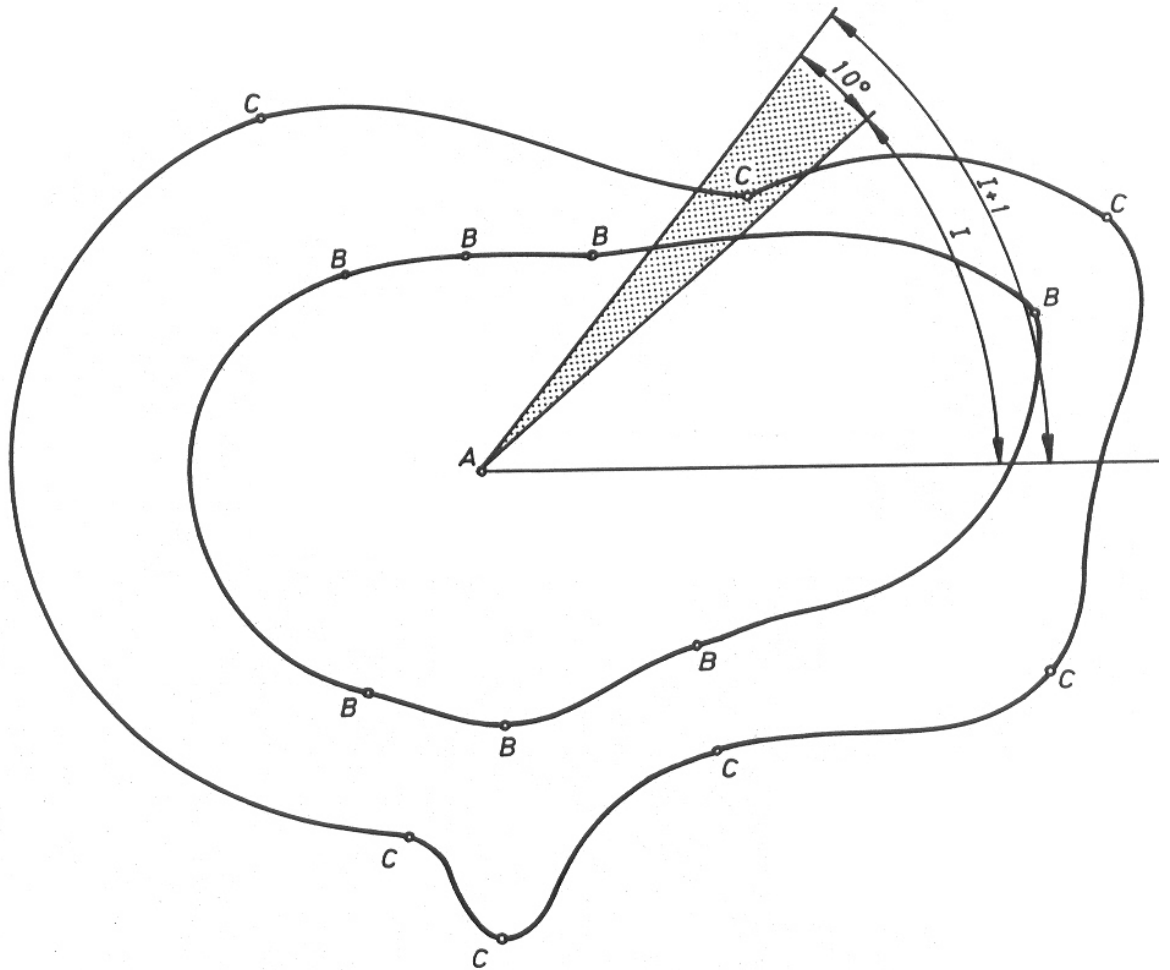


Figura 2-2-6-2

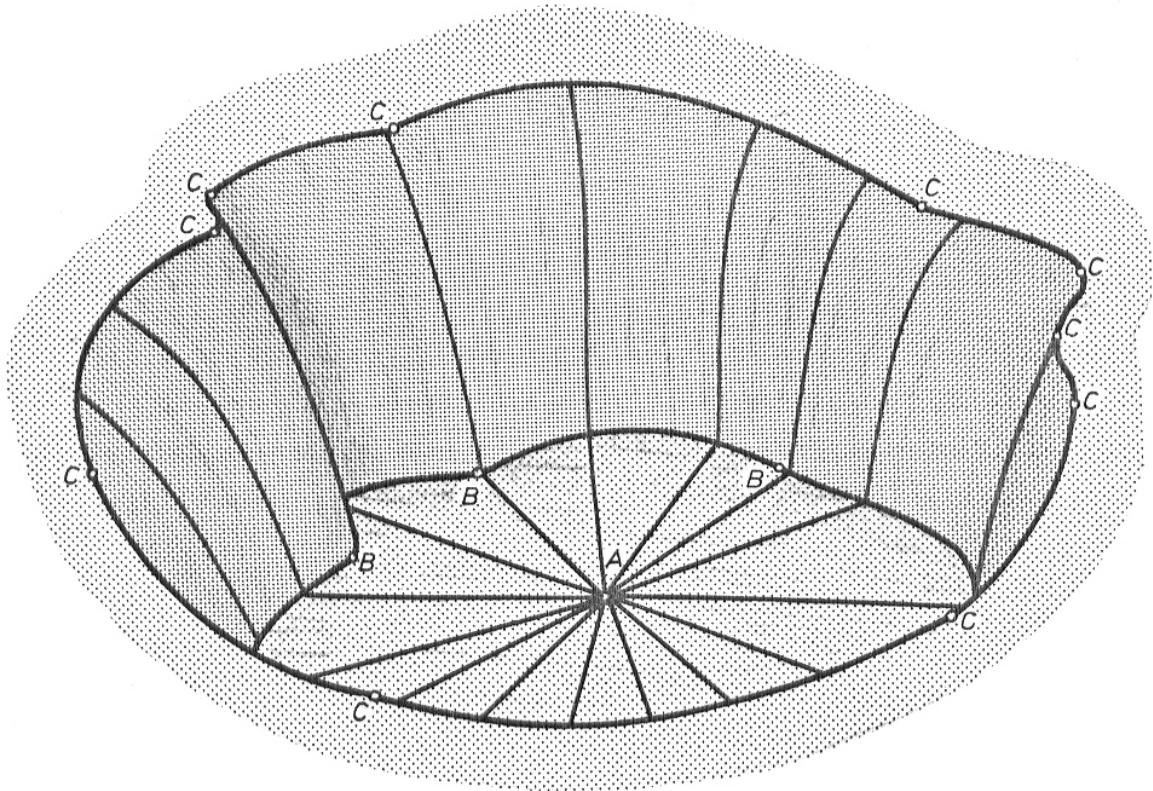


FIGURA 2-2-6-3

A partir de estos cinco puntos se generará la superficie por curvas verticales que resultarán de la interpolación entre las dos curvas extremas separadas 10° en proyección horizontal como puede verse en la figura 2-2-5-4 en la que aparece ya solamente ese "gajo" de superficie.

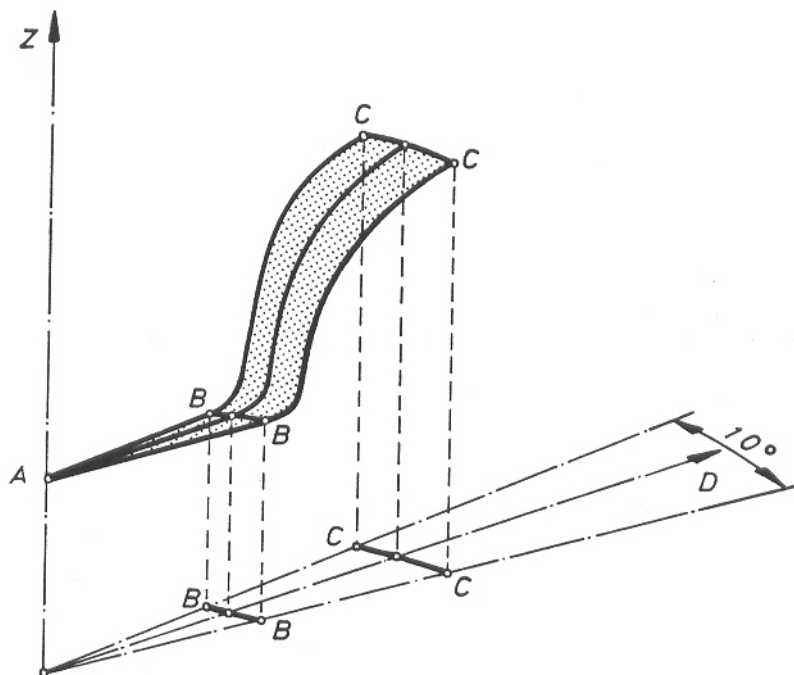


FIGURA 2-2-6-4

La interpolación será angular como sucedía también en los otros casos, mediante espiral de Arquímedes que pasa por los puntos extremos en cuanto a las distancias que separan dichos puntos del punto A en proyección horizontal, y en cuanto a alturas que repartirán la diferencia de altura en función del ángulo de separación con respecto a la abertura total (10°). Utilizando ya una representación plana de la curva obtendríamos el gráfico de la figura 2-2-6-5 donde el eje Y lo pasamos por el punto A.

El eje X pasa por el plano de referencia. Las coordenadas Y de los puntos serán coordenadas Z según el sistema empleado para la representación de la malla.

Las coordenadas X de los puntos serán las distancias entre dichos puntos y el punto A, sólo que proyectadas sobre el plano horizontal.

Vamos a considerar las condiciones de contorno de estas curvas:

- 1) En el punto A la curva debe ser horizontal.
- 2) En el punto B (desde A) la curva también debe ser horizontal.
- 3) En el punto C la curva debe tener un máximo.

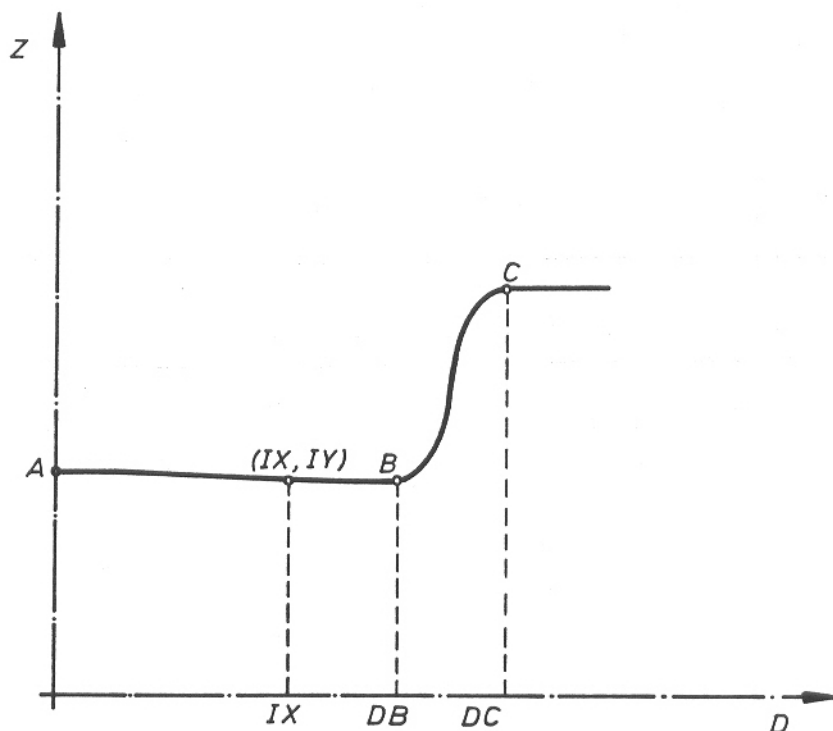


FIGURA 2-2-6-5

Por el mismo razonamiento seguido en la consideración de las mesetas, conseguiremos representar la curva que cumple estas condiciones mediante dos tramos que se empalmarán en el punto B y que será continuo en todos sus puntos.

Se cumplirá en el primer tramo:

$y=f(x)$ en el punto A Debe pasar por el punto
 $y=f(x)$ en el punto B Debe pasar por el punto
 $f'(x)=0$ en el punto A Pendiente horizontal en el punto A
 $f'(x)=0$ en el punto B Pendiente horizontal en el punto B

En el segundo tramo:

$y=f(x)$ en el punto B Debe pasar por el punto
 $y=f(x)$ en el punto C Debe pasar por el punto
 $f'(x)=0$ en el punto C Máximo en el punto C

También en este caso la condición de contorno que nos falta para que el sistema esté completo podría ser:

- Pendiente igual a la del segmento AC (figura 2-2-6-6)

$$f'(x) = (C2 - A2) / (C1 - A1)$$

- Pendiente igual al doble de la del segmento AC (figura 2-2-6-7)

$$f'(x) = [(C2 - A2) / (C1 - A1)] * 2$$

- Valor de la pendiente igual a la del segmento BC (figura 2-2-6-8)

$$f'(x) = (C2 - B2) / (C1 - B1)$$

Con el mismo criterio que se siguió a la hora de descartar estas opciones, se opta por coger como última condición la de mantener tangente horizontal en B también en el segundo tramo. De esta forma hay más posibilidades de que los puntos de la malla detecten alturas cercanas a la parte inferior cerca del punto B, cosa que se acercaría más a la realidad como puede observarse en las figuras 2-2-6-9 y 2-2-6-10, obtenidas con el programa MESETACRATER del que se hizo referencia en el punto anterior.

Las ecuaciones empleadas para la obtención de esta curva son:

Primer tramo:

$$A2 = A(A1)^3 + B(A1)^2 + C(A1) + D$$

$$B2 = A(B1)^3 + B(B1)^2 + C(B1) + D$$

$$f'(x) = 03 * A * (A1)^2 + 2 * B * (A1) + C = 0$$

$$f'(x) = 03 * A * (B1)^2 + 2 * B * (B1) + C = 0$$

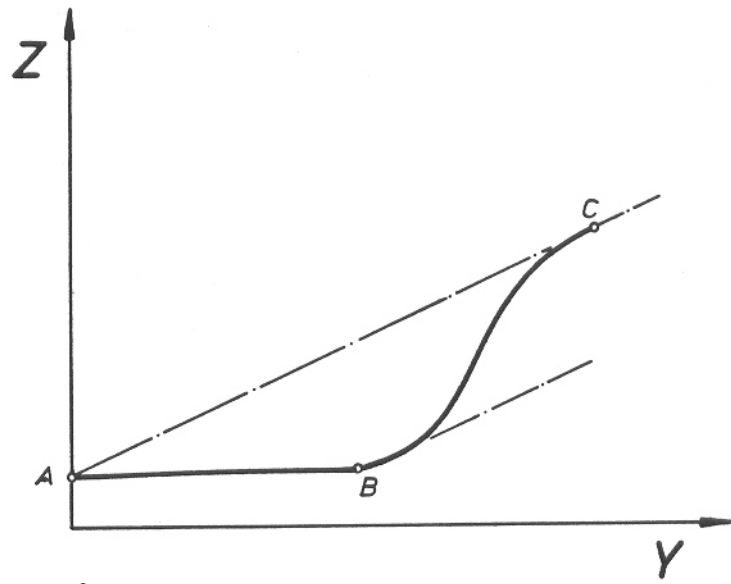


FIGURA 2-2-6-6

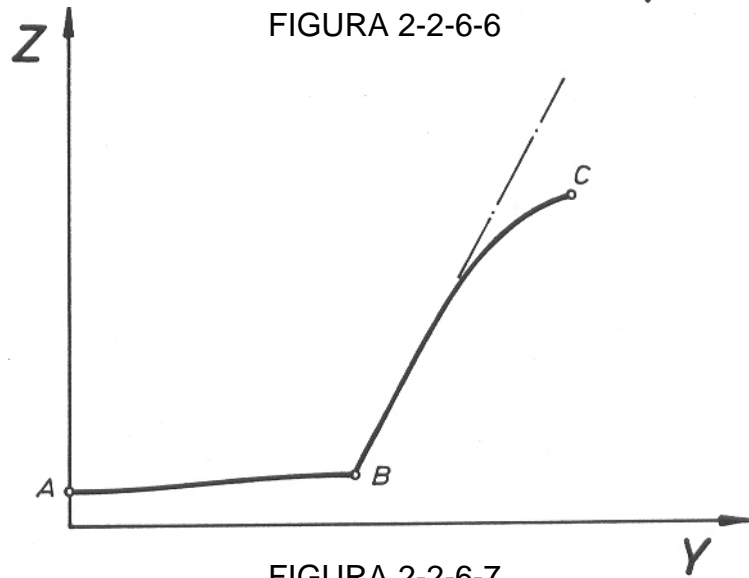


FIGURA 2-2-6-7

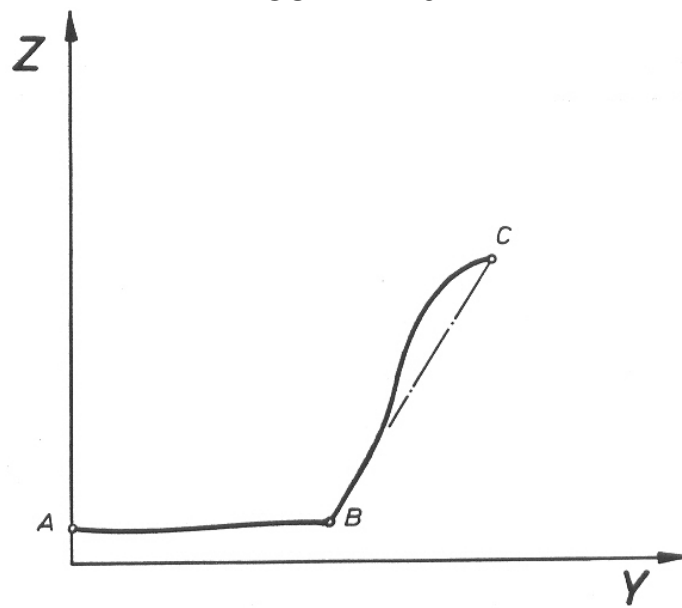


FIGURA 2-2-6-8

Una vez ordenadas estas ecuaciones queda:

$$A[(A1)^3] + B[(A1)^2] + C[(A1)] = [(A2 - D)]$$

$$A[(B1)^3] + B[(B1)^2] + C[(B1)] = [(B2 - D)]$$

$$A[3*(A1)^2] + B[2*(A1)] + C[1] = [0]$$

$$A[3*(B1)^2] + B[2*(B1)] + C[1] = [0]$$

Segundo tramo:

$$B2 = A(B1)^3 + B(B1)^2 + C(B1) + D$$

$$C2 = A(C1)^3 + B(C1)^2 + C(C1) + D$$

$$3*A*(B1)^2 + 2*B*(B1) + C = 0$$

$$3*A*(C1)^2 + 2*B*(C1) + C = 0$$

Una vez ordenadas estas ecuaciones queda:

$$A[(B1)^3] + B[(B1)^2] + C[(B1)] = [(B2 - D)]$$

$$A[(C1)^3] + B[(C1)^2] + C[(C1)] = [(C2 - D)]$$

$$A[3*(B1)^2] + B[2*(B1)] + C[1] = [0]$$

$$A[3*(C1)^2] + B[2*(C1)] + C[1] = [0]$$

La entrada de puntos en esta zona será como sigue:

Una vez elegida mediante menú la zona cráter, el primer punto a entrar es el punto A, que será elegido adecuadamente según las especificaciones del apartado 2.2.12 aunque podrá coincidir o no con un vértice de la malla.

Luego entraremos los puntos del borde inferior que rodean al punto A y que podrán ser hasta nueve puntos (puntos B).

Por último entraremos los puntos de la parte superior del cráter, también en número de nueve como máximo (puntos C).

La forma de entrada de los puntos B y C será siguiendo el mismo sistema rotativo consistente en la entrada ordenada a partir de la horizontal en sentido antihorario (Figura 2-2-6-11).

El primer punto C y B que hay que entrar es el que mantenga un ángulo menor con respecto a la horizontal que pasa por A dirigida hacia la parte más oriental (esta recta es la que sirve como referencia y por lo tanto su ángulo sería de 0°).

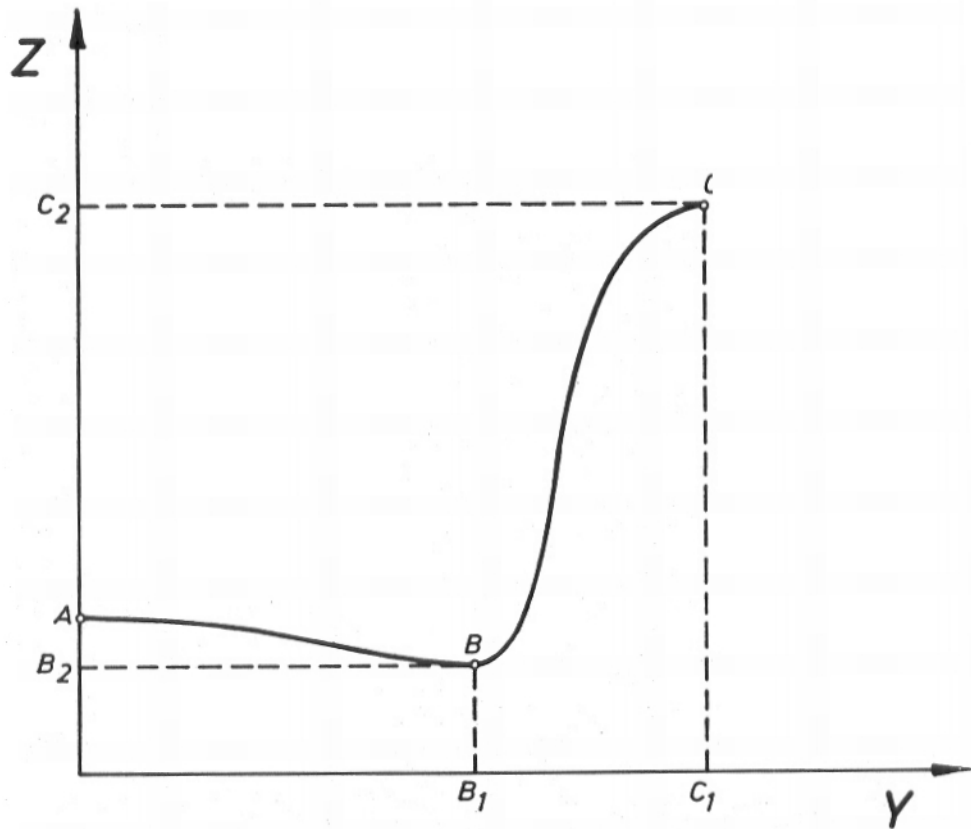


FIGURA 2-2-6-9

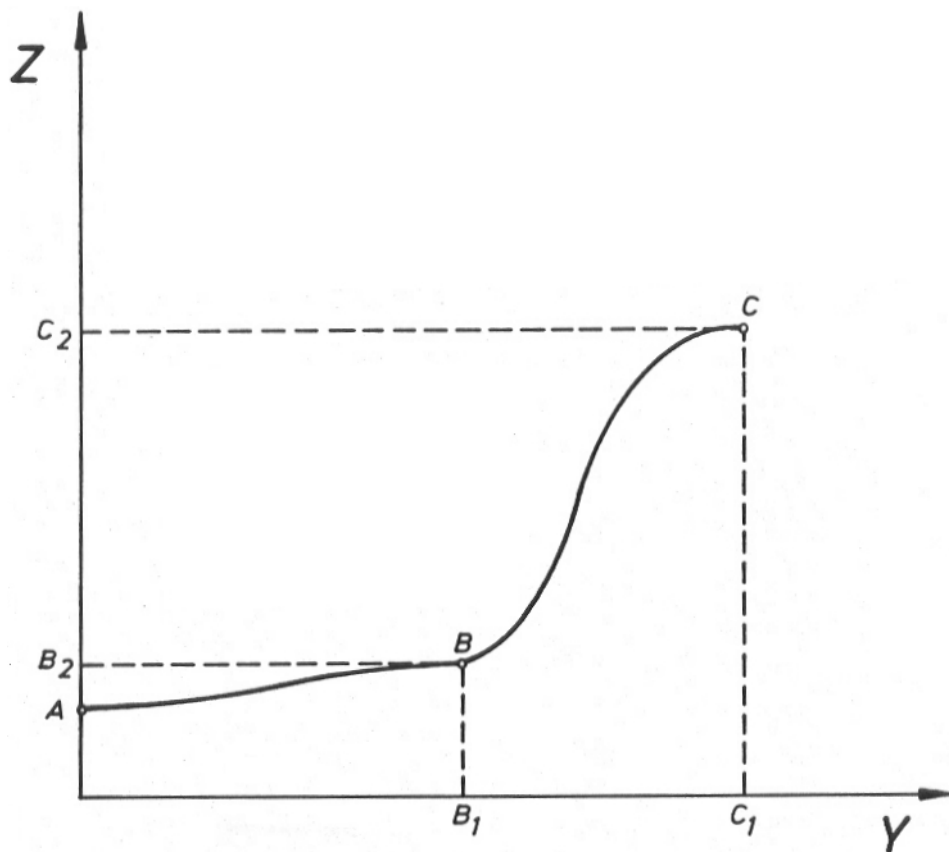


FIGURA 2-2-6-10

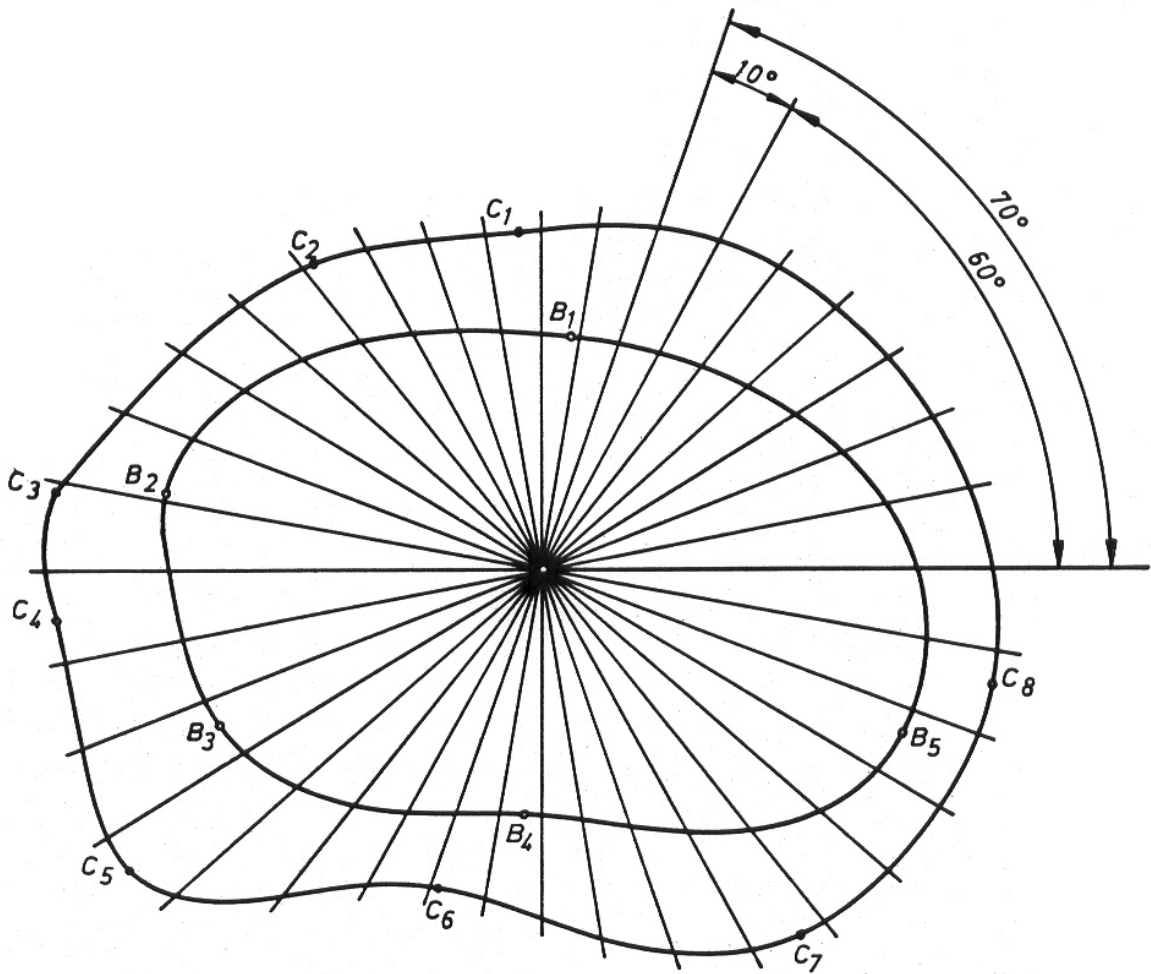


FIGURA 2-2-6-11

La tercera coordenada de los puntos C y B no tiene tampoco por que ser uniforme, sino que los puntos pueden tener distintas alturas. En las radiaciones intermedias la altura se va determinando mediante interpolación angular para mantener una cierta continuidad entre cada dos puntos consecutivos del contorno interior (puntos B) y exterior (puntos C).

Estas circunstancias tendrán como consecuencia que el modelo matemático empleado corresponda a una superficie continua en todos los sectores formados entre dos rectas de abertura 10° cuya posición inicial sea de un múltiplo de 10° (los 36 sectores de la circunferencia) en proyección horizontal y consiguientemente en un modelo de alambre como éste, la superficie total del contorno puede también considerarse continua.

El método de determinación de la frontera de este contorno puede ser por similitud, el mismo empleado en las fronteras de los vistos con anterioridad y aplicado a cúspides, valles y mesetas.

Dentro del programa TOPOGRÁFICO ocupará las instrucciones 1510 a 1740 (apartado 3.1 de la SÍNTESIS).