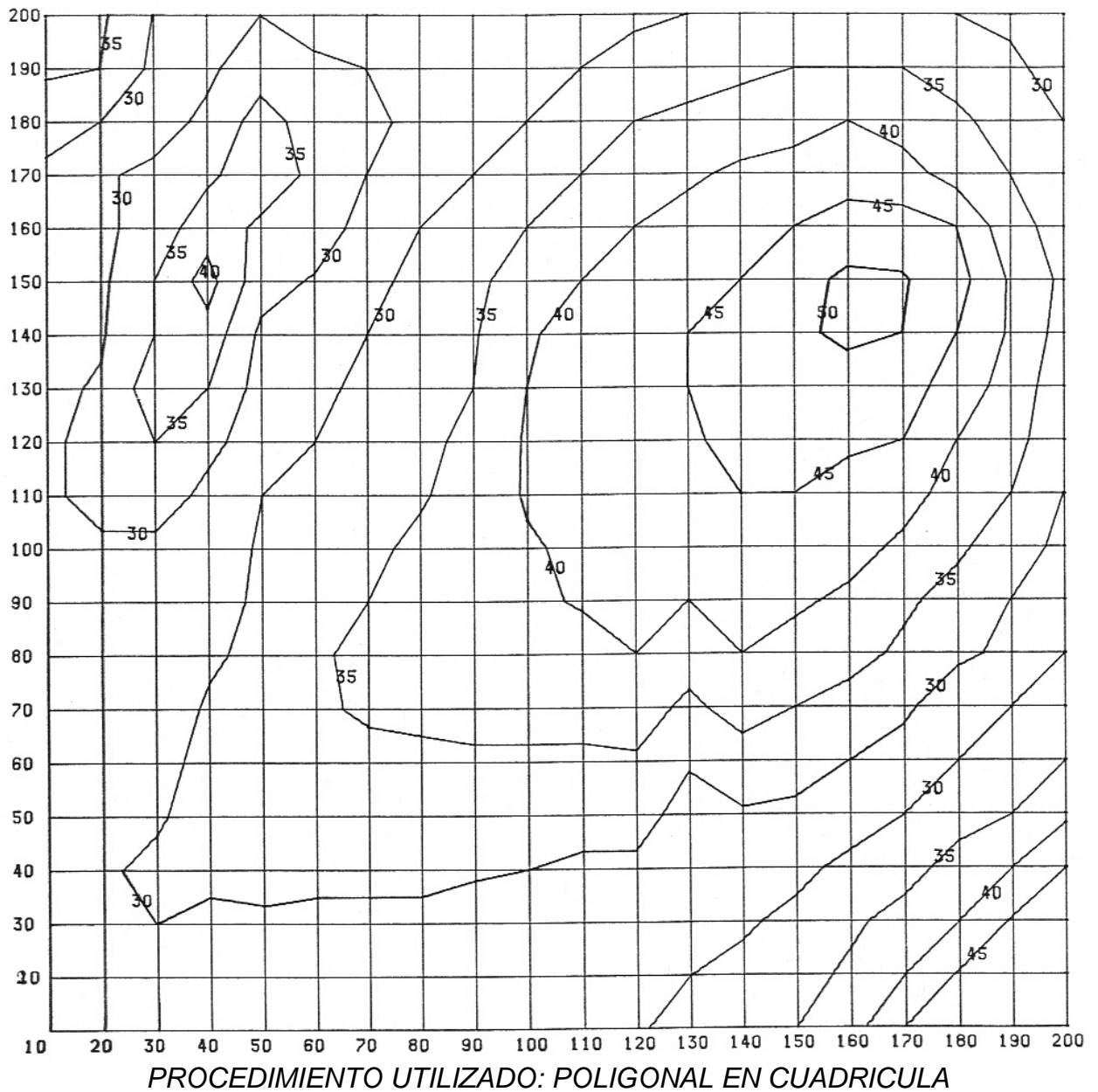


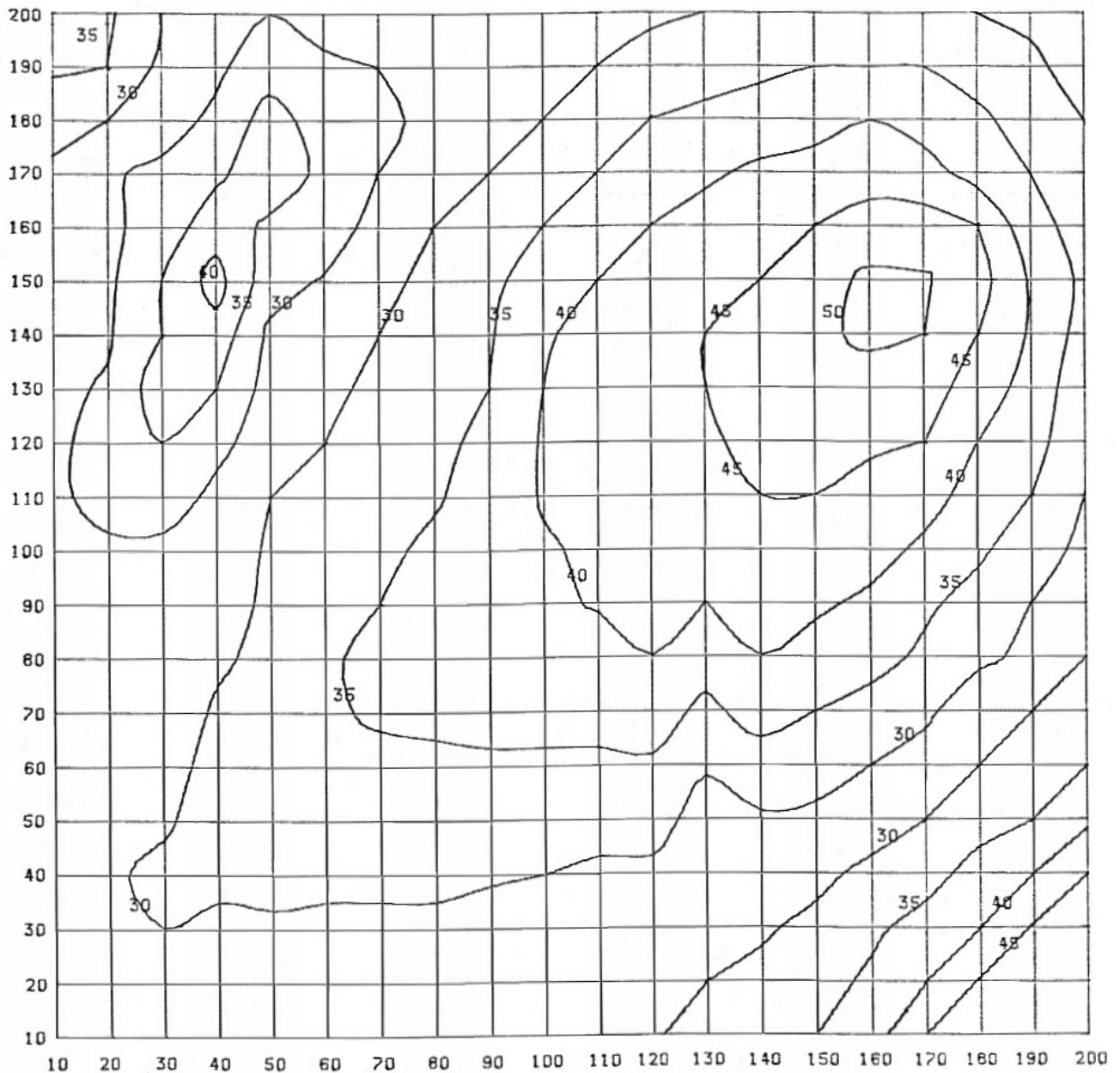
## 2.4.9 - UTILIZACIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE TRAZADO DE CURVAS A LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y COMPARACIÓN ENTRE ÉSTOS

Con el archivo de puntos que hemos obtenido mediante el programa CURVAS DE NIVEL podemos tener directamente una visión de la poligonal que pasa por los puntos, pero si estos puntos no están próximos, los cambios bruscos de dirección son muy apreciables y se hace necesario recurrir a un método de trazado de curvas continuas que pasen por esos puntos o se aproximen a ellos.



Contemplemos los resultados que para una misma superficie se obtienen utilizando los métodos de Spline y Bezier con sus distintas variantes y hagamos un juicio de comparación.

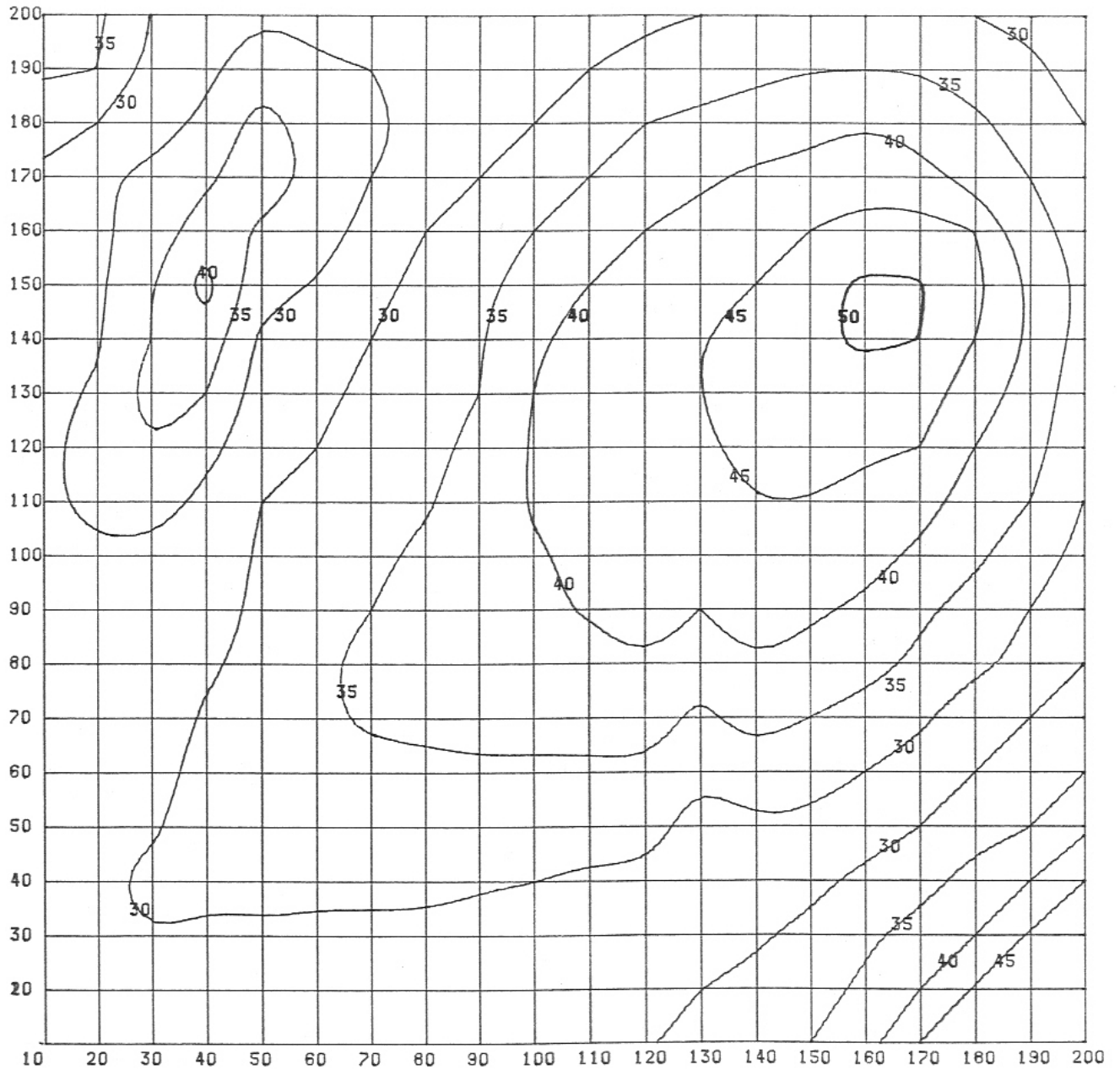
Aunque no pueda apreciarse con la simple observación, el tiempo de realización también es un dato importante, y existe una gran diferencia entre el tiempo empleado en el método de Bezier (mucho más dilatado) y el utilizado en los otros tres métodos Spline.



*PROCEDIMIENTO UTILIZADO: SPLINES LOCALES (TRES TRAMOS)*

Naturalmente el de la poligonal simple es el más corto pues no tiene que realizarse cálculo alguno.

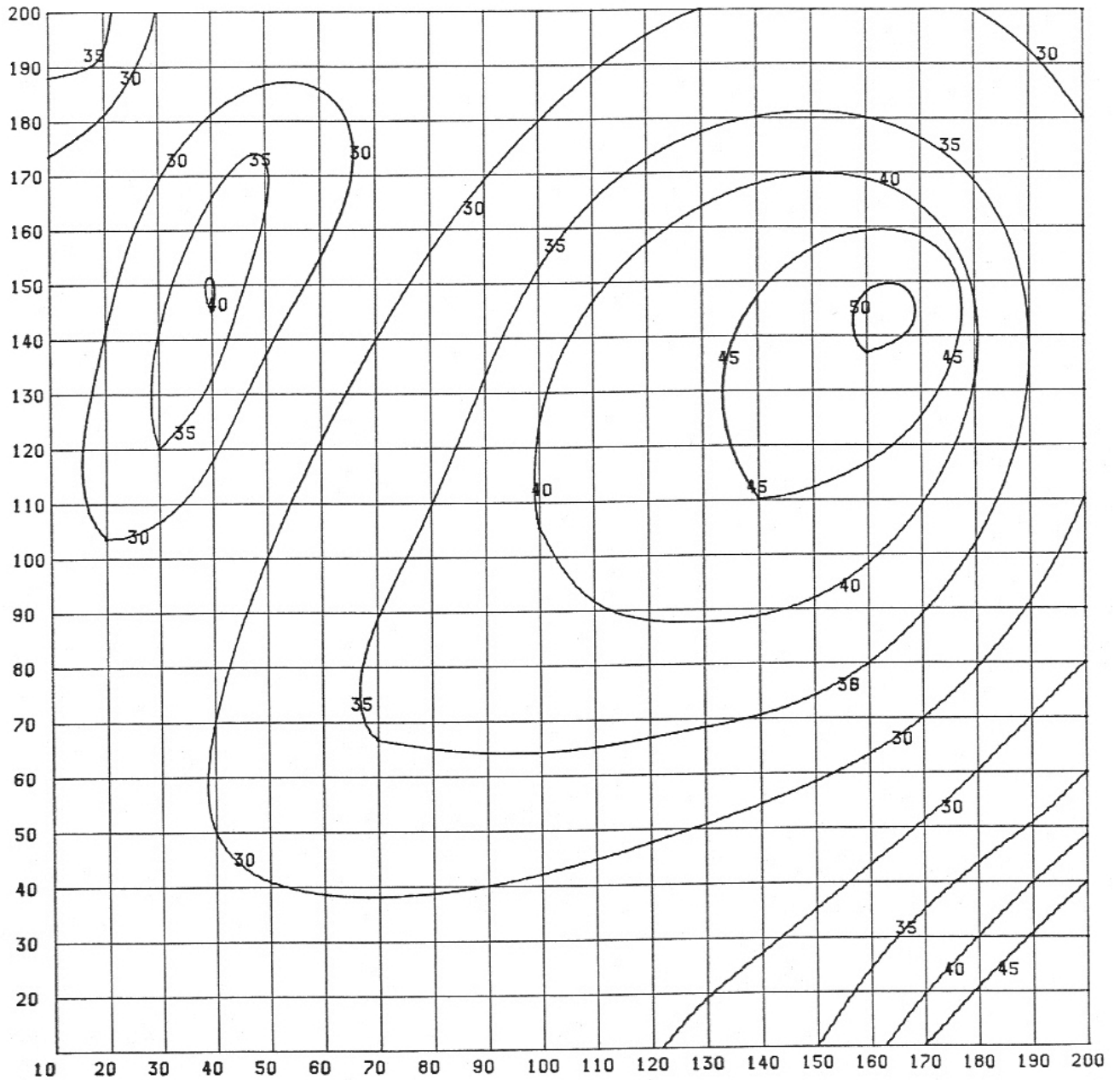
En cuanto a la forma de la curva, la que efectúa un mayor redondeamiento es la de Bezier, que se obtiene utilizando como puntos de control los de la poligonal obtenida, no obstante no pasa por los puntos de la poligonal y además pierde los detalles como puede apreciarse comparando este trazado con los realizados con otros procedimientos.



**PROCEDIMIENTO UTILIZADO: B-SPLINE (TRES TRAMOS)**

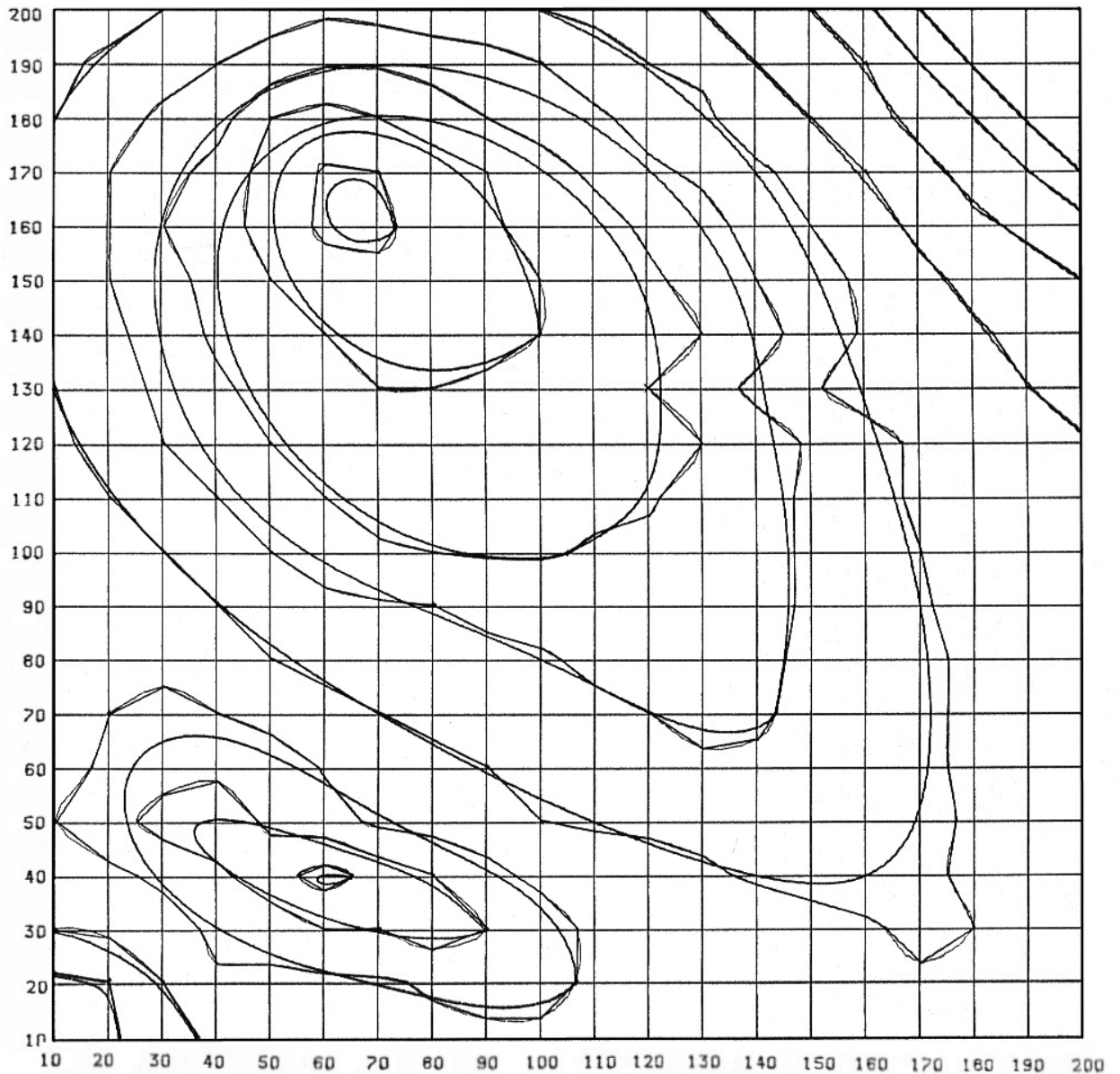
Le sigue en suavidad el método de B-Spline ya que atenúa todos los cambios de dirección excepto los que se producen tras la repetición de algún punto (discontinuidad de la segunda derivada).

Los métodos de splines locales y splines cardinales dan resultados análogos en cuanto a suavidad siendo ésta menor que en el B-spline.



*PROCEDIMIENTO UTILIZADO: POLINOMIOS DE BEZIER (3)*

Una forma de eliminar al máximo los cambios de dirección, sería impedir que un punto se repita o sea muy próximo al anterior utilizando el método B-spline reducido, ya que se han eliminado los puntos que estaban situados a una distancia inferior a dos milímetros del anterior. Como puede verse, en este caso se consigue la máxima suavidad sin perder las características de paso por los puntos de la curva original.



*COMBINACION DE LOS DISTINTOS PROCEDIMIENTOS*



## **2.5 - OBTENCIÓN DE LA PROYECCIÓN AXONOMÉTRICA DE LAS SUPERFICIES GENERADAS MEDIANTE NUESTRO MODELO**

### **2.5.1 - PROYECCIONES PLANAS. DESCRIPCIÓN Y GENERALIDADES**

En cualquier estudio gráfico sea o no realizado con ayuda de ordenador, una de las necesidades que se plantea en primer lugar es la forma de plasmar en un plano los elementos, por lo general tridimensionales, de manera que nuestros sentidos nos permitan llevar la información al cerebro y reconstruyamos total o parcialmente el objeto.

A tal efecto están los sistemas de representación plana, alguno de los cuales (el sistema acotado) ya hemos utilizado.

Para nosotros van a ser esenciales dichos sistemas y deberán cumplir como tales las siguientes condiciones:

- Debe existir la posibilidad de pasar el elemento real en el espacio, al plano (pantalla del monitor, papel del plotter, en general, cualquier soporte plano).
- Debe existir la posibilidad de pasar el dibujo en el plano al objeto real en el espacio (restitución del objeto)

Entre los muchos métodos que existen de establecer esta correspondencia biunívoca y los que pueden idearse, hay algunos que, como herramientas de trabajo, utilizan lo que se denomina proyección plana (sistema diédrico, acotado, de planos paralelos, etc.). Nosotros vamos a utilizar también esta herramienta, por lo que expondré de forma breve su significado.

Las proyecciones planas mediante rectas sirven para tener sobre el plano una información parcial del objeto. Los elementos que utiliza son:

- Rayos proyectantes.
- Plano soporte o plano del cuadro.
- Sistema de proyección.

Los rayos proyectantes son el vehículo mediante el cual se llevan los puntos al plano soporte utilizando un sistema que es el que usualmente da el nombre a la proyección.

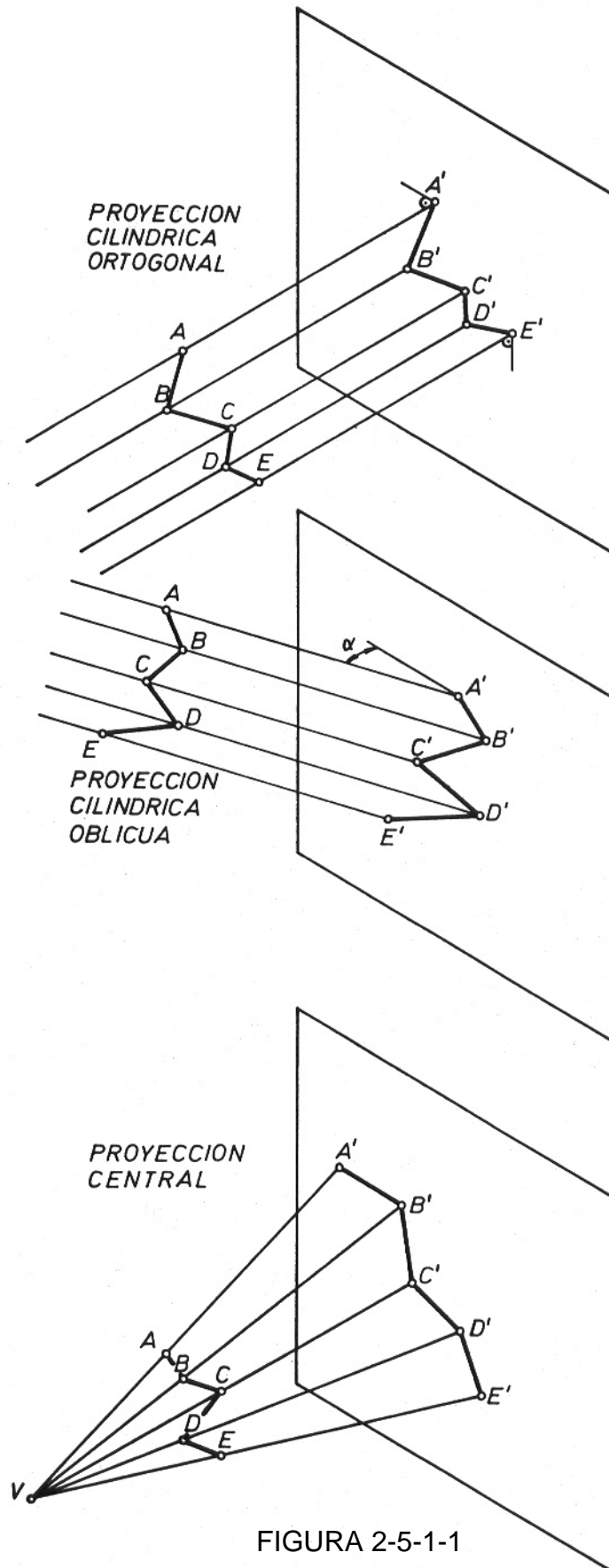
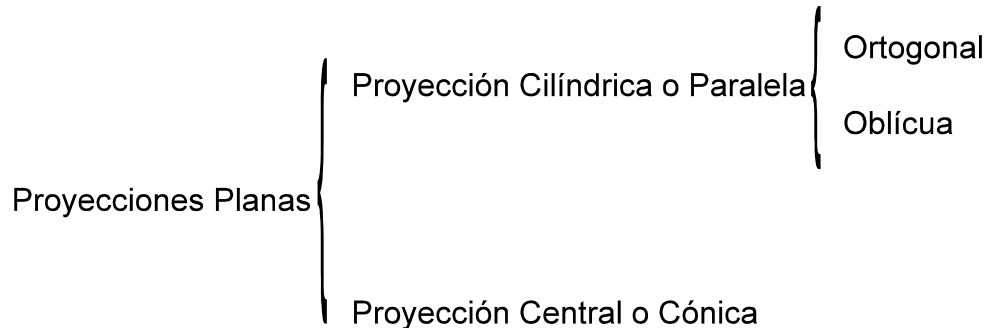


FIGURA 2-5-1-1

PROYECCIONES PLANAS



Los sistemas que usan rayos de proyección rectos y planos como soporte se clasifican generalmente en función de su dirección son respecto al plano soporte y por su procedencia o no de un punto finito, de forma que aparecen las divisiones siguientes (ver figura 2-5-1-1).



Las proyecciones cilíndricas se denominan también axonométricas puesto que dan medidas proporcionales en las direcciones de los ejes, aunque en algunos casos se considera la oblicua independiente.

- La proyección cilíndrica oblicua da la perspectiva caballera.
- La proyección cilíndrica ortogonal produce la perspectiva isométrica, dimétrica y trimétrica según sea la posición relativa de los ejes principales con respecto al plano del cuadro, a saber:

*Isométrica.* Igual al ángulo de incidencia con respecto al plano del cuadro para los ejes X, Y, Z.

*Dimétrica.* Dos ángulos iguales y uno diferente con los tres casos posibles:

- X, Y iguales con Z diferente
- X, Z iguales con Y diferente
- Y, Z iguales con X diferente

*Trimétrica.* Los tres ejes forman distinto ángulo con respecto al plano del cuadro.

- La proyección central produce la perspectiva cónica.

Para nosotros, el plano del cuadro, es decir, el soporte sobre el que vamos a proyectar, será en unos casos la pantalla y en otros el papel (cuando utilicemos el plotter como salida).

Los rayos proyectantes serán en el caso de proyección cilíndrica ortogonal, perpendiculares a la pantalla o soporte del plotter.

En el caso de proyección central definiremos un punto que será el centro de proyección.

En ambos casos obtendremos la perspectiva como intersección de los rayos proyectantes con el plano del cuadro.

Si consideramos el plano del cuadro como un plano horizontal, variando la posición de la figura para obtener su perspectiva, podemos suponer que dicho plano es el de coordenada  $Z=0$ .

Con estas condiciones previas podemos ya establecer procedimientos para la obtención de la perspectiva de alambre (visualización de elementos con aristas ocultas incluidas).

En la proyección ortogonal, la representación plana de los elementos, una vez hecha la transformación correspondiente, consistirá simplemente en prescindir de la coordenada  $Z$ , con lo que habremos hecho una proyección sobre el plano  $XY$  en la dirección  $Z$  (figura 2-5-1-2).

En la proyección cónica en cambio, hay que hallar la intersección de los rayos con el plano, por lo que será necesario obtener la ecuación de la recta en cada caso y su intersección con el cuadro (figura 2-5-1-3).

En la proyección cilíndrica ortogonal, conservar las alturas de los puntos (coordenada  $Z$ ) puede ser interesante como veremos para la determinación de caras vistas, barrido de superficies para su grafismo, etc.).

En proyección central sería más interesante conservar las distancias de cada punto al centro de proyección.

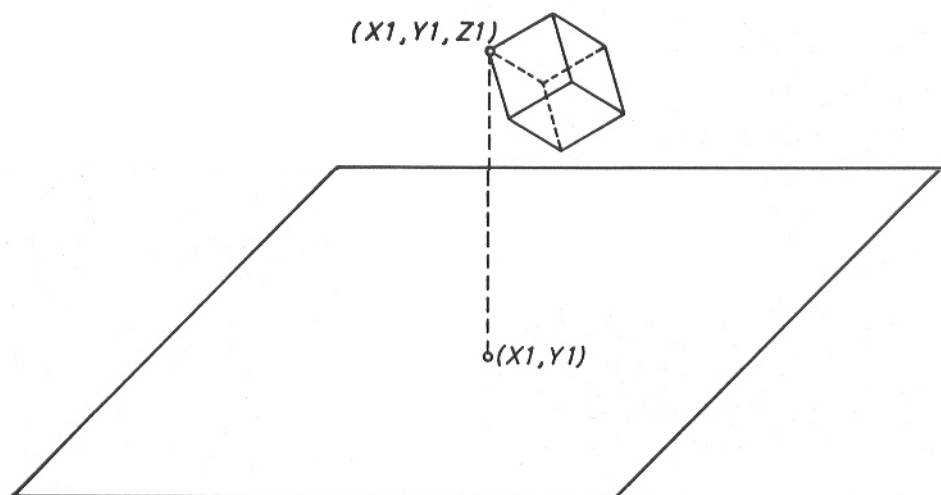


FIGURA 2-5-1-2

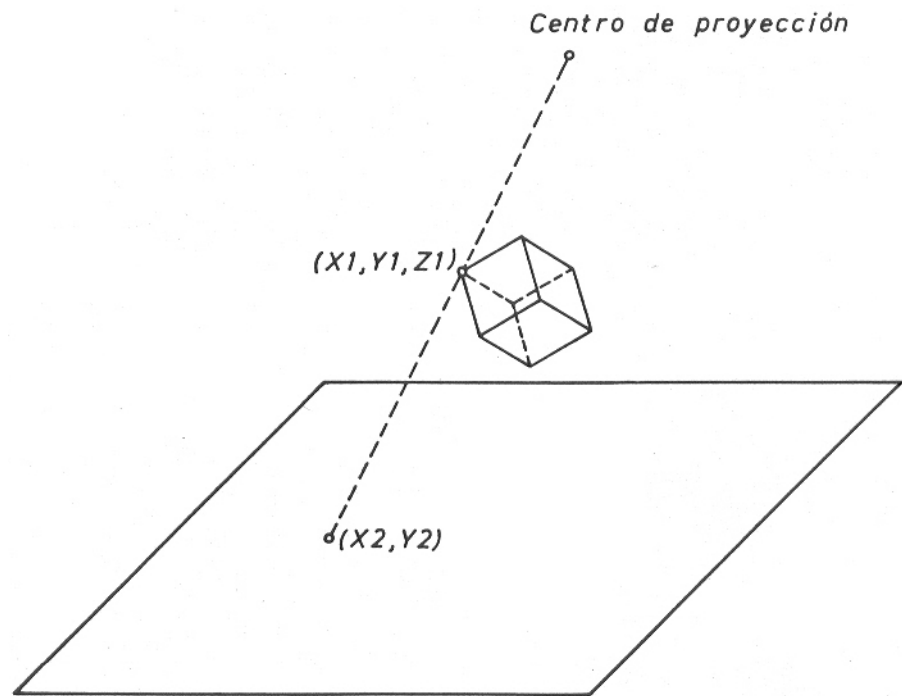


FIGURA 2-5-1-3

Hecha esta iniciación vamos a proceder a la descripción del tratamiento gráfico que vamos a dar a los puntos que forman las superficies que hemos generado previamente para poder obtener la proyección axonométrica (y más tarde la cónica) de dichas superficies.

## 2.5.2 - MODELOS DE ALAMBRE CON LINEAS OCULTAS

### 2.5.2.1 - Tratamiento gráfico de puntos mediante variables indexadas

En general vamos a considerar los puntos de forma analítica como vectores de tres componentes referidas a la distancia de dicho punto a tres planos que forman un triedro trirectángulo (figura 2-5-2-1-1) cuyo vértice es la intersección de dichos planos y cuyos ejes son las intersecciones de estos planos dos a dos.

El eje Z lo consideraremos siempre vertical, por lo que los otros dos serán horizontales en el espacio.

La distancia al plano formado por los ejes X e Y la llamaremos Z, y su signo será positivo si está por encima y negativo si está por debajo.

La distancia al plano formado por los ejes Z e Y la llamaremos X y será positiva por delante de dicho plano y negativa por detrás.

Lo mismo consideraremos para la distancia al plano XZ, a la que llamaremos Y.

Queda establecido pues, que un punto cualquiera estará representado mediante un vector de componentes  $P=(X, Y, Z)$ .

Por otra parte y a efectos de tratamiento de datos, es interesante poder agrupar los puntos que forman una figura determinada como matrices de tres filas (o columnas) con n elementos cada una, lo que nos permitirá establecer un orden para cada punto, así como la conexión de los componentes de dicho punto entre sí mediante el mismo subíndice (entre paréntesis) como puede verse a continuación:

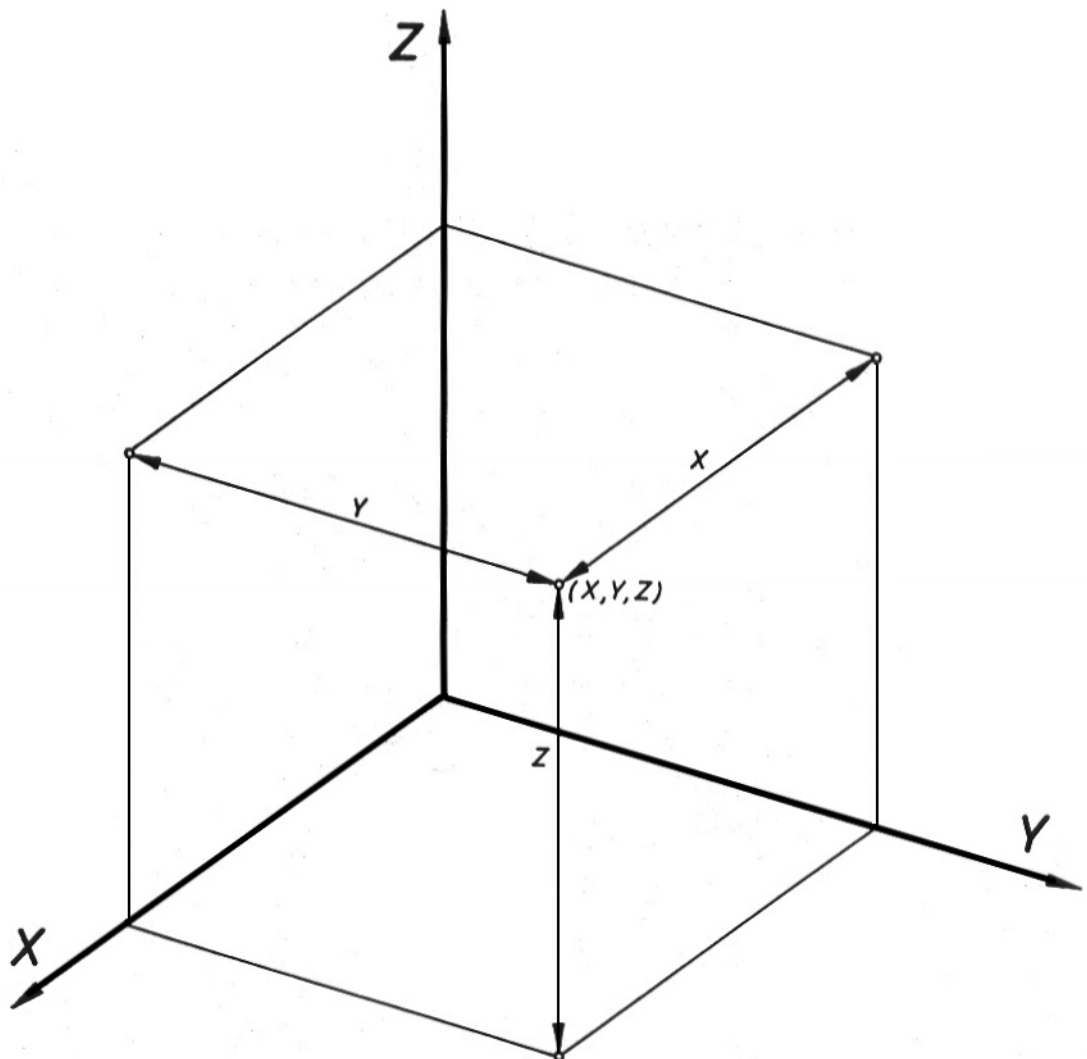


FIGURA 2-5-2-1-1

X(1)Y(1)Z(1)  
X(2)Y(2)Z(2)  
X(3)Y(3)Z(3)  
.  
.  
X(i)Y(i)Z(i)  
.  
.  
X(n)Y(n)Z(n)

Nos interesará también en general poder modificar la posición de todos o parte de los puntos, de manera que su nombre (nombre de la variable indexada), sea diferenciable del que primitivamente tenía, pero al mismo tiempo no perdamos información con respecto al ordenamiento de los puntos; es decir, que podamos establecer una conexión entre el punto en su estado primitivo, y el mismo punto una vez aplicada la transformación.

Si pudiéramos prescindir de la capacidad de memoria, probablemente el sistema más cómodo sería utilizar variables indexadas bidireccionales de la forma X(I,J), Y(I,J), Z(I,J) que además cambiasen de "nombre" cada vez que al conjunto de puntos se les aplica una transformación de la forma que se indica a continuación:

X0(1,1)Y0(1,1)Z0(1,1)  
X0(1,2)Y0(1,2)Z0(1,2)  
X0(1,3)Y0(1,3)Z0(1,3)  
.  
.  
X0(1,20)Y0(1,20)Z0(1,20)  
X0(2,1)Y0(2,1)Z0(2,1)  
.  
.  
X0(I,J)Y0(I,J)Z0(I,J)  
.  
.  
X0(20,20)Y0(20,20)Z0(20,20)

Coordenadas primitivas de los 400 puntos.

X1(1,1)Y1(1,1)Z1(1,1)  
X1(1,2)Y1(1,2)Z1(1,2)  
X1(1,3)Y1(1,3)Z1(1,3)  
.  
.

$X1(I,J)Y1(I,J)Z1(I,J)$

.  
.  
.

$X1(20,20)Y1(20,20)Z1(20,20)$

Coordenadas de los puntos tras la primera transformación.

$X2(1,1)Y2(1,1)Z2(1,1)$

.  
.  
.

$X2(I,J)Y2(I,J)Z2(I,J)$

.  
.  
.

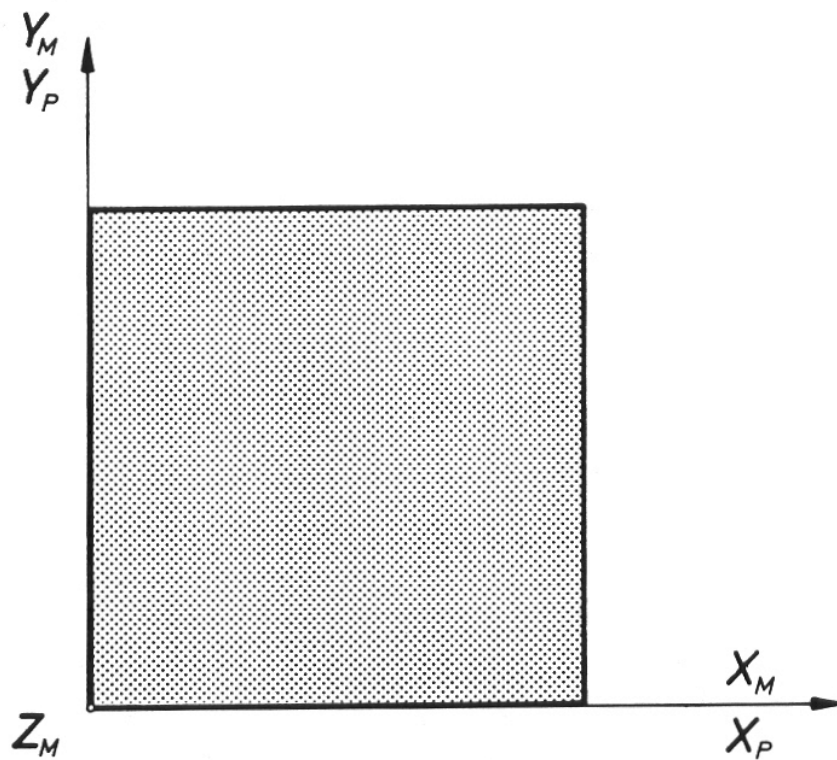
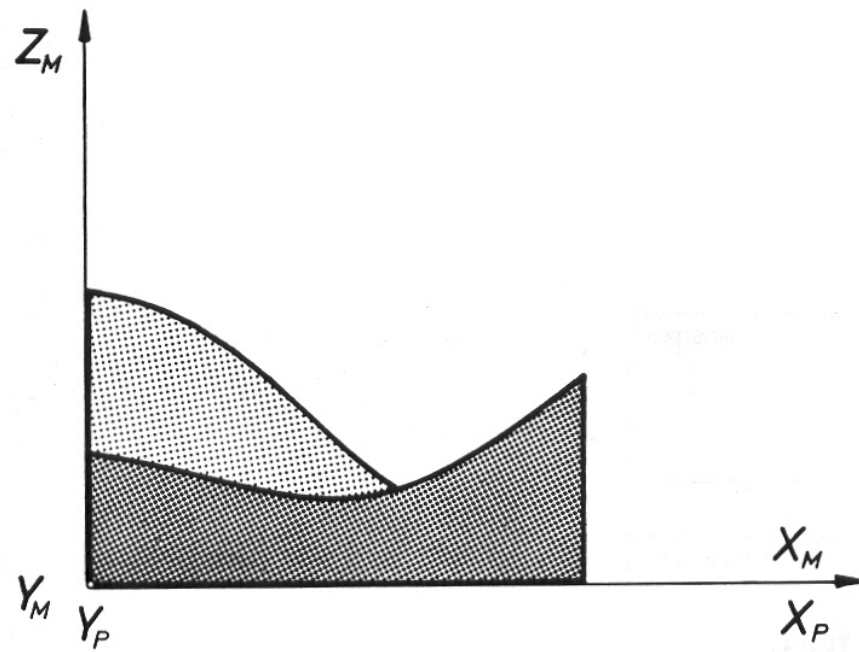
$X2(20,20)Y2(20,20)Z2(20,20)$

Coordenadas de los puntos tras la segunda transformación.

De esa forma tenemos siempre relacionados los puntos con el vértice de la malla, y al mismo tiempo con el número de la transformación.

### **2.5.2.2 - Axonometría simple con líneas ocultas. Perspectiva isométrica**

De los métodos de obtención de perspectivas se ha elegido uno en el que se conserva muy clara la idea sobre la posición última que adquiere la superficie para ser proyectada. Veámoslo:



POSICION PRIMITIVA DE LA MALLA

FIGURA 2-5-2-2-1

- La superficie se sitúa de forma que los puntos de igual altura estén a igual distancia del plano del cuadro (elección del plano del cuadro horizontal) (ver figura 2-5-2-2-1) y que los lados principales de la malla sean paralelos a los ejes del cuadro que utilizemos (pantalla por lo general).

Las coordenadas relativas al triedro trirrectángulo de los puntos de la malla serán  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$ ,  $Z(I,J)$  variando los subíndices de 1 a 20 para tener los cuatrocientos puntos.

Considerando el centro de coordenadas de pantalla situado en el centro de coordenadas de la malla, tendríamos que las coordenadas de pantalla de los puntos serían coincidentes con las coordenadas  $X(I,J)$ ,  $Y(I,J)$  de la malla.

- En esas condiciones se efectúa la primera transformación, que será un giro de eje vertical (paralelo a  $Z_M$ ). Este giro podrá ser de ángulo cualquiera aunque no tiene sentido sobrepasar los  $360^\circ$  pues como veremos se repetiría la proyección axonométrica final.

La elección de este giro se hará en función de los laterales de la malla que queramos ver. Para un ángulo de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  los laterales que veríamos serían los que contienen al eje  $Z_M$  y a los ejes  $X_M$  e  $Y_M$  de la malla (giro antihorario).

Lo más cómodo es hacer el giro alrededor del punto (0,0) de la malla y hacer que éste coincida con el (0,0) de la pantalla. Posteriormente mediante una translación podrá situarse en cualquier lugar que nos apetezca.

En esas condiciones el aspecto de la figura anterior cambiaría para ser el de la figura 2-5-2-2-2.

Si se trata de un giro de ángulo  $A$ , las nuevas coordenadas de los puntos de la malla serán las que resulten de aplicarles a todos los puntos el giro mencionado.

Eso lo haremos aplicando al vector posición de cada punto, la matriz de giro correspondiente.

Con la nomenclatura que hemos creado tendríamos:

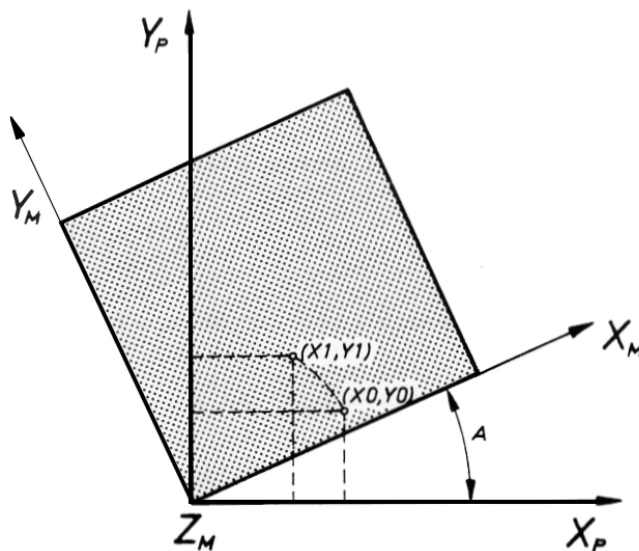
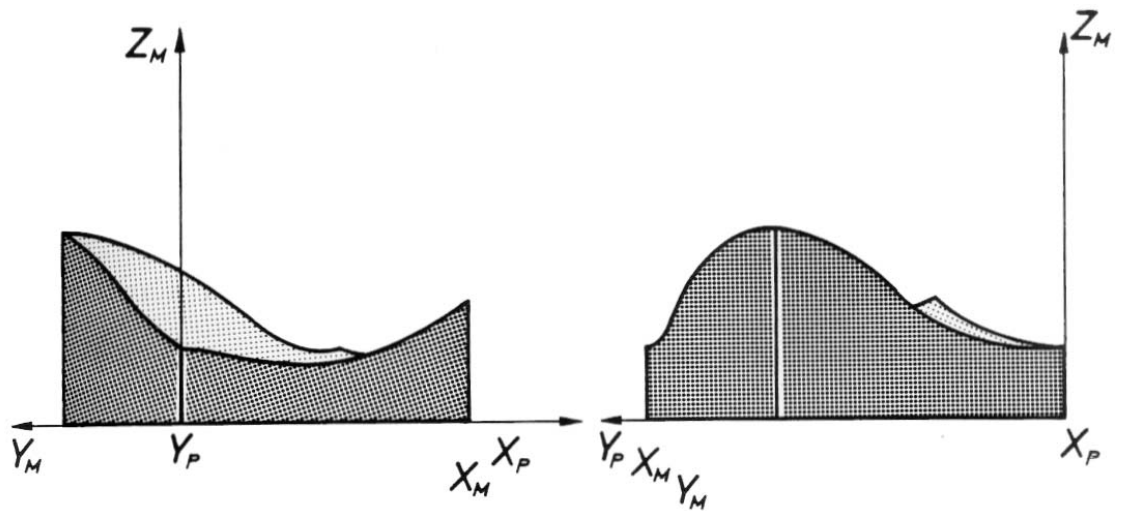
Coordenadas primitivas

$X_0(I,J)$ ,  $Y_0(I,J)$ ,  $Z_0(I,J)$

Nuevas coordenadas de los puntos

$X_1(I,J)$ ,  $Y_1(I,J)$ ,  $Z_1(I,J)$





POSICION DE LA MALLA TRAS EL PRIMER GIRO

FIGURA 2-5-2-2-2

De manera que:

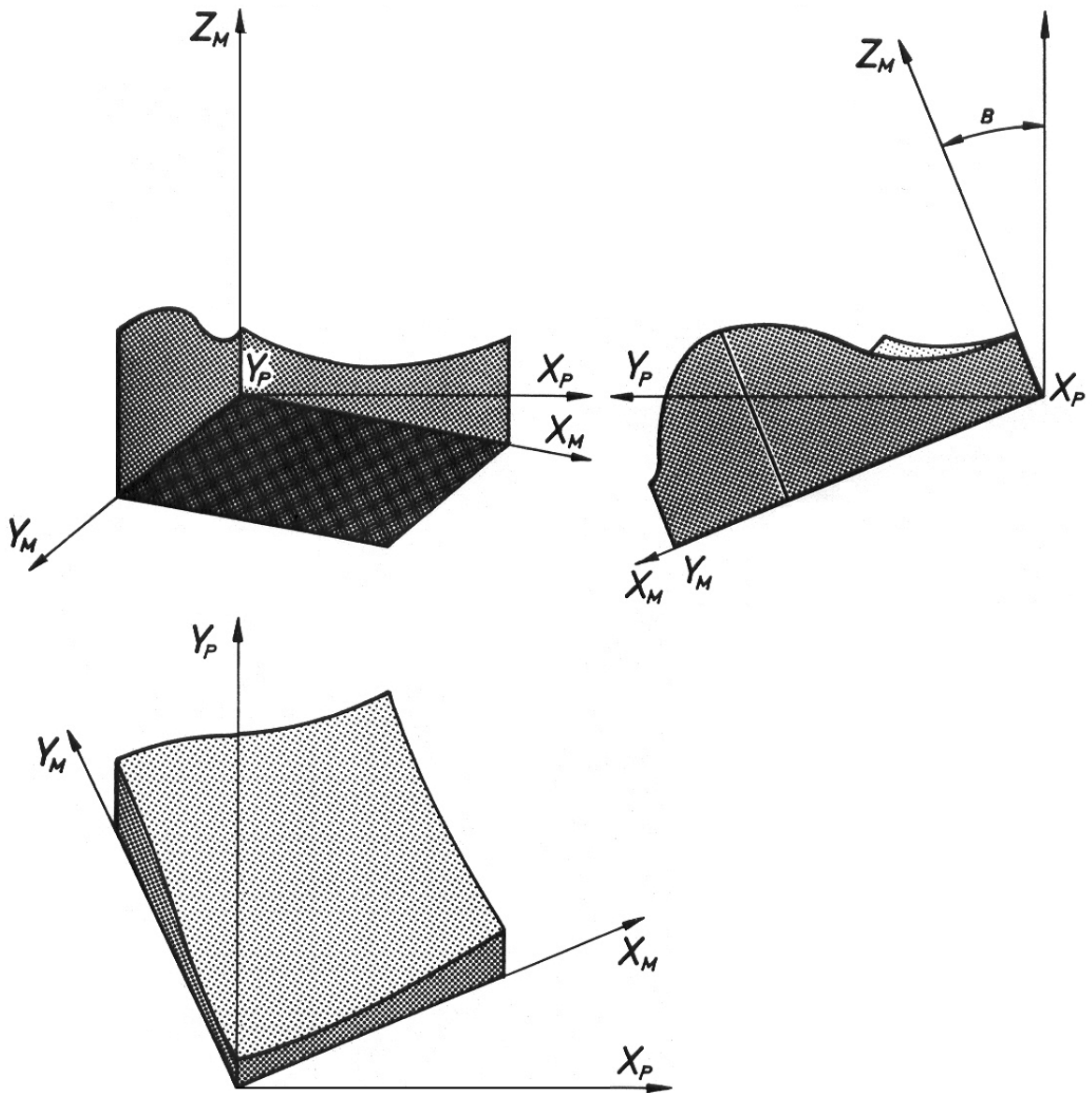
$$X1(I, J) = X0(I, J) * \text{COS}(A) - Y0(I, J) * \text{SIN}(A)$$

$$Y1(I, J) = X0(I, J) * \text{SIN}(A) + Y0(I, J) * \text{COS}(A)$$

$$Z1(I, J) = Z0(I, J)$$

- El segundo giro y último debe colocar la malla de forma que su aspecto sea tridimensional. Será un giro de eje paralelo al eje  $X_P$  (eje horizontal) de la pantalla y su finalidad será levantar la parte delantera de la malla para que al ser proyectada sobre el plano  $X_P Y_P$  tenga un aspecto tridimensional en el que se puedan apreciar la parte superior de la malla y los laterales de delante. A este ángulo de giro le llamaremos B.

El eje de giro más cómodo es el propio eje  $X_P$  de pantalla. Veamos como queda la figura anterior al serle aplicado este segundo giro. Para apreciarlo con más claridad veremos el perfil de la figura 2-5-2-2 en el que aparece el eje  $X_P$  como un punto, lo que posibilita ver con más claridad el giro que produce la figura 2-5-2-3 donde ya aparece el aspecto que tendrá la figura final en su parte más baja. Mediante translación, situaremos la figura en la parte central e la pantalla.



POSICION DE LA MALLA TRAS EL SEGUNDO GIRO

FIGURA 2-5-2-2-3

Continuando con la misma nomenclatura tendremos:

Coordenadas anteriores (según figura 2-5-2-2-2)

$X1(I,J)$ ,  $Y1(I,J)$ ,  $Z1(I,J)$

Nuevas coordenadas de los puntos

$X2(I,J)$ ,  $Y2(I,J)$ ,  $Z2(I,J)$

De manera que:

$$X2(I,J) = X1(I,J)$$

$$Y2(I,J) = Z1(I,J)*\sin(B) + Y1(I,J)*\cos(B)$$

Naturalmente podemos hacer desaparecer las variables indexadas  $X1(I,J)$ ,  $Y1(I,J)$ ,  $Z1(I,J)$  pasando a obtener las coordenadas finales a partir de las iniciales. Veamos el proceso analítico para todos los puntos de la malla.

$$X2(I,J) = X0(I,J)*\cos(A) - Y0(I,J)*\sin(A)$$

$$Y2(I,J) = [X0(I,J)*\sin(A) + Y0(I,J)*\cos(A)]*\cos(B) + Z0(I,J)*\sin(B)$$

En cuanto a la coordenada  $Z2(I,J)$  no la necesitamos calcular puesto que en esta ocasión no se va a utilizar.

Si se necesita hacer una corrección en cuanto al centrado, consistirá simplemente en sumar un vector al vector de posición de cada punto. Este vector podría ser el que posiciona el punto central de la malla en el centro de la pantalla.

Supongamos que las coordenadas del centro de la pantalla sean (150,100) y que el punto central de la malla tenga coordenadas  $X2(C)$ ,  $Y2(C)$ . En este caso el vector posición para el centrado será (CE,DE) de forma que:

$$CE = 150 - X2(C)$$

$$DE = 100 - Y2(C)$$

Con lo cual nos quedarán las coordenadas:

$$X2(I,J) = X2(I,J) + CE$$

$$Y2(I,J) = Y2(I,J) + DE$$

Estas coordenadas multiplicadas por el coeficiente adecuado posibilitaría dibujar la proyección en el plotter ya que el sistema de ejes es el mismo que hemos utilizado. Sin embargo, para usar la pantalla del monitor es necesario transformar la coordenada  $Y2(I,J)$  ya que las coordenadas de pantalla van creciendo hacia abajo, luego las coordenadas que corresponderían a nuestro planteamiento se obtendrían restando la  $Y$  máxima de

pantalla de la que se obtenido anteriormente (en nuestro equipo sería  $X=X2(I,J)$   $Y=200-Y2(I,J)$ ).

Veamos el algoritmo mediante el que obtendríamos las coordenadas de todos los puntos que integran la malla, en el que los ángulos A y B han sido transformados a radianes y calculados sus senos y cosenos antes del bucle; y en el que se ha considerado centro de la malla aproximadamente el punto  $X2(10,10)$ ,  $Y2(10,10)$ ,  $Z2(10,10)$  y centro de la pantalla el punto de coordenadas (150,100).

```
1000 REM SEAN X0(I,J), Y0(I,J) Y Z0(I,J) LAS COORDENADAS PRIMITIVAS
DE LOS VÉRTICES DE LA MALLA OBTENIDOS MEDIANTE EL PROGRAMA
"TOPOGRÁFICO"
1010 REM SEAN A EL ÁNGULO ADOPTADO PARA EL PRIMER GIRO Y B EL
ÁNGULO ADOPTADO PARA EL SEGUNDO GIRO (EN GRADOS
SEXAGESIMALES)
1020 A=A*/180 : B=B*/180
1030 CO=COS(A) : SI=SIN(A) : CC=COS(B) : SS=SIN(B)
1040 XC=X0(10,10)*CO-Y0(10,10)*SI : CE=150-XC
1050 YC=(X0(10,10)*SI+Y0(10,10)*CO)*CC+Z0(10,10)*SS : DE=100-YC
1060 FOR I=1 TO 20 : FOR J=1 TO 20
1070 X2(I,J)=X0(I,J)*CO-Y0(I,J)*SI+CE
1080 Y2(I,J)=(X0(I,J)*SI+Y0(I,J)*CO)+Z0(I,J)*SS+DE
1090 NEXT J : NEXT I
```

Para dibujar la malla hay que trazar las líneas que unen los puntos en el mismo orden. En un modelo sin eliminación de líneas ocultas, el algoritmo puede ser muy cómodo. Véase un ejemplo de algoritmo que produciría el dibujo de la perspectiva axonométrica con las variables que ya hemos utilizado.

```
2000 GRAPH I1,C,01
2010 FOR I=1 TO 20 : FOR J=1 TO 19
2020 LINE X2(I,J), Y2(I,J), X2(I,J+1), Y2(I,J+1)
2030 NEXT J : NEXT I
2040 FOR J=1 TO 20 : FOR I=1 TO 19
2050 LINE X2(I,J), Y2(I,J), X2(I+1,J), Y2(I+1,J)
2060 NEXT I : NEXT J
```

En el programa AXONOMETRÍA SIMPLE que se adjunta, se incorpora además el límite de la malla así como la posibilidad de elegir los ejes de giro. En consecuencia no se efectúa el centrado de la perspectiva. Posteriormente veremos un centrado más perfecto aunque algo más lento.

Veamos los ángulos que habría que elegir para que la perspectiva resultante fuese la isométrica.

El primer ángulo es muy fácil de deducir sin más que tener en cuenta que las tres dimensiones principales han de sufrir la misma reducción al ser proyectadas. Puesto que la posición horizontal de los puntos no varía en el segundo giro, es fácil afirmar que el primer ángulo debe ser  $45^\circ$ . Bastará igualar las distancias reducidas que corresponden a tres distancias reales en las direcciones X, Y y Z.

Consideremos una unidad cualquiera situada sobre los ejes y con un extremo en el punto (0,0,0) y veamos (figura 2-5-2-2-4) su distancia al mismo punto una vez aplicada la transformación:

Segmentos considerados:

A(0,0,0)B(0,0,1)

A(0,0,0)C(0,1,0)

A(0,0,0)D(1,0,0)

Para el segmento AB tendremos las coordenadas X e Y siguientes:

$$XB = 0$$

$$YB = 1 * \sin(B)$$

## PROGRAMA AXONOMETRIA SIMPLE

```
20 REM DIBUJO ORDENADO DE LA CUADRICULA TRIDIMENSIONAL
40 DIM X(22,22),Y(22,22),Z(22,22),X2(22,22),Y2(22,22),Z2(22,22)
41 REM ■■■PROCESO DE RECOGIDA DE DATOS DEL ARCHIVO "3DCOTAS"
42 INPUT"ENTRAR NOMBRE ARCHIVO ";A#:ROPEN#1,A#
43 FOR I=1TO20:FOR J=1TO20
44 INPUT#1,X(I,J),Y(I,J),Z(I,J):NEXT:NEXT:CLOSE#1
60 REM ■■■LA POSICION PRIMITIVA DE LOS PUNTOS ES (X,Y,Z)
64 FOR J=0TO21:X(0,J)=X(1,J):Y(0,J)=Y(1,J):Z(0,J)=0:NEXT
68 FOR J=0TO21:X(J,0)=X(J,1):Y(J,0)=Y(J,1):Z(J,0)=0:NEXT
70 FOR J=0TO21:X(21,J)=X(20,J):Y(21,J)=Y(20,J):Z(21,J)=0:NEXT
75 FOR J=0TO21:X(J,21)=X(J,20):Y(J,21)=Y(J,20):Z(J,21)=0:NEXT
80 REM ■■■LA POSICION FINAL DE LOS PUNTOS ES (X2,Y2,Z2)
100 PRINT"ANGULO DEL PRIMER GIRO":PRINT"RECOMENDADO DE 35o A 55o"
120 INPUT A:A=π*A*180:PRINT"COORD. (X,Y) DEL EJE DE GIRO"
145 PRINT"RECOMENDADO 100,100":INPUTA1,A2
180 PRINT"ANGULO DEL SEGUNDO GIRO":PRINT"RECOMENDADO DE 60o A 80o"
200 INPUT B:B=π*B/180:PRINT"COORD. (Y,Z) DEL EJE DE GIRO"
230 PRINT"RECOMENDADO 100,50":INPUTB1,B2
250 PRINTCHR$(6):PRINT"!!ESTOY CALCULANDO!!"
380 REM ■■■PROCESO DE CALCULO DE LAS NUEVAS COORDENADAS
390 SS=SIN(B):CC=COS(B):C=COS(A):S=SIN(A)
400 FOR I=0TO21:FOR J=0TO21
440 X1=((X(I,J)-A1)*C-(Y(I,J)-A2)*S)+A1
460 Y1=((X(I,J)-A1)*S+(Y(I,J)-A2)*C)+A2:Z1=Z(I,J)
520 Y2(I,J)=200-INT(((Z1-B2)*SS+(Y1-B1)*CC)+B1)
560 X2(I,J)=60+INT(X1):NEXT:NEXT:PRINTCHR$(6)
585 IF(A>π)*(A<(3*π/2))THEN T1=1:T2=21:T3=1:T4=21
586 IF(A>π)*(A<(3*π/2))THEN P1=1:P2=21:P3=1:P4=21
587 IF(A>0)*(A<(π/2))THEN T1=0:T2=20:T3=0:T4=19
588 IF(A>0)*(A<(π/2))THEN P1=0:P2=20:P3=0:P4=19
590 IF(A>=(π/2))*(A<=π)THEN T1=0:T2=20:T3=1:T4=21
591 IF(A>=(π/2))*(A<=π)THEN P1=1:P2=21:P3=0:P4=19
595 IF(A>=(3*π/2))*(A<=(2*π))THEN T1=1:T2=21:T3=0:T4=19
596 IF(A>=(3*π/2))*(A<=(2*π))THEN P1=0:P2=20:P3=1:P4=21
600 PRINTCHR$(6):GRAPHI1,C,01:FOR I=T1TOT2:FORJ=T3TOT4
625 IF (X2(I,J)<0)+(Y2(I,J)<0)+(X2(I,J+1)<0)+(Y2(I,J+1)<0)THEN660
630 IF (X2(I,J)>300)+(Y2(I,J)>199)+(X2(I,J+1)>300)+(Y2(I,J+1)>199)
THEN660
635 IF (X2(I,J)=0)+(Y2(I,J)=0)+(X2(I,J+1)=0)+(Y2(I,J+1)=0)THEN 660
640 LINE X2(I,J),Y2(I,J),X2(I,J+1),Y2(I,J+1)
660 NEXT:NEXT
680 FOR J=P1TOP2:FORI=P3TOP4
685 IF (X2(I,J)<0)+(Y2(I,J)<0)+(X2(I+1,J)<0)+(Y2(I+1,J)<0)THEN720
690 IF (X2(I,J)>300)+(Y2(I,J)>199)+(X2(I+1,J)>300)+(Y2(I+1,J)>199)
THEN720
695 IF (X2(I,J)=0)+(Y2(I,J)=0)+(X2(I+1,J)=0)+(Y2(I+1,J)=0)THEN 720
700 LINE X2(I,J),Y2(I,J),X2(I+1,J),Y2(I+1,J)
720 NEXT:NEXT:END
```

PROGRAMA AXON SIMPLE

## AXONOMETRIA SIMPLE CENTRADA

```

10 DIM X(22,22),Y(22,22),Z(22,22),X2(22,22),Y2(22,22),Z2(22,22)
20 REM      ■■■PROCESO DE RECEBIDA DE DATOS DEL ARCHIVO
30 INPUT"OMBRE DEL ARCHIVO?";A#
40 OPEN#1,A#
50 FOR I=1TO20:FOR J=1TO20
60 INPUT#1,X(I,J),Y(I,J),Z(I,J)
70 NEXT:NEXT:CLOSE#1
90 REM      ■■■LA POSICION PRIMITIVA DE LOS PUNTOS ES (X,Y,Z)
100 REM     ■■■LA POSICION PRIMITIVA DE LOS PUNTOS ES (X,Y,Z)
110 X(0,0)=X(1,1):Y(0,0)=Y(1,1):Z(0,0)=0:X(21,21)=X(20,20):
    Y(21,21)=Y(20,20):Z(21,21)=0
120 X(0,21)=X(1,20):Y(0,21)=Y(1,20):Z(0,21)=0:X(21,0)=X(20,1):
    Y(21,0)=Y(20,1):Z(21,0)=0
130 FORJ=1TO20
140 X(0,J)=X(1,J):X(21,J)=X(20,J)
150 X(J,0)=X(J,1):X(J,21)=X(J,20)
160 Y(0,J)=Y(1,J):Y(21,J)=Y(20,J)
170 Y(J,0)=Y(J,1):Y(J,21)=Y(J,20)
180 Z(0,J)=0:Z(21,J)=0:Z(J,0)=0:Z(J,21)=0:NEXT
200 REM     ■■■ A POSICION FINAL DE LOS PUNTOS ES (X2,Y2,Z2)
500 PRINTTAB(15);"ANGULO DEL PRIMER BIRO":INPUT A
505 PRINTTAB(15);"ANGULO DEL SEGUNDO BIRO ":INPUT B
510 IF(A>0)* (A<90) THENFORI=0TO21:FORJ=0TO21:Z2(I,J)=Z(I,J):
    NEXT:NEXT:GOTO570
520 IF(A>90)* (A<180) THEN A=A-90:FOR I=0TO21:FORJ=0TO21:
    Z2(I,J)=Z(J,21-I):NEXT:NEXT:GOTO560
530 IF(A>180)* (A<270) THEN A=A-180:FOR I=0TO21:FORJ=0TO21:
    Z2(I,J)=Z(21-I,21-J):NEXT:NEXT:GOTO560
540 IF(A>270)* (A<=360) THEN A=A-270:FOR I=0TO21:FORJ=0TO21:
    Z2(I,J)=Z(21-J,I):NEXT:NEXT:GOTO560
550 PRINT"EL ANGULO DEBE SER MENOR QUE 360":GOTO500
560 FOR I=0TO21:FORJ=0TO21:Z3(I,J)=Z2(I,J):NEXTJ:NEXTI
570 A=π*A/180:B=π*B/180
580 CO=COS(A):SI=SIN(A):CC=COS(B):SS=SIN(B)
590 XC=X(10,10)*CO-Y(10,10)*SI:CE=150-XC
600 YC=(X(10,10)*SI+Y(10,10)*CO)*CC+Z(10,10)*SS:DE=120-YC
1000 REM■■■CALCULO DE LAS COORDENADAS
1010 FORI=0TO21:FORJ=0TO21
1020 X2(I,J)=X(I,J)*CO-Y(I,J)*SI+CE
1030 Y2(I,J)=(X(I,J)*SI+Y(I,J)*CO)*CC+Z(I,J)*SS+DE:Y2(I,J)=200-Y2(I,J)
1040 NEXTJ:NEXTI
2000 REM■■■PROCESO DE TRAZADO
2010 GRAPHI1,C,01
2020 FORI=0TO21:FORJ=0TO20
2030 LINEX2(I,J),Y2(I,J),X2(I,J+1),Y2(I,J+1)
2040 NEXTJ:NEXTI
2050 FORJ=0TO21:FORI=0TO20
2060 LINEX2(I,J),Y2(I,J),X2(I+1,J),Y2(I+1,J)
2070 NEXTI:NEXTJ:END

```

PROGRAMA AXON SIMPLE CENTRADA

La distancia al punto (0,0) nos dará la reducción  $D(AB)=\text{SIN}(B)$ .

Para el segmento AC tendremos:

$$\begin{aligned}XC &= -\text{SIN}(A) \\YC &= \text{COS}(A)*\text{COS}(B)\end{aligned}$$

Su distancia será:

$$D(AC) = \text{SQR}[\text{SIN}^2(A) + \text{COS}^2(A)*\text{COS}^2(B)]$$

Para el segmento AD tendremos:

$$\begin{aligned}XD &= \text{COS}(A) \\YD &= \text{SIN}(A)*\text{COS}(B)\end{aligned}$$

Su distancia será:

$$D(AD) = \text{SQR}[\text{COS}^2(A) + \text{SIN}^2(A)*\text{COS}^2(B)]$$

Puesto que la isometría  $D(AB) = D(AC) = D(AD)$ , elevando al cuadrado las expresiones tenemos:

$$\begin{aligned}D^2(AC) &= \text{SIN}^2(A) + [1 - \text{SIN}^2(A)]*\text{COS}^2(B) = \text{SIN}^2(A) + \text{COS}^2(B) - \text{SIN}^2(A)\text{COS}^2(B) \\D^2(AD) &= [1 - \text{SIN}^2(A)] + \text{SIN}^2(A)*\text{COS}^2(B) = -\text{SIN}^2(A) + \text{SIN}^2(A)\text{COS}^2(B) \\D^2(AB) &= \text{SIN}^2(B)\end{aligned}$$

Sumando las tres expresiones tendremos:

$$\begin{aligned}3D^2 &= \text{COS}^2(B) + \text{SIN}^2(B) = 1 \quad D^2 = 1/3 \\ \text{SIN}(B) &= \text{SQR}(1/3) \quad B = 35,26^\circ \\ A &= 45^\circ\end{aligned}$$

Luego el primer ángulo debe ser  $45^\circ$  y el segundo  $35,26^\circ$ .

El programa siguiente incorpora una rutina para producir el centrado en pantalla de la imagen.