



GRAFICOS INTERACTIVOS EN TRES DIMENSIONES



GRAFICOS INTERACTIVOS EN

TRES DIMENSIONES

¿No se ha preguntado nunca cómo se producen esas imágenes que a menudo vemos en televisión donde las figuras rotan, vienen y van? Como, por ejemplo, en las imágenes de apertura diaria de televisión donde cuatro bloques forman un recinto en el que se asienta una esfera formando el logotipo de TVE. Seguro que siempre pensó que se hacían por ordenador pero nunca llegó a imaginar cómo podían seguir una trayectoria tan perfecta y un movimiento tan realista. En este artículo comentaremos la base de las técnicas que permiten producir tales efectos.

El programa que aquí presentamos es capaz de realizar gráficos interactivos en tres dimensiones, verlos en perspectiva desde diferentes puntos de visión y cambiarlos de tamaño. A diferencia de otros programas que permiten la construcción de figuras interactivamente, este es capaz de dibujar la figura en perspectiva, reflejando la realidad, ya que traza la figura a través de las coordenadas que se le proporcionan. Es decir, usted podría dibujar su coche y verlo en perspectiva desde el punto que desee simplemente tomando medidas de su automóvil y proporcionando las coordenadas al programa.

Existen una serie de conceptos

básicos que hemos de manejar antes de empezar a describir el programa y su funcionamiento. Estamos trabajando en el espacio tridimensional, que es el que existe en la realidad, y los objetos de este espacio queremos dibujarlos en el espacio bidimensional, que es el que existe en la televisión o en una hoja de papel. La idea es dibujar un objeto real, en tres dimensiones, en sólo dos dimensiones y que esta representa-

Para evitar que el punto de visión esté dentro del objeto, y para ajustar la figura a la pantalla, necesitamos el volumen de dibujo.

ción refleje la realidad. Para ello hemos de introducir el concepto de perspectiva. Para trabajar con la perspectiva hemos de saber desde qué punto estamos observando el objeto —no es lo mismo mirar a un coche de frente que desde abajo— y esto introduce el concepto de punto de visión.

Para tener una perspectiva adecuada desde el punto de visión del objeto que estamos dibujando es necesario que el punto esté fuera del objeto. Nosotros podemos ver nuestra casa en perspectiva desde

fuera de ella y no desde dentro. Para evitar que el punto de visión esté dentro del objeto y para ajustar la figura u objeto que dibujamos a la pantalla necesitamos lo que llamamos el volumen de dibujo. Se trata de una especie de caja en donde especificamos que vamos a dibujar. La definición de punto de visión y volumen de dibujo aparecen en la pantalla cuando se va a hacer uso de ellos.

Como nos estamos moviendo en el espacio tridimensional trabajaremos con tres ejes que llamaremos X, Y y Z. Colocándonos de frente a una pared de una habitación el eje X sería aquél que va desde la esquina inferior izquierda, donde está el origen, a la esquina inferior derecha. El eje Y sería la altura de la habitación, desde nuestra esquina origen al techo. Y el eje Z es aquel que vendría desde el origen hacia nosotros.

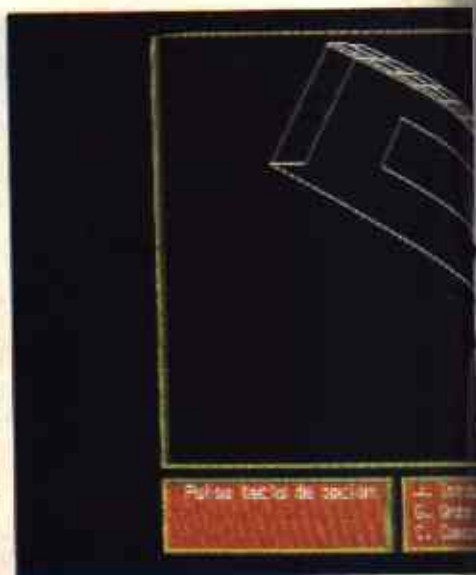
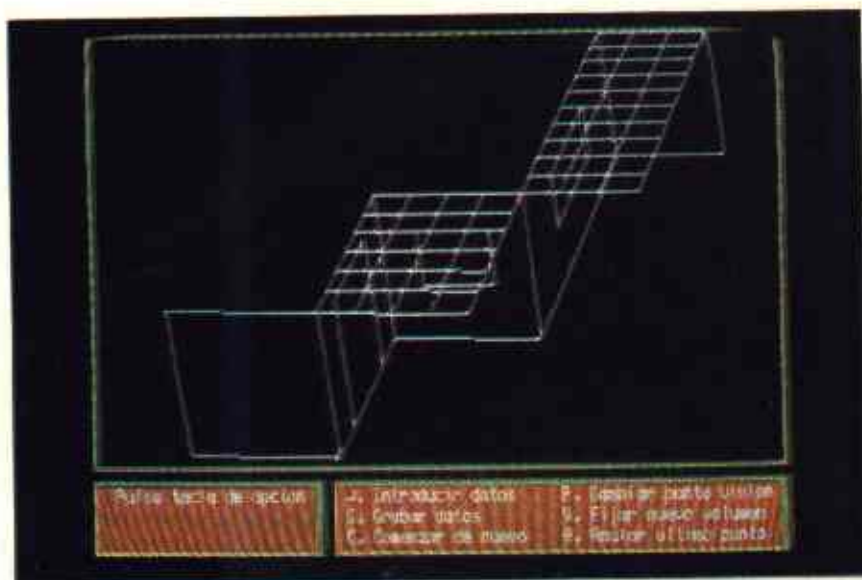
En las líneas 160 a 290 se definen las ventanas que se van a utilizar. Utilizaremos la ventana 0 para introducir datos y responder a preguntas; la ventana 1 la dedicaremos a dar instrucciones e información; y la ventana 2, la más grande, se destinará para dibujar.

En la línea 300 se inicializan algunas variables que se utilizarán en una comparación inicial: n, el número de filas que tiene la matriz de puntos «original», y xv, yv y zv que definen el volumen de dibujo pues-


```

100 REMark =====
110 REMark  GRAFICOS INTERACTIVOS
120 REMark  EN TRES DIMENSIONES
130 REMark  RICARDO GARCIA Y GARCIA
140 REMark =====
150 DIM tr(3,2),punto(2),vol3d(7,2),vol2d(7,1),original(500,5)
160 REMark Definicion de ventanas
170 MODE 4
180 WINDOW#0,155,36,26,220
190 PAPER#0,2
200 BORDER#0,2,4
210 CLS#0
220 WINDOW#1,302,36,184,220
230 PAPER#1,2
240 BORDER#1,2,4
250 WINDOW#2,462,210,26,5
260 PAPER#2,0
270 BORDER#2,2,4
280 CLS#2
290 CLS#1
300 n#0: xv#0: yv#0: zv#0
310 REMark Menu inicial
320 PRINT#1," PULSA LA TECLA APROPIADA PARA CADA OPCION"
330 PRINT#1," F. Lectura de datos desde fichero"
340 PRINT#1," T. Introduccion de datos por teclado"
350 slc#INKEY#(n#,-1)
360 slc#CODE(slc)
370 SELECT ON slc
380 REMark Lectura de datos desde fichero (F)
390 ON slc=70,102
400 CLS#0
410 INPUT#0," Nombre del fichero: ";nombr#
420 archivo#="adv1."$nombr#&"_3d"
430 OPEN IN#3,archivo#
440 INPUT#3,n
450 INPUT#3,x
460 INPUT#3,b
470 INPUT#3,c
480 INPUT#3,xv
490 INPUT#3,yv
500 INPUT#3,zv
510 FOR i=0 TO n-1
520 FOR j=0 TO 5
530 INPUT#3,original(i,j)
540 END FOR j
550 END FOR i
560 CLOSE#3
570 matriz_transformacion
580 ajustes_pantalla
590 redibuja
600 REMark Introduccion de datos por teclado (T)
610 ON slc=84,116
620 punto_vision
630 matriz_transformacion
640 volumen
650 ajustes_pantalla
660 REMark Ninguna de las anteriores
670 ON slc=REMAINDER
680 PRINT#0," Opcion no valida"
690 GO TO 350
700 END SELECT
710 menu_principal
720 CLS#0
730 PRINT#0," Pulsa tecla de opcion"
740 slc#INKEY#(n#,-1)

```

to que estas coordenadas son las de un punto oblicuamente opuesto al origen.

Una figura puede dibujarse a través de los datos almacenados en un fichero o introduciendo datos interactivamente. La opción se realiza en las líneas 310 a 350. Si se ha elegido leer los datos desde un fichero, se cargan en las líneas 380 a 560. Observe que los ficheros tienen la extensión 3d. a, b y c son las coordenadas que definen el punto de visión. Una vez cargados los datos del fichero se ejecutan tres procedimientos: matriz-transformación, ajustes-pantalla y redibuja.

El procedimiento matriz-transformación (líneas 5000 a 5200) realiza el grueso de cálculo del programa. Explicar aquí el porqué de este algoritmo nos ocuparía más que la propia revista, con lo que obviaremos la descripción detallada del mismo. En síntesis lo que hace este algoritmo es construir una matriz de transformación (trt), a la que se llega a través de operaciones trigonométricas y cálculo de rotaciones y traslaciones, que define la situación relativa entre el punto de visión y la figura.

El procedimiento ajustes-pantalla

(líneas 6000 a 6370) tiene como misión última el cálculo de un factor de escala (escala) y dos factores de traslación (muevex y muevey) que se encarga de ajustar a las coordenadas de la pantalla los puntos en el espacio bidimensional, dados en el vector «punto». Para hacer esto se carga la matriz de puntos que delimita el volumen (vol3d) y se pasa al espacio bidimensional (almacenán-

Una figura puede dibujarse a través de los datos almacenados en un fichero o introduciendo directamente datos desde el teclado.

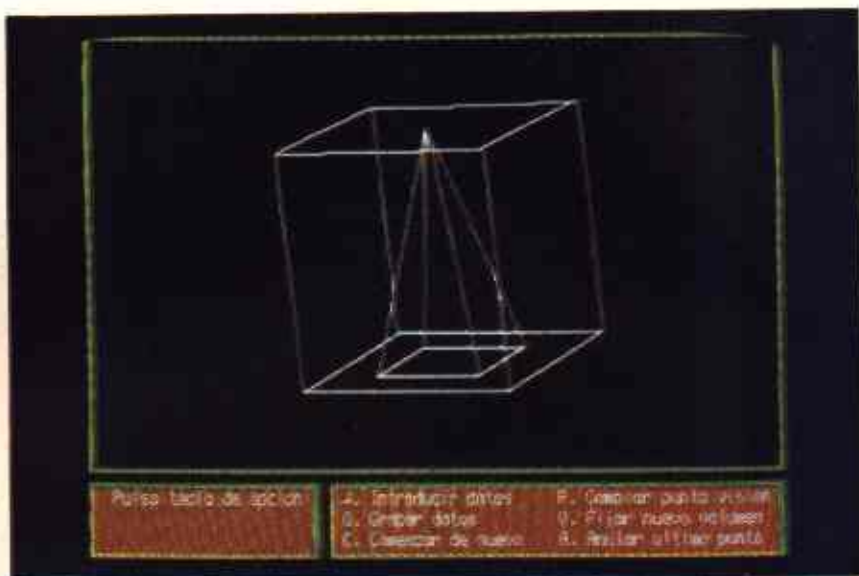
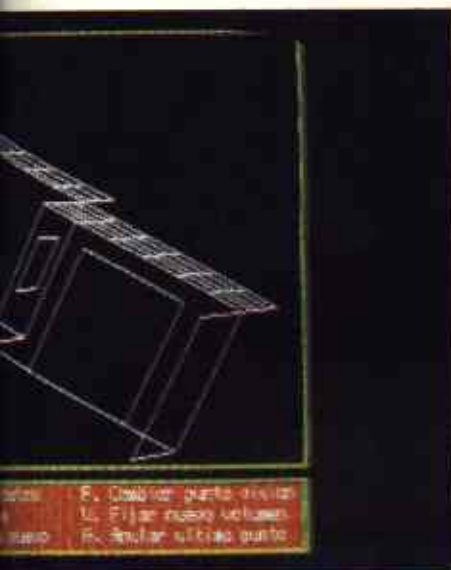
dose en vol2d) a través de la transformación que realiza el procedimiento transforma. Este procedimiento (líneas 7000 a 7070) aplica la matriz tr a cada punto y después realiza la transformación de la perspectiva con una simple regla de tres. Una vez conocido el volumen transformado a dos dimensiones (almacenado en vol2d) no queda sino ejecutar algunas ecuaciones de primer grado para calcular los factores de

escala y traslación que harán que cada punto que se transforme de la matriz «original» puedan ser representados en la pantalla.

Una vez hecho el trabajo difícil, al procedimiento redibuja (líneas 9000 a 9110) no le queda sino dibujar las figuras con los datos de la matriz «original». La primera columna de esta matriz está compuesta de unos y ceros. Un uno significa dibujar y un cero mover. Las otras tres columnas definen el punto en el espacio tridimensional. El procedimiento redibuja transforma cada punto a dibujar a través del procedimiento transforma y después dibuja cada punto o se mueve a un punto, dependiendo del valor de la primera columna, aplicando los factores de escala y traslación para el ajuste en pantalla.

Una vez que tenemos nuestra figura en la pantalla podemos simplemente disfrutar de ella o realizar cualquiera de las operaciones que se nos ofrecen en el menú principal (líneas 4000 a 4080). Pero antes de examinar estas opciones veamos qué pasaría si al principio decidimos introducir datos desde el teclado en lugar de leerlos de un fichero.

En ese caso llegaríamos a la línea



620 y se ejecutaría el procedimiento punto-visión (líneas 2000 a 2150). Este procedimiento nos define lo que es el punto de visión y pide que lo introduzcamos. Cuando lo hacemos se comprueba que no está dentro del volumen de dibujo y, si así es, da un aviso y pide que introduzcamos las coordenadas de nuevo. Si hubiéramos elegido la opción de introducir datos por teclado la primera vez ahora no tendríamos las coordenadas del volumen de dibujo para poder comparar, de aquí que se inicialicen en la línea 300.

Después de tener el punto de visión se ejecutaría el procedimiento matriz-transformación para ejecutarse después el procedimiento volumen (líneas 3000 a 3150). En este procedimiento se define el volumen o caja de dibujo, se piden las coordenadas y se comprueba que no contiene el punto de visión. Una vez que el programa conoce el volumen de dibujo ejecuta el procedimiento ajustes-pantalla.

Llegamos entonces a la línea 710 donde se ejecuta el procedimiento menú principal (líneas 4000 a 4070) donde lo único que se hace es mostrar las distintas opciones en la ventana informativa. Si pulsamos la te-

cla Intro accedemos a la parte de introducción de datos (líneas 790 a 880). Nada más introducir las coordenadas del punto se transforman (con el procedimiento transforma) y se dibujan con el procedimiento dibuja (líneas 8000 a 8090). Es uno de los procedimientos más sencillos. Aplicando los factores de escala y traslación para los ajustes de la pantalla no hace sino dibujar o mover

El punto de visión y el volumen de dibujo se pueden alterar para obtener diferentes vistas del objeto y modificar su tamaño.

de acuerdo al primer número del vector.

Se puede cambiar el punto de visión, para tener diferentes visiones de la figura, y el volumen de dibujo para ver la figura más o menos grande o extenderla. Para ambas operaciones la mecánica es similar: se introducen los nuevos datos, se hacen las transformaciones, se calculan los ajustes y se redibuja (líneas 890 a 1000).

Como lo que estamos haciendo es dibujar en tres dimensiones interactivamente existe la posibilidad de que nos equivoquemos y por eso existe la opción de anular el último punto (líneas 1020 a 1090). Para ello lo único que se hace es reducir n en uno y redibujar si se ha trazado una línea al último punto.

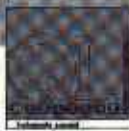
Las últimas opciones son las de grabar los datos (líneas 1100 a 1290) y de volver a comenzar. Observe que cuando decidimos grabar estamos grabando los datos (esto es, los puntos en el espacio tridimensional contenidos en la matriz «original» así como el punto de visión y el volumen de dibujo) y no la figura.

Por último, sólo una puntualización. El programa ajusta el volumen de dibujo a la pantalla. Da igual lo lejos que esté el punto de visión de la figura, seguirá siendo igual de grande. El punto de visión sirve como posición relativa para ver diferentes perspectivas del objeto pero no cambiará su tamaño en la pantalla. Para hacerlo habrá que cambiar el volumen de dibujo. Un volumen de dibujo más pequeño hará que la figura aparezca más grande en la pantalla y viceversa.

Ricardo García y García



```
750 s/c=CODE(s/c/c)
760 SELECT ON s/c
770 REMark Introducir datos (tecla intro)
780 ON s/c=10
790 CLS#0
800 IF n=0 THEN original(n,0)=0:GO TO 840
810 PRINT#0," Mover (0)"
820 INPUT#0," o dibujar (1): "original(n,0)
830 IF original(n,0)>0 AND original(n,0)<1 THEN CLS#0:GO TO 810
840 INPUT#0," coordenada x = "original(n,1)
850 INPUT#0," coordenada y = "original(n,2)
860 INPUT#0," coordenada z = "original(n,3)
870 transforme original(n,1),original(n,2),original(n,3)
880 dibuja
890 REMark Cambiar punto de vision (F)
900 ON s/c=112,00
910 punto_vision
920 matrix_transformacion
930 ajustes_pantalla
940 redibuja
950 menu_principal
960 REMark Fijar nuevo volumen (V)
970 ON s/c=118,00
980 volumen
990 ajustes_pantalla
1000 redibuja
1010 menu_principal
1020 REMark Anular ultimo punto (A)
1030 ON s/c=65,97
1040 IF original(n-1,0)=0 THEN
1050 n=n-1
1060 ELSE
1070 n=n-1
1080 redibuja
1090 END IF
1100 REMark Grabar datos (G)
1110 ON s/c=71,00
1120 CLS#0
1130 INPUT#0," Nombre del archivo: " nombre#1
1140 archivos="adv1."&nombre#1&".3c"
1150 DELETE archivo#1
1160 OPEN NEW#3,archivo#1
1170 PRINT#3,n
1180 PRINT#3,x
1190 PRINT#3,y
1200 PRINT#3,z
1210 PRINT#3,uv
1220 PRINT#3,vy
1230 PRINT#3,izv
1240 FOR i=0 TO n-1
1250 FOR j=0 TO 3
1260 PRINT#3,original(i,j)
1270 END FOR j
1280 END FOR i
1290 CLOSE#3
1300 REMark Comenzar de nuevo (C)
1310 ON s/c=67,99
1320 GO TO 280
1330 REMark Ninguna de las anteriores
1340 ON s/c=REMAINDER
1350 CLS#0
1360 PRINT#0," Opcion no valida"
1370 GO TO 730
1380 END SELECT
1390 GO TO 720
2000 REMark ===== Toma de datos del punto de vision =====
```



```
2010 DEFINE PROCEDURE punto_vision
2020 CLS#1
2030 PRINT#1,"          DEFINICION DE PUNTO DE VISION"
2040 PRINT#1," Aquel punto en el espacio tridimensional desde"
2050 PRINT#1,"          el que se va a mirar la figura dibujada"
2060 CLS#0
2070 INPUT#0," coordenada x = " ; x
2080 INPUT#0," coordenada y = " ; y
2090 INPUT#0," coordenada z = " ; z
2100 IF a>=0 AND a<=xv AND b>=0 AND b<=yv AND c>=0 AND c<=zv THEN
2110 CLS#0
2120 PRINT#0," ERROR: Punto de vision dentro de caja de dibujo"
2130 GO TO 2070
2140 END IF
2150 END DEFINE
3000 REMARK ==== Toma de datos para delimitar el volumen de dibujo ====
3010 DEFINE PROCEDURE volumen
3020 CLS#1
3030 PRINT#1," DEFINICION DE VOLUMEN DE DIBUJO: Punto en el "
3040 PRINT#1," espacio tridimensional, oblicuamente opuesto al"
3050 PRINT#1," origen, que define una caja en la que dibujar"
3060 CLS#0
3070 INPUT#0," coordenada x = " ; xv
3080 INPUT#0," coordenada y = " ; yv
3090 INPUT#0," coordenada z = " ; zv
3100 IF a>=0 AND a<=xv AND b>=0 AND b<=yv AND c>=0 AND c<=zv THEN
3110 CLS#0
3120 PRINT#0," ERROR: Punto de vision dentro de caja de dibujo"
3130 GO TO 3070
3140 END IF
3150 END DEFINE
4000 REMARK ==== Definicion del menu principal ====
4010 DEFINE PROCEDURE menu_principal
4020 CLS#1
4030 PRINT#1," . Introducir datos          E. Cambiar punto vision"
4040 PRINT#1," G. Borrar datos              V. Fijar nuevo volumen"
4050 PRINT#1," C. Comenzar de nuevo        A. Igualar ultimo punto"
4060 LINE#1,27,95 TO 27,95 TO 13,80 TO 13,80
4070 LINE#1,13,80 TO 13,77
4080 END DEFINE
5000 REMARK ==== Calculo de la matriz de transformacion ====
5010 DEFINE PROCEDURE matriz_transformacion
5020 LOCAL cg,sg,cb,sb,vuelca
5030 cg=SQRT(c^2+b^2)/SQRT(a^2+b^2+c^2)
5040 sg=a/SQRT(a^2+b^2+c^2)
5050 cb=c/SQRT(c^2+b^2)
5060 sb=-b/SQRT(c^2+b^2)
5070 vuelca=(-(c<0))+(c>0)
5080 tr(0,0)=cg*vuelca
5090 tr(0,1)=0
5100 tr(0,2)=-sg
5110 tr(1,0)=sb*sg*vuelca
5120 tr(1,1)=cb*vuelca
5130 tr(1,2)=sb*cg
5140 tr(2,0)=-cb*sg*vuelca
5150 tr(2,1)=sb*vuelca
5160 tr(2,2)=-cb*cg
5170 tr(3,0)=-(-a)*cg-sg*(b*sb-c*cb)*vuelca
5180 tr(3,1)=-(-b*cb+c*sb)*vuelca
5190 tr(3,2)=a*sg-cg*(b*sb-c*cb)
5200 END DEFINE
6000 REMARK ==== Parametros para ajustar el dibujo a la pantalla ====
6010 DEFINE PROCEDURE ajustes_pantalla
6020 REMARK carga la matriz de puntos que delimita el volumen
6030 RESTORE
6040 FOR i=0 TO 7
```




```
6050 FOR i=0 TO 2
6060 READ vol3d(i,j)
6070 NEXT j
6080 NEXT i
6090 DATA 0,0,0,xy,0,0,0,yy,0,xx,xy,0,0,0,zv,xy,0,zv,0,yy,zv,xy,yy,zv
6100 REMark transformacion y proyeccion de los puntos del volumen
6110 FOR i=0 TO 7
6120 transforme vol3d(i,0),vol3d(i,1),vol3d(i,2)
6130 vol2d(i,0)=punto(0)
6140 vol2d(i,1)=punto(1)
6150 NEXT i
6160 REMark maximo y minimo del volumen proyectado
6170 maxx=vol2d(0,0)
6180 minx=vol2d(0,0)
6190 maxy=vol2d(0,1)
6200 miny=vol2d(0,1)
6210 FOR i=1 TO 7
6220 IF vol2d(i,0)>maxx THEN maxx=vol2d(i,0)
6230 IF vol2d(i,0)<minx THEN minx=vol2d(i,0)
6240 IF vol2d(i,1)>maxy THEN maxy=vol2d(i,1)
6250 IF vol2d(i,1)<miny THEN miny=vol2d(i,1)
6260 NEXT i
6270 REMark determinacion del factor de escala y de traslacion
6280 IF 164/100=(maxx-minx)/(maxy-miny) THEN
6290 escala=164/(maxx-minx)
6300 muevex=-minx*escala
6310 muevey=(100-(maxy-miny)*escala)/2-miny*escala
6320 ELSE
6330 escala=100/(maxy-miny)
6340 muevex=(164-(maxx-minx)*escala)/2-minx*escala
6350 muevey=-miny*escala
6360 END IF
6370 END DEFine
7000 REMark ===== Realiza la transformacion y proyeccion =====
7010 DEFine PROCEDURE transforme (x,y,z)
7020 punto(0)=x*tr(0,0)+y*tr(1,0)+z*tr(2,0)+tr(3,0)
7030 punto(1)=x*tr(0,1)+y*tr(1,1)+z*tr(2,1)+tr(3,1)
7040 punto(2)=x*tr(0,2)+y*tr(1,2)+z*tr(2,2)+tr(3,2)
7050 punto(0)=punto(0)/punto(2)
7060 punto(1)=punto(1)/punto(2)
7070 END DEFine
8000 REMark ===== Traza lineas segun valores de matriz original =====
8010 DEFine PROCEDURE dibuja
8020 IF original(n,0)=0 THEN
8030 LINE#2,punto(0)*escala+muevex,punto(1)*escala+muevey
8040 n=n+1
8050 ELSE
8060 LINE#2 TO punto(0)*escala+muevex,punto(1)*escala+muevey
8070 n=n+1
8080 END IF
8090 END DEFine
9000 REMark ===== Redibuja la matriz original completa =====
9010 DEFine PROCEDURE redibuja
9020 CLS#2
9030 FOR i=0 TO n-1
9040 transforme original(i,1),original(i,2),original(i,3)
9050 IF original(i,0)=0 THEN
9060 LINE#2,punto(0)*escala+muevex,punto(1)*escala+muevey
9070 ELSE
9080 LINE#2 TO punto(0)*escala+muevex,punto(1)*escala+muevey
9090 END IF
9100 NEXT i
9110 END DEFine
```