

I.T.G.E. - D.M.A.M.I.

CONVENIO PARA EL DESARROLLO DE METODOS  
NUMERICOS Y PROGRAMAS APLICABLES  
A LA HIDROGEOLOGIA

PAQUETE DE APOYO INFORMATICO  
A LA HIDROGEOLOGIA

A. ARENILLAS, A. CASTRILLO, F.J. ELORZA, L. GARRIDO, A. IGLESIAS  
E. IZAGUIRRE, R. MEDINA, A. de MERA, M.P. PEREZ, J.C. del RIO

TOMO N° 2



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**MI**

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA APLICADA  
DE URM - IZALZATEGUI  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

37067

**IV.4. PROGRAMA BALANCE.BAS**

**INDICE**

- IV.4.1. UTILIZACION
- IV.4.2. INTRODUCCION TEORICA
- IV.4.3. PROGRAMA DE ORDENADOR
  - IV.4.3.1. Definición
  - IV.4.3.2. Programa Principal
  - IV.4.3.3. Subrutinas
- IV.4.4. FICHEROS UTILIZADOS
  - IV.4.4.1. Ficheros de datos.
  - IV.4.4.2. Ficheros de resultados.
- IV.4.5. EJEMPLO
- IV.4.6. LISTADO DEL PROGRAMA

## IV.4.1. UTILIZACION

El programa BALANCE realiza el cálculo del balance mensual de agua en el suelo, a partir de la ETP mensual y la pluviometría.

Los resultados, que se presentan a través de una impresora de 132 caracteres por línea, incluyen mes a mes, además de los datos de partida, la evapotranspiración real, reserva de agua en el suelo, excedente o deficit, así como totales anuales de E.T.R., reservas, suma de excedentes y suma de déficits.

Permite tres modos de funcionamiento:

- Cálculo del balance para un año determinado a partir de sus evapotranspiraciones potenciales y pluviometrías mensuales.
- Cálculo del balance para años tipo: secos, medios y húmedos, a partir de unas únicas E.T.P. mensuales medias y de las pluviometrías mensuales de los años respectivos.
- Cálculo del balance para una serie de hasta 25 años a partir de sus E.T.P. y pluviometrías mensuales y de las reservas obtenidas al final de los años, que se utilizan como reservas iniciales para los consecutivos.

Se toma Octubre como primer mes del año hidrológico y se supone una reserva de 0.0 mm. al comienzo del proceso para los tres modos de funcionamiento: de un año, de cada año tipo, del primer año de la serie.

Se permite además introducir hasta 5 hipótesis de reservas de agua en el suelo, para efectuar otros tantos posibles cálculos.

A voluntad del usuario y a la vista de los resultados, se pueden introducir nuevas hipótesis de reserva y repetir el proceso de cálculo indefinidamente.

Los datos de E.T.P. para el cálculo, pueden ser introducidos en el proceso por el usuario, o bien estar cargados en la memoria del ordenador como producto de la ejecución de los programas THORWAIT.BAS o EEPBIANE.BAS, los cuales en este caso habrán encadenado automáticamente, la ejecución del programa BALANCE.

Origen de datos: Programa original de EPTISA.

#### IV.4.2. INTRODUCCION TEORICA

La evapotranspiración potencial es un límite superior de la cantidad de agua que vuelve a la atmósfera. Para determinar la evapotranspiración real debe tenerse en cuenta no sólo su límite sino también el agua que efectivamente existe en la zona.

Un balance hídrico, para un determinado intervalo, puede plantearse así:

$$P = ETR + EX + AR$$

P = precipitación en mm.

ETR = evapotranspiración real en mm.

EX = excedentes de agua (manantial + infiltración) en mm.

AR = incremento en la reserva de agua utilizable por las plantas en mm.

y con la condición:

$$ETR \leq ETP$$

Una vez superados los valores máximos de reserva, el resto de agua caída ese mes forman los excesos de agua que salen del balance como aguas subterráneas o superficiales.

Si la precipitación es inferior a la evapotranspiración potencial se toma de la reserva lo necesario para que la  $ETR = ETP$ . Cuando no hay suficiente agua en la reserva la  $ETR \neq ETP$  y a la diferencia  $ETP - ETR$  se la denomina déficit de agua. Cuando la reserva es cero, la ETR coincide con la precipitación.

#### IV.4.3. PROGRAMA DE ORDENADOR

##### IV.4.3.1. Definición

El programa BALANCE cuyo diagrama de bloques se presenta en la figura 4.10, está escrito en el lenguaje BASIC para PC-IBM. Es un programa interactivo, a través de la consola del ordenador, para la toma de decisiones y entrada opcional de datos, presentando los resultados en un fichero susceptible de ser editado o impreso.

El programa está formado por un programa principal, compuesto de varios bloques funcionales que se suceden, utilizando para los distintos modos de funcionamiento, (un año, año tipos o serie de años), una variable de control que toma los valores 1, 2 ó 3 respectivamente. Además del programa principal el programa utiliza varias subrutinas.

#### IV.4.3.2. Programa Principal

El programa principal es de estructura modular, se compone de un primer bloque que contiene la inicialización de variables y decisión del modo de funcionamiento, así como de la introducción del nombre del fichero de salida.

A continuación, el segundo bloque, se encarga de la toma de E.T.P. Comprueba en primer lugar si existen ya en memoria los datos: número de años, nombre de la estación y ETP mensuales de cada año y si esto fuese así, la coherencia de los mismos con el modo de funcionamiento seleccionado. Si el resultado de este análisis es positivo el programa salta al final de este bloque, en caso negativo vuelve al bloque primero para que el usuario tome la decisión correcta de modo de funcionamiento.

Si no existiesen datos en memoria, porque el programa no ha sido encadenado, se realiza la toma de datos generales: nombre de la estación, y si es el caso de cálculo de una serie de años, el número de los que la componen. A continuación se incluyen en este bloque la decisión de toma de datos de E.T.P. por teclado o fichero y la toma de los mismos por uno u otro procedimiento.

El tercer bloque se inicia con la decisión de toma de datos pluviométricos por fichero o teclado, y realiza la carga de los mismos por el método elegido.

El cuarto bloque incluye la introducción de las hipótesis de reserva, y el cálculo e impresión en el fichero de salida de los resultados obtenidos por cada hipótesis. Al final el programa pregunta al usuario si desea cambiar estas hipótesis, en caso afirmativo comienza el cálculo con los nuevos supuestos de reserva, en caso negativo finaliza el programa.

## IV.4.3.3. Subrutinas

El programa utiliza cuatro subrutinas: DECIDE, CARGA, TIPO y CABECERAS.

a) Subrutina DECIDE

Realiza la decisión de toma de datos, por teclado o fichero, es llamada dos veces desde el programa principal, desde el bloque para datos de E.T.P. y desde el bloque tres para datos de pluviometría.

b) Subrutina CARGA

Efectua la carga desde un fichero previamente grabado de los datos de pluviometría o E.T.P. Es llamada a voluntad del usuario desde los bloques dos y tres del programa principal.

c) Subrutina TIPO

Compone las cabeceras, de pantalla e impresora, de los años tipo. Es llamada desde el programa principal bloques tres y cuatro y desde la subrutina CARGA.

d) Subrutina CABECERAS

Compone e imprime las cabeceras de cada página. Es llamada desde el bloque cuarto del programa principal.

## IV.4.4. FICHEROS UTILIZADOS

## IV.4.4.1. Ficheros de datos

El programa BALANCE puede, a voluntad del usuario, tomar los datos de E.T.P. y precipitaciones de ficheros previamente grabados, estos ficheros deberán ajustarse, ambos, al formato siguiente:

1º registro: AÑO.Dato Oct. Dato Nov. Dato Dic. .Dato Sep.

2º registro: AÑO.Dato Oct. Dato Nov. Dato Dic. .Dato Sep.

- - - - -  
- - - - -

N-ésimo registro: AÑO.Dato Oct. Dato Nov. Dato Dic. .Dato sep

Deberá tenerse en cuenta que los años deberán estar ordenados por años de menor a mayor y para el cálculo por series, deberán ser consecutivos.

Figura 4.11: Fichero de resultados SALI.OUT.

BALANCE HIDRICO MENSUAL (en mm.)

Pag. 1

ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA QWER

HIPOTESIS DE RESERVA 500

AÑO 1950	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	TOT
PRECIPITACION =	51.00	133.00	74.00	146.00	307.00	243.00	98.00	107.00	23.00	57.00	0.00	57.00	1298.14
E.T. POTENCIAL=	22.93	0.00	9.36	0.00	0.00	0.00	30.76	0.00	47.21	0.00	36.47	0.00	0.00
E.T. REAL =	22.93	0.00	9.36	0.00	0.00	0.00	30.76	0.00	47.21	0.00	36.47	0.00	146.74
RESERVA =	28.07	161.07	225.70	371.70	500.00	500.00	500.00	500.00	475.79	500.00	463.53	500.00	
EXC. O DEF. =	0.00	0.00	0.00	0.00	178.70	243.00	67.24	107.00	0.00	32.79	0.00	20.53	
SUMA EXC. =	649.261												
SUMA DEF. =	0												

\*\*\*\*\*

AÑO 1951	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	TOT
PRECIPITACION =	43.00	342.00	148.00	75.00	26.00	237.00	71.00	39.00	70.00	2.00	0.00	56.00	1109.00
E.T. POTENCIAL=	20.54	0.00	10.17	0.00	0.00	0.00	30.76	0.00	47.98	0.00	36.84	0.00	0.00
E.T. REAL =	20.54	0.00	10.17	0.00	0.00	0.00	30.76	0.00	47.98	0.00	36.84	0.00	146.29
RESERVA =	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	463.16	500.00	
EXC. O DEF. =	22.46	342.00	137.83	75.00	26.00	237.00	40.24	39.00	22.02	2.00	0.00	19.16	
SUMA EXC. =	962.7084												
SUMA DEF. =	0												

\*\*\*\*\*

AÑO 1952	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	TOT
PRECIPITACION =	89.00	104.00	124.00	28.00	51.00	192.00	186.00	19.00	14.00	3.00	0.00	27.00	837.00
E.T. POTENCIAL=	22.39	0.00	9.93	0.00	0.00	0.00	30.45	0.00	36.97	0.00	40.17	0.00	0.00
E.T. REAL =	22.39	0.00	9.93	0.00	0.00	0.00	30.45	0.00	36.97	0.00	40.17	0.00	139.91
RESERVA =	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	477.03	480.03	439.86	466.86	
EXC. O DEF. =	66.61	104.00	114.07	28.00	51.00	192.00	155.55	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SUMA EXC. =	730.2351												
SUMA DEF. =	0												

\*\*\*\*\*

AÑO 1953	OCT.	NOV.	DIC.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	TOT
PRECIPITACION =	237.00	69.00	134.00	42.00	58.00	98.00	58.00	74.00	30.00	4.00	8.00	0.30	812.30
E.T. POTENCIAL=	21.23	0.00	10.73	0.00	0.00	0.00	29.83	0.00	37.23	0.00	36.47	0.00	0.00
E.T. REAL =	21.23	0.00	10.73	0.00	0.00	0.00	29.83	0.00	37.23	0.00	36.47	0.00	135.48
RESERVA =	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	492.77	496.77	468.30	468.60	
EXC. O DEF. =	182.63	69.00	123.27	42.00	58.00	98.00	28.17	74.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
SUMA EXC. =	675.0723												
SUMA DEF. =	0												

\*\*\*\*\*

**BALANCE . BAS**

**GRUPO IV**

**IV.4.6. LISTADO DEL PROGRAMA**



## BALANCE.BAS

GRUPO IV

```

1 REM PROGRAMA BALANCE
2 REM ESTE PROGRAMA CALCULA EL BALANCE MENSUAL DE AGUA EN EL SUELO DE UN AÑO
3 REM DE UNA SERIE DE AÑOS O DE AÑOS TIPO (SECOS MEDIOS Y HUMEDOS)
4 REM CON UNA HIPOTESIS DE RESERVA VARIABLES
6 REM PROGRAMA IMPLEMENTADO EN IBM-PC POR EL DEPARTAMENTO DE MATEMATICA
7 REM APLICADA Y METODOS INFORMATICOS DE LA E.T.S.I.M DE MADRID DENTRO
8 REM DEL CONVENIO CON EL IGME PARA EL DESARROLLO DE UN PAQUETE DE APOYO
9 REM INFORMATICO EN HIDROGEOLOGIA (PAI).SEPTIEMBRE 1990.
10 REM INICIALIZACION DE VARIABLES
11 DIM E(25, 13), A(25)
12 CLOSE : S2 = 0: P = 0: E = 0: E1 = 0: P1 = 0: P = 0: L1 = 48
13 DIM P(25, 13), P1(13), E1(13), E2(13)
14 DIM R(13), R1(12), D(12), Q(12), H(5), P(25, 13)
15 PROGRAM$ = "BALANCE.BAS"
16 GOSUB 10000
17 CLS
18 LOCATE 5, 1: PRINT "-----";
19 LOCATE 24, 1: PRINT "-----";
20 FOR I = 1 TO 2
21 FOR J = 6 TO 23
22 LOCATE J, (I - 1) * 79 + 1: PRINT CHR$(186);
23 NEXT J
24 NEXT I
30 LOCATE 8, 8: PRINT TAB(20); "      PROGRAMA BALANCE"
40 LOCATE 11, 8: PRINT "ESTE PROGRAMA CALCULA EL BALANCE MENSUAL DE AGUA EN EL SUELO"
50 LOCATE 12, 8: PRINT "DE UN AÑO DE UNA SERIE DE AÑOS O DE AÑOS TIPO (SECOS MEDIOS"
55 LOCATE 13, 8: PRINT "Y HUMEDOS) CON UNA HIPOTESIS DE RESERVA VARIABLES": PRINT
60 LOCATE 14, 8: PRINT "PROGRAMA IMPLEMENTADO EN IBM-PC POR EL DEPARTAMENTO DE MATEMATICA"
65 LOCATE 15, 8: PRINT "APLICADA Y METODOS INFORMATICOS DE LA E.T.S.I.M DE MADRID DENTRO"
70 LOCATE 16, 8: PRINT "DEL CONVENIO CON EL IGME PARA EL DESARROLLO DE UN PAQUETE DE APOYO"
75 LOCATE 17, 8: PRINT "INFORMATICO EN HIDROGEOLOGIA (PAI).SEPTIEMBRE 1990."
85 LOCATE 22, 8: INPUT "TECLEE INTRO PARA CONTINUAR"; WADA
90 A = 0
95 CLS
113 LOCATE 12, 11: PRINT "¿ ESTA CALCULANDO EL BALANCE A PARTIR DE DATOS GENERADOS"
114 LOCATE 13, 11: PRINT " POR LOS PROGRAMAS THORWAIT Y/O ETPBLANE (S/W)"
115 LOCATE 13, 62: INPUT W$
116 IF W$ = "N" OR W$ = "n" THEN 126
117 OPEN "PROTOC.BAL" FOR INPUT AS #5
118 INPUT #5, E$: INPUT #5, A
119 FOR K = 1 TO A
120 INPUT #5, A(K)
121 FOR J = 1 TO 12 STEP 2
122 INPUT #5, E(K, J)
123 NEXT J
124 NEXT K
126 CLS
127 INPUT "NOMBRE DEL FICHERO DE SALIDA DEL PROGRAMA BALANCE"; PS$
128 OPEN PS$ FOR OUTPUT AS #3
129 CLS : PRINT #3, CHR$(27); CHR$(15)
130 REM DECISION DE MODO DE FUNCIONAMIENTO
140 LOCATE 12, 20: PRINT "SELECCIONE EL MODO DE FUNCIONAMIENTO"
150 LOCATE 13, 20: PRINT "1.- PARA EL BALANCE DE UN UNICO AÑO"
160 LOCATE 14, 20: PRINT "2.- PARA EL BALANCE DE AÑOS TIPO"
170 LOCATE 15, 20: PRINT "3.- PARA EL BALANCE DE UNA SERIE DE AÑOS"
180 LOCATE 12, 62: INPUT S
185 CLS
190 REM ENTRADA Y CARGA DE LOS DATOS
210 IF A = 0 THEN 360
220 S2 = 1: E1$ = "ESTACION TERMOPLUVIOMETRICA " + E$: IF S = 1 AND A > 1 THEN 310
230 IF S = 2 AND A > 1 THEN 310
240 IF S = 3 THEN 260
250 GOTO 740
260 IF A = 1 THEN 310
270 FOR K = 1 TO A - 1: IF A(K + 1) - A(K) > 1 THEN 310
280 NEXT K
290 IF S = 2 THEN 700

```

## BALANCE.BAS

## GRUPO IV

```

1030 PRINT "INGRESE LAS HIPOTESIS DE RESERVA SOLICITADAS (en mm.)"
1040 FOR J = 1 TO N
1050 PRINT "HIPOTESIS DE RESERVA NUM.": J
1060 INPUT H(J)
1070 NEXT J
1080 REM ALGORITMO DE CALCULO E IMPRESION
1090 FOR L = 1 TO N
1100 GOSUB 2480
1110 R(13) = 0
1120 FOR K = 1 TO A
1130 D1 = 0: D2 = 0: IF S = 3 THEN R(1) = R(13) ELSE R(1) = 0
1140 FOR J = 1 TO 12
1150 Q(J) = R(J) + P(K, J) - E(K, J)
1160 IF P(K, J) < E(K, J) THEN 1300
1170 E1(J) = E(K, J)
1180 IF P(K, J) > E(K, J) THEN 1220
1190 REM ETP = PRECIPITACION (*)
1200 R(J + 1) = R(J)
1210 D(J) = 0: GOTO 1440
1220 REM ETP < PRECIPITACION (**)
1230 IF Q(J) > H(L) THEN 1270
1240 REM Q<=HIP. RESERVA
1250 R(J + 1) = Q(J)
1260 D(J) = 0: GOTO 1440
1270 REM Q>HIP. RESERVA
1280 R(J + 1) = H(L)
1290 D(J) = Q(J) - H(L): GOTO 1440
1300 REM ETP > PRECIPITACION (***)
1310 IF E(K, J) < P(K, J) + R(J) THEN 1400
1320 E1(J) = P(K, J) + R(J)
1330 IF E(K, J) > P(K, J) + R(J) THEN 1370
1340 REM *** ETP=PRECIP.+RESERVA
1350 R(J + 1) = 0
1360 D(J) = 0: GOTO 1440
1370 REM *** ETP>PRECIP.+RESERVA
1380 R(J + 1) = 0
1390 D(J) = Q(J): GOTO 1440
1400 REM *** ETP<PRECIP.+RESERVA
1410 E1(J) = E(K, J)
1420 R(J + 1) = Q(J)
1430 D(J) = 0
1440 E1 = E1 + E1(J)
1450 IF D(J) > 0 THEN D1 = D1 + D(J): GOTO 1470
1460 D2 = D2 + D(J)
1470 NEXT J
1480 E1(13) = E1: E1 = 0
1490 DATA OCTUBRE,NOVIEMBRE,DICIEMBRE,ENERO,FEBRERO,MARZO
1495 DATA ABRIL,MAYO,JUNIO,JULIO,AGOSTO,SEPTIEMBRE
1500 IF L1 > 45 THEN GOSUB 2480
1510 IF S <> 2 THEN A$ = STR$(A(K)): GOTO 1530
1520 GOSUB 2410
1530 PRINT #3, "AÑO "; A$; " ";
1540 PRINT #3, " OCT. NOV. DIC. ENE. FEB. MAR. ABR. ";
1545 PRINT #3, "MAY. JUN. JUL. AGO. SEP. TOT"
1550 FOR U = 1 TO 13: P1(U) = P(K, U): NEXT U
1560 PRINT #3, "PRECIPITACION =";
1589 FOR I = 1 TO 13
1590 PRINT #3, USING "###.##"; P1(I);
1591 NEXT I
1595 PRINT #3,
1599 FOR U = 1 TO 13: E2(U) = E(K, U): NEXT U
1600 PRINT #3, "E.T. POTENCIAL=";
1630 FOR U = 1 TO 13: PRINT #3, USING "###.##"; E2(U); : NEXT U
1635 PRINT #3,
1640 PRINT #3, "E.T. REAL =";
1660 FOR U = 1 TO 13: PRINT #3, USING "###.##"; E1(U); : NEXT U
1665 PRINT #3,

```

## BALANCE.BAS

GRUPO IV

```

1669 FOR U = 2 TO 13: R1(U - 1) = R(U): NEXT U
1670 PRINT #3, "RESERVA      =";
1690 FOR U = 1 TO 12: PRINT #3, USING "###.##"; R1(U); : NEXT U
1700 PRINT #3,
1710 PRINT #3, "EXC. O DEP.  =";
1730 FOR U = 1 TO 12: PRINT #3, USING "###.##"; D(U); : NEXT U
1735 PRINT #3,
1740 PRINT #3, "SUMA EXC.   =";
1750 PRINT #3, D1
1770 PRINT #3, "SUMA DEP.   =";
1790 PRINT #3, D2
1800 PRINT #3, TAB(21); "*****"
1801 PRINT #3,
1810 L1 = L1 + 13
1820 NEXT K
1830 NEXT L
1840 INPUT "DESEA CAMBIAR DE HIPOTESIS (S/N)"; R$
1860 IF R$ = "S" OR R$ = "s" THEN 990
1870 IF R$ = "N" OR R$ = "n" THEN 1890
1880 GOTO 1840
1890 CLS
1900 FOR I = 1 TO 4: PRINT , : NEXT I
1904 PRINT "Los resultados del programa se escribiran en un fichero llamado "; FS$
1907 PRINT "Si desea verlos en pantalla teclee TYPE "; FS$
1908 PRINT "Si desea imprimirlos teclee PRINT "; FS$
1909 PRINT ,
1910 PRINT TAB(5); "FIN DEL PROGRAMA BALANCE"
1911 FOR I = 1 TO 10000: NEXT I
1920 GOTO 19000
1930 REM SUBROUTINA DECIDE
1940 REM DECISION DE TOMA DE DATOS POR FICHERO O POR TECLADO"
1950 INPUT "1-fichero    2-teclado"; TEC
1960 ON TEC GOTO 1970, 1980
1970 S1 = 1: GOTO 1990
1980 S1 = 2
1985 CLOSE #2
1990 RETURN
2000 REM
2010 REM SUBROUTINA CARGA
2020 REM TOMA DE DATOS DE UN FICHERO
2030 ON ERROR GOTO 2380
2050 PRINT L$
2060 INPUT N$
2080 OPEN N$ FOR INPUT AS #2
2090 X = 1: K = X
2100 IF S2 = 1 THEN 2120
2110 ON S GOTO 2130, 2140, 2180
2120 ON S GOTO 2200, 2150, 2200
2130 PRINT "INGRESE AÑO": GOTO 2190
2140 IF A = 1 THEN PRINT "INGRESE AÑO DE ETP MEDIA": GOTO 2190
2150 K = X: GOSUB 2410
2170 PRINT "INGRESE AÑO "; A$: GOTO 2190
2180 PRINT "INGRESE PRIMER AÑO DE LA SERIE"
2190 INPUT A(K)
2200 INPUT #2, A1
2210 FOR J = 1 TO 12
2220 INPUT #2, P(K, J)
2230 P = P + P(K, J)
2240 NEXT J
2250 P(K, 13) = P: P = 0
2260 IF S = 2 AND K = 3 THEN A = 3: GOTO 2370
2270 IF S = 2 AND S2 = 1 THEN X = X + 1: GOTO 2150
2280 IF A(K) = A1 GOTO 2300
2290 GOTO 2200
2300 FOR K = 2 TO A
2310 INPUT #2, A(K)
2320 FOR J = 1 TO 12

```

```
2330 INPUT #2, P(K, J)
2340 P = P + P(K, J)
2350 NEXT J: P(K, 13) = P: P = 0
2360 NEXT K
2370 GOTO 2400
2380 PRINT "ERROR EN LA CARGA DEL FICHERO"
2390 FOR I = 1 TO 1000: NEXT I: CLOSE #2: GOTO 460
2400 S2 = 1: CLOSE #2: RETURN
2410 REM SUBROUTINA TIPO
2420 REM COMPONE LAS CABECERAS PARA LOS AÑOS TIPO
2430 ON K GOTO 2440, 2450, 2460
2440 A$ = "SECO": GOTO 2470
2450 A$ = "MEDIO": GOTO 2470
2460 A$ = "HUMEDO"
2470 RETURN
2480 REM SUBROUTINA CABECERAS
2490 REM IMPRIME LAS CABECERAS DE CADA PAGINA
2500 FOR I = 1 TO 48 - L1: PRINT #3, : NEXT I
2505 PRINT #3, CHR$(12)
2510 P1 = P1 + 1: PRINT #3, TAB(25); "BALANCE HIDRICO MENSUAL (ed mm.)";
2511 PRINT #3, TAB(71); "Pag.-"; P1: PRINT #3,
2520 PRINT #3, TAB((80 - LEN(E1$)) / 2 + 1); E1$: PRINT #3,
2530 PRINT #3, TAB(30); "HIPOTESIS DE RESERVA"; H(L): PRINT #3,
2540 L1 = 7
2550 RETURN
```

```
10000 REM SUBROUTINA DIBUJO CARATULA
10001 NI = 1
10010 CLS
10020 KEY OFF
10030 SCREEN 9
10035 COLOR 12, 9
10040 LET A = 480
10050 LET B = 1! * 1.428
10060 LET C = 20
10070 LET D = 1!
10080 LET E = 50
10090 LET P = 1.5 * 1.428
10100 LET G = 30
10110 LET H = 1.5
10120 PSET (A + B * 26, C + D * 49)
10130 LINE -(A + B * 37, C + D * 38)
10140 PSET (A + B * 39, C + D * 39.5)
10150 LINE -(A + B * 28!, C + D * 50.5)
10160 LINE -(A + B * 26!, C + D * 49!)
10170 PSET (A + B * 35.5, C + D * 36.5)
10180 LINE -(A + B * 41, C + D * 41)
10190 LINE -(A + B * 44, C + D * 41)
10200 LINE -(A + B * 44, C + D * 40)
10210 LINE -(A + B * 43, C + D * 38)
10220 LINE -(A + B * 38, C + D * 34)
10230 LINE -(A + B * 35.5, C + D * 36.5)
10240 PSET (A + B * 40, C + D * 35)
10250 LINE -(A + B * 41.5, C + D * 33.5)
10260 LINE -(A + B * 43, C + D * 35)
10270 LINE -(A + B * 41.5, C + D * 36.5)
10280 PSET (A + B * 24!, C + D * 38!)
10290 LINE -(A + B * 29, C + D * 33.5)
10300 LINE -(A + B * 32!, C + D * 36!)
10310 LINE -(A + B * 27, C + D * 40.5)
10320 LINE -(A + B * 24!, C + D * 38!)
10330 LINE -(A + B * 25, C + D * 37!)
10340 PSET (A + B * 25.5, C + D * 36.5)
10350 LINE -(A + B * 23.5, C + D * 34.5)
10360 LINE -(A + B * 25!, C + D * 33!)
10370 LINE -(A + B * 27!, C + D * 35!)
10380 PSET (A + B * 28.5, C + D * 39!)
10390 LINE -(A + B * 32.5, C + D * 42.5)
```

10400 PSET (A + B \* 30!, C + D \* 38!), 7  
 10410 LINE -(A + B \* 33.5, C + D \* 41!)  
 10420 PSET (A + B \* 34.5, C + D \* 44.5)  
 10430 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 49!)  
 10440 PSET (A + B \* 35.5, C + D \* 43!)  
 10450 LINE -(A + B \* 41.6, C + D \* 48!)  
 10460 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 49!)  
 10470 'DIBUJADOS LOS MARTILLOS  
 10480 PSET (A + B \* 11!, C + D \* 37!)  
 10490 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 40!)  
 10500 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 44!)  
 10510 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 49!)  
 10520 LINE -(A + B \* 14.5, C + D \* 53!)  
 10530 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 57!)  
 10540 LINE -(A + B \* 21.5, C + D \* 58.5)  
 10550 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 10560 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 62!)  
 10570 LINE -(A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
 10580 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 62.5)  
 10590 LINE -(A + B \* 36.5, C + D \* 62!)  
 10600 CIRCLE (A + B \* 35!, C + D \* 62.5), 1! \* SQR(B ^ 2 + D ^ 2)  
 10610 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 62.5)  
 10620 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 61.5)  
 10630 LINE -(A + B \* 47!, C + D \* 59.5)  
 10640 LINE -(A + B \* 51.5, C + D \* 56.5)  
 10650 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 50.5)  
 10660 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 45!)  
 10670 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 40!)  
 10680 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
 10690 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 37!)  
 10700 LINE -(A + B \* 12!, C + D \* 40!)  
 10710 LINE -(A + B \* 12!, C + D \* 44!)  
 10720 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 49!)  
 10730 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 53!)  
 10740 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57!)  
 10750 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 10760 LINE -(A + B \* 27.5, C + D \* 61!)  
 10770 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 62!)  
 10780 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 62.5)  
 10790 PSET (A + B \* 36.5, C + D \* 62.5)  
 10800 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 61.5)  
 10810 LINE -(A + B \* 46.5, C + D \* 59.5)  
 10820 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 56.5)  
 10830 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 50.5)  
 10840 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 45!)  
 10850 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 40!)  
 10860 'DIBUJADA LA BASE DEL RAMO  
 10870 LINE (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)-(A + B \* 11.5, C + D \* 37)  
 10880 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10890 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 32!)  
 10900 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 28!)  
 10910 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 31!)  
 10920 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 34!)  
 10930 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10940 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10950 PSET (A + B \* 11!, C + D \* 37!)  
 10960 LINE -(A + B \* 9.5, C + D \* 35.5)  
 10970 CIRCLE (A + B \* 8.5, C + D \* 35.5), .7 \* B  
 10980 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 10990 LINE -(A + B \* 10!, C + D \* 39!)  
 11000 LINE -(A + B \* 7!, C + D \* 35!)  
 11010 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 33.5)  
 11020 LINE -(A + B \* 5!, C + D \* 35!)  
 11030 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 39!)  
 11040 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11050 'HOJA  
 11060 PSET (A + B \* 5, C + D \* 35!)

BALANCE.BAS

GRUPO IV

11070 LINE -(A + B \* 1.5, C + D \* 35!)

11080 LINE -(A + B \* 4!, C + D \* 37!)

11090 LINE -(A + B \* 5!, C + D \* 41)

11100 LINE -(A + B \* 9, C + D \* 42.5)

11110 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)

11120 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 36.5)

11130 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 35!)

11140 LINE -(A + B \* 16!, C + D \* 33.5)

11150 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 32.5)

11160 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 35!)

11170 LINE -(A + B \* 14.5, C + D \* 38!)

11180 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)

11190 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 40!)

11200 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 37.5)

11210 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 35!)

11220 LINE -(A + B \* 16.5, C + D \* 35.5)

11230 PSET (A + B \* 12!, C + D \* 46.5)

11240 LINE -(A + B \* 10.5, C + D \* 44.5)

11250 CIRCLE (A + B \* 9.5, C + D \* 44!), B

11260 PSET (A + B \* 13.5, C + D \* 51!)

11270 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 50!)

11280 LINE -(A + B \* 10!, C + D \* 47!)

11290 LINE -(A + B \* 8!, C + D \* 46!)

11300 LINE -(A + B \* 8!, C + D \* 48!)

11310 LINE -(A + B \* 8.5, C + D \* 49!)

11320 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 50!)

11330 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)

11340 LINE -(A + B \* 9.5, C + D \* 52!)

11350 LINE -(A + B \* 7!, C + D \* 49!)

11360 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 46.5)

11370 LINE -(A + B \* 7.5, C + D \* 47!)

11380 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)

11390 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 49!)

11400 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 44!)

11410 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 43.5)

11420 LINE -(A + B \* 15.5, C + D \* 44.5)

11430 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)

11440 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 51!)

11450 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 47!)

11460 LINE -(A + B \* 15.5, C + D \* 44.5)

11470 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 42!)

11480 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 43!)

11490 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 48!)

11500 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 51!)

11510 PSET (A + B \* 12.5, C + D \* 47!)

11520 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 43.5)

11530 CIRCLE (A + B \* 13!, C + D \* 42.5), .7 \* B

11540 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)

11550 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 54!)

11560 CIRCLE (A + B \* 13!, C + D \* 54!), .7 \* B

11570 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)

11580 LINE -(A + B \* 16.5, C + D \* 52!)

11590 CIRCLE (A + B \* 16.5, C + D \* 51!), .7 \* B

11600 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 57!)

11610 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 56.5)

11620 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 57.5)

11630 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 58!)

11640 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 57.5)

11650 PSET (A + B \* 21.5, C + D \* 59!)

11660 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 60!)

11670 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 58.5)

11680 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 57.5)

11690 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 57.5)

11700 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 56!)

11710 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 52!)

11720 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 48!)

11730 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 49.5)

11740 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 56!)  
 11750 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57.5)  
 11760 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 49.5)  
 11770 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 49!)  
 11780 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 51!)  
 11790 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 52!)  
 11800 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57.5)  
 11810 PSET (A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 11820 LINE -(A + B \* 22.5, C + D \* 56.5)  
 11830 CIRCLE (A + B \* 22.5, C + D \* 55.5), B \* .7  
 11840 PSET (A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 11850 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 60!)  
 11860 CIRCLE (A + B \* 20.5, C + D \* 60.5), B \* .7  
 11870 PSET (A + B \* 25!, C + D \* 60!)  
 11880 LINE -(A + B \* 24!, C + D \* 57!)  
 11890 CIRCLE (A + B \* 24!, C + D \* 56.5), B \* .6  
 11900 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 60.5)  
 11910 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 63!)  
 11920 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 63.5)  
 11930 LINE -(A + B \* 16!, C + D \* 61.5)  
 11940 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 62!)  
 11950 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 62!)  
 11960 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 60.5)  
 11970 PSET (A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 11980 LINE -(A + B \* 28.5, C + D \* 57!)  
 11990 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 54!)  
 12000 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 52.5)  
 12010 LINE -(A + B \* 26.5, C + D \* 54.5)  
 12020 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 58!)  
 12030 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 12040 PSET (A + B \* 26.5, C + D \* 54.5)  
 12050 LINE -(A + B \* 24!, C + D \* 53!)  
 12060 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 57!)  
 12070 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 58!)  
 12080 PSET (A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
 12090 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 64!)  
 12100 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 63!)  
 12110 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 62.5)  
 12120 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
 12130 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 65.5)  
 12140 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 68!)  
 12150 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 67.5)  
 12160 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 66!)  
 12170 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 64!)  
 12180 PSET (A + B \* 28!, C + D \* 64!)  
 12190 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 66!)  
 12200 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 63.5)  
 12210 PSET (A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
 12220 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 69.5)  
 12230 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 69!)  
 12240 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 66!)  
 12250 PSET (A + B \* 29!, C + D \* 65!)  
 12260 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 63!)  
 12270 PSET (A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 12280 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 62.5)  
 12290 PSET (A + B \* 23.5, C + D \* 63!)  
 12300 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 65.5)  
 12310 LINE -(A + B \* 23!, C + D \* 65.5)  
 12320 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
 12330 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 63!)  
 12340 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 61!)  
 12350 PSET (A + B \* 35.5, C + D \* 61.5)  
 12360 LINE -(A + B \* 36!, C + D \* 59!)  
 12370 LINE -(A + B \* 36!, C + D \* 58.5)  
 12380 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 59!)  
 12390 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 58.5)  
 12400 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 61.5)



## BALANCE .BAS

## GRUPO IV

12410 PSET (A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
12420 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 58.5)  
12430 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 56!)  
12440 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 55.5)  
12450 LINE -(A + B \* 38.5, C + D \* 56!)  
12460 LINE -(A + B \* 39!, C + D \* 58.5)  
12470 LINE -(A + B \* 36.5, C + D \* 62!)  
12480 PSET (A + B \* 30.5, C + D \* 58.5)  
12490 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 58!)  
12500 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 58.5)  
12510 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 58.5)  
12520 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 58!)  
12530 LINE -(A + B \* 39!, C + D \* 58.5)  
12540 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 63.5)  
12550 LINE -(A + B \* 38!, C + D \* 66!)  
12560 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 65.5)  
12570 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 65!)  
12580 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 65!)  
12590 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 64.5)  
12600 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 66.5)  
12610 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 66.5)  
12620 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 67!)  
12630 LINE -(A + B \* 42!, C + D \* 67!)  
12640 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 67.5)  
12650 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 68!)  
12660 LINE -(A + B \* 35.5, C + D \* 64!)  
12670 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 63.5)  
12680 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 65.5)  
12690 PSET (A + B \* 37!, C + D \* 62.5)  
12700 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 65!)  
12710 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 67.5)  
12720 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 69.5)  
12730 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 70!)  
12740 LINE -(A + B \* 42!, C + D \* 67!)  
12750 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12760 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 58!)  
12770 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 55!)  
12780 LINE -(A + B \* 42.5, C + D \* 53!)  
12790 LINE -(A + B \* 42.5, C + D \* 55!)  
12800 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12810 PSET (A + B \* 43!, C + D \* 55!)  
12820 LINE -(A + B \* 44!, C + D \* 52!)  
12830 LINE -(A + B \* 44!, C + D \* 55!)  
12840 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 58!)  
12850 PSET (A + B \* 44!, C + D \* 55!)  
12860 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 54!)  
12870 LINE -(A + B \* 45.5, C + D \* 55!)  
12880 LINE -(A + B \* 45.5, C + D \* 57!)  
12890 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12900 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12910 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 63.5)  
12920 LINE -(A + B \* 47!, C + D \* 63.5)  
12930 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 61.5)  
12940 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 62!)  
12950 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12960 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12970 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 60.5)  
12980 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 62!)  
12990 PSET (A + B \* 47.5, C + D \* 59!)  
13000 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 54!)  
13010 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 51!)  
13020 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 49.5)  
13030 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 52.5)  
13040 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 56!)  
13050 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 59!)  
13060 PSET (A + B \* 48!, C + D \* 53!)  
13070 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 49!)

## BALANCE .BAS

## GRUPO IV

13080 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 49!)  
13090 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 51!)  
13100 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 48!)  
13110 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 48!)  
13120 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 50!)  
13130 PSET (A + B \* 50!, C + D \* 57.5)  
13140 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 52!)  
13150 PSET (A + B \* 50!, C + D \* 57.5)  
13160 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 54!)  
13170 PSET (A + B \* 49!, C + D \* 58!)  
13180 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 56!)  
13190 PSET (A + B \* 49!, C + D \* 58!)  
13200 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 55.5)  
13210 PSET (A + B \* 46.5, C + D \* 59.5)  
13220 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 57!)  
13230 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 58.5)  
13240 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 60!)  
13250 PSET (A + B \* 54.5, C + D \* 58.5)  
13260 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 62!)  
13270 LINE -(A + B \* 53.5, C + D \* 62!)  
13280 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 59!)  
13290 PSET (A + B \* 51!, C + D \* 56.5)  
13300 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 55!)  
13310 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 57!)  
13320 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 58!)  
13330 PSET (A + B \* 52!, C + D \* 55.5)  
13340 LINE -(A + B \* 56.5, C + D \* 54!)  
13350 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 56!)  
13360 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 56.5)  
13370 PSET (A + B \* 52!, C + D \* 55!)  
13380 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 52.5)  
13390 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 51.5)  
13400 LINE -(A + B \* 52!, C + D \* 49!)  
13410 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 52!)  
13420 LINE -(A + B \* 52!, C + D \* 55!)  
13430 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 53!)  
13440 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 52!)  
13450 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 51.5)  
13460 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 54!)  
13470 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 53!)  
13480 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 53!)  
13490 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 54!)  
13500 PSET (A + B \* 62!, C + D \* 54!)  
13510 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 58!)  
13520 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 53!)  
13530 PSET (A + B \* 53.5, C + D \* 53!)  
13540 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 45.5)  
13550 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13560 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13570 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13580 LINE -(A + B \* 56!, C + D \* 45!)  
13590 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13600 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13610 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 42!)  
13620 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 40.5)  
13630 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 42!)  
13640 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 46.5)  
13650 PSET (A + B \* 52.5, C + D \* 42!)  
13660 LINE -(A + B \* 51.5, C + D \* 44!)  
13670 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 46!)  
13680 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 43!)  
13690 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 40)  
13700 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 40.5)  
13710 PSET (A + B \* 57.5, C + D \* 46!)  
13720 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 44!)  
13730 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 42!)  
13740 LINE -(A + B \* 61!, C + D \* 42!)

## BALANCE.BAS

## GRUPO IV

13750 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 43.5)  
13760 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 45.5)  
13770 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13780 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 50!)  
13790 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 47!)  
13800 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 48!)  
13810 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13820 PSET (A + B \* 57!, C + D \* 47.5)  
13830 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 44.5)  
13840 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 46!)  
13850 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 47.5)  
13860 PSET (A + B \* 61.5, C + D \* 46.5)  
13870 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 48.5)  
13880 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 46!)  
13890 PSET (A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
13900 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 32!)  
13910 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 28!)  
13920 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 27!)  
13930 LINE -(A + B \* 56.5, C + D \* 24!)  
13940 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 25!)  
13950 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 25.5)  
13960 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 27.5)  
13970 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 28!)  
13980 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 30!)  
13990 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 34!)  
14000 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 38!)  
14010 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 38.5)  
14020 LINE -(A + B \* 58.3, C + D \* 39!)  
14030 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 40!)  
14040 PSET (A + B \* 58!, C + D \* 32!)  
14050 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 29!)  
14060 LINE -(A + B \* 59.5, C + D \* 31!)  
14070 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
14080 PSET (A + B \* 59!, C + D \* 37!)  
14090 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 36!)  
14100 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 32.5)  
14110 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 34.5)  
14120 LINE -(A + B \* 61!, C + D \* 37.5)  
14130 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 39!)  
14140 PSET (A + B \* 61!, C + D \* 37.5)  
14150 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 36.5)  
14160 LINE -(A + B \* 64!, C + D \* 33.5)  
14170 LINE -(A + B \* 64.5, C + D \* 32!)  
14180 LINE -(A + B \* 65!, C + D \* 33.5)  
14190 LINE -(A + B \* 63!, C + D \* 38!)  
14200 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 41!)  
14210 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 42!)  
14220 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 30!)  
14230 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 29!)  
14240 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 28!)  
14250 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 30!)  
14260 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 31!)  
14270 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 33!)  
14280 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 34!)  
14290 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 33!)  
14300 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 32.5)  
14310 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 34.5)  
14320 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 36!)  
14330 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 37.5)  
14340 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 36.5)  
14350 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 35.5)  
14360 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 36.5)  
14370 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 37.5)  
14380 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 38.5)  
14390 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 39!)  
14400 PSET (A + B \* 57.5, C + D \* 45!)  
14410 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 41!)

## BALANCE.BAS

## GRUPO IV

```

14420 LINE -(A + B * 55!, C + D * 42!)
14430 LINE -(A + B * 55.5, C + D * 43!)
14440 LINE -(A + B * 57!, C + D * 45.5)
14450 CIRCLE (A + B * 34!, C + D * 29.7), B * 8.609999, , , , .1
14460 CIRCLE (A + B * 34!, C + D * 29.7), B * 10.4, , .4, 2.7, .15
14470 CIRCLE (A + B * 34!, C + D * 29.7), B * 12.9, , .57, 2.5, .25
14480 PSET (A + B * 34 - B / 1 * 9.5, C + D * 28.5)
14490 LINE -(A + B * 23.5, C + D * 26.5)
14500 PSET (A + B * 34.5 + B / 1 * 9.5, C + D * 28.5)
14510 LINE -(A + B * 45!, C + D * 27!)
14520 CIRCLE (A + B * 24!, C + D * 27.5), .3 * B, , , , 2
14530 CIRCLE (A + B * 44.5, C + D * 28!), .3 * B, , , , 2
14540 CIRCLE (A + B * 34.5, C + D * 26!), .5 * B
14550 PSET (A + B * 27.5, C + D * 26.5)
14560 LINE -(A + B * 28.5, C + D * 26!)
14570 LINE -(A + B * 29.5, C + D * 26.3)
14580 LINE -(A + B * 28.5, C + D * 27!)
14590 LINE -(A + B * 27.5, C + D * 26.5)
14600 PSET (A + B * 41.5, C + D * 26.7)
14610 LINE -(A + B * 40.5, C + D * 26.3)
14620 LINE -(A + B * 39.5, C + D * 26.5)
14630 LINE -(A + B * 40.5, C + D * 27!)
14640 LINE -(A + B * 41.5, C + D * 26.7)
14650 CIRCLE (A + B * 34!, C + D * 29.7), B * 14!, , .6, 2.43, .25
14660 REM GOTO 14850
14670 PSET (A + B * 23.5, C + D * 26!)
14680 LINE -(A + B * 19.5, C + D * 24!)
14690 LINE -(A + B * 19!, C + D * 23!)
14700 LINE -(A + B * 19.5, C + D * 22.5)
14710 LINE -(A + B * 22.5, C + D * 24.5)
14720 LINE -(A + B * 23.5, C + D * 24!)
14730 LINE -(A + B * 22.5, C + D * 23!)
14740 CIRCLE (A + B * 23!, C + D * 22.5), B * .6, , 0!, 4
14750 PSET (A + B * 23.8, C + D * 22.8)
14760 LINE -(A + B * 24.5, C + D * 23.5)
14770 LINE -(A + B * 25.5, C + D * 23.2)
14780 LINE -(A + B * 25.2, C + D * 22!)
14790 CIRCLE (A + B * 25.8, C + D * 21.5), B * .6, , 0, 3.3
14800 PSET (A + B * 26.7, C + D * 21.6)
14810 LINE -(A + B * 27!, C + D * 23!)
14820 LINE -(A + B * 28.3, C + D * 22.7)
14830 LINE -(A + B * 28.6, C + D * 22!)
14840 LINE -(A + B * 28.6, C + D * 21.5)
14850 CIRCLE (A + B * 29.5, C + D * 21!), B * .8, , 0, 3.5
14860 PSET (A + B * 30.5, C + D * 21.2)
14870 LINE -(A + B * 30.5, C + D * 21.7)
14880 LINE -(A + B * 30.8, C + D * 22.5)
14890 LINE -(A + B * 32.3, C + D * 22.5)
14900 LINE -(A + B * 32.6, C + D * 22.5)
14910 LINE -(A + B * 32.8, C + D * 22!)
14920 LINE -(A + B * 33!, C + D * 21!)
14930 CIRCLE (A + B * 33.8, C + D * 21!), B * .8, , 0, 3.2
14940 PSET (A + B * 34.8, C + D * 21.3)
14950 LINE -(A + B * 35!, C + D * 22!)
14960 LINE -(A + B * 35!, C + D * 22.2)
14970 LINE -(A + B * 35.2, C + D * 22.5)
14980 LINE -(A + B * 37!, C + D * 22.5)
14990 LINE -(A + B * 37.5, C + D * 21!)
15000 CIRCLE (A + B * 38.3, C + D * 21!), B * .8, , 0, 3.2
15010 PSET (A + B * 39.2, C + D * 21!)
15020 LINE -(A + B * 39.3, C + D * 22!)
15030 LINE -(A + B * 39.3, C + D * 22.5)
15040 LINE -(A + B * 40.7, C + D * 22.7)
15050 LINE -(A + B * 41.2, C + D * 21.5)
15060 CIRCLE (A + B * 42!, C + D * 21.3), B * .7, , 0, 3.2
15070 PSET (A + B * 42.7, C + D * 21.5)
15080 LINE -(A + B * 42.3, C + D * 23!)

```

## BALANCE.BAS

## GRUPO IV

15090 LINE -(A + B \* 43.5, C + D \* 23.3)  
15100 LINE -(A + B \* 44.3, C + D \* 22.3)  
15110 CIRCLE (A + B \* 45.2, C + D \* 22!), B \* .6, , 0, 3.2  
15120 PSET (A + B \* 45.8, C + D \* 22.2)  
15130 LINE -(A + B \* 45.3, C + D \* 23!)  
15140 LINE -(A + B \* 44.8, C + D \* 23.5)  
15150 LINE -(A + B \* 45.8, C + D \* 24!)  
15160 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 21.5)  
15170 LINE -(A + B \* 48.8, C + D \* 21.5)  
15180 LINE -(A + B \* 49.1, C + D \* 22.2)  
15190 LINE -(A + B \* 45.7, C + D \* 26.5)  
15200 PSET (E + F \* 29, G + H \* 9!)  
15210 LINE -(E + F \* 38, G + H \* 9!)  
15220 LINE -(E + F \* 39, G + H \* 10)  
15230 LINE -(E + F \* 43, G + H \* 10)  
15240 LINE -(E + F \* 48, G + H \* 15)  
15250 LINE -(E + F \* 46, G + H \* 17)  
15260 LINE -(E + F \* 50, G + H \* 21)  
15270 LINE -(E + F \* 44, G + H \* 27)  
15280 LINE -(E + F \* 35, G + H \* 27)  
15290 LINE -(E + F \* 41, G + H \* 21)  
15300 LINE -(E + F \* 38, G + H \* 18)  
15310 LINE -(E + F \* 40, G + H \* 16)  
15320 LINE -(E + F \* 35, G + H \* 11)  
15330 LINE -(E + F \* 33, G + H \* 13)  
15340 LINE -(E + F \* 29, G + H \* 9)  
15350 PAINT (E + F \* 33, G + H \* 10)  
15360 PSET (E + F \* 23, G + H \* 15)  
15370 LINE -(E + F \* 27, G + H \* 19)  
15380 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 23)  
15390 LINE -(E + F \* 19, G + H \* 19)  
15400 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 15)  
15410 PAINT (E + F \* 23, G + H \* 18)  
15420 PSET (E + F \* 23, G + H \* 14)  
15430 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 9)  
15440 LINE -(E + F \* 18, G + H \* 9)  
15450 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 14)  
15460 PAINT (E + F \* 20, G + H \* 10)  
15470 PSET (E + F \* 9, G + H \* 10)  
15480 LINE -(E + F \* 14, G + H \* 10)  
15490 LINE -(E + F \* 11.5, G + H \* 12)  
15600 LINE -(E + F \* 9, G + H \* 10)  
15610 PAINT (E + F \* 12, G + H \* 11)  
15620 PSET (E + F \* 14, G + H \* 24)  
15630 LINE -(E + F \* 18, G + H \* 28)  
15640 LINE -(E + F \* 10, G + H \* 28)  
15650 LINE -(E + F \* 14, G + H \* 24)  
15660 PAINT (E + F \* 14, G + H \* 26)  
15670 PSET (E + F \* 32, G + H \* 24)  
15680 LINE -(E + F \* 43, G + H \* 35)  
15690 LINE -(E + F \* 38, G + H \* 40)  
15700 LINE -(E + F \* 30, G + H \* 40)  
15710 LINE -(E + F \* 35, G + H \* 35)  
15720 LINE -(E + F \* 28, G + H \* 28)  
15730 LINE -(E + F \* 32, G + H \* 24)  
15740 PAINT (E + F \* 32, G + H \* 27)  
15760 PSET (E + F \* 23, G + H \* 33)  
15770 LINE -(E + F \* 26, G + H \* 36)  
15780 LINE -(E + F \* 22, G + H \* 40)  
15790 LINE -(E + F \* 16, G + H \* 40)  
15800 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 33)  
15810 PAINT (E + F \* 22, G + H \* 38)  
15820 LOCATE 9, 7: PRINT " I. T. G. E."  
15830 LOCATE 9, 57: PRINT " E. T. S. I. MINAS"  
16000 REM LIST 15760  
17003 LOCATE 5, 35: PRINT "PROGRAMA "; PROGRAM\$  
17005 LOCATE 7, 36: PRINT "V 1.0 Sept./90"

**V. GRUPO VIII: Programas para modelización de  
flujo en acuíferos**

**V.1. PROGRAMA SEID**

**V.2. PROGRAMA SIBOT**

**V.3. PROGRAMA MODFLOW**

**V.4. PROGRAMA DESCENSO**

V.1. PROGRAMA SEID

INDICE

- V.1.1. PRESENTACION
- V.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROGRAMA
- V.1.3. GUIA DE UTILIZACION
  - V.1.3.1. Objetivo del Programa
  - V.1.3.2. Entrada de Datos
  - V.1.3.3. Salida de Resultados
  - V.1.3.4. Ejemplo de aplicación
- V.1.4. LISTADO DEL PROGRAMA

### V.1.1. PRESENTACION

El programa que a continuación se presenta es un modelo de flujo bidimensional en régimen transitorio. El programa fuente está escrito en lenguaje BASIC y la compilación se ha efectuado con QUICKBASIC con librerías incluidas en el programa ejecutable (.EXE).

La formulación original corresponde al programa de W. Kinzelbach, y las modificaciones e implementación han corrido a cargo del equipo de Hidrogeología Matemática y Modelos del ITGE (Laureano Garrido).

### V.1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROGRAMA

El funcionamiento de un acuífero desde el punto de vista hidráulico viene descrito por la ecuación general de flujo:

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = T \left( \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) + q$$

siendo S = coeficiente de almacenamiento

T = transmisividad

q = caudal (aportaciones y/o extracciones)

h = nivel piezométrico

t = tiempo

Para la integración numérica de esta ecuación utilizaremos el método de las diferencias finitas, es decir para cada paso de tiempo (discretización temporal) hemos de calcular tantos niveles piezométricos como nodos tiene nuestro mallado rectangular (discretización espacial).

La ecuación se resuelve de modo iterativo por el método de Jacobi. El sistema de ecuaciones finales se resuelven por Gauss-Seidel.

Resumiendo: Se tiene un acuífero discretizado espacialmente en una malla rectangular, constantemente espaciadas  $\Delta x, \Delta y$  en la dirección x e y, y discretizado temporalmente en pasos de tiempo  $t_0, t_1, t_2 \dots$  separados por intervalos de longitud  $\Delta t$ , y donde partiendo de la piezometría inicial, el coeficiente de almacenamiento, la transmisividad y los bombeos y/o extracciones, se quiere calcular las variaciones de piezometría.



### V.1.3. GUIA DE UTILIZACION

#### V.1.3.1. Objetivo del Programa

Calcular las variaciones de piezometría partiendo de la piezometría inicial, el coeficiente de almacenamiento, la transmisividad y las extracciones y/o bombeos en régimen estacionario.

#### V.1.3.2. Entrada de Datos

Es opcional, bien por teclado, de forma interactiva, respondiendo a las preguntas del programa o bien por fichero siguiendo la estructura que aparece en la primera página del ejemplo de aplicación.

#### V.1.3.3. Salida de Resultados

Los resultados se pueden obtener de 3 formas:

a) Por pantalla. Van apareciendo pantallazos para los distintos pasos de tiempo con la piezometría, el número de interacciones y el error nodal hasta alcanzar el tiempo máximo de simulación  $T_M$ .

b) Por fichero. Piezometría final de la simulación.

c) Representación gráfica. El programa permite especialmente generar un fichero con extensión (.GRD) para ser usado por el programa TOPO de cálculo y dibujo de isolíneas, que a su vez tiene la posibilidad de generar igualmente otro fichero con extensión (.PLT) para poder utilizar el programa PLOT de dibujo por ploter.

#### V.1.3.4. Ejemplo de aplicación.

Supongamos que tenemos un acuífero rectangular que dividimos en 7 x 7 mallas con una distancia entre malla uniforme de 100 m. en las direcciones X e Y. La transmisividad en este caso es homogénea con un valor de  $0,1 \text{ m}^2/\text{s}$ , el coeficiente de almacenamiento es 0,001. Los límites norte y sur son de flujo nulo. Los límites este y oeste tienen nivel constante de 50 m. en el tiempo  $t = 0$  todos los nodos tienen el mismo nivel. Se considera una precipitación cero. Existen cuatro pozos de extracción con un caudal de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . El paso de tiempo es de 3600 segundos y el tiempo total de simulación de 432.000 segundos.

Figura 5.1: Fichero de entrada de datos.

```

10.....Nº de filas o nodos en la direccion X.
10.....Nº de columnas o nodos en la direccion Y.
100.....Longitud de la malla en la direccion X.
100.....Longitud de la malla en la direccion Y.
3600.....Incremento de tiempo.
432000.....Tiempo maximo de simulacion.
1.5.....Multiplicador del incremento de tiempo.
0.5.....Maximo error nodal permitido.
20.....Maximo nº de iteraciones por paso de tiempo.
1.4.....Factor de relajacion.
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
50 50 50 50 50 50 50 50 50 50
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
.1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1 .1
1E20,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E20,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E20,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E20,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E-3,1E20
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 -.5 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 -.5 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 -.5 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 -.5 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

MATRIZ DE PIEZOMETRIA

INICIAL

MATRIZ DE TRANSMISIVIDADES

MATRIZ DE COEFICIENTES DE ALMACENAMIENTO

MATRIZ DE RECARGAS O EXTRACCIONES

Figura 5.2: Fichero de salida para el programa TOPO, con extension GRD.

```

DSAA
 10          10
 0          1000
 0          1000
43.70000076293945      50
50.00 49.50 49.10 48.70 48.50 48.30 48.00 48.00 48.90 50.00

50.00 49.40 48.80 48.60 48.40 48.20 47.80 46.90 48.70 50.00

50.00 49.10 48.20 48.20 48.20 48.20 48.10 48.20 49.00 50.00

50.00 48.50 46.80 47.70 47.90 48.10 48.30 38.60 49.20 50.00

48.70 48.20 47.60 47.60 47.70 47.80 48.20 48.70 49.30 50.00

47.90 47.70 47.50 47.50 47.40 47.30 47.90 48.60 49.30 50.00

47.00 47.10 47.20 47.20 46.90 46.00 47.60 48.50 49.30 50.00

45.70 46.30 46.70 47.00 47.10 47.10 47.90 48.60 49.30 50.00

43.70 45.50 46.30 46.80 47.20 47.50 48.00 48.70 49.30 50.00

44.60 45.40 46.20 46.70 47.20 47.60 48.10 48.70 49.30 50.00
    
```

Figura 5.3: Fichero de resultados.

```

NIVEL PIEZOMETRICO (m)
TIEMPO EN SEGUNDOS:615582.4375
50.00 49.50 49.10 48.70 48.50 48.30 48.00 48.00 48.90 50.00

50.00 49.40 48.80 48.60 48.40 48.20 47.80 46.90 48.70 50.00

50.00 49.10 48.20 48.20 48.20 48.20 48.10 48.20 49.00 50.00

50.00 48.50 46.80 47.70 47.90 48.10 48.30 38.60 49.20 50.00

48.70 48.20 47.60 47.60 47.70 47.80 48.20 48.70 49.30 50.00

47.90 47.70 47.50 47.50 47.40 47.30 47.90 48.60 49.30 50.00

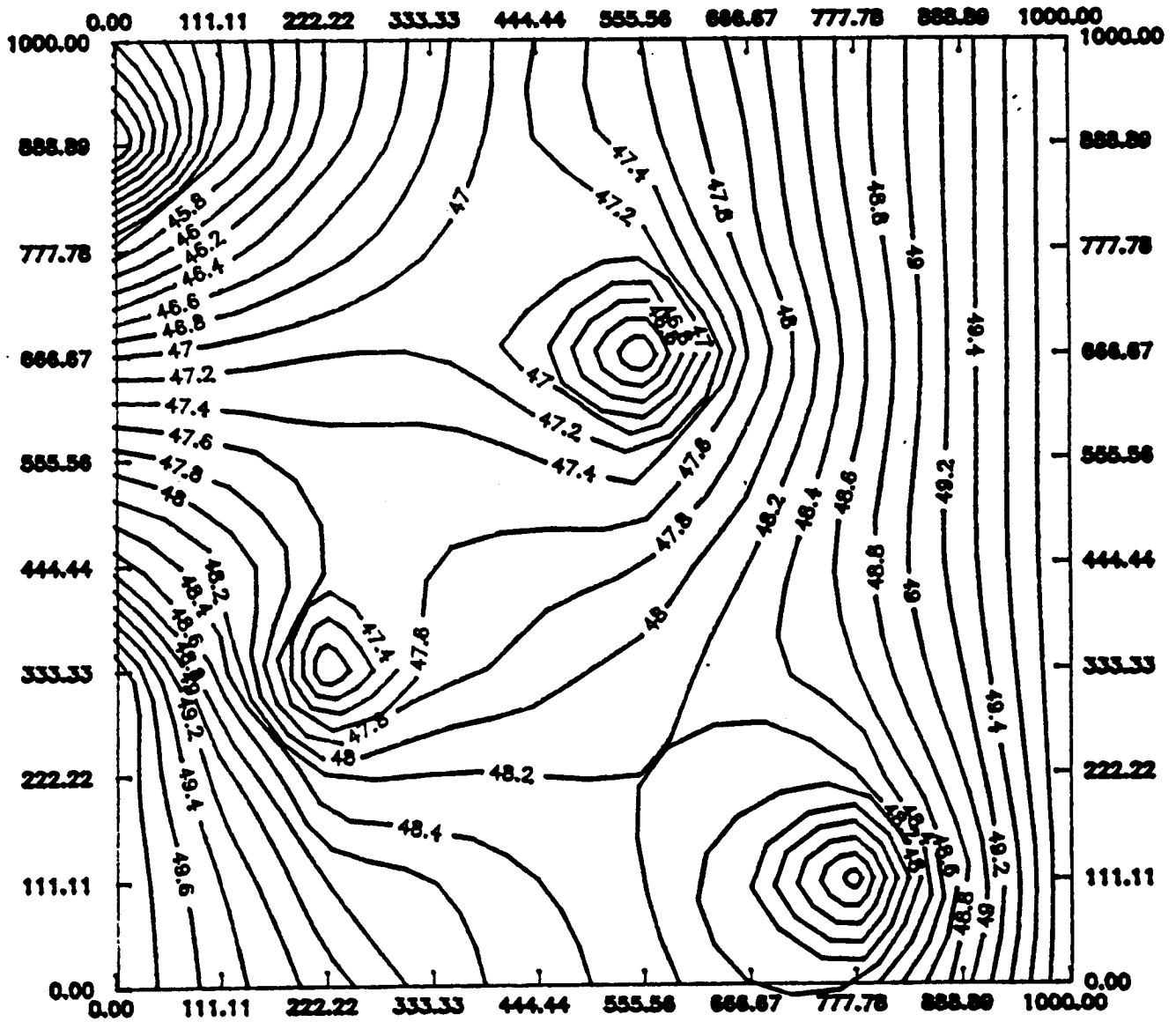
47.00 47.10 47.20 47.20 46.90 46.00 47.50 48.50 49.30 50.00

45.70 46.30 46.70 47.00 47.10 47.10 47.90 48.60 49.30 50.00

43.70 45.50 46.30 46.80 47.20 47.50 48.00 48.70 49.30 50.00

44.60 45.40 46.20 46.70 47.20 47.60 48.10 48.70 49.30 50.00
    
```

ISOPIEZAS AL FINAL DE LA SIMULACION



SCALE 1:142.8571

V.1.4. LISTADO DEL PROGRAMA

```

2 PROGRAM$ = "SEIDEL.BAS"
4 GOSUB 10000
10 CLS : KEY OFF
100 GOSUB 8000 'RECUADRO DE PANTALLA
110 LOCATE 8, 20, 1: PRINT "*****"
120 LOCATE 9, 20, 1: PRINT " " Versión 1.0 - I.T.G.E.1990 " "
130 LOCATE 10, 20, 1: PRINT " " MODELO DE FLUJO SUBTERRANEO.EN " "
140 LOCATE 11, 20, 1: PRINT " " REGIMEN ESTACIONARIO " "
150 LOCATE 12, 20, 1: PRINT " " Metodo implicito:GAUSS-SEIDEL " "
160 LOCATE 13, 20, 1: PRINT "*****"
161 '*****
162 '= Programa original:"SAM3" de W.Kinzelbach.Groundwater Modeling =
163 '= Ed.ELSEVIER.1986.Pg.51. =
164 '= Versión :L.garrido./I.G.M.E.1988. =
165 '*****
200 PRINT : PRINT : PRINT
210 ' ..... DATOS DE ENTRADA .....
220 ' PARAMETROS DEL MALLADO
230 ' NX,NY.....Números de nodos en la dirección X e Y.
240 ' DX,DI(m).....Longitud de la malla en la dirección X e Y.
250 ' PARAMETROS DE TIEMPO
260 ' DT(s).....Incremento de tiempo.
270 ' TM(s).....Tiempo máximo de simulación
280 ' XT .....Multiplicador del incremento de tiempo.
290 ' PARAMETROS DEL PROCESO ITERATIVO
300 ' ER .....Máximo error nodal permitido.
310 ' IM .....Máximo número de iteraciones en un paso de tiempo.
320 ' RE .....Factor de relajación.
330 ' PARAMETROS DEL ACUIPERO
340 ' HO(I,J)(m).....Matriz de piezometría inicial.
350 ' TT(I,J)(m^2/s).....Matriz de transmisividades.
360 ' S(I,J).....Matriz de coeficientes de almacenamiento.
370 ' Q(I,J)(m^3/s).....Matriz de recarga y extracciones.
400 ' .....
410 ' ..... SUBROUTINAS
420 ' Línea 3000 .....Entrada de datos por consola.
430 ' Línea 4000 .....Almacenamiento de los datos introducido.
440 ' Línea 5000 .....Entrada de datos por fichero.
450 ' Línea 6000 .....Salida de datos por pantalla.
460 ' Línea 7000 .....Salida de resultados por fichero.
461 ' Línea 8000 .....Recuadro de pantalla.
462 ' Línea 9000 .....Salida grafica de datos.
470 ' .....
480 '
490 DIM TT(20, 20), S(20, 20), Q(20, 20), HO(20, 20), TJ(20, 20), TI(20, 20), H(20, 20)
491 FI$ = "###.##": PP$ = "###.##" 'Formatos de impresión del nivel piezometrico.
492 FII$ = "#": FIE$ = "#.#####" 'Formatos de impresión del error y n° de iteración.
493 .....
494 ' ..... MENU INICIAL .....
495 ' .....
496 '
500 LOCATE 20, 20, 1: INPUT "DESEA INTRODUCIR LOS DATOS POR FICHERO (SI/NO)"; A$
510 IF A$ = "SI" OR A$ = "si" THEN GOSUB 5000 ELSE GOSUB 3000
520 IF G$ = "SI" OR G$ = "si" THEN GOSUB 4000 'el input está en 3270
530 CLS : GOSUB 8000
540 LOCATE 13, 20, 1: INPUT "DESEA GUARDAR LOS RESULTADOS EN UN FICHERO (SI/NO)"; R$
550 IF R$ = "SI" OR R$ = "si" THEN 551 ELSE 1000
551 CLS : GOSUB 8000
552 LOCATE 10, 10: PRINT " COMO QUIERE LLAMARLO ? "
553 LOCATE 12, 10: PRINT "INTRODUZCA EL NOMBRE CON EL SIGUIENTE FORMATO "
554 LOCATE 13, 10: PRINT " (Máximo 8 caracteres): "
555 LOCATE 14, 10: PRINT " DISPOSITIVO:NOMBRE-ARCHIVO (ej: b:RONDA) "
556 LOCATE 15, 10: INPUT PS$: IF LEN(PS$) = 0 THEN GOTO 551
557 PR$ = PS$ + ".OUT"
593 '
1000 ' .....
1100 ' ..... EJECUCION DE LOS CALCULOS .....

```

```

1200 ' .....
1210 '
1310 REM CONCEPTO DE TRANSMISIVIDAD INTERNODAL
1320 FOR J = 1 TO NY
1330 FOR I = 1 TO NX
1340 IF TT(I, J) + TT(I + 1, J) = 0 GOTO 1360
1350 TI(I, J) = TT(I, J) + TT(I + 1, J) * 2 / (TT(I, J) + TT(I + 1, J))
1360 IF TT(I, J) + TT(I, J + 1) = 0 GOTO 1380
1370 TJ(I, J) = TT(I, J) + TT(I, J + 1) * 2 / (TT(I, J) + TT(I, J + 1))
1380 TI(I, J) = TI(I, J) / DX / DX
1390 TJ(I, J) = TJ(I, J) / DY / DY
1400 NEXT I, J
1410 GOSUB 6000
1420 REM ..... METODO DE GAUSS-SEIDEL CON RELAJACION .....
1430 IT = 0
1440 DF = -1
1450 FOR I1 = 1 TO NX
1460 FOR J1 = 1 TO NY
1470 I = I1: J = J1
1480 IF IT / 2 - INT(IT / 2) = 0 GOTO 1500
1490 I = NX - I1 + 1: J = NY - J1 + 1
1500 IF S(I, J) > 1 GOTO 1570
1510 WE = TI(I, J) + TI(I - 1, J) + TJ(I, J) + TJ(I, J - 1) + S(I, J) / DT
1520 IF WE = 0 GOTO 1570
1530 HIA = (H(I - 1, J) + TI(I - 1, J) + H(I + 1, J) + TI(I, J) + H(I, J - 1) + TJ(I, J - 1) + H(I, J + 1) + TJ(I, J + 1) + H(I + 1, J + 1) + TJ(I + 1, J + 1)) / (TI(I - 1, J) + TI(I, J) + TI(I + 1, J) + TJ(I, J - 1) + TJ(I, J) + TJ(I, J + 1) + H(I - 1, J) + H(I, J - 1) + H(I, J) + H(I, J + 1) + H(I + 1, J) + H(I + 1, J + 1))
1532 HI = HIA / DY + HO(I, J) + S(I, J) / DT / WE
1540 DL = ABS(H(I, J) - HI)
1550 IF DL > DF THEN DF = DL
1560 H(I, J) = H(I, J) + RE * (HI - H(I, J))
1570 NEXT J1, I1
1580 IT = IT + 1
1590 IF IT > IM THEN GOTO 1730
1600 IF DF <= ER GOTO 1630
1610 LOCATE 19, 1: PRINT "ITERACION NR. "; IT: PRINT "ERROR "; DF
1620 GOTO 1440
1630 FOR I = 1 TO NX
1640 FOR J = 1 TO NY
1650 HO(I, J) = H(I, J)
1660 NEXT J, I
1670 T = T + DT
1680 DT = DT * XT
1690 GOSUB 6000
1700 REM CHANGES IN RE(DIS)CHARGES (Q) OF FIRST-KIND-BOUNDARY CONDITIONS (HO) SHOULD BE READ IN HERE
1710 IF T < TM GOTO 1430
1711 IF R$ = "SI" OR R$ = "si" THEN GOSUB 7000
1720 GOTO 1750
1730 PRINT "***** NO SE HA ALCANZADO LA PRECISION REQUERIDA *****"
1731 PRINT "PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR": D$ = INPUT$(1): GOTO 2180
1740 END
1750 LOCATE 22, 13, 1: PRINT "***** TIEMPO TM ALCANZADO *****"
2000 '
2092 ' ..... OPCION GRAFICA Y MENU .....
2093 '
2094 LOCATE 24, 10, 1: INPUT " ** DESEA UN FICHERO DE SALIDA PARA DIBUJO ** "; D$
2095 IF D$ = "SI" OR D$ = "si" THEN GOSUB 9000
2100 GOSUB 8000
2105 CLS
2110 LOCATE 8, 15, 1: PRINT " DESEA ENLAZAR CON EL PROGRAMA GRAFICO"
2120 LOCATE 9, 15, 1: PRINT " PARA VISUALIZAR EL PLANO DE ISOPIEZAS"
2130 LOCATE 10, 15, 1: PRINT " (SI/NO) (Ayuda A)"
2140 LOCATE 13, 20, 1: INPUT D$
2141 IF D$ = "A" OR D$ = "a" THEN
2142 GOSUB 9500: GOTO 2100
2143 ELSE
2150 IF D$ = "SI" OR D$ = "si" THEN 2160 ELSE 2170
2160 SHELL "TOPO" 'Llamada al programa de graficos.

```

```

4230 FOR J = 1 TO NY
4240 FOR I = 1 TO NX
4250 PRINT #3, S(I, J): PRINT #3, " "
4260 NEXT I, J
4270 FOR J = 1 TO NY
4280 FOR I = 1 TO NX
4290 PRINT #3, Q(I, J): PRINT #3, " "
4300 NEXT I, J
4310 CLOSE #3
4320 RETURN
5000 '
5001 ' .....
5002 ' --- SUBROUTINA PARA LA ENTRADA DE DATOS POR FICHERO -----
5003 ' .....
5004 '
5105 REM
5040 CLS
5050 LOCATE 12, 20, 1: GOSUB 8000
5060 LOCATE 13, 13, 1: PRINT "INTRODUZCA EL NOMBRE DE SU ARCHIVO CON EL FORMATO SIGUIENTE": PRINT : PRINT
5080 LOCATE 15, 13, 1: PRINT "DISPOSITIVO:NOMBRE-ARCHIVO.EXTENSION (ej: b:RONDA.DAT)": PRINT : PRINT
5090 LOCATE 18, 13, 1: INPUT PE$: IF LEN(PE$) = 0 THEN GOTO 5050
5100 OPEN PE$ FOR INPUT AS #1
5110 INPUT #1, NX, NY, DX, DY
5111 INPUT #1, DT, TM, XT
5112 INPUT #1, ER, IM, RE
5120 FOR J = 1 TO NY
5130 FOR I = 1 TO NX
5140 INPUT #1, HO(I, J): H(I, J) = HO(I, J)!!!OJO CON ESTA BORDERIA
5150 NEXT I, J
5160 FOR J = 1 TO NY
5170 FOR I = 1 TO NX
5180 INPUT #1, TT(I, J)
5190 NEXT I, J
5200 FOR J = 1 TO NY
5210 FOR I = 1 TO NX
5220 INPUT #1, S(I, J)
5230 NEXT I, J
5240 FOR J = 1 TO NY
5250 FOR I = 1 TO NX
5260 INPUT #1, Q(I, J)
5270 NEXT I, J
5271 CLOSE #1
5280 RETURN
6000 ' .....
6010 ' --- SUBROUTINA PARA LA SALIDA DE RESULTADOS POR PANTALLA -----
6020 ' .....
6030 '
6040 CLS : KEY OFF
6050 LOCATE 1, 8, 1: PRINT "NIVEL PIEZOMETRICO (m)": LOCATE 2, 8, 1: PRINT "TIEMPO (s) : "; T: LOCATE 5, , 1
6060 REM PRINT "TIME (SEC) : ";T: VTAB 5
6070 FOR J = 1 TO NY
6080 XX = 0
6090 FOR I = 1 TO NX
6100 PL = H(I, J): FL = INT(PL * 10 + .5) / 10
6110 IF I = 1 THEN XX = 1
6120 LOCATE , XX, 1: PRINT USING FI$: PL;
6130 XX = XX + 5
6140 IF XX > 36 THEN XX = 1: PRINT
6150 NEXT I
6160 PRINT : PRINT
6170 NEXT J
6180 RETURN
7000 ' .....
7010 ' ---- SUBROUTINA PARA LA SALIDA DE RESULTADOS POR FICHERO -----
7020 ' .....
7030 CLS : OPEN PR$ FOR OUTPUT AS #2
7040 'CLS: KEY OFF: LOCATE 1,8,1 : PRINT "PIEZOMETER HEADS (M) ": LOCATE 2,8,1 : PRINT "TIME (SEC) : ";T: LOCA

```



```

7050 PRINT #2, "PIEZOMETER HEADS (M)"
7060 PRINT #2, "TIEMPO EN SEGUNDOS:"; T
7070 FOR J = 1 TO NY
7080 XX = 0
7090 FOR I = 1 TO NX
7110 PL = H(I, J): PL = INT(PL * 10 * .5) / 10
7120 IF I = 1 THEN XX = 1
7130 LOCATE , XX, 1: PRINT PL; : PRINT #2, USING PP$; PL;
7140 XX = XX + 5
7150 IF XX > 36 THEN XX = 1: PRINT : PRINT #2, " "
7160 NEXT I
7180 PRINT : PRINT : PRINT #2, " ": PRINT #2, " "
7190 NEXT J
7200 CLOSE #2
7210 RETURN
8000 '-----
8001 '-----SUBROUTINA PARA EL RECUADRO DE PANTALLA -----
8002 '-----
8010 REM CLS : COLOR 7, 1, 0: SOUND 220!, 1: CLS
8020 X1 = 6: X2 = 75: Y1 = 2: Y2 = 23: LH = X2 - X1
8030 LOCATE Y1 - 1, X1: PRINT STRING$(LH + 1, 220)
8040 FOR k = 2 TO Y2: LOCATE k, X1: PRINT CHR$(221)
8050 LOCATE k, X2: PRINT CHR$(222): NEXT k
8060 LOCATE Y2, X1: PRINT STRING$(LH + 1, 223)
8070 COLOR 7, 0
8080 RETURN
9000 '-----
9001 '---- SUBROUTINA PARA LA SALIDA DE RESULTADOS POR PLOTTER -----
9002 '--- Fichero para programa TOPO(GOLDEN). -----
9003 '-----
9004 CLS : GOSUB 8000: COLOR 7
9006 LOCATE 15, 15, 1: PRINT "COMO QUIERE LLAMARLO ? "
9007 LOCATE 16, 15, 1: INPUT "NOMBRE ARCHIVO:"; PS$: IF LEN(PS$) = 0 THEN GOTO 9004
9008 PSD$ = PS$ + ".GRD"
9010 OPEN PSD$ FOR OUTPUT AS #4
9011 PRINT #4, "DSAA": PRINT #4, NX, NY
9012 PRINT #4, "0 10"
9013 PRINT #4, "0 10"
9014 PRINT #4, "25", "102.774109"
9020 FOR J = 1 TO NY
9030 XX = 0
9040 FOR I = 1 TO NX
9060 PL = H(I, J): PL = INT(PL * 10 * .5) / 10
9070 IF I = 1 THEN XX = 1
9080 LOCATE , XX, 1: PRINT PL; : PRINT #4, USING PP$; PL;
9090 XX = XX + 5
9100 IF XX > 36 THEN XX = 1: PRINT : PRINT #4, " "
9110 NEXT I
9120 PRINT : PRINT : PRINT #4, " ": PRINT #4, " "
9130 NEXT J
9131 CLOSE #4
9140 RETURN
9500 '-----
9510 '----- SUBROUTINA DE AYUDA -----
9515 '-----
9520 CLS : GOSUB 8000
9530 LOCATE 3, 32: PRINT " == AYUDA == "
9540 LOCATE 6, 9: PRINT " Para poder utilizar las opciones de representaci3n gr3fica "
9550 LOCATE 7, 9: PRINT " por pantalla o dibujo por ploter se ha de contar con los "
9560 LOCATE 8, 9: PRINT " programas de la casa GOLDEN: TOPO y PLOT. "
9570 LOCATE 9, 9: PRINT " El primero visualiza el fichero de salida para gr3ficos "
9580 LOCATE 10, 9: PRINT " (Extension .grd) y puede generar ficheros con extensi3n "
9590 LOCATE 11, 9: PRINT " .PLT (en la opci3n OUTUP) que necesita el segundo programa "
9600 LOCATE 12, 9: PRINT " PLOT. "
9610 LOCATE 13, 9: PRINT " Para obtener el dibujo de las isopiezas por ploter ejecutar "
9620 LOCATE 14, 9: PRINT " el mandato: "

```

```

9630 LOCATE 15, 9: PRINT ' [PLOT nombreadarchivo] siendo PLOT el programa de dibujo y
9640 LOCATE 16, 9: PRINT ' nombreadarchivo el fichero de salida generado por el programa
9650 LOCATE 17, 9: PRINT ' TOPO en la opción OUTPUT (con extensión .PLT).
9670 COLOR 15: LOCATE 21, 14: PRINT 'Presiona cualquier tecla para continuar'
9680 E$ = INPUT$(1)
9690 RETURN
10000 REM SUBROUTINA DIBUJO CARATULA
10001 NI = 1
10010 CLS
10020 KEY OFF
10030 SCREEN 9
10035 COLOR 12, 9
10040 LET A = 480
10050 LET B = 1! * 1.428
10060 LET C = 20
10070 LET D = 1!
10080 LET E = 50
10090 LET F = 1.5 * 1.428
10100 LET G = 30
10110 LET H = 1.5
10120 PSET (A + B * 26, C + D * 49)
10130 LINE -(A + B * 37, C + D * 38)
10140 PSET (A + B * 39, C + D * 39.5)
10150 LINE -(A + B * 28!, C + D * 50.5)
10160 LINE -(A + B * 26!, C + D * 49!)
10170 PSET (A + B * 35.5, C + D * 36.5)
10180 LINE -(A + B * 41, C + D * 41)
10190 LINE -(A + B * 44, C + D * 41)
10200 LINE -(A + B * 44, C + D * 40)
10210 LINE -(A + B * 43, C + D * 38)
10220 LINE -(A + B * 38, C + D * 34)
10230 LINE -(A + B * 35.5, C + D * 36.5)
10240 PSET (A + B * 40, C + D * 35)
10250 LINE -(A + B * 41.5, C + D * 33.5)
10260 LINE -(A + B * 43, C + D * 35)
10270 LINE -(A + B * 41.5, C + D * 36.5)
10280 PSET (A + B * 24!, C + D * 38!)
10290 LINE -(A + B * 29, C + D * 33.5)
10300 LINE -(A + B * 32!, C + D * 36!)
10310 LINE -(A + B * 27, C + D * 40.5)
10320 LINE -(A + B * 24!, C + D * 38!)
10330 LINE -(A + B * 25, C + D * 37!)
10340 PSET (A + B * 25.5, C + D * 36.5)
10350 LINE -(A + B * 23.5, C + D * 34.5)
10360 LINE -(A + B * 25!, C + D * 33!)
10370 LINE -(A + B * 27!, C + D * 35!)
10380 PSET (A + B * 28.5, C + D * 39!)
10390 LINE -(A + B * 32.5, C + D * 42.5)
10400 PSET (A + B * 30!, C + D * 38!), 7
10410 LINE -(A + B * 33.5, C + D * 41!)
10420 PSET (A + B * 34.5, C + D * 44.5)
10430 LINE -(A + B * 40!, C + D * 49!)
10440 PSET (A + B * 35.5, C + D * 43!)
10450 LINE -(A + B * 41.6, C + D * 48!)
10460 LINE -(A + B * 40!, C + D * 49!)
10470 'DIBUJADOS LOS MARTILLOS
10480 PSET (A + B * 11!, C + D * 37!)
10490 LINE -(A + B * 11.5, C + D * 40!)
10500 LINE -(A + B * 11.5, C + D * 44!)
10510 LINE -(A + B * 12.5, C + D * 49!)
10520 LINE -(A + B * 14.5, C + D * 53!)
10530 LINE -(A + B * 18!, C + D * 57!)
10540 LINE -(A + B * 21.5, C + D * 58.5)
10550 LINE -(A + B * 27!, C + D * 61!)
10560 LINE -(A + B * 30!, C + D * 62!)
10570 LINE -(A + B * 33.5, C + D * 62.5)
10580 PSET (A + B * 36!, C + D * 62.5)

```

## SEID.BAS

## GRUPO VIII

10590 LINE -(A + B \* 36.5, C + D \* 62!)  
 10600 CIRCLE (A + B \* 35!, C + D \* 62.5), 1! \* SQR(B ^ 2 + D ^ 2)  
 10610 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 62.5)  
 10620 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 61.5)  
 10630 LINE -(A + B \* 47!, C + D \* 59.5)  
 10640 LINE -(A + B \* 51.5, C + D \* 56.5)  
 10650 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 50.5)  
 10660 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 45!)  
 10670 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 40!)  
 10680 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
 10690 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 37!)  
 10700 LINE -(A + B \* 12!, C + D \* 40!)  
 10710 LINE -(A + B \* 12!, C + D \* 44!)  
 10720 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 49!)  
 10730 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 53!)  
 10740 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57!)  
 10750 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 10760 LINE -(A + B \* 27.5, C + D \* 61!)  
 10770 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 62!)  
 10780 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 62.5)  
 10790 PSET (A + B \* 36.5, C + D \* 62.5)  
 10800 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 61.5)  
 10810 LINE -(A + B \* 46.5, C + D \* 59.5)  
 10820 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 56.5)  
 10830 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 50.5)  
 10840 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 45!)  
 10850 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 40!)  
 10860 'DIBUJADA LA BASE DEL RAMO  
 10870 LINE (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)-(A + B \* 11.5, C + D \* 37)  
 10880 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10890 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 32!)  
 10900 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 26!)  
 10910 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 31!)  
 10920 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 34!)  
 10930 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10940 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10950 PSET (A + B \* 11!, C + D \* 37!)  
 10960 LINE -(A + B \* 9.5, C + D \* 35.5)  
 10970 CIRCLE (A + B \* 8.5, C + D \* 35.5), .7 \* B  
 10980 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 10990 LINE -(A + B \* 10!, C + D \* 39!)  
 11000 LINE -(A + B \* 7!, C + D \* 35!)  
 11010 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 33.5)  
 11020 LINE -(A + B \* 5!, C + D \* 35!)  
 11030 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 39!)  
 11040 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11050 'HOJA  
 11060 PSET (A + B \* 5, C + D \* 35!)  
 11070 LINE -(A + B \* 1.5, C + D \* 35!)  
 11080 LINE -(A + B \* 4!, C + D \* 37!)  
 11090 LINE -(A + B \* 5!, C + D \* 41)  
 11100 LINE -(A + B \* 9, C + D \* 42.5)  
 11110 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11120 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 36.5)  
 11130 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 35!)  
 11140 LINE -(A + B \* 16!, C + D \* 33.5)  
 11150 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 32.5)  
 11160 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 35!)  
 11170 LINE -(A + B \* 14.5, C + D \* 38!)  
 11180 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11190 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 40!)  
 11200 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 37.5)  
 11210 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 35!)  
 11220 LINE -(A + B \* 16.5, C + D \* 35.5)  
 11230 PSET (A + B \* 12!, C + D \* 46.5)  
 11240 LINE -(A + B \* 10.5, C + D \* 44.5)  
 11250 CIRCLE (A + B \* 9.5, C + D \* 44!), B

11260 PSET (A + B \* 13.5, C + D \* 51!)  
 11270 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 50!)  
 11280 LINE -(A + B \* 10!, C + D \* 47!)  
 11290 LINE -(A + B \* 8!, C + D \* 46!)  
 11300 LINE -(A + B \* 8!, C + D \* 48!)  
 11310 LINE -(A + B \* 8.5, C + D \* 49!)  
 11320 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 50!)  
 11330 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11340 LINE -(A + B \* 9.5, C + D \* 52!)  
 11350 LINE -(A + B \* 7!, C + D \* 49!)  
 11360 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 46.5)  
 11370 LINE -(A + B \* 7.5, C + D \* 47!)  
 11380 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11390 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 49!)  
 11400 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 44!)  
 11410 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 43.5)  
 11420 LINE -(A + B \* 15.5, C + D \* 44.5)  
 11430 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11440 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 51!)  
 11450 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 47!)  
 11460 LINE -(A + B \* 15.5, C + D \* 44.5)  
 11470 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 42!)  
 11480 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 43!)  
 11490 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 48!)  
 11500 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 51!)  
 11510 PSET (A + B \* 12.5, C + D \* 47!)  
 11520 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 43.5)  
 11530 CIRCLE (A + B \* 13!, C + D \* 42.5), .7 \* B  
 11540 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11550 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 54!)  
 11560 CIRCLE (A + B \* 13!, C + D \* 54!), .7 \* B  
 11570 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11580 LINE -(A + B \* 16.5, C + D \* 52!)  
 11590 CIRCLE (A + B \* 16.5, C + D \* 51!), .7 \* B  
 11600 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 57!)  
 11610 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 56.5)  
 11620 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 57.5)  
 11630 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 58!)  
 11640 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 57.5)  
 11650 PSET (A + B \* 21.5, C + D \* 59!)  
 11660 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 60!)  
 11670 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 58.5)  
 11680 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 57.5)  
 11690 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 57.5)  
 11700 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 56!)  
 11710 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 52!)  
 11720 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 48!)  
 11730 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 49.5)  
 11740 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 56!)  
 11750 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57.5)  
 11760 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 49.5)  
 11770 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 49!)  
 11780 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 51!)  
 11790 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 52!)  
 11800 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57.5)  
 11810 PSET (A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 11820 LINE -(A + B \* 22.5, C + D \* 56.5)  
 11830 CIRCLE (A + B \* 22.5, C + D \* 55.5), B \* .7  
 11840 PSET (A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 11850 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 60!)  
 11860 CIRCLE (A + B \* 20.5, C + D \* 60.5), B \* .7  
 11870 PSET (A + B \* 25!, C + D \* 60!)  
 11880 LINE -(A + B \* 24!, C + D \* 57!)  
 11890 CIRCLE (A + B \* 24!, C + D \* 56.5), B \* .6  
 11900 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 60.5)  
 11910 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 63!)  
 11920 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 63.5)

11930 LINE -(A + B \* 16!, C + D \* 61.5)  
11940 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 62!)  
11950 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 62!)  
11960 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 60.5)  
11970 PSET (A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
11980 LINE -(A + B \* 28.5, C + D \* 57!)  
11990 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 54!)  
12000 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 52.5)  
12010 LINE -(A + B \* 26.5, C + D \* 54.5)  
12020 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 58!)  
12030 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
12040 PSET (A + B \* 26.5, C + D \* 54.5)  
12050 LINE -(A + B \* 24!, C + D \* 53!)  
12060 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 57!)  
12070 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 58!)  
12080 PSET (A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
12090 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 64!)  
12100 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 63!)  
12110 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 62.5)  
12120 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
12130 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 65.5)  
12140 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 68!)  
12150 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 67.5)  
12160 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 66!)  
12170 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 64!)  
12180 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 64!)  
12190 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 66!)  
12200 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 63.5)  
12210 PSET (A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
12220 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 69.5)  
12230 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 69!)  
12240 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 66!)  
12250 PSET (A + B \* 29!, C + D \* 65!)  
12260 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 63!)  
12270 PSET (A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
12280 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 62.5)  
12290 PSET (A + B \* 23.5, C + D \* 63!)  
12300 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 65.5)  
12310 LINE -(A + B \* 23!, C + D \* 65.5)  
12320 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
12330 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 63!)  
12340 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 61!)  
12350 PSET (A + B \* 35.5, C + D \* 61.5)  
12360 LINE -(A + B \* 36!, C + D \* 59!)  
12370 LINE -(A + B \* 36!, C + D \* 58.5)  
12380 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 59!)  
12390 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 58.5)  
12400 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 61.5)  
12410 PSET (A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
12420 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 58.5)  
12430 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 56!)  
12440 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 55.5)  
12450 LINE -(A + B \* 38.5, C + D \* 56!)  
12460 LINE -(A + B \* 39!, C + D \* 58.5)  
12470 LINE -(A + B \* 36.5, C + D \* 62!)  
12480 PSET (A + B \* 30.5, C + D \* 58.5)  
12490 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 58!)  
12500 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 58.5)  
12510 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 58.5)  
12520 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 58!)  
12530 LINE -(A + B \* 39!, C + D \* 58.5)  
12540 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 63.5)  
12550 LINE -(A + B \* 38!, C + D \* 66!)  
12560 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 65.5)  
12570 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 65!)  
12580 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 65!)  
12590 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 64.5)

12600 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 66.5)  
 12610 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 66.5)  
 12620 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 67!)  
 12630 LINE -(A + B \* 42!, C + D \* 67!)  
 12640 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 67.5)  
 12650 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 68!)  
 12660 LINE -(A + B \* 35.5, C + D \* 64!)  
 12670 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 63.5)  
 12680 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 65.5)  
 12690 PSET (A + B \* 37!, C + D \* 62.5)  
 12700 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 65!)  
 12710 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 67.5)  
 12720 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 69.5)  
 12730 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 70!)  
 12740 LINE -(A + B \* 42!, C + D \* 67!)  
 12750 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
 12760 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 58!)  
 12770 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 55!)  
 12780 LINE -(A + B \* 42.5, C + D \* 53!)  
 12790 LINE -(A + B \* 42.5, C + D \* 55!)  
 12800 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
 12810 PSET (A + B \* 43!, C + D \* 55!)  
 12820 LINE -(A + B \* 44!, C + D \* 52!)  
 12830 LINE -(A + B \* 44!, C + D \* 55!)  
 12840 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 58!)  
 12850 PSET (A + B \* 44!, C + D \* 55!)  
 12860 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 54!)  
 12870 LINE -(A + B \* 45.5, C + D \* 55!)  
 12880 LINE -(A + B \* 45.5, C + D \* 57!)  
 12890 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
 12900 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
 12910 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 63.5)  
 12920 LINE -(A + B \* 47!, C + D \* 63.5)  
 12930 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 61.5)  
 12940 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 62!)  
 12950 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
 12960 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
 12970 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 60.5)  
 12980 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 62!)  
 12990 PSET (A + B \* 47.5, C + D \* 59!)  
 13000 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 54!)  
 13010 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 51!)  
 13020 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 49.5)  
 13030 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 52.5)  
 13040 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 56!)  
 13050 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 59!)  
 13060 PSET (A + B \* 48!, C + D \* 53!)  
 13070 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 49!)  
 13080 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 49!)  
 13090 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 51!)  
 13100 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 48!)  
 13110 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 48!)  
 13120 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 50!)  
 13130 PSET (A + B \* 50!, C + D \* 57.5)  
 13140 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 52!)  
 13150 PSET (A + B \* 50!, C + D \* 57.5)  
 13160 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 54!)  
 13170 PSET (A + B \* 49!, C + D \* 58!)  
 13180 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 56!)  
 13190 PSET (A + B \* 49!, C + D \* 58!)  
 13200 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 55.5)  
 13210 PSET (A + B \* 46.5, C + D \* 59.5)  
 13220 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 57!)  
 13230 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 58.5)  
 13240 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 60!)  
 13250 PSET (A + B \* 54.5, C + D \* 58.5)  
 13260 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 62!)

13270 LINE -(A + B \* 53.5, C + D \* 62!)  
 13280 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 59!)  
 13290 PSET (A + B \* 51!, C + D \* 56.5)  
 13300 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 55!)  
 13310 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 57!)  
 13320 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 58!)  
 13330 PSET (A + B \* 52!, C + D \* 55.5)  
 13340 LINE -(A + B \* 56.5, C + D \* 54!)  
 13350 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 56!)  
 13360 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 56.5)  
 13370 PSET (A + B \* 52!, C + D \* 55!)  
 13380 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 52.5)  
 13390 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 51.5)  
 13400 LINE -(A + B \* 52!, C + D \* 49!)  
 13410 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 52!)  
 13420 LINE -(A + B \* 52!, C + D \* 55!)  
 13430 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 53!)  
 13440 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 52!)  
 13450 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 51.5)  
 13460 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 54!)  
 13470 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 53!)  
 13480 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 53!)  
 13490 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 54!)  
 13500 PSET (A + B \* 62!, C + D \* 54!)  
 13510 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 58!)  
 13520 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 53!)  
 13530 PSET (A + B \* 53.5, C + D \* 53!)  
 13540 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 45.5)  
 13550 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
 13560 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
 13570 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
 13580 LINE -(A + B \* 56!, C + D \* 45!)  
 13590 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
 13600 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
 13610 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 42!)  
 13620 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 40.5)  
 13630 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 42!)  
 13640 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 46.5)  
 13650 PSET (A + B \* 52.5, C + D \* 42!)  
 13660 LINE -(A + B \* 51.5, C + D \* 44!)  
 13670 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 46!)  
 13680 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 43!)  
 13690 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 40)  
 13700 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 40.5)  
 13710 PSET (A + B \* 57.5, C + D \* 46!)  
 13720 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 44!)  
 13730 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 42!)  
 13740 LINE -(A + B \* 61!, C + D \* 42!)  
 13750 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 43.5)  
 13760 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 45.5)  
 13770 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
 13780 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 50!)  
 13790 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 47!)  
 13800 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 48!)  
 13810 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
 13820 PSET (A + B \* 57!, C + D \* 47.5)  
 13830 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 44.5)  
 13840 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 46!)  
 13850 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 47.5)  
 13860 PSET (A + B \* 61.5, C + D \* 46.5)  
 13870 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 48.5)  
 13880 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 46!)  
 13890 PSET (A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
 13900 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 32!)  
 13910 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 28!)  
 13920 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 27!)  
 13930 LINE -(A + B \* 56.5, C + D \* 24!)

13940 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 25!)  
 13950 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 25.5)  
 13960 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 27.5)  
 13970 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 28!)  
 13980 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 30!)  
 13990 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 34!)  
 14000 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 38!)  
 14010 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 38.5)  
 14020 LINE -(A + B \* 58.3, C + D \* 39!)  
 14030 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 40!)  
 14040 PSET (A + B \* 58!, C + D \* 32!)  
 14050 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 29!)  
 14060 LINE -(A + B \* 59.5, C + D \* 31!)  
 14070 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
 14080 PSET (A + B \* 59!, C + D \* 37!)  
 14090 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 36!)  
 14100 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 32.5)  
 14110 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 34.5)  
 14120 LINE -(A + B \* 61!, C + D \* 37.5)  
 14130 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 39!)  
 14140 PSET (A + B \* 61!, C + D \* 37.5)  
 14150 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 36.5)  
 14160 LINE -(A + B \* 64!, C + D \* 33.5)  
 14170 LINE -(A + B \* 64.5, C + D \* 32!)  
 14180 LINE -(A + B \* 65!, C + D \* 33.5)  
 14190 LINE -(A + B \* 63!, C + D \* 38!)  
 14200 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 41!)  
 14210 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 42!)  
 14220 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 30!)  
 14230 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 29!)  
 14240 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 28!)  
 14250 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 30!)  
 14260 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 31!)  
 14270 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 33!)  
 14280 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 34!)  
 14290 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 33!)  
 14300 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 32.5)  
 14310 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 34.5)  
 14320 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 36!)  
 14330 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 37.5)  
 14340 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 36.5)  
 14350 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 35.5)  
 14360 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 36.5)  
 14370 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 37.5)  
 14380 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 38.5)  
 14390 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 39!)  
 14400 PSET (A + B \* 57.5, C + D \* 45!)  
 14410 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 41!)  
 14420 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 42!)  
 14430 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 43!)  
 14440 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 45.5)  
 14450 CIRCLE (A + B \* 34!, C + D \* 29.7), B \* 8.609999, , , , .1  
 14460 CIRCLE (A + B \* 34!, C + D \* 29.7), B \* 10.4, , .4, 2.7, .15  
 14470 CIRCLE (A + B \* 34!, C + D \* 29.7), B \* 12.9, , .57, 2.5, .25  
 14480 PSET (A + B \* 34 - B / 1 \* 9.5, C + D \* 28.5)  
 14490 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 26.5)  
 14500 PSET (A + B \* 34.5 + B / 1 \* 9.5, C + D \* 28.5)  
 14510 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 27!)  
 14520 CIRCLE (A + B \* 24!, C + D \* 27.5), .3 \* B, , , , .2  
 14530 CIRCLE (A + B \* 44.5, C + D \* 28!), .3 \* B, , , , 2  
 14540 CIRCLE (A + B \* 34.5, C + D \* 26!), .5 \* B  
 14550 PSET (A + B \* 27.5, C + D \* 26.5)  
 14560 LINE -(A + B \* 28.5, C + D \* 26!)  
 14570 LINE -(A + B \* 29.5, C + D \* 26.3)  
 14580 LINE -(A + B \* 28.5, C + D \* 27!)  
 14590 LINE -(A + B \* 27.5, C + D \* 26.5)  
 14600 PSET (A + B \* 41.5, C + D \* 26.7)



14610 LINE -(A + B \* 40.5, C + D \* 26.3)  
 14620 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 26.5)  
 14630 LINE -(A + B \* 40.5, C + D \* 27!)  
 14640 LINE -(A + B \* 41.5, C + D \* 26.7)  
 14650 CIRCLE (A + B \* 34!, C + D \* 29.7), B \* 14!, .6, 2.43, .25  
 14660 REM GOTO 14850  
 14670 PSET (A + B \* 23.5, C + D \* 26!)  
 14680 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 24!)  
 14690 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 23!)  
 14700 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 22.5)  
 14710 LINE -(A + B \* 22.5, C + D \* 24.5)  
 14720 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 24!)  
 14730 LINE -(A + B \* 22.5, C + D \* 23!)  
 14740 CIRCLE (A + B \* 23!, C + D \* 22.5), B \* .6, , 0!, 4  
 14750 PSET (A + B \* 23.8, C + D \* 22.8)  
 14760 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 23.5)  
 14770 LINE -(A + B \* 25.5, C + D \* 23.2)  
 14780 LINE -(A + B \* 25.2, C + D \* 22!)  
 14790 CIRCLE (A + B \* 25.8, C + D \* 21.5), B \* .6, , 0, 3.3  
 14800 PSET (A + B \* 26.7, C + D \* 21.6)  
 14810 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 23!)  
 14820 LINE -(A + B \* 28.3, C + D \* 22.7)  
 14830 LINE -(A + B \* 28.6, C + D \* 22!)  
 14840 LINE -(A + B \* 28.6, C + D \* 21.5)  
 14850 CIRCLE (A + B \* 29.5, C + D \* 21!), B \* .8, , 0, 3.5  
 14860 PSET (A + B \* 30.5, C + D \* 21.2)  
 14870 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 21.7)  
 14880 LINE -(A + B \* 30.8, C + D \* 22.5)  
 14890 LINE -(A + B \* 32.3, C + D \* 22.5)  
 14900 LINE -(A + B \* 32.6, C + D \* 22.5)  
 14910 LINE -(A + B \* 32.8, C + D \* 22!)  
 14920 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 21!)  
 14930 CIRCLE (A + B \* 33.8, C + D \* 21!), B \* .8, , 0, 3.2  
 14940 PSET (A + B \* 34.8, C + D \* 21.3)  
 14950 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 22!)  
 14960 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 22.2)  
 14970 LINE -(A + B \* 35.2, C + D \* 22.5)  
 14980 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 22.5)  
 14990 LINE -(A + B \* 37.5, C + D \* 21!)  
 15000 CIRCLE (A + B \* 38.3, C + D \* 21!), B \* .8, , 0, 3.2  
 15010 PSET (A + B \* 39.2, C + D \* 21!)  
 15020 LINE -(A + B \* 39.3, C + D \* 22!)  
 15030 LINE -(A + B \* 39.3, C + D \* 22.5)  
 15040 LINE -(A + B \* 40.7, C + D \* 22.7)  
 15050 LINE -(A + B \* 41.2, C + D \* 21.5)  
 15060 CIRCLE (A + B \* 42!, C + D \* 21.3), B \* .7, , 0, 3.2  
 15070 PSET (A + B \* 42.7, C + D \* 21.5)  
 15080 LINE -(A + B \* 42.3, C + D \* 23!)  
 15090 LINE -(A + B \* 43.5, C + D \* 23.3)  
 15100 LINE -(A + B \* 44.3, C + D \* 22.3)  
 15110 CIRCLE (A + B \* 45.2, C + D \* 22!), B \* .6, , 0, 3.2  
 15120 PSET (A + B \* 45.8, C + D \* 22.2)  
 15130 LINE -(A + B \* 45.3, C + D \* 23!)  
 15140 LINE -(A + B \* 44.8, C + D \* 23.5)  
 15150 LINE -(A + B \* 45.8, C + D \* 24!)  
 15160 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 21.5)  
 15170 LINE -(A + B \* 48.8, C + D \* 21.5)  
 15180 LINE -(A + B \* 49.1, C + D \* 22.2)  
 15190 LINE -(A + B \* 45.7, C + D \* 25.5)  
 15200 PSET (E + P \* 29, G + H \* 9!)  
 15210 LINE -(E + P \* 38, G + H \* 9!)  
 15220 LINE -(E + P \* 39, G + H \* 10)  
 15230 LINE -(E + P \* 43, G + H \* 10)  
 15240 LINE -(E + P \* 48, G + H \* 15)  
 15250 LINE -(E + P \* 46, G + H \* 17)  
 15260 LINE -(E + P \* 50, G + H \* 21)  
 15270 LINE -(E + P \* 44, G + H \* 27)

```

15280 LINE -(E + P * 35, G + H * 27)
15290 LINE -(E + P * 41, G + H * 21)
15300 LINE -(E + P * 38, G + H * 18)
15310 LINE -(E + P * 40, G + H * 16)
15320 LINE -(E + P * 35, G + H * 11)
15330 LINE -(E + P * 33, G + H * 13)
15340 LINE -(E + P * 29, G + H * 9)
15350 PAINT (E + P * 33, G + H * 10)
15360 PSET (E + P * 23, G + H * 15)
15370 LINE -(E + P * 27, G + H * 19)
15380 LINE -(E + P * 23, G + H * 23)
15390 LINE -(E + P * 19, G + H * 19)
15400 LINE -(E + P * 23, G + H * 15)
15410 PAINT (E + P * 23, G + H * 18)
15420 PSET (E + P * 23, G + H * 14)
15430 LINE -(E + P * 23, G + H * 9)
15440 LINE -(E + P * 18, G + H * 9)
15450 LINE -(E + P * 23, G + H * 14)
15460 PAINT (E + P * 20, G + H * 10)
15470 PSET (E + P * 9, G + H * 10)
15480 LINE -(E + P * 14, G + H * 10)
15490 LINE -(E + P * 11.5, G + H * 12)
15600 LINE -(E + P * 9, G + H * 10)
15610 PAINT (E + P * 12, G + H * 11)
15620 PSET (E + P * 14, G + H * 24)
15630 LINE -(E + P * 18, G + H * 28)
15640 LINE -(E + P * 10, G + H * 28)
15650 LINE -(E + P * 14, G + H * 24)
15660 PAINT (E + P * 14, G + H * 26)
15670 PSET (E + P * 32, G + H * 24)
15680 LINE -(E + P * 43, G + H * 35)
15690 LINE -(E + P * 38, G + H * 40)
15700 LINE -(E + P * 30, G + H * 40)
15710 LINE -(E + P * 35, G + H * 35)
15720 LINE -(E + P * 28, G + H * 28)
15730 LINE -(E + P * 32, G + H * 24)
15740 PAINT (E + P * 32, G + H * 27)
15760 PSET (E + P * 23, G + H * 33)
15770 LINE -(E + P * 26, G + H * 36)
15780 LINE -(E + P * 22, G + H * 40)
15790 LINE -(E + P * 16, G + H * 40)
15800 LINE -(E + P * 23, G + H * 33)
15810 PAINT (E + P * 22, G + H * 38)
15820 LOCATE 9, 7: PRINT " I. T. G. E."
15830 LOCATE 9, 57: PRINT " E. T. S. I. MINAS"
16000 REM LIST 15760
17003 LOCATE 5, 35: PRINT "PROGRAMA "; PROGRAM$
17005 LOCATE 7, 36: PRINT "V 1.0 Sept./90"
17010 COLOR 15
17020 LOCATE 23, 11: PRINT "PAQUETE DE PROGRAMAS DE APOYO INFORMATICO A LA HIDROGEOLOGIA";
17030 REM LOCATE 19, 25: PRINT " Y METODOS INFORMATICOS"
17060 FOR I = 1 TO 2
17070 FOR J = 2 TO 24
17080 LOCATE J, (I - 1) * 79 + 1: PRINT CHR$(186);
17090 NEXT J
17100 NEXT I
17110 REM IF INKEY$ = "" THEN GOTO 17110
17120 LOCATE 1, 1: PRINT "-----";
17130 LOCATE 24, 1: PRINT "-----";
17140 LOCATE 22, 1: PRINT "-----";
17150 LOCATE 10, 1: PRINT "-----";
17155 LOCATE 24, 1: PRINT "-----";
17160 LOCATE 10, 1: PRINT CHR$(204)
17162 LOCATE 10, 80: PRINT " "
17180 LOCATE 10, 80: PRINT CHR$(185)
17190 LOCATE 22, 1: PRINT CHR$(204)
17200 LOCATE 22, 80: PRINT CHR$(185)

```

SEID.BAS

GRUPO VIII

```
18600 IF INKEY$ = "" GOTO 18600
18700 RETURN
19000 END
```

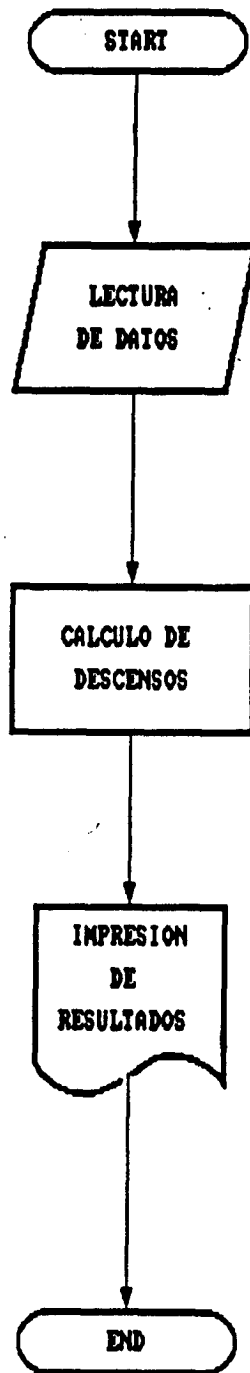


Figura 5.5

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO HIDRODINAMICO  
DEL CAMPO EXPERIMENTAL DE VALLELADO (SEGOVIA)

\*\*\*\*\*

Pasada de validación con modelo DESCENSOS No. 0

Pozo No.	Coordenadas X	Coordenadas Y	Caudal (l/s)	Correc. d.y p.(m)	Radio pozo
1	0	1400	0	0	.2
2	1500	1400	65	0	.2
3	1980	1400	35	0	.2
4	3660	540	60	0	.2

Transmisividad general del acuífero 300 m<sup>2</sup>/día)  
Coef.de almacenamiento general del acuífero .0005

Matriz de correspondencia de caudales

	1	2	3	4
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	1.00	1.00	1.00	1.00
3	1.00	1.00	1.00	1.00
4	1.00	1.00	1.00	1.00

## SALIDA DE RESULTADOS

\*\*\*\*\*

Paso de tiempo No. 1            15 días

Pozo observado	DESCENSOS PARCIALES OCASIONADOS				Descenso total
	1	2	3	4	
1	0.00	3.36	1.40	0.98	5.75
2	0.00	29.85	3.59	2.01	35.46
3	0.00	6.67	16.08	2.52	25.27
4	0.00	2.18	1.47	27.56	31.21

Paso de tiempo No. 2            30 días

Pozo observado	DESCENSOS PARCIALES OCASIONADOS				Descenso total
	1	2	3	4	
1	0.00	4.35	1.91	1.70	7.97
2	0.00	30.89	4.15	2.87	37.90
3	0.00	7.70	16.63	3.41	27.74
4	0.00	3.11	1.99	28.51	33.61

Paso de tiempo No. 3            45 días

Pozo observado	DESCENSOS PARCIALES OCASIONADOS				Descenso total
	1	2	3	4	
1	0.00	4.94	2.23	2.18	9.34
2	0.00	31.49	4.47	3.39	39.36
3	0.00	8.31	16.96	3.94	29.20
4	0.00	3.68	2.30	29.07	35.04

## Paso de tiempo No. 4 60 días

Fozo observado	DESCENSOS PARCIALES OCASIONADOS				Descenso total
	1	2	3	4	
1	0.00	5.36	2.45	2.53	10.34
2	0.00	31.92	4.70	3.77	40.39
3	0.00	8.73	17.19	4.33	30.25
4	0.00	4.09	2.52	29.46	36.07

## Paso de tiempo No. 5 120 días

Fozo observado	DESCENSOS PARCIALES OCASIONADOS				Descenso total
	1	2	3	4	
1	0.00	6.38	2.99	3.42	12.79
2	0.00	32.95	5.26	4.70	42.91
3	0.00	9.76	17.74	5.26	32.77
4	0.00	5.09	3.07	30.42	38.58

## CARACTERISTICAS GENERALES

NUMERO DE POZOS (max 20) .....	3
NUMERO DE PERIODOS DE TIEMPO (max 40)..	8
TIEMPO ABSOLUTO (Dias) .....	120
ERROR MAXIMO TOTAL (cm) .....	1
TRANSMISIVIDAD CONJUNTO (m <sup>2</sup> /dia) .....	300
COEF.ALMACN.CONJUNTO .....	.0005

## POZO NUM. 2

ABSCISA (m) .....	1500
ORDENADA (m) .....	1400
TRANSMISIVIDAD (La misma - CR) .....	0
COEF. DE ALMACENAMIENTO (El mismo - CR)	0
RADIO EFECTIVO (m) .....	.2
COEF.PERD.CARGA (Dia <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> ).....	0

## CAUDALES DE EXPLOTACION

CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) .....	65
-----------------------------------	----

## POZO NUM. 3

ABSCISA (m) .....	1980
ORDENADA (m) .....	1400
TRANSMISIVIDAD (La misma - CR) .....	0
COEF. DE ALMACENAMIENTO (El mismo - CR)	0
RADIO EFECTIVO (m) .....	.2
COEF.PERD.CARGA (Dia <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> ).....	.000

## CAUDALES DE EXPLOTACION

CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) .....	35
-----------------------------------	----

## POZO NUM. 4

ABSCISA (m) .....	3660
ORDENADA (m) .....	540
TRANSMISIVIDAD (La misma - CR) .....	0
COEF. DE ALMACENAMIENTO (El mismo - CR)	0
RADIO EFECTIVO (m) .....	.2
COEF.PERD.CARGA (Dia <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> ).....	0

## CAUDALES DE EXPLOTACION

CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) .....	60
-----------------------------------	----

ABSCISA PUNTO OBSERVACION (m) .....	0
ORDENADA PUNTO OBSERVACION (m) .....	1400

DESCENSOS EN EL PUNTO DE COORDENADAS	0 1400
--------------------------------------	--------

## POZO N° 1



SIBOT-BAS

GRUPO VIII

POZO NUMERO	TIEMPO(DIAS)	DESCENSO	TOTAL.....
2	15	3.37	5.76
3	30	1.41	7.98
4	45	.99	9.35
	60	2.24	10.35
	75	2.46	11.13
	90	2.82	11.78
	105	3.05	12.33
		6.19	
		2.9	
		3.25	
2	120	3.37	12.8
3		1.41	
4		.99	
		2.24	
		2.46	
		2.82	
		3.05	
		6.19	
		2.9	
		3.25	
		3.43	
		6.39	
		12.8	

DESCENSOS EN EL PUNTO DE COORDENADAS 0 1400

V.2.5. LISTADO DEL PROGRAMA

```

10 REM "sibot"
20 REM *****
30 REM ** MODELO PARA LA SIMULACION DE BOMBEO CON AFECCIONES MUTUAS **
40 REM ** EN ACUIFEROS MULTICAPA. **
50 REM *****
60 REM ** Este modelo calcula los descensos en los pozos de un campo **
70 REM ** de bombeo con afecciones mutuas, teniendo en cuenta las co- **
80 REM ** rrespondencias de los enrejillados entre unos y otros den- **
90 REM ** tro de los acuíferos multicapa. METODO DE C.V. THEIS **
100 REM *****
110 REM** Versión 1.1 IGME 1987 **
120 REM*****
130 REM** Desarrollado para su aplicación en el campo experimental **
140 REM** de Vallelado (Segovia) dentro del convenio de colaboración **
150 REM** entre IRYDA e IGME. **
160 REM** Villanueva Martínez, M. **
170 REM** Riestra Puertes, C. **
180 REM** Ballester Rodríguez, A. **
190 REM** Iglesias López, A. Abril 1987 **
200 REM*****
210 REM**----- DESIGNACION DE VARIABLES -----**
220 REM * x(i) y(i) ----- Coordenadas del pozo i. *
230 REM * q(i) ----- Caudal de bombeo del pozo i. *
240 REM * d(i,j) ----- Descenso producido en el pozo i a conse- *
250 REM * cuencia de un bombeo q(j) en el pozo j. *
260 REM * r(i,j) ----- Distancia entre los pozos i y j *
270 REM * tt(i) ----- Tiempo al que se calcula el descenso d(i,j). *
280 REM * c(j) ----- Corrección del descenso teórico en el pozo *
290 REM * por efecto de desarrollo y prdidas de carga *
300 REM * cq(i,j) ----- Corrección asignable al caudal q(j) para *
310 REM * aplicar al cálculo del descenso d(i,j) como *
320 REM * consecuencia del no enfrentamiento de rejil- *
330 REM * llas correspondientes en el acuífero multi- *
340 REM * capa *
350 REM * n ----- Número de pozos y piezómetros del campo *
360 REM * m ----- Número de intervalos de tiempo *
370 REM * T ----- Transmisividad general de acuífero *
380 REM * S ----- Coef. de almacenamiento general del acuífero *
381 REM COMMON PROGRAM$, NI
382 PROGRAM$ = "SIBOT.BAS"
383 REM IF NI = 1 THEN GOTO 385
384 GOSUB 10000
385 CLS
386 LOCATE 7, 1: PRINT "-----";
387 LOCATE 17, 1: PRINT "-----";
390 FOR I = 1 TO 2
391 FOR J = 8 TO 16
392 LOCATE J, (I - 1) * 79 + 1: PRINT CHR$(186);
393 NEXT J
394 NEXT I
395 LOCATE 11, 9: PRINT * MODELO PARA SIMULACION DE BOMBEO CON AFECCIONES MUTUAS EN *
400 LOCATE 12, 9: PRINT * ACUIFEROS MULTICAPA. MODELO -SIBO- *
410 LOCATE 13, 9: PRINT ***** *
412 IF INKEY$ = "" GOTO 412
415 CLS
440 PRINT : PRINT
450 INPUT "Toponimia del campo de bombeo (mayusculas)"; A$
460 INPUT "Provincia (mayusculas)"; B$
470 PRINT
480 INPUT "Calibración o simulación (minusculas)"; D$
490 INPUT "Número de la pasada"; A
500 PRINT
510 INPUT "Número de pozos y piezómetros del campo"; N
520 INPUT "Número de intervalos de tiempo deseados"; M
530 PRINT
540 INPUT "Nombre del fichero de datos"; C$
550 DIM X(N), Y(N), Q(N), D(N, N), R(N, N), TT(M), C(N), CQ(N, N), RP(N)

```

```

560 REM "..... LECTURA DE DATOS .....
570 OPEN C$ FOR INPUT AS #1
580 FOR I = 1 TO M
590 INPUT #1, TT(I)
600 NEXT I
610 INPUT #1, T, S
620 FOR I = 1 TO N
630 INPUT #1, I, X(I), Y(I), Q(I), C(I), RP(I)
640 NEXT I
650 FOR I = 1 TO N
660 FOR J = 1 TO N
670 INPUT #1, I, J, CQ(I, J)
680 NEXT J
690 NEXT I
700 CLOSE #1
710 GOSUB 1350
720 REM "..... CALCULO DE DESCENSOS .....
730 PRINT " SALIDA DE RESULTADOS"
740 PRINT : PRINT
750 LPRINT " SALIDA DE RESULTADOS"
760 LPRINT " *****"
770 FOR K = 1 TO M
780 FOR I = 1 TO N
790 FOR J = 1 TO N
800 R(I, J) = SQR((X(J) - X(I)) ^ 2 + (Y(J) - Y(I)) ^ 2)
810 IF I = J THEN R(I, J) = RP(J)
820 U = (R(I, J) ^ 2 * S) / (4 * T * TT(K))
830 WU = U * LOG(U) * .577216
840 W = 0
850 PA = 1
860 H = 2
870 PA = PA * H
880 WU = WU * (((-1) ^ H) * (U ^ H)) / (H * PA)
890 IF ABS(WU - W) < .01 THEN GOTO 930
900 W = WU
910 H = H + 1
920 GOTO 870
930 D(I, J) = (Q(J) * WU * 86.4 * CQ(J, J)) / (4 * T * 3.141592)
940 NEXT J
950 NEXT I
960 REM "..... ESCRITURA DE RESULTADOS .....
970 PRINT : PRINT
980 LPRINT : LPRINT : LPRINT
990 PRINT " Paso de tiempo No. "; K, TT(K); " dias"
1000 PRINT
1010 LPRINT " Paso de tiempo No. "; K, TT(K); " dias"
1020 LPRINT " .....
1030 LPRINT : LPRINT
1040 PRINT " Pozo                DESCENSOS PARCIALES          Descenso "
1050 PRINT " observado            OCASIONADOS                total   "
1060 LPRINT " Pozo                DESCENSOS PARCIALES          Descenso "
1070 LPRINT " observado            OCASIONADOS                total   "
1080 LPRINT " .....                .....                ..... "
1090 LPRINT
1100 PRINT ". ";
1110 LPRINT ". ";
1120 FOR I = 1 TO N
1130 PRINT USING "#####"; I;
1140 LPRINT USING "#####"; I;
1150 NEXT I
1160 PRINT : PRINT
1170 LPRINT : LPRINT
1180 FOR I = 1 TO N
1190 PRINT ". "; I;
1200 LPRINT ". "; I;
1210 DT = 0
1220 FOR J = 1 TO N

```

```
1230 IF I = J THEN D(I, J) = D(I, J) * C(J)
1240 DT = DT + D(I, J)
1250 PRINT USING "#####.##"; D(I, J),
1260 LPRINT USING "#####.##"; D(I, J),
1270 NEXT J
1280 PRINT USING "#####.##"; DT
1290 LPRINT USING "#####.##"; DT
1300 NEXT I
1310 PRINT : PRINT
1320 LPRINT : LPRINT
1330 NEXT K
1340 END
```

## SIBOT.BAS

## GRUPO VIII

10170 PSET (A + B \* 35.5, C + D \* 36.5)  
 10180 LINE -(A + B \* 41, C + D \* 41)  
 10190 LINE -(A + B \* 44, C + D \* 41)  
 10200 LINE -(A + B \* 44, C + D \* 40)  
 10210 LINE -(A + B \* 43, C + D \* 38)  
 10220 LINE -(A + B \* 38, C + D \* 34)  
 10230 LINE -(A + B \* 35.5, C + D \* 36.5)  
 10240 PSET (A + B \* 40, C + D \* 35)  
 10250 LINE -(A + B \* 41.5, C + D \* 33.5)  
 10260 LINE -(A + B \* 43, C + D \* 35)  
 10270 LINE -(A + B \* 41.5, C + D \* 36.5)  
 10280 PSET (A + B \* 24!, C + D \* 38!)  
 10290 LINE -(A + B \* 29, C + D \* 33.5)  
 10300 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 36!)  
 10310 LINE -(A + B \* 27, C + D \* 40.5)  
 10320 LINE -(A + B \* 24!, C + D \* 38!)  
 10330 LINE -(A + B \* 25, C + D \* 37!)  
 10340 PSET (A + B \* 25.5, C + D \* 36.5)  
 10350 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 34.5)  
 10360 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 33!)  
 10370 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 35!)  
 10380 PSET (A + B \* 28.5, C + D \* 39!)  
 10390 LINE -(A + B \* 32.5, C + D \* 42.5)  
 10400 PSET (A + B \* 30!, C + D \* 38!), 7  
 10410 LINE -(A + B \* 33.5, C + D \* 41!)  
 10420 PSET (A + B \* 34.5, C + D \* 44.5)  
 10430 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 49!)  
 10440 PSET (A + B \* 35.5, C + D \* 43!)  
 10450 LINE -(A + B \* 41.6, C + D \* 48!)  
 10460 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 49!)  
 10470 DIBUJADOS LOS MARTILLOS  
 10480 PSET (A + B \* 11!, C + D \* 37!)  
 10490 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 40!)  
 10500 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 44!)  
 10510 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 49!)  
 10520 LINE -(A + B \* 14.5, C + D \* 53!)  
 10530 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 57!)  
 10540 LINE -(A + B \* 21.5, C + D \* 58.5)  
 10550 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 10560 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 62!)  
 10570 LINE -(A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
 10580 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 62.5)  
 10590 LINE -(A + B \* 36.5, C + D \* 62!)  
 10600 CIRCLE (A + B \* 35!, C + D \* 62.5), !! \* SQR(B \* 2 + D \* 2)  
 10610 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 62.5)  
 10620 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 61.5)  
 10630 LINE -(A + B \* 47!, C + D \* 59.5)  
 10640 LINE -(A + B \* 51.5, C + D \* 56.5)  
 10650 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 50.5)  
 10660 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 45!)  
 10670 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 40!)  
 10680 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
 10690 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 37!)  
 10700 LINE -(A + B \* 12!, C + D \* 40!)  
 10710 LINE -(A + B \* 12!, C + D \* 44!)  
 10720 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 49!)  
 10730 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 53!)  
 10740 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57!)  
 10750 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 10760 LINE -(A + B \* 27.5, C + D \* 61!)  
 10770 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 62!)  
 10780 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 62.5)  
 10790 PSET (A + B \* 36.5, C + D \* 62.5)  
 10800 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 61.5)  
 10810 LINE -(A + B \* 46.5, C + D \* 59.5)  
 10820 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 56.5)  
 10830 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 50.5)

10840 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 45!)  
 10850 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 40!)  
 10860 DIBUJADA LA BASE DEL RAMO  
 10870 LINE (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)-(A + B \* 11.5, C + D \* 37)  
 10880 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10890 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 32!)  
 10900 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 28!)  
 10910 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 31!)  
 10920 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 34!)  
 10930 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10940 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10950 PSET (A + B \* 11!, C + D \* 37!)  
 10960 LINE -(A + B \* 9.5, C + D \* 35.5)  
 10970 CIRCLE (A + B \* 8.5, C + D \* 35.5), .7 \* B  
 10980 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 10990 LINE -(A + B \* 10!, C + D \* 39!)  
 11000 LINE -(A + B \* 7!, C + D \* 35!)  
 11010 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 33.5)  
 11020 LINE -(A + B \* 5!, C + D \* 35!)  
 11030 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 39!)  
 11040 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11050 HOJA  
 11060 PSET (A + B \* 5, C + D \* 35!)  
 11070 LINE -(A + B \* 1.5, C + D \* 35!)  
 11080 LINE -(A + B \* 4!, C + D \* 37!)  
 11090 LINE -(A + B \* 5!, C + D \* 41)  
 11100 LINE -(A + B \* 9, C + D \* 42.5)  
 11110 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11120 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 36.5)  
 11130 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 35!)  
 11140 LINE -(A + B \* 16!, C + D \* 33.5)  
 11150 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 32.5)  
 11160 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 35!)  
 11170 LINE -(A + B \* 14.5, C + D \* 38!)  
 11180 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11190 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 40!)  
 11200 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 37.5)  
 11210 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 35!)  
 11220 LINE -(A + B \* 16.5, C + D \* 35.5)  
 11230 PSET (A + B \* 12!, C + D \* 46.5)  
 11240 LINE -(A + B \* 10.5, C + D \* 44.5)  
 11250 CIRCLE (A + B \* 9.5, C + D \* 44!), B  
 11260 PSET (A + B \* 13.5, C + D \* 51!)  
 11270 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 50!)  
 11280 LINE -(A + B \* 10!, C + D \* 47!)  
 11290 LINE -(A + B \* 8!, C + D \* 46!)  
 11300 LINE -(A + B \* 8!, C + D \* 48!)  
 11310 LINE -(A + B \* 8.5, C + D \* 49!)  
 11320 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 50!)  
 11330 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11340 LINE -(A + B \* 9.5, C + D \* 52!)  
 11350 LINE -(A + B \* 7!, C + D \* 49!)  
 11360 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 46.5)  
 11370 LINE -(A + B \* 7.5, C + D \* 47!)  
 11380 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11390 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 49!)  
 11400 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 44!)  
 11410 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 43.5)  
 11420 LINE -(A + B \* 15.5, C + D \* 44.5)  
 11430 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11440 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 51!)  
 11450 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 47!)  
 11460 LINE -(A + B \* 15.5, C + D \* 44.5)  
 11470 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 42!)  
 11480 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 43!)  
 11490 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 48!)  
 11500 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 51!)

11510 PSET (A + B \* 12.5, C + D \* 47!)  
 11520 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 43.5)  
 11530 CIRCLE (A + B \* 13!, C + D \* 42.5), .7 \* B  
 11540 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11550 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 54!)  
 11560 CIRCLE (A + B \* 13!, C + D \* 54!), .7 \* B  
 11570 PSET (A + B \* 15.5, C + D \* 54!)  
 11580 LINE -(A + B \* 16.5, C + D \* 52!)  
 11590 CIRCLE (A + B \* 16.5, C + D \* 51!), .7 \* B  
 11600 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 57!)  
 11610 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 56.5)  
 11620 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 57.5)  
 11630 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 58!)  
 11640 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 57.5)  
 11650 PSET (A + B \* 21.5, C + D \* 59!)  
 11660 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 60!)  
 11670 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 58.5)  
 11680 LINE -(A + B \* 13.5, C + D \* 57.5)  
 11690 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 57.5)  
 11700 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 56!)  
 11710 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 52!)  
 11720 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 48!)  
 11730 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 49.5)  
 11740 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 56!)  
 11750 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57.5)  
 11760 PSET (A + B \* 19!, C + D \* 49.5)  
 11770 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 49!)  
 11780 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 51!)  
 11790 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 52!)  
 11800 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57.5)  
 11810 PSET (A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 11820 LINE -(A + B \* 22.5, C + D \* 56.5)  
 11830 CIRCLE (A + B \* 22.5, C + D \* 55.5), B \* .7  
 11840 PSET (A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 11850 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 60!)  
 11860 CIRCLE (A + B \* 20.5, C + D \* 60.5), B \* .7  
 11870 PSET (A + B \* 25!, C + D \* 60!)  
 11880 LINE -(A + B \* 24!, C + D \* 57!)  
 11890 CIRCLE (A + B \* 24!, C + D \* 56.5), B \* .6  
 11900 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 60.5)  
 11910 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 63!)  
 11920 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 63.5)  
 11930 LINE -(A + B \* 16!, C + D \* 61.5)  
 11940 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 62!)  
 11950 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 62!)  
 11960 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 60.5)  
 11970 PSET (A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 11980 LINE -(A + B \* 28.5, C + D \* 57!)  
 11990 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 54!)  
 12000 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 52.5)  
 12010 LINE -(A + B \* 26.5, C + D \* 54.5)  
 12020 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 58!)  
 12030 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 12040 PSET (A + B \* 26.5, C + D \* 54.5)  
 12050 LINE -(A + B \* 24!, C + D \* 53!)  
 12060 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 57!)  
 12070 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 58!)  
 12080 PSET (A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
 12090 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 64!)  
 12100 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 63!)  
 12110 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 62.5)  
 12120 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
 12130 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 65.5)  
 12140 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 68!)  
 12150 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 67.5)  
 12160 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 66!)  
 12170 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 64!)



12180 PSET (A + B \* 28!, C + D \* 64!)  
12190 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 66!)  
12200 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 63.5)  
12210 PSET (A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
12220 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 69.5)  
12230 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 69!)  
12240 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 66!)  
12250 PSET (A + B \* 29!, C + D \* 65!)  
12260 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 63!)  
12270 PSET (A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
12280 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 62.5)  
12290 PSET (A + B \* 23.5, C + D \* 63!)  
12300 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 65.5)  
12310 LINE -(A + B \* 23!, C + D \* 65.5)  
12320 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
12330 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 63!)  
12340 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 61!)  
12350 PSET (A + B \* 35.5, C + D \* 61.5)  
12360 LINE -(A + B \* 36!, C + D \* 59!)  
12370 LINE -(A + B \* 36!, C + D \* 58.5)  
12380 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 59!)  
12390 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 58.5)  
12400 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 61.5)  
12410 PSET (A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
12420 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 58.5)  
12430 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 56!)  
12440 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 55.5)  
12450 LINE -(A + B \* 38.5, C + D \* 56!)  
12460 LINE -(A + B \* 39!, C + D \* 58.5)  
12470 LINE -(A + B \* 36.5, C + D \* 62!)  
12480 PSET (A + B \* 30.5, C + D \* 58.5)  
12490 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 58!)  
12500 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 58.5)  
12510 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 58.5)  
12520 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 58!)  
12530 LINE -(A + B \* 39!, C + D \* 58.5)  
12540 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 63.5)  
12550 LINE -(A + B \* 38!, C + D \* 66!)  
12560 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 65.5)  
12570 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 65!)  
12580 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 65!)  
12590 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 64.5)  
12600 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 66.5)  
12610 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 66.5)  
12620 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 67!)  
12630 LINE -(A + B \* 42!, C + D \* 67!)  
12640 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 67.5)  
12650 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 68!)  
12660 LINE -(A + B \* 35.5, C + D \* 64!)  
12670 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 63.5)  
12680 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 65.5)  
12690 PSET (A + B \* 37!, C + D \* 62.5)  
12700 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 65!)  
12710 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 67.5)  
12720 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 69.5)  
12730 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 70!)  
12740 LINE -(A + B \* 42!, C + D \* 67!)  
12750 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12760 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 58!)  
12770 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 55!)  
12780 LINE -(A + B \* 42.5, C + D \* 53!)  
12790 LINE -(A + B \* 42.5, C + D \* 55!)  
12800 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12810 PSET (A + B \* 43!, C + D \* 55!)  
12820 LINE -(A + B \* 44!, C + D \* 52!)  
12830 LINE -(A + B \* 44!, C + D \* 55!)  
12840 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 58!)

12850 PSET (A + B \* 44!, C + D \* 55!)  
12860 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 54!)  
12870 LINE -(A + B \* 45.5, C + D \* 55!)  
12880 LINE -(A + B \* 45.5, C + D \* 57!)  
12890 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12900 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12910 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 63.5)  
12920 LINE -(A + B \* 47!, C + D \* 63.5)  
12930 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 61.5)  
12940 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 62!)  
12950 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12960 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12970 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 60.5)  
12980 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 62!)  
12990 PSET (A + B \* 47.5, C + D \* 59!)  
13000 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 54!)  
13010 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 51!)  
13020 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 49.5)  
13030 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 52.5)  
13040 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 56!)  
13050 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 59!)  
13060 PSET (A + B \* 48!, C + D \* 53!)  
13070 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 49!)  
13080 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 49!)  
13090 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 51!)  
13100 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 48!)  
13110 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 48!)  
13120 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 50!)  
13130 PSET (A + B \* 50!, C + D \* 57.5)  
13140 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 52!)  
13150 PSET (A + B \* 50!, C + D \* 57.5)  
13160 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 54!)  
13170 PSET (A + B \* 49!, C + D \* 58!)  
13180 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 56!)  
13190 PSET (A + B \* 49!, C + D \* 58!)  
13200 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 55.5)  
13210 PSET (A + B \* 46.5, C + D \* 59.5)  
13220 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 57!)  
13230 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 58.5)  
13240 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 60!)  
13250 PSET (A + B \* 54.5, C + D \* 58.5)  
13260 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 62!)  
13270 LINE -(A + B \* 53.5, C + D \* 62!)  
13280 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 59!)  
13290 PSET (A + B \* 51!, C + D \* 56.5)  
13300 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 55!)  
13310 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 57!)  
13320 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 58!)  
13330 PSET (A + B \* 52!, C + D \* 55.5)  
13340 LINE -(A + B \* 56.5, C + D \* 54!)  
13350 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 56!)  
13360 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 56.5)  
13370 PSET (A + B \* 52!, C + D \* 55!)  
13380 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 52.5)  
13390 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 51.5)  
13400 LINE -(A + B \* 52!, C + D \* 49!)  
13410 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 52!)  
13420 LINE -(A + B \* 52!, C + D \* 55!)  
13430 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 53!)  
13440 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 52!)  
13450 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 51.5)  
13460 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 54!)  
13470 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 53!)  
13480 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 53!)  
13490 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 54!)  
13500 PSET (A + B \* 62!, C + D \* 54!)  
13510 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 58!)

13520 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 53!)  
13530 PSET (A + B \* 53.5, C + D \* 53!)  
13540 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 45.5)  
13550 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13560 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13570 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13580 LINE -(A + B \* 56!, C + D \* 45!)  
13590 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13600 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13610 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 42!)  
13620 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 40.5)  
13630 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 42!)  
13640 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 46.5)  
13650 PSET (A + B \* 52.5, C + D \* 42!)  
13660 LINE -(A + B \* 51.5, C + D \* 44!)  
13670 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 46!)  
13680 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 43!)  
13690 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 40)  
13700 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 40.5)  
13710 PSET (A + B \* 57.5, C + D \* 46!)  
13720 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 44!)  
13730 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 42!)  
13740 LINE -(A + B \* 61!, C + D \* 42!)  
13750 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 43.5)  
13760 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 45.5)  
13770 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13780 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 50!)  
13790 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 47!)  
13800 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 48!)  
13810 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13820 PSET (A + B \* 57!, C + D \* 47.5)  
13830 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 44.5)  
13840 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 46!)  
13850 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 47.5)  
13860 PSET (A + B \* 61.5, C + D \* 46.5)  
13870 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 48.5)  
13880 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 46!)  
13890 PSET (A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
13900 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 32!)  
13910 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 28!)  
13920 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 27!)  
13930 LINE -(A + B \* 56.5, C + D \* 24!)  
13940 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 25!)  
13950 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 25.5)  
13960 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 27.5)  
13970 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 28!)  
13980 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 30!)  
13990 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 34!)  
14000 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 38!)  
14010 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 38.5)  
14020 LINE -(A + B \* 58.3, C + D \* 39!)  
14030 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 40!)  
14040 PSET (A + B \* 58!, C + D \* 32!)  
14050 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 29!)  
14060 LINE -(A + B \* 59.5, C + D \* 31!)  
14070 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
14080 PSET (A + B \* 59!, C + D \* 37!)  
14090 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 36!)  
14100 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 32.5)  
14110 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 32.5)  
14120 LINE -(A + B \* 61!, C + D \* 37.5)  
14130 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 39!)  
14140 PSET (A + B \* 61!, C + D \* 37.5)  
14150 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 36.5)  
14160 LINE -(A + B \* 64!, C + D \* 33.5)  
14170 LINE -(A + B \* 64.5, C + D \* 32!)  
14180 LINE -(A + B \* 65!, C + D \* 33.5)

14860 PSET (A + B \* 30.5, C + D \* 21.2)  
 14870 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 21.7)  
 14880 LINE -(A + B \* 30.8, C + D \* 22.5)  
 14890 LINE -(A + B \* 32.3, C + D \* 22.5)  
 14900 LINE -(A + B \* 32.6, C + D \* 22.5)  
 14910 LINE -(A + B \* 32.8, C + D \* 22!)  
 14920 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 21!)  
 14930 CIRCLE (A + B \* 33.8, C + D \* 21!), B \* .8, , 0, 3.2  
 14940 PSET (A + B \* 34.8, C + D \* 21.3)  
 14950 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 22!)  
 14960 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 22.2)  
 14970 LINE -(A + B \* 35.2, C + D \* 22.5)  
 14980 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 22.5)  
 14990 LINE -(A + B \* 37.5, C + D \* 21!)  
 15000 CIRCLE (A + B \* 38.3, C + D \* 21!), B \* .8, , 0, 3.2  
 15010 PSET (A + B \* 39.2, C + D \* 21!)  
 15020 LINE -(A + B \* 39.3, C + D \* 22!)  
 15030 LINE -(A + B \* 39.3, C + D \* 22.5)  
 15040 LINE -(A + B \* 40.7, C + D \* 22.7)  
 15050 LINE -(A + B \* 41.2, C + D \* 21.5)  
 15060 CIRCLE (A + B \* 42!, C + D \* 21.3), B \* .7, , 0, 3.2  
 15070 PSET (A + B \* 42.7, C + D \* 21.5)  
 15080 LINE -(A + B \* 42.3, C + D \* 23!)  
 15090 LINE -(A + B \* 43.5, C + D \* 23.3)  
 15100 LINE -(A + B \* 44.3, C + D \* 22.3)  
 15110 CIRCLE (A + B \* 45.2, C + D \* 22!), B \* .6, , 0, 3.2  
 15120 PSET (A + B \* 45.8, C + D \* 22.2)  
 15130 LINE -(A + B \* 45.3, C + D \* 23!)  
 15140 LINE -(A + B \* 44.8, C + D \* 23.5)  
 15150 LINE -(A + B \* 45.8, C + D \* 24!)  
 15160 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 21.5)  
 15170 LINE -(A + B \* 48.8, C + D \* 21.5)  
 15180 LINE -(A + B \* 49.1, C + D \* 22.2)  
 15190 LINE -(A + B \* 45.7, C + D \* 26.5)  
 15200 PSET (E + F \* 29, G + H \* 9!)  
 15210 LINE -(E + F \* 36, G + H \* 9!)  
 15220 LINE -(E + F \* 39, G + H \* 10)  
 15230 LINE -(E + F \* 43, G + H \* 10)  
 15240 LINE -(E + F \* 48, G + H \* 15)  
 15250 LINE -(E + F \* 46, G + H \* 17)  
 15260 LINE -(E + F \* 50, G + H \* 21)  
 15270 LINE -(E + F \* 44, G + H \* 27)  
 15280 LINE -(E + F \* 35, G + H \* 27)  
 15290 LINE -(E + F \* 41, G + H \* 21)  
 15300 LINE -(E + F \* 38, G + H \* 18)  
 15310 LINE -(E + F \* 40, G + H \* 16)  
 15320 LINE -(E + F \* 35, G + H \* 11)  
 15330 LINE -(E + F \* 33, G + H \* 13)  
 15340 LINE -(E + F \* 29, G + H \* 9)  
 15350 PAINT (E + F \* 33, G + H \* 10)  
 15360 PSET (E + F \* 23, G + H \* 15)  
 15370 LINE -(E + F \* 27, G + H \* 19)  
 15380 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 23)  
 15390 LINE -(E + F \* 19, G + H \* 19)  
 15400 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 15)  
 15410 PAINT (E + F \* 23, G + H \* 18)  
 15420 PSET (E + F \* 23, G + H \* 14)  
 15430 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 9)  
 15440 LINE -(E + F \* 18, G + H \* 9)  
 15450 LINE -(E + F \* 23, G + H \* 14)  
 15460 PAINT (E + F \* 20, G + H \* 10)  
 15470 PSET (E + F \* 9, G + H \* 10)  
 15480 LINE -(E + F \* 14, G + H \* 10)  
 15490 LINE -(E + F \* 11.5, G + H \* 12)  
 15600 LINE -(E + F \* 9, G + H \* 10)  
 15610 PAINT (E + F \* 12, G + H \* 11)  
 15620 PSET (E + F \* 14, G + H \* 24)

```
15630 LINE -(E + P * 18, G + H * 28)
15640 LINE -(E + P * 10, G + H * 28)
15650 LINE -(E + P * 14, G + H * 24)
15660 PAINT (E + P * 14, G + H * 26)
15670 PSET (E + P * 32, G + H * 24)
15680 LINE -(E + P * 43, G + H * 35)
15690 LINE -(E + P * 38, G + H * 40)
15700 LINE -(E + P * 30, G + H * 40)
15710 LINE -(E + P * 35, G + H * 35)
15720 LINE -(E + P * 28, G + H * 28)
15730 LINE -(E + P * 32, G + H * 24)
15740 PAINT (E + P * 32, G + H * 27)
15760 PSET (E + P * 23, G + H * 33)
15770 LINE -(E + P * 26, G + H * 36)
15780 LINE -(E + P * 22, G + H * 40)
15790 LINE -(E + P * 16, G + H * 40)
15800 LINE -(E + P * 23, G + H * 33)
15810 PAINT (E + P * 22, G + H * 38)
15820 LOCATE 9, 7: PRINT " I. T. G. E."
15830 LOCATE 9, 57: PRINT " E. T. S. I. MINAS"
16000 REM LIST 15760
17003 LOCATE 5, 35: PRINT "PROGRAMA "; PROGRAM$
17005 LOCATE 7, 36: PRINT "V 1.0 Sept./90"
17010 COLOR 15
17020 LOCATE 23, 11: PRINT "PAQUETE DE PROGRAMAS DE APOYO INFORMATICO A LA HIDROGEOLOGIA";
17030 REM LOCATE 19, 25: PRINT " Y METODOS INFORMATICOS"
17060 FOR I = 1 TO 2
17070 FOR J = 2 TO 24
17080 LOCATE J, (I - 1) * 79 + 1: PRINT CHR$(186);
17090 NEXT J
17100 NEXT I
17110 REM IF INKEY$ = "" THEN GOTO 17110
17120 LOCATE 1, 1: PRINT "-----";
17130 LOCATE 24, 1: PRINT "-----";
17140 LOCATE 22, 1: PRINT "-----";
17150 LOCATE 10, 1: PRINT "-----";
17155 LOCATE 24, 1: PRINT "-----";
17160 LOCATE 10, 1: PRINT CHR$(204)
17162 LOCATE 10, 80: PRINT " "
17180 LOCATE 10, 80: PRINT CHR$(185)
17190 LOCATE 22, 1: PRINT CHR$(204)
17200 LOCATE 22, 80: PRINT CHR$(185)
18600 IF INKEY$ = "" GOTO 18600
18700 RETURN
19000 END
```

**V.3. PROGRAMA MODFLOW****INDICE**

- V.3.1. PRESENTACION DEL PROGRAMA
- V.3.2. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA
  - V.3.2.1. Programa Principal
  - V.3.2.2. Módulos específicos
  - V.3.2.3. Salida de resultados
- V.3.3. CARACTERISTICAS GENERALES
  - V.3.3.1. Discretización del espacio
  - V.3.3.2. Discretización del tiempo
  - V.3.3.3. Selección de los módulos
- V.3.4. ECUACIONES UTILIZADAS
  - V.3.4.1. Introducción
  - V.3.4.2. Ecuación del flujo en diferencias finitas
  - V.3.4.3. Cálculo de conductividades
  - V.3.4.4. Cálculo del termino de almacenamiento
  - V.3.4.5. Código "Laycon"
- V.3.5. TRATAMIENTO DE DIVERSOS CASOS PARTICULARES
  - V.3.5.1. Ríos
  - V.3.5.2. Recargas
  - V.3.5.3. Pozos
  - V.3.5.4. Drenes
  - V.3.5.5. Evapotranspiración
  - V.3.5.6. Condiciones de contorno dependientes de la altura piezométrica.

## V.3.6. MANUAL DEL USUARIO

- V.3.6.1. Introducción
- V.3.6.2. Entrada del paquete "Basico"
- V.3.6.3. Entrada del paquete "Bloque central de flujo"
- V.3.6.4. Entrada del paquete "Control de salidas"
- V.3.6.5. Entrada del paquete "Río"
- V.3.6.6. Entrada del paquete "Recarga"
- V.3.6.7. Entrada del paquete "Pozo"
- V.3.6.8. Entrada del paquete "Drenes"
- V.3.6.9. Entrada del paquete "Evapotranspiración"
- V.3.6.10. Entrada del paquete "Condición de contorno dependiente de la altura piezométrica"
- V.3.6.11. Método fuertemente implícito (SIP)
- V.3.6.12. Método SOR
- V.3.6.13. Cómo introducir una matriz de datos.

## V.3.7. EJEMPLO DE APLICACION

- V.3.7.1. Ficheros de entrada.
- V.3.7.2. Ficheros de salida.

### V.3.1. PRESENTACION DEL PROGRAMA

Este programa resuelve la ecuaciones del flujo subterráneo por un método de diferencias finitas.

Está escrito en Fortran 77 para PC-IBM y tiene estructura modular. Consiste en un programa principal y varios módulos o paquetes. El programa puede tratar la existencia de pozos, recarga, ríos, drenaje, evapotranspiración y condiciones de frontera no lineales, en un sistema hidrogeológico multicapa.

Con el método de diferencias finitas que se utiliza se obtiene un sistema de ecuaciones, que puede ser resuelto por dos métodos numéricos distintos, de entre los cuales el usuario deberá escoger uno.

Con este informe se pretende que el usuario conozca como emplear cada paquete y como introducir los datos del problema para que el programa obtenga su solución, sin embargo, se aconseja consultar también la publicación : "MODFLOW", M.G. MacDonald, A.W. Harbaugh. U.S, Geological Survey (1984).

### V.3.2. ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

#### V.3.2.1. Programa principal

La función del programa principal es controlar el orden de ejecución de los diferentes módulos. Es también un sistema de conexión de datos. Está estructurado como un conjunto acoplado de llamadas a las distintas subrutinas, en el orden adecuado a la simulación en particular.

#### V.3.2.2. Módulos específicos

Con ellos se determina las condiciones específicas del problema, pudiéndose distinguir entre condiciones generales, las cuales se han de especificar en toda simulación y condiciones particulares; necesarias, por ejemplo, si existe un pozo en el problema particular que se somete a simulación. Los datos de tipo general se aportan en los módulos BAS, BCF, SIP ó SOR. Los datos particulares se aportan escogiendo, de entre los módulos restantes, los módulos correspondientes a cada fenómeno presente.



Descripción de los módulos:

- BAS:** Paquete para la definición de las condiciones generales del problema: especificación del tamaño del mallado, condiciones iniciales, especificaciones de la impresión de resultados, selección de otros módulos, etc.
- BCF:** Calcula los términos de las ecuaciones en diferencias finitas que representan el flujo a través del medio poroso, específicamente, flujo de celda a celda y almacenamiento.
- WEL:** Calcula los términos representando las salidas por existencia de pozos.
- RCH:** Módulo que introduce el término debido a la recarga superficial.
- RIV:** Módulo que introduce el término debido a la existencia de ríos, pudiendo existir flujo hacia o desde ellos.
- DRN:** Representa la existencia de drenes.
- EVT:** Representa las pérdidas por evapotranspiración.
- GHB:** Representa la existencia de una fuente de flujo exterior al sistema.
- SIP:** Método de resolución iterativo fuertemente implícito.
- SOR:** Método de resolución por sobrerrelajación.

Dentro de cada paquete, pueden existir submódulos que realizan diversas funciones. Por ejemplo el submódulo "nombre.DEF" en el que se definen variables de las cuales hace uso el paquete "nombre". Otros ejemplos de submódulos son:

Definición: Submódulo . DEF.

Asignación: Submódulo . AL.

Lectura y Preparación: Submódulo . RP.

etc.

### V.3.2.3. Salida de resultados

La salida de resultados se graba en un fichero, susceptible de ser editado o impreso, pudiéndose obtener datos por capas tras cada paso de tiempo.

Los resultados o datos obtenidos son, entre otros:

- Alturas piezométricas
- Descensos piezométricos.
- Cuadro resumen de datos volumétricos.
- Cuadro resumen del tiempo de simulación (número de periodos de tiempo y su duración).

### V.3.3. CARACTERISTICAS GENERALES

#### V.3.3.1. Discretización del espacio

Para el tratamiento del problema (introducción de datos y planteamiento de las ecuaciones) se realizará un mallado tridimensional: celdas agrupadas por capas, filas y columnas, donde las longitudes de las aristas de las celdas ortoédricas no deformables que utiliza el método son variables. Es decir, no todas las celdas han de ser forzosamente iguales. El número de capas está dimensionado para que sea menor o igual a 80.

NOTA: Pueden surgir problemas de convergencia cuando una capa se simula mediante varias subcapas, o cuando la superficie libre descienda más de una subcapa.

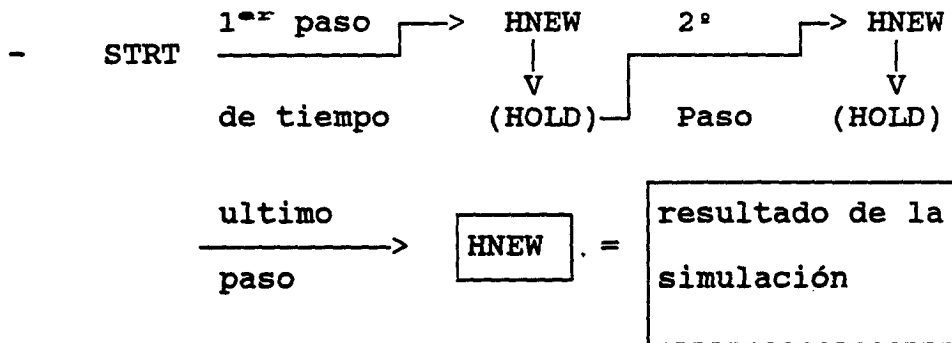
Las celdas se declararan:

- Inactivas (no intervienen en el flujo)  
IBOUND = 0
- Activas con altura piezométrica constante:  
IBOUND < 0
- Activas con altura piezométrica variable:  
IBOUND > 0.

Las celdas declaradas activas pero con transmisividad ó con filtración vertical nulos se declaran automáticamente inactivas. Se necesita como punto de partida en la simulación, una altura piezométrica por cada celda. Mediante el programa se obtienen otras alturas piezométricas al cabo de un periodo de tiempo. Estas nuevas alturas servirán de base para el cálculo de otras nuevas, y así sucesivamente.

- STRT: Matriz de alturas piezométricas iniciales.
- HNEW: Nuevas alturas piezométricas.
- HOLD: Antiguas alturas piezométricas; dato para obtener HNEW en el siguiente periodo de tiempo.

EJEMPLO:



### V.3.3.2. Discretización del tiempo

Para ello se distinguen las siguientes variables:

- PERLEN: Longitud del periodo principal.
- DELT (m): Longitud del paso de tiempo m.
- NSTP: Número de pasos de tiempo en cada periodo principal.
- TSMULT: Multiplicador del paso de tiempo.

De tal forma que el programa utiliza las expresiones:

$$\text{DELT (1)} = \frac{\text{PERLEN} * (1 - \text{TSMULT})}{1 - \text{TSMULT} ** \text{NSTP}}$$

$$\text{DELT (m+1)} = \text{TSMULT} * \text{DELT (m)}$$

Periodos principales o "stress period" son aquellos en los que las condiciones de contorno permanecen constantes. En el ejemplo del anexo- en el que se supone recarga, pozos y drenaje- existe un sólo periodo principal: Las condiciones de recarga, pozo y drenaje son constantes. Si no hubiese sido así se hubiese aproximado tomando distintos periodos en los que en cada uno sí fuesen constantes dichas condiciones.

Se determina la unidad de tiempo a utilizar en el programa mediante la variable ITMUNI. Si ITMUNI  $\notin$  ]0,5] el programa iguala ITMUNI a 0 (la unidad escogida está indefinida).

Así, si ITMUNI	=	1	la unidad es segundos
"	=	2	" minutos
"	=	3	" horas
"	=	4	" días
"	=	5	" años

#### V.3.3.3. Selección de los módulos

Los módulos necesarios para una simulación se seleccionan en la entrada de datos del paquete BAS. Se escogen mediante la variable "IUNIT" de tal forma que:

- Si IUNIT(n) = 0 equivale a decir que el módulo numero n no se selecciona.

- Si IUNIT (n) = Q; tal que Q>0 y distinto de 1 y de 6 (Q=1 corresponde al fichero de entrada de datos del paquete BAS y Q=6 corresponde al fichero de salida de datos del programa) se escoge dicho módulo, de tal forma que al arrancar el programa nos preguntará por el fichero de datos Q, es decir el del módulo n. "n" es un número entero comprendido en [1,12], con la siguiente asignación de módulos:

A	n =	1	le corresponde el módulo	BCF
	"	2	"	WEL
	"	3	"	DRN
	"	4	"	RIV
	"	5	"	EVT
	"	7	"	GHB
	"	8	"	RCH
	"	9	"	SIP
	"	11	"	SOR
	"	12	"	Output control

Así, si al arrancar el programa en el fichero de entrada se seleccionó:

```
IUNIT : (11 12 13 0 0 0 0 0 18 0 19 0 0)
          |  |  |
          n=1 n=2 n=3 ...
```

donde los valores entre parentesis son los valores Q; en la pantalla se imprimirá:

" file UNIT 11 ? "

y se deberá responder el nombre asignado al fichero de datos del módulo BCF.

### V.3.4. ECUACIONES UTILIZADAS

#### V.3.4.1. Introducción

Para obtener una expresión en diferencias finitas de la ecuación del flujo subterráneo se aplican las ecuaciones de la continuidad y la ley de Darcy a cada una de las celdas obtenidas en la discretización espacial. Lo que supone establecer la igualdad, para cada celda, del balance de caudales entrantes y salientes con el incremento del volumen almacenado en dicha celda.

Con ello se define un sistema de ecuaciones de tantas ecuaciones como celdas, que después es resuelto por el método elegido por el usuario con la variable IUNIT, pudiendo ser el llamado SIP o el llamado SOR.

Cada ecuación está en función de una serie de datos. Para la celda  $i$ ,  $j$  y  $k$  éstos serán:

- Conductividades en las tres direcciones del espacio, correspondientes a los índices  $i$ ,  $j$ ,  $k$ .
- Caudal proveniente del exterior al sistema.
- Coeficiente de almacenamiento de la celda.
- Dimensiones de la celda.
- Alturas piezométricas de la celda  $i$ ,  $j$ ,  $k$  y de las celdas que la rodean según las direcciones de fila, columna y capa, en este paso de tiempo.

Las incógnitas de cada ecuación son la altura piezométrica de la celda,  $i$ ,  $j$ ,  $k$  y de las que la rodean en el paso de tiempo  $m$  por lo que tendremos un sistema de  $N$  ecuaciones y de  $N$  incógnitas ( $N$  es el nº de celdas activas).

## V.3.4.2. Ecuación del flujo en diferencias finitas

Es una ecuación producto de la combinación de la ec. de la continuidad y de la ley de Darcy para la celda (i,j,k):

$$\begin{aligned}
 & CR_{i,j-1/2,k} * (h_{i,j-1,k}^T - h_{i,j,k}^T) + CR_{i,j+1/2,k} * \\
 & * (h_{i,j+1,k}^T - h_{i,j,k}^T) + CC_{i-1/2,j,k} * \\
 & * (h_{i-1,j,k}^T - h_{i,j,k}^T) + CC_{i+1/2,j,k} * (h_{i+1,j,k}^T - h_{i,j,k}^T) + \\
 & + CV_{i,j,k-1/2} * (h_{i,j,k-1}^T - h_{i,j,k}^T) + CV_{i,j,k+1/2} * \\
 & * (h_{i,j,k+1}^T - h_{i,j,k}^T) + P_{i,j,k} * h_{i,j,k}^T + Q_{i,j,k} \\
 & = SS_{i,j,k} * (R_j \quad C_i \quad V_k) * \frac{h_{i,j,k}^T - h_{i,j,k}^{m-1}}{t_m - t_{m-1}}
 \end{aligned}$$

(Ec. (I))

En donde:

\* CR, CC y CV representan las conductancias hidráulicas de la celda en la dirección de cada uno de los ejes de la discretización.

\* Los subíndices R, C, V indican la dirección de los ejes de la discretización:

R: dirección de filas;  
 C: dirección de columnas;  
 V: dirección perpendicular a las dos anteriores.

A su vez los subíndices i,j,k indican entre qué celdas se realiza el flujo: Por ejemplo, el caudal de la celda (i,j, k-1) a la celda (i,j,k) tendrá los subíndices: (i,j,k+1/2)

\* ( $h^m$  subíndices celda A -  $h^m$  subíndices celda B) = diferencia de alturas piezométricas entre dos celdas en el mismo instante de tiempo m.

- \*  $P_{i,j,k} * h_{i,j,k} + Q_{i,j,k}$  representa el caudal procedente del exterior; es decir, no de celdas adyacentes a la  $(i,j,k)$  (si este aporte es independiente de la altura piezométrica de la celda,  $P_{i,j,k} = 0$ ).
- \*  $SS_{i,j,k}$  es el almacenamiento por unidad de volumen y unidad de variación de altura piezométrica de la celda  $i,j,k$ .
- \*  $\Delta r_j$  es la longitud según la dirección R de la celda  $(i,j,k)$ .
- \*  $\Delta c_i$  : Idem según la dirección C.
- \*  $\Delta v_k$  : Idem según la dirección V.
- \*  $t_m - t_{m-1}$ : es el incremento de tiempo entre dos instantes sucesivos.

#### V.3.4.3. Cálculo de conductividades

Las conductividades como se dijo en VI.3.4.1., son datos; pero no se introducen directamente sino por medio de otras constantes denominadas "transmisividades" y "conductividades verticales por unidad de área" o "Vcont". (Ver manual del código para su definición).

#### V.3.4.4. Cálculo del termino de almacenamiento

Las expresiones son distintas si estamos en una capa confinada o no confinada por la definición del coeficiente de almacenamiento.

La expresión general es:

$$Q = S A (HOLD_{i,j,k} - HNEW_{i,j,k}) / DELT$$

donde:

A: es el área de la celda =  $\Delta r_j * \Delta c_i$

DELT: es la longitud del paso de tiempo

HOLD: es la altura piezométrica al final del periodo de tiempo precedente



S: es el factor de almacenamiento, que será igual a:

- Almacenamiento específico para el caso de capa no confinada
- Coeficiente de almacenamiento para el caso de capa confinada.

#### V.3.4.5. Código "Laycon"

Es un código de clasificación de las capas. Se distingue entre capas confinadas y no confinadas, y a su vez, entre capas de transmisividad constante o variable. La transmisividad se considera constante en caso de capas confinadas y en el caso de capa no confinada siempre y cuando, en este último caso, la fluctuación de la superficie freática sea pequeña frente al espesor de la capa.

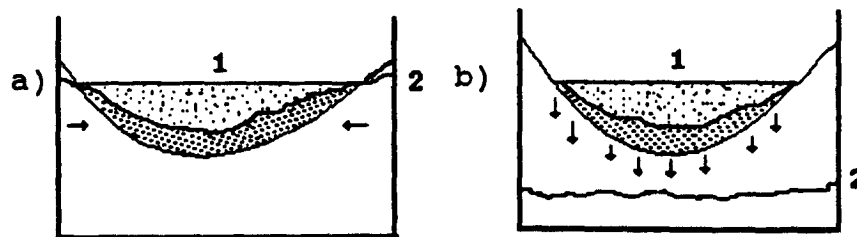
Este código viene más detallado en la explicación de la construcción del fichero de entrada al paquete BCF en la sección VI.3.6.

### V.3.5. TRATAMIENTO DE DIVERSOS CASOS PARTICULARES

#### V.3.5.1. Ríos

Hay que seleccionar el paquete "Río" para implementar dentro de la ecuación de flujo (Ec. (I)) el término  $a_{13k}$  correspondiente.

El río aportará agua al acuífero si su altura piezométrica es mayor que la del acuífero, produciéndose un aporte al río si es el acuífero el que tiene mayor altura piezométrica. Sean los siguientes cortes verticales de una celda:



Filtración al río

Filtración desde el río.

1. Superficie del nivel del río

2. Superficie freática

En el caso a), el término de flujo por filtración se

calcula por la ley de Darcy para cada celda por la que pasa el río, y será:

$$Q_{RIV} = C_v (HRIV - HAQ)$$

En donde:

HRIV = Altura del plano de agua en el río.  
 HAQ = Altura piezométrica en el acuífero.  
 C<sub>v</sub> = Conductancia hidráulica del lecho del río.

NOTA: Se tomará positivo cuando se infiltre desde el río hacia el acuífero.

En el caso del dibujo b), se toma:

$$Q_{RIV} = C_v (HRIV - Bottom)$$

siendo Bottom la altura del fondo del río.

En general se procede a una discretización del río en tramos. Aunque puede haber 2 tramos en una celda, se asume que ambos están en el nudo; tampoco se considera la orientación que tengan sobre la celda.

#### V.3.5.2. Recargas

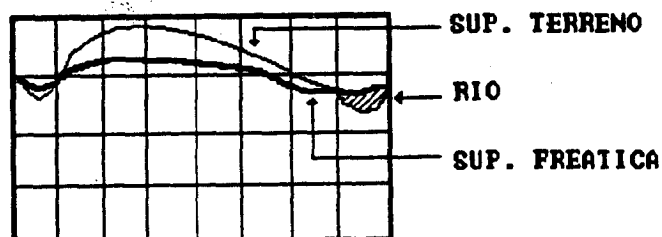
El fenómeno de recarga consiste en la infiltración en el terreno de un caudal procedente de las lluvias. Se define una tasa de infiltración: flujo por unidad de área. Esta tasa depende del terreno y puede tomar valores diferentes en cada celda ( $I_{1jx}$ ).

El flujo proveniente de recarga  $Q_{1jx}$  es igual a la tasa  $I$  por la sección horizontal de la celda

$$Rec\ Q_{1jx} = I_{1jx} * DEL\ R_j * DEL\ C_i$$

Siendo DEL R o DEL C la longitud de la celda según la dirección de discretización de filas o columnas.

El fenómeno de recarga afecta a la capa más superficial del terreno, pudiendo ser ésta la última capa de la discretización o no.



Existe un código (NRCHOP) en el paquete de recarga, según el cual se calcula:

- (1) La recarga sólo en la capa superior.
- (2) Dentro de cada columna vertical se selecciona la celda donde se produce la recarga, pudiéndose considerar celdas inactivas como receptoras de recarga.

c) La recarga se produce en la celda superior más activa de cada columna vertical.

#### V.3.5.3. Pozos

La existencia de un pozo se trata con el paquete "pozo". Se necesita una lista de la localización y caudal que se extrae (-) o se introduce (+).

La localización del pozo es la de la celda en donde se encuentra.

#### V.3.5.4. Drenes

Existe drenaje cuando la altura piezométrica del acuífero es superior a la altura geométrica de los drenes o sumideros.

El caudal que se extrae es:

$$Q_{Dijk} = C_{Dijk} (h_{ijk} - d_{ijk})$$

Siendo:

$C_{Dijk}$ : La conductividad de la interfase acuífero-dren.

$h_{ijk}$ : La altura piezométrica de la celda.

$d_{ijk}$ : Altura geométrica de los drenes.

#### V.3.5.5. Evapotranspiración (ET).

ET es el fenómeno de cambio de fase del agua, pasando de fase líquida a fase vapor. El flujo saliente asociado se calcula definiendo en la zona afectada dos superficies, de tal forma que si la altura piezométrica h está:

a) por encima de ellas tenemos la máxima tasa de evapotranspiración.

b) si  $h$  está en medio, se tendrá una tasa tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia entre la altura piezométrica y la superficie inferior.

c) Si  $h$  está por debajo de ellos no existe ET.

Así la ecuación de flujo a considerar es:

$Q = 0$  cuando  $h < EXEL$

$Q = EVTR (h - EXEL)/EXDP$  cuando  $SURF > h > EXEL$ .

$Q = EVTR$  cuando  $h > SURF$ .

En donde:

SURF: Es la altura de la superficie superior.

EXEL: Es la altura de la superficie inferior.

EXDP: Es el espesor de la zona comprendida entre ellas.

EVTR: Es la máxima ET posible.

Afectando dicho flujo a todas las celdas en la cual puede darse el fenómeno: aquellas celdas que están por encima de la superficie inferior antes nombrada.

Existe además un parámetro (NEVTOP) con dos opciones. Si:

NEVTOP = 1: ET afecta a la capa superior del terreno.

NEVTOP = 2: Se selecciona una celda de cada columna vertical, indicando (en una matriz) n° de capa afectada para cada uno de los valores de  $i$  y de  $j$ .

La cantidad EVTR se define en una matriz, pudiéndose escoger valores distintos para cada punto  $(i,j)$ . EVTR depende del material geológico de la capa.

### V.3.5.6. Condiciones de contorno dependientes de la altura piezométrica.

En la ecuación (I) se relaciona unas celdas con otras y se añade un término  $a_{ijk}$  para relacionar esas celda con el exterior. Hasta ahora este término ha tomado valores distintos según existiese en la celda un pozo, un río, recarga, ET, etc.

Con el paquete "GHB" se trataran los flujos entre la zona simulada, y discretizada, y el exterior a través de las celdas en contacto, que son las celdas frontera. Estos flujos se deben a la diferencia de alturas piezométricas entre la fuente exterior y las celdas frontera.

El término de flujo modelizado es:

$$Q_{ijkm} = C_m (HB_m - h_{ijk})$$

donde:

$Q_{ijkm}$ : es el flujo suministrado a la celda procedente de la frontera  $m$  ( $L^3 t^{-1}$ )

$C_m$ : es la constante de proporcionalidad para la frontera  $m$  ( $L^2 t^{-1}$ ).

$HB_m$ : es la altura piezométrica en la frontera  $m(L)$ .

$h_{ijk}$ : es la altura piezométrica en la celda ( $L$ ).

### V.3.6. MANUAL DEL USUARIO

#### V.3.6.1. Introducción

En esta sección se informa de los datos y formatos de los diferentes ficheros escogidos en IUNIT, además del propio fichero de entrada del paquete "Basic". Tales ficheros se leen al ejecutar el programa. Hay que recordar que los programas ejecutables son Modflow.exe y Modno87.exe. El segundo se utiliza en el caso de que el ordenador con el que se trabaja carezca del chip 8087, que acelera los cálculos en punto flotante. Si al ejecutar el programa Modflow.exe sale en pantalla el mensaje "Error: Missing Arithmetic processor" significaría que carece de dicho chip. Un problema de modelización que puede ser resuelto mediante Modflow.exe en 3 minutos, mediante el Modno87 se resolvería en 20 minutos.

En el ejemplo que se presenta, al ejecutar el programa, se pregunta por el fichero de entrada del paquete "Basico", por los ficheros de aquellos paquetes declarados en IUNIT en el fichero de entrada del paquete "Basico" y por el fichero de salida de resultados.

Los programas que constituyen el modelo, se clasifican en fuente ( --- . for), fichero de datos ( --- . dat) y programas ejecutables (--- . exe).

A continuación se expone la creación de los ficheros ( --- . dat), para cada uno de los módulos del programa.

#### V.3.6.2. Entrada del paquete "Basico" (BAS)

Para cada simulación se especificará:

1. Título de la simulación. (Formato 20A4)
2. Continuación del título. (Formato 12A4)
3. NLAY NROW NCOL NPER ITMUNI (Formato 5I10).
4. IUNIT (Formato 24I3)

```
(BCF WEL DRN RIV EVT XXX GHB RCH SIP XXX SOR
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
OC)
12
```

5. IAPART            ISTRT            (Formato 2I10)
6. IBOUND    (NCOL,NROW) Leído según U2DINT (Ver  
V.3.6.13)
7. HNOFLO (Formato F10.0)
8. SHEAD    (NCOL,NROW) Leído según U2DREL (Ver  
V.3.6.13)
9. PERLEN            NSTP            TSMULT            (Formato F10.0,  
I10, F10.0).

### Explicación de las variables

- NLAY:            Número de capas del mallado.  
 NCOL:            Número de columnas del mallado.  
 NROW:            Número de filas del mallado.  
 NPER:            Número de períodos principales de la  
 simulación.
- ITMUMI:          Es la unidad de tiempo de la  
 modelización
- |                  |              |
|------------------|--------------|
| 0 --> indefinido | 3 ---> horas |
| 1 --> segundos   | 4 ---> días  |
| 2 --> minutos    | 5 ---> años  |
- IUNIT:            Es una tabla de 24 elementos donde se  
 indican los paquetes opcionales del có-  
 digo que se utilizarán en la modeliza-  
 ción.
- IAPART:          Indica si la matriz BUFF se separa de la  
 matriz RHS o no.
- Si IAPART = 0, BUFF y RHS ocupan el  
 mismo espacio, por cuestiones de econo-  
 mía ésta es la opción generalmente usa-  
 da.
- Si IAPART ≠ 0, BUFF y RHS ocupan dife-  
 rentes espacios. Se usa cuando algún  
 paquete lo exige explícitamente.
- ISTRT:            Indica si las alturas piezométricas  
 iniciales se han de salvar.
- Si ISTRT = 0, las alturas iniciales no  
 se salvan.

- Si  $ISTRT \neq 0$ , se salvan.
- IBOUND:** Es la matriz de declaración de las celdas (una matriz para cada capa).
- Si  $IBOUND(I,J,K) < 0$ , celda con altura piezométrica constante.
- Si  $IBOUND(I,J,K) = 0$ , celda inactiva.
- Si  $IBOUND(I,J,K) > 0$ , celda activa.
- HNOFLO:** Es el valor de altura piezométrica a asignar a la totalidad de las celdas inactivas.
- SHEAD:** Es la altura al comienzo de la simulación (una matriz para cada capa).
- PERLEN:** Es la duración del periodo principal.
- NSTP:** Es el número de pasos de tiempo en un periodo principal.
- TSMULT:** Es el multiplicador para el cálculo de la duración de los sucesivos pasos de tiempo.

NOTA: en el anexo (1) se presenta un ejemplo de entrada de datos.

### V.3.6.3. Entrada del paquete "Bloque central de flujo" (BCF)

Para cada simulación:

1. ISS IBCFCB. (Formato 2I10).
2. LAYCON (NLAY)  
(Puede haber hasta dos líneas de datos)  
(Formato 40I2)
3. TRPY (NLAY) Leído según U1DREL (Ver V.3.6.13.)
4. DELR (NCOL) Leído según U1DREL (Ver V.3.6.13.)
5. DELC (NROW) Leído según U1DREL (Ver V.3.6.13.)



LAYCON: Es el código de tipo de capa.

- 0 --- confinada: transmisividad y coeficiente de almacenamiento constante.
- 1 --- no confinada: cálculo de la transmisividad pero coeficiente del almacenamiento constante.
- 2 --- confinada/no confinada: T constante pero coeficiente de almacenamiento variable.
- 3 --- confinada/no confinada; cálculo de la transmisividad y del coeficiente de almacenamiento.

TRPY: Factor de anisotropía para cada capa.

DELR: Longitud de la celda a lo largo de las filas.

DELC: Longitud de la celda a lo largo de las columnas.

SF1: Factor de almacenamiento.

TRAN: Transmisividad a lo largo de filas.

HY: Conductividad hidráulica en la dirección de filas.

BOT: Altura del fondo del acuífero.

VCONT: Conductividad hidráulica vertical dividida por el espesor del acuitardo entre capas.

SF2: Factor de almacenamiento secundario (almacenamiento específico).

TOP: Altura de la superficie superior del acuífero.

NOTA: Ver anexo (2)

## V.3.6.4. Entrada del paquete "Control de Salidas"(OC)

Las salidas se graban en un fichero del que se pregunta el nombre al arrancar el programa. Dicho fichero es susceptible de ser almacenado en disquetes o impreso.

Para cada simulación:

1.	IHEDFM	IDDNFM	IHEDUN	IDDNUN
Form.	I10	I10	I10	I10

Para cada paso de tiempo:

2.	INCODE	IHDDFL	IBUDFL	ICBCFL
Form.	I10	I10	I10	I10
3.	HDPR	DDPR	HDSV	DDSV
Form.	I10	I10	I10	I10

NOTA: La línea 3. es leída 0,1, ó NLAY veces, según el valor de INCODE.

Explicación de las variables

**IHEDFM:** Es un código para el formato en el cual las alturas piezométricas serán imprimidas.

**IDDNFM:** Es un código para el formato de las salidas de descensos piezométricos.

Sea n el IHEDFM o IDDMFM escogido, si n es positivo --> organización "Wrap" (\*) Si n es negativo --> organización "Strip" (\*)

NOTA: Ver anexo (3).

## DDSV:

Si  $DDSV = 0$ , el descenso no se salva para la capa correspondiente.

Si  $DDSV \neq 0$ , el descenso sí se salva para la capa correspondiente.

V.3.6.5. Entrada del paquete "Río" (RIV)  
(IUNIT (4)  $\neq 0$ )

Para cada simulación

1. MXRIVR IRIVCB (Formato 2I10).

Para cada periodo principal

2. ITMP (Formato I10)

3. LAYER ROV COLUMN STAGE COND RBOT.

Form. I10 I10 I10 F10.0 F10.0 F10.0

(3 es un vector para cada tramo de río. Si ITMP es negativo o cero, 3. no es leído).

Explicación de las variables

MXRIVR: Máximo número de ríos activos a la vez.

Si IRIVCB  $> 0$ , se grabará el flujo de celda a celda. (Si ICBCFL  $\neq 0$ ).

Si IRIVCB = 0, no se grabará ni se imprimirá.

Si IRIVCB  $< 0$ , se imprimirá la infiltración al río en cada celda. (Si ICBCFL  $\neq 0$ )

Si ITMP  $< 0$ , se reutilizan los datos del fichero "river data" obtenidos en el último periodo principal.

Si ITMP  $\geq 0$ , ITMP será el número de ríos activos durante el periodo principal en cálculo.

LAYER: Capa conteniendo el tramo considerado.

ROW: Fila conteniendo el tramo considerado.

COLUMN: Fila conteniendo el tramo considerado.

## INRECH:

Si  $INRECH < 0$ , se utilizan los mismos datos de recarga que en el periodo principal precedente.

Si  $INRECH \geq 0$ , se lee una matriz de recargas (RECH).

INIRCH: Es similar a INRECH pero para NRCHOP = 2.

RECH: Ratio de recarga.

IRCH: Número de la capa en la que tiene lugar la recarga para cada columna vertical.

V.3.6.7. Entrada del paquete "Pozo" (WEL)  
(IUNIT (2)  $\neq$  0)

Para cada simulación

1. MXWELL      IWELCB      (Formato 2I10)

Para cada periodo principal

2. ITMP                      (Formato I10).

3.	Capa	Fila	Columna	Caudal
Form.	I10	I10	I10	F10.0

NOTA: Un vector de tipo 3. para cada pozo, si  $ITMP \leq 0$  no se lee 3.

Explicación de las variables

MXWELL: Es el máximo número de pozos utilizados en cualquier periodo de tiempo dentro de la simulación.

IWELCB:

Si  $IWELCB > 0$ , es la unidad de almacenamiento para términos de flujo de celda a celda. (Si ICBCFL  $\neq$  0).

Si  $IWELCB = 0$ , tales términos ni son impresos ni grabados.

Si  $IWELCB < 0$ , las recargas por pozos se imprimiran. (Si ICBCFL  $\neq$  0).

V.3.6.9. Entrada del paquete "Evapotranspiración"(EVT)  
(IUNIT (5)  $\neq$  0)

Para cada simulación:

1. NEVTOP IECTCB (Formato 2I10).

Para cada periodo principal ó "stress period":

2. INSURF INEVTR INEXDP INIEVT (Formato 4I10)

3. SURF Leído según U2DREL

4. EVTR Leído según U2DREL

5. EXDP Leído según U2DREL (Ver V.3.6.13)

Si NEVTOP es igual a 2

6. IEVT Leído según U2DINT (Ver V.3.6.13)

Explicación de las variables:

NEVTOP: Es el código de opción del módulo de evapotranspiración (ET).

Si es igual a 1: ET se calcula sólo para las celdas superiores, para las que están en la capa más elevada del terreno.

Si es igual a 2: ET se calcula para las celdas especificadas en IEVT.

IEVTCB:

Si IEVTCB  $>$  0, es el número de unidad donde grabar los términos de flujo de celda por celda. (Si ICBCFL  $\neq$  0).

Si IEVTCB  $\leq$  0, los términos de flujo de celda por celda no se graban ni se imprimen.

INSURF:

Si INSURF  $\geq$  0 se leerá la altura de la superficie de ET.(SURF)

Si INSURF  $<$  0, la altura de la superficie de ET del periodo principal precedente volverá a ser usada.

INEVTR: Similar a INSURF, pero relativo a EVTR.  
 INEXDP: Similar a INSURF, pero relativo a EXDD.  
 INIEVT: Similar a INSURF, pero relativo a IEVT.  
 SURF: Es la matriz de datos (NCOL, NROW) que definen la superficie superior de la zona de ET. (Ver V.3.5.5)  
 IEVT: Es una matriz (NCOL,NROW) que representa el número de capa para cada celda en la que se produce el fenómeno ET.  
 EXDP: Profundidad de extinción de ET..  
 EVTR: Es la tasa máxima de ET ( $L^3 T^{-1}$ ).

NOTA: Ver ejemplo de ET en el anexo (4)

**V.3.6.10. Entrada del paquete "Condición de contorno dependiente de la altura piezométrica" (GHB) (IUNIT (7) ≠ 0)**

Para cada simulación:

1. MXBND            IGHBCB            (Formato 2I10).

Para cada periodo principal

2. ITMP            (Formato I10).

	Capa	Fila	Columna	Altura	Conductancia
Form.	O10	I10	I10	F10.0	F10.0

NOTA: 3. consiste en un vector para cada celda con GHB. Si ITMP ≤ 0; 3. no se lee.

Explicación de las variables

MXBND: Es el número máximo de celdas con condición de contorno de este tipo actuando al mismo tiempo.

## IGHBCB:

Si es  $> 0$ , es la unidad o fichero donde se graban los terminos de flujo celda por celda.  
(Si ICBCFL  $\neq 0$ ).

Si es  $= 0$ , los términos de flujo no se imprimen ni se graban.

Si es  $< 0$ , se imprime la recarga/descarga en el contorno. (Si ICBCFL  $\neq 0$ ).

## ITMP:

Si es  $< 0$ , datos de GHB del periodo precedente volverán a ser usados.

Si es  $\geq 0$ , es el número de celdas con GHB en el periodo principal en cálculo.

V.3.6.11. Método fuertemente implícito (SIP)  
(IUNIT (9)  $\neq 0$ )

Para cada simulación:

1. MXITER	NPARM	(Formato 2I10).		
2. ACCL	HCLOSE	IPCALC	WSEED	IPRSIP
Form. F10.0	F10.0	I10	F10.0	I10

Explicación de las variables

**MXITER:** Es el número máximo de iteraciones permitidas en la resolución del sistema de ecuaciones.  
(50 es en general suficiente).

**NPARM:** Es el número de parámetros de iteración a utilizar, con 5 es generalmente suficiente.

**ACCL:** Es el parámetro de aceleración.

$0 < ACCL \leq 1$ . Se suele usar el valor 1

**HCLOSE:** Es el valor que sirve de criterio de parada para las iteraciones:

si  $\left| \begin{matrix} h^{m-1} & - & h^m \\ ijk & & ijk \end{matrix} \right| \leq HCLOSE$  para todos los  $i, j, k,$

donde  $m$  es el índice de iteración, no se realizan más iteraciones y las soluciones vienen dadas por  $h^{m+1}_{ijk}$ .

**IPCALC:** Indica la procedencia del parámetro SEED.

IPCALC = 0 --> SEED impuesto por el usuario.

IPCALC = 1 --> SEED calculado al principio de la simulación a partir de otros parámetros.

**WSEED:** Es solo necesario si IPCALC = 0. WSEED es el parámetro de iteración que utiliza el método. Su valor no afecta al resultado, sólo a la eficiencia del método (implicará que se necesiten más o menos iteraciones).

**IPRSIP:** Es el intervalo de impresión de los valores que se van obteniendo en las iteraciones. Si IPRSIP = 0 es cambiado automáticamente a IPRSIP = 999. Dicha impresión se hará, también cualquiera que sea el valor de IPRSIP, al final de cada periodo principal.

#### V.3.6.12. Método SOR (IUNIT (11) $\neq$ 0)

##### Para cada simulación

1. MXITER	(Formato I10).	
2. ACCL	HCLOSE	IPRSOR
Form. F10.0	F10.0	I10

##### Explicación de las variables

MXITER , ACCL y HCLOSE tienen en el mismo significado que en V.3.6.11.

IPRSOR: Similar a IPRSIP (Ver V.3.6.11).

#### V.3.6.13. Cómo introducir una matriz

En este manual del usuario se indica en numerosas ocasiones que se introduzcan matrices de dimensiones (NCOL, NROW) para cada capa, siendo NCOL =  $n^{\circ}$  de columnas y siendo NROW =  $n^{\circ}$  de filas. Estas matrices deben escribirse con un formato dado.

El programa dispone de unos módulos, invocados por otros módulos del propio programa, para formar estas matrices sin más que darles una cierta información.



Estos módulos de entrada son:

- U2DREL: Lee una matriz de dos dimensiones de números reales.
- U2DINT: Lee una matriz de dos dimensiones de números enteros.
- U1DREL: Lee una matriz de dimensión uno (vector), de números reales (puede tener un único elemento).

Lo único que hay que hacer para que un módulo del programa pueda leer una matriz es precederla del siguiente vector, que da la información necesaria al módulo de entrada:

LOCAT	CNSTNT	FMTIN	IPRN	] Para U2DREL y U1DREL
Formato: I10	F10.0	5A4	I10	
LOCAT	ICONST	FMTIN	IPRN	] Para U2DINT
Formato I10	I10	5A4	I10	

Donde:

LOCAT: Indica de donde leer la matriz.

Si  $LOCAT < 0$ , lee de la unidad número ( $-LOCAT$ ) fichero, sin formato.

Si  $LOCAT = 0$ , todo elemento de la matriz valdrá CNSTNT/ICONST

Si  $LOCAT > 0$ , lee de la unidad ( $LOCAT$ ), con el formato especificado en FMTIN.

CNSTNT/ICONST: Es una constante.

Si  $LOCAT = 0$ , todo elemento de la matriz vale CNSTNT/ICONST.

Si  $LOCAT \neq 0$  y si  $CNSTNT/ICONST \neq 0$ , todo elemento de la matriz leída se multiplica por CNSTNT/ICONST.

**FMTIN:** Se introduce siempre que LOCAT sea  $> 0$ . Es un formato que debe ir entre parentesis. Por ejemplo; (15F5.0) para leer matrices de números reales; (15I5) para leer matrices de números enteros.

**IPRN:** Se usa solo si LOCAT  $\neq 0$ . Indica mediante la especificación de un código, el formato para la impresión de la matriz que se acaba de leer. (Ver tabla siguiente).

<u>IPRN</u>	<u>U2DREL</u>	<u>U2DINT</u>	<u>U1DREL</u>
0	10G11.4	10I11	10G12.5
1	11G10.3	60I1	
2	9G13.6	40I2	
3	15F7.1	30I3	
4	15F7.2	25I4	
5	15F7.3	20I5	
6	15F7.4		
7	20F5.0		
8	20F5.1		
9	20F5.2		
10	20F5.3		
11	20F5.4		
12	10G11.4		

### V.3.7. EJEMPLO DE APLICACION

Un acuífero consta de 3 capas, separadas entre sí por capas confinantes. Cada capa es un cuadrado dividido en 15 filas y 15 columnas. El flujo a través de las capas confinantes no se simula, pero sus efectos se consideran. La recarga es por precipitación. La descarga es debida a drenes, a pozos de descarga, y a un lago, que se representa por una altura piezométrica constante en la frontera. Las alturas piezométricas iniciales son cero.

El programa se ejecuta hasta llegar a una solución de régimen permanente.

El método de resolución de sistemas de ecuaciones es el fuertemente implícito: El criterio de error es 0.001 .

El parámetro de aceleración es 1 y el máximo número de iteraciones es 50.

Lista de pozosLista de drenes

Flujo por pozo Q=5 unidades

Conductancia = 1 unidad

<u>Capa</u>	<u>Fila</u>	<u>Columna</u>	<u>Capa</u>	<u>Fila</u>	<u>Columna</u>	<u>Elev.</u>
3	5	11	1	8	2	0.0
2	4	6	1	8	3	0.0
2	6	12	1	8	4	10.0
1	9	8	1	8	5	20.0
1	9	10	1	8	6	30.0
1	9	12	1	8	7	50.0
1	9	14	1	8	8	70.0
1	11	8	1	8	9	90.0
1	11	10	1	8	10	100.0
1	11	12				
1	11	14				
1	13	8				
1	13	10				
1	13	12				
1	13	14				

V.3.7.1. Ficheros de entrada

```
//      JOB
//S2 EXEC PGM=MODEL1,REGION=700K
//STEPLIB DD DSN=VG4E7QM.MODZ100,DISP=SHR
//      DD DSN=SYS1.FORTG.LINKLIBX,DISP=SHR
//FT06FOO1 DD SYSOUT=A
//FT01FOO1 DD *
SAMPLE----3 LAYERS, 15 ROWS, 15 COLUMNS, STEADY STATE, CONSTANT HEADS COLUMN 1,
LAYERS 1 AND 2, RECHARGE, WELLS AND DRAINS
      3      15      15      1      1
11 12 13 0 0 0 0 18 19 0 0 00      1      1
      0      0      IAPART,ISTR
      1      1(15I3)      3      IBOUND-1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
      0      1      IBOUND-3
999.99
      0      0.      HEAD-1
      0      0.      HEAD-2
      0      0.      HEAD-3
86400.      1      1.      PERLEN,NSTP,TSMULT
```

U.S. GEOLOGICAL SURVEY MODULAR FINITE-DIFFERENCE GROUND-WATER MODEL  
 SAMPLE--3 LAYERS,15 ROWS,15 COLUMNS,STEADY STATE,CONSTANT HEADS COLUMN 1,LAYERS 1 AND 2,RECHARGE,WELLS AND DRAINS  
 3 LAYERS 15 ROWS 15 COLUMNS  
 1 STRESS PERIOD(S) IN SIMULATION  
 MODEL TIME UNIT IS SECONDS  
 I/O UNITS:  
 ELEMENT OF IUNIT: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24  
 I/O UNIT: 11 12 13 0 0 0 0 18 19 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 BAS1 -- BASIC MODEL PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 1  
 ARRAYS RHS AND BUFF WILL SHARE MEMORY.  
 START HEAD WILL NOT BE SAVED -- DRAWDOWN CANNOT BE CALCULATED  
 5892 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY BAS  
 5892 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 100000  
 BCF1 -- BLOCK-CENTERED FLOW PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 11  
 STEADY-STATE SIMULATION  
 LAYER AQUIFER TYPE  
 -----  
 1 1  
 2 0  
 3 0  
 453 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY BCF  
 6345 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 100000  
 WELL -- WELL PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM 12  
 MAXIMUM OF 15 WELLS  
 60 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED FOR WELLS  
 6405 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 100000  
 DRN1 -- DRAIN PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 13  
 MAXIMUM OF 9 DRAINS  
 45 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED FOR DRAINS  
 6450 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 100000  
 RCH1 -- RECHARGE PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 18  
 OPTION 1 -- RECHARGE TO TOP LAYER  
 225 ELEMENTS OF X ARRAY USED FOR RECHARGE  
 6675 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 100000  
 SIP1 -- STRONGLY IMPLICIT PROCEDURE SOLUTION PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 19  
 MAXIMUM OF 50 ITERATIONS ALLOWED FOR CLOSURE  
 5 ITERATION PARAMETERS  
 2905 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY SIP  
 9580 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 100000

SAMPLE--3 LAYERS,15 ROWS,15 COLUMNS,STEADY STATE,CONSTANT HEADS COLUMN 1,LAYERS 1 AND 2,RECHARGE,WELLS AND DRAINS

BOUNDARY ARRAY FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 1 USING FORMAT: (1513)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

BOUNDARY ARRAY FOR LAYER 2 WILL BE READ ON UNIT 1 USING FORMAT: (1513)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

AQUIFER HEAD WILL BE SET TO 999.99 AT ALL NO-FLOW NODES (IBOUND=0).  
 BOUNDARY ARRAY = 1 FOR LAYER 3  
 INITIAL HEAD = .0 FOR LAYER 1  
 INITIAL HEAD = .0 FOR LAYER 2  
 INITIAL HEAD = .0 FOR LAYER 3

DEFAULT OUTPUT CONTROL -- THE FOLLOWING OUTPUT COMES AT THE END OF EACH STRESS PERIOD:  
 TOTAL VOLUMETRIC BUDGET  
 HEAD

COLUMN TO ROW ANISOTROPY = 1.000000  
 DELR = 5000.000  
 DELC = 5000.000  
 HYD. COND. ALONG ROWS = .9999999E-03 FOR LAYER 1  
 BOTTOM = -150.0000 FOR LAYER 1  
 VERT HYD COND /THICKNESS = .2000000E-07 FOR LAYER 1  
 TRANSMIS. ALONG ROWS = .1000000E-01 FOR LAYER 2  
 VERT HYD COND /THICKNESS = .1000000E-07 FOR LAYER 2  
 TRANSMIS. ALONG ROWS = .2000000E-01 FOR LAYER 3

SOLUTION BY THE STRONGLY IMPLICIT PROCEDURE

-----  
 MAXIMUM ITERATIONS ALLOWED FOR CLOSURE = 50  
 ACCELERATION PARAMETER = 1.0000  
 HEAD CHANGE CRITERION FOR CLOSURE = 0.10000E-02  
 SIP HEAD CHANGE PRINTOUT INTERVAL = 1

5 ITERATION PARAMETERS CALCULATED FROM SPECIFIED WSEED = 0.00100000 :

0.0 0.8221720E+00 0.9683772E+00 0.9943766E+00 0.9990000E+00  
 STRESS PERIOD NO. 1, LENGTH = 86400.00

-----  
 NUMBER OF TIME STEPS = 1  
 MULTIPLIER FOR DELT = 1.000  
 INITIAL TIME STEP SIZE = 86400.00



HEAD IN LAYER 1 AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1

	1 11	2 12	3 13	4 14	5 15	6	7	8	9	10
1	.0 117.4	24.94 121.3	44.01 124.3	59.26 126.4	71.82 127.4	82.52	91.91	100.0	106.9	112.6
2	.0 115.7	24.45 119.6	43.10 122.7	57.98 124.9	70.17 126.1	80.57	90.12	98.40	105.3	111.0
3	.0 112.0	23.45 116.1	41.30 119.6	55.43 122.1	66.78 123.4	76.21	86.51	95.20	102.2	107.6
4	.0 106.1	21.92 110.7	38.61 114.9	51.75 117.9	61.79 119.4	68.03	81.34	90.75	97.64	102.5
5	.0 97.29	19.73 103.1	34.92 108.8	47.32 112.5	57.69 114.3	66.74	77.09	85.76	92.22	96.15
6	.0 93.03	16.51 94.23	29.50 102.1	40.90 106.4	51.30 108.4	61.21	71.19	79.85	86.47	90.82
7	.0 88.60	11.55 91.66	21.10 96.43	31.21 99.82	41.40 101.8	51.84	63.08	72.68	79.95	84.92
8	.0 81.99	3.483 85.00	6.832 89.27	16.25 91.72	26.30 94.33	36.97	52.59	64.31	72.52	77.25
9	.0 73.93	10.54 73.79	19.11 80.84	28.12 80.17	36.92 86.49	45.27	52.95	55.38	65.15	66.07
10	.0 70.39	14.62 72.44	25.86 76.72	35.38 78.26	43.49 81.79	50.11	54.93	57.55	62.95	65.55
11	.0 66.43	17.11 65.45	29.96 72.22	40.01 71.04	47.78 77.62	53.24	55.81	53.33	60.27	59.29
12	.0 67.12	18.68 68.50	32.56 72.29	43.07 73.46	50.81 76.85	55.92	58.33	58.47	61.93	63.18
13	.0 67.22	19.67 65.75	34.24 71.90	45.14 70.35	53.01 76.48	58.04	59.91	56.75	62.59	60.91
14	.0 71.64	20.27 73.18	35.27 75.84	46.48 77.03	54.61 79.09	60.08	63.17	64.52	67.25	68.79
15	.0 74.29	20.56 76.22	35.78 78.22	47.16 79.66	55.48 80.82	61.26	65.02	67.52	69.94	72.01

- 365 -

MODFLOW

GRUPO VIII

HEAD IN LAYER 2 AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15					
1	.0 117.2	24.66 121.1	43.73 124.1	59.02 126.2	71.61 127.3	82.32	91.72	99.86	106.7	112.5
2	.0 115.5	24.17 119.4	42.83 122.6	57.74 124.8	69.95 125.9	80.36	89.93	98.22	105.1	110.8
3	.0 111.8	23.17 116.0	41.03 119.5	55.19 121.9	66.53 123.2	75.77	86.29	95.02	102.0	107.4
4	.0 105.4	21.65 110.4	38.34 114.8	51.50 117.7	61.35 119.2	60.17	80.90	90.55	97.45	102.3
5	.0 91.09	19.48 102.1	34.65 108.6	47.07 112.4	57.44 114.2	66.30	76.85	85.57	92.00	95.41
6	.0 92.06	16.27 86.23	29.24 101.7	40.65 106.2	51.07 108.3	60.98	70.98	79.65	86.28	90.54
7	.0 88.35	11.38 91.24	20.95 96.22	31.05 99.65	41.25 101.6	51.70	62.90	72.48	79.76	84.73
8	.0 81.81	4.209 84.86	8.330 89.10	17.58 91.59	27.58 94.17	38.25	52.94	64.19	72.34	77.12
9	.0 73.87	10.38 74.48	18.96 80.77	27.98 80.84	36.79 86.38	45.16	52.86	56.13	65.08	66.79
10	.0 70.24	14.40 72.37	25.61 76.57	35.15 78.20	43.27 81.64	49.91	54.76	57.48	62.79	65.49
11	.0 66.37	16.87 66.18	29.70 72.16	39.78 71.75	47.56 77.51	53.05	55.68	54.09	60.20	60.04
12	.0 66.98	18.43 68.44	32.31 72.15	42.85 73.40	50.60 76.69	55.73	58.16	58.41	61.78	63.12
13	.0 67.16	19.42 66.48	33.98 71.84	44.91 71.06	52.80 76.37	57.85	59.78	57.50	62.53	61.65
14	.0 71.48	20.02 73.06	35.02 75.68	46.26 76.91	54.41 78.93	59.88	62.99	64.39	67.08	68.66
15	.0 74.11	20.30 76.04	35.52 78.04	46.94 79.49	55.28 80.65	61.07	64.84	67.34	69.76	71.84

HEAD IN LAYER 3 AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15					
1	1.800	24.34	43.36	58.70	71.33	82.06	91.48	99.63	106.5	112.3
	117.0	120.9	123.9	126.0	127.1					
2	1.764	23.85	42.46	57.42	69.66	80.07	89.68	97.99	104.9	110.6
	115.3	119.2	122.4	124.6	125.7					
3	1.691	22.86	40.67	54.87	66.20	75.28	85.98	94.77	101.7	107.2
	111.5	115.7	119.3	121.7	123.0					
4	1.578	21.35	37.98	51.17	60.85	62.69	80.41	90.28	97.19	101.9
	104.1	110.0	114.5	117.5	119.0					
5	1.415	19.18	34.30	46.75	57.10	65.80	76.54	85.30	91.67	94.17
	77.46	100.7	108.2	112.1	114.0					
6	1.176	15.99	28.91	40.33	50.76	60.67	70.70	79.38	86.01	90.12
	90.60	88.55	101.2	106.0	108.0					
7	.8273	11.21	20.79	30.88	41.09	51.55	62.67	72.22	79.50	84.46
	87.98	90.77	95.94	99.41	101.4					
8	.4331	5.131	10.19	19.27	29.19	39.84	53.40	64.07	72.11	76.95
	81.58	84.68	88.88	91.44	93.95					
9	.7543	10.22	18.82	27.84	36.66	45.06	52.78	57.03	65.02	67.64
	73.81	75.31	80.72	81.64	86.24					
10	1.039	14.13	25.29	34.85	42.99	49.65	54.54	57.44	62.61	65.44
	70.05	72.33	76.39	78.15	81.43					
11	1.224	16.59	29.37	39.47	47.28	52.79	55.53	55.01	60.16	60.94
	66.33	67.06	72.13	72.60	77.38					
12	1.341	18.15	31.97	42.54	50.32	55.47	57.94	58.37	61.60	63.08
	66.80	68.41	71.97	73.36	76.49					
13	1.415	19.14	33.65	44.61	52.53	57.60	59.63	58.39	62.48	62.54
	67.12	67.35	71.80	71.90	76.24					
14	1.460	19.73	34.68	45.96	54.13	59.63	62.76	64.24	66.87	68.52
	71.27	72.91	75.47	76.77	78.71					
15	1.481	20.01	35.18	46.63	55.00	60.81	64.59	67.11	69.52	71.61
	73.87	75.82	77.81	79.27	80.42					

VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1

CUMULATIVE VOLUMES		L**3	RATES FOR THIS TIME STEP		L**3/T
IN:			IN:		
---			---		
STORAGE =	.0		STORAGE =	.0	
CONSTANT HEAD =	.0		CONSTANT HEAD =	.0	
WELLS =	.0		WELLS =	.0	
DRAINS =	.0		DRAINS =	.0	
RECHARGE =	.13608E+08		RECHARGE =	157.50	
TOTAL IN =	.13608E+08		TOTAL IN =	157.50	
OUT:			OUT:		
---			---		
STORAGE =	.0		STORAGE =	.0	
CONSTANT HEAD =	.43265E+07		CONSTANT HEAD =	50.075	
WELLS =	.64800E+07		WELLS =	75.000	
DRAINS =	.28011E+07		DRAINS =	32.420	
RECHARGE =	.0		RECHARGE =	.0	
TOTAL OUT =	.13608E+08		TOTAL OUT =	157.49	
IN - OUT =	184.00		IN - OUT =	.21210E-02	
PERCENT DISCREPANCY =		0.00	PERCENT DISCREPANCY =		0.00

TIME SUMMARY AT END OF TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1

	SECONDS	MINUTES	HOURS	DAYS	YEARS
TIME STEP LENGTH	86400.0	1440.00	24.0000	1.00000	.273785E-02
STRESS PERIOD TIME	86400.0	1440.00	24.0000	1.00000	.273785E-02
TOTAL SIMULATION TIME	86400.0	1440.00	24.0000	1.00000	.273785E-02

ANEXO 1: Datos de entrada del ejemplo para el paquete básico (excluyendo control de salida)

DATA ITEM	EXPLANATION	INPUT RECORDS
1	[HEADING]	SAMPLE INPUT FOR BASIC PACKAGE 3 LAYERS 15 ROWS 15 COLUMNS
2	[HEADING] CONTINUED	WITH RECHARGE, DRAINS, AND WELLS
3	[NLAY, NROW, NCOL, NPER, ITMUNI]	3 10 12 2 1
4	[IUNIT TABLE]	31 12 14 00 00 00 00 28 19 00 00 22
5	[IAPART, ISTR]	0 1
6	CONTROL RECORD FOR IBOUND ARRAY LAYER 1	1 (1212) 3
	IBOUND VALUES FOR LAYER 1	-1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
6	CONTROL RECORD FOR IBOUND ARRAY LAYER 2	1 (1213) 3
	IBOUND VALUES FOR LAYER 2	-2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 -2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 -2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 -2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 -2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 -2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 -2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 -2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 -2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
6	CONTROL RECORD FOR IBOUND ARRAY LAYER 3	0 3
7	[HNOFLO]	999.99
8	CONTROL RECORD FOR STARTING HEAD ARRAY FOR LAYER 1	1 (12P5.1) 6
	STARTING HEAD VALUES FOR LAYER 1	10. 17. 24. 31. 38. 45. 52. 59. 66. 73. 80. 87. 11. 19. 27. 35. 43. 51. 59. 67. 75. 83. 91. 99. 13. 23. 33. 43. 53. 63. 73. 83. 93. 103. 113. 123. 16. 29. 42. 55. 68. 81. 94. 107. 120. 133. 146. 159. 20. 37. 54. 71. 88. 105. 122. 139. 156. 173. 190. 207. 20. 37. 54. 71. 88. 105. 122. 139. 156. 173. 190. 207. 16. 29. 42. 55. 68. 81. 94. 107. 120. 133. 146. 159. 13. 23. 33. 43. 53. 63. 73. 83. 93. 103. 113. 123. 11. 19. 27. 35. 43. 51. 59. 67. 75. 83. 91. 99. 10. 17. 24. 31. 38. 45. 52. 59. 66. 73. 80. 87.
8	CONTROL RECORD FOR STARTING HEAD ARRAY FOR LAYER 2	23 1 (12P6.2) 5
8	CONTROL RECORD FOR STARTING HEAD ARRAY FOR LAYER 3	0 0.0
9	STRESS PERIOD 1--- [PERLEN NSTP TSMULT]	86400 5 1.5
9	STRESS PERIOD 2--- [PERLEN NSTP TSMULT]	172800 7 1.5

FIELDS IN ARRAY CONTROL RECORDS ARE---[ LOCAT, CONST, FMTIN, IPRN]

DATA ITEM	EXPLANATION	INPUT RECORDS
1	{ISS, IBCFCB}	0 0
2	{LAYCON}	1 3 0
3	CONTROL RECORD FOR TRPY ARRAY	31 1. (1F5.0) 6
4	TRPY VALUES FOR LAYERS 1,2 AND 3	1. 1. 4.
5	CONTROL RECORD FOR DELC ARRAY	0 1000.
6	DELC VALUES FOR EACH ROW	31 1000. (10F5.0) 0
7	CONTROL RECORD FOR PRIMARY STORAGE FACTOR LAYER 1	2. 2. 1.5 1.5 1.5 1. 1. 1. 7 .5
8	CONTROL RECORD FOR HYDRAULIC CONDUCTIVITY LAYER 1	0 .2
9	CONTROL RECORD FOR BOTTOM LAYER 1	0 10.
10	CONTROL RECORD FOR VCONT LAYER 1	0 -100.
11	CONTROL RECORD FOR PRIMARY STORAGE FACTOR LAYER 2	0 .005
12	CONTROL RECORD FOR HYDRAULIC CONDUCTIVITY LAYER 2	0 .00007
13	CONTROL RECORD FOR BOTTOM LAYER 2	0 40.
		31 1. (15F5.0) 3
		-201 -205 -210 -217 -223 -230 -237 -245 -253 -264 -273 -284
		-201 -204 -211 -216 -224 -231 -237 -244 -252 -265 -273 -285
		-200 -204 -210 -216 -222 -231 -236 -244 -253 -265 -272 -285
		-199 -204 -212 -218 -222 -232 -238 -244 -252 -263 -273 -283
		-202 -205 -212 -216 -222 -233 -237 -243 -252 -263 -272 -282
		-201 -206 -212 -218 -224 -231 -237 -245 -252 -265 -274 -283
		-202 -206 -211 -216 -222 -231 -236 -244 -252 -263 -272 -285
		-202 -204 -211 -217 -222 -231 -235 -244 -252 -263 -272 -282
		-198 -204 -210 -215 -222 -233 -236 -242 -253 -263 -273 -283
		-203 -206 -214 -217 -224 -233 -235 -245 -255 -265 -275 -286
	VALUES FOR BOTTOM LAYER 2	0 .001
		0 .15
		32 1. (15F7.2) 0
		0 .00002
		31 10. (15F6.0) 4
		50 65 80 95 110 125 140 155 170 185 200 215
		70 85 100 115 125 150 160 180 190 203 223 234
		85 100 115 132 140 165 176 201 209 220 243 252
	VALUES FOR TRANSMISSIVITY LAYER 3	101 113 124 139 148 176 190 213 231 239 260 270
		122 133 142 158 176 195 210 234 250 260 282 300
		137 140 161 175 192 210 224 247 263 275 300 314
		152 160 175 190 208 223 242 261 278 282 312 326
		162 172 187 201 220 230 251 270 291 295 324 333
		170 180 195 209 228 238 259 278 299 303 332 341
		175 186 201 215 234 243 264 283 304 308 338 347

FIELDS IN ARRAY CONTROL RECORDS ARE---( LOCAT, CONST, FMTIN, IPRN)

ANEXO 3: Datos de entrada para el paquete de control de salida.

DATA ITEM	EXPLANATION	INPUT RECORDS			
		4	8	76	77
1	[IHEDFM, IODNFM, IHEDUN, IODNUM]	4	8	76	77
2	TIME STEP 1--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	1	1	0	0
3	LAYER 1--[HDPR, D DPR, HDSV, DDSV]	1	1	1	1
3	LAYER 2--[HDPR, D DPR, HDSV, DDSV]	1	1	0	0
3	LAYER 3--[HDPR, D DPR, HDSV, DDSV]	1	1	0	0
2	TIME STEP 2--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	0	1	1
2	TIME STEP 3--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	1	1	0
2	TIME STEP 4--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	0	1	0
2	TIME STEP 5--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	1	1	1
2	TIME STEP 6--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	0	1	1	0
3	ALL LAYERS--[HDPR, D DPR, HDSV, DDSV]	1	1	0	0
2	TIME STEP 7--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	0	1	1
2	TIME STEP 8--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	1	1	0
2	TIME STEP 9--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	0	1	0
2	TIME STEP 10--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	1	1	0
2	TIME STEP 11--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	0	1	1
2	TIME STEP 12--[INCODE, IHDDFL, IBUDFL, ICBCFL]	-1	1	1	1

SAMPLE INPUT TO THE EVAPOTRANSPIRATION PACKAGE USING ET OPTION 1

DATA ITEM	EXPLANATION	INPUT RECORDS					
1	{NEVTOP, IEVTCB}	1		0			
2	Stress period 1--{INSURF, INEVTR, INEXDP, INIEVT}	1		1		1	
3	Control record for ET surface array	27		1.		(10F5.0)	4
	ET surface	710 715 720 725 730					
		715 720 725 730 735					
		720 725 730 735 740					
		725 730 735 740 745					
		730 735 740 745 750					
		735 740 745 750 755					
4	Control record for maximum ET rate	0		9.65E-7			
5	Control record for extinction depth array	0		10.			
2	Stress period 2--{INSURF, INEVTR, INEXDP, INIEVT}	-1		1		-1	
4	Control record for maximum ET rate	0		8.23E-7			
2	Stress period 3--{INSURF, INEVTR, INEXDP, INIEVT}	-1		1		-1	
4	Control record for maximum ET rate	27		9.65E-7		(10F4.0)	4
	max ET rate	1.2 1.2 1.2 1.2 1.3					
		1.2 1.2 1.2 1.3 1.4					
		1.2 1.2 1.3 1.4 1.4					
		1.0 1.0 1.0 1.1 1.1					
		1.2 1.3 1.3 1.4 1.4					
		1.3 1.3 1.4 1.4 1.4					

SAMPLE INPUT TO THE EVAPOTRANSPIRATION PACKAGE USING ET OPTION 2

DATA ITEM	EXPLANATION	INPUT RECORDS					
1	{NEVTOP, IEVTCB}	2		45			
2	Stress period 1--{INSURF, INEVTR, INEXDP, INIEVT}	1		1		1	1
3	Control record for ET surface array	27		1.		(10F5.0)	4
	ET surface	710 715 720 725 730					
		715 720 725 730 735					
		720 725 730 735 740					
		725 730 735 740 745					
		730 735 740 745 750					
		735 740 745 750 755					
4	Control record for maximum ET rate	0		9.65E-7			
5	Control record for extinction depth array	0		10.			
6	Control record for layer indicator array	12		1		(2012)	3
	Layer numbers	1 2 2 2 3					
		1 2 2 2 2					
		1 1 2 2 2					
		1 1 1 1 2					
		1 1 1 1 1					
		1 1 1 1 1					
2	Stress period 2--{INSURF, INEVTR, INEXDP, INIEVT}	-1		1		-1	-1
4	Control record for maximum ET rate	0		8.23E-7			

FIELDS IN ARRAY CONTROL RECORDS ARE---{ LOCAT, CONST, FMTIN, IPRN}

MODFLOW

ANEXO 4: Datos de entrada para el paquete EVT.

GRUPO VIII



**V.4. PROGRAMA DESCENSO**

**INDICE**

- V.4.1. UTILIZACION
- V.4.2. INTRODUCCION TEORICA
- V.4.3. PROGRAMA DE ORDENADOR
  - V.4.3.1. Definición
  - V.4.3.2. Programa Principal
  - V.4.3.3. Subrutinas
- V.4.4. FICHEROS UTILIZADOS
  - V.4.4.1. Ficheros creados
- V.4.5. EJEMPLO
- V.4.6. LISTADO DEL PROGRAMA

## V.4.1. UTILIZACION

El programa DESCENSO.BAS realiza el cálculo de los descensos que experimenta la altura piezométrica de un acuífero en distintos puntos del mismo como resultado de los bombeos realizados en un campo de pozos construido en él. Para dicho cálculo se aplica el método de las funciones de Kernel, definidas a partir del desarrollo en serie de Theis. Permite trabajar hasta con 20 pozos y 40 periodos de tiempo, con un número indeterminado de puntos de observación. Al final de cada estudio pueden variarse los periodos de tiempo a estudiar así como los caudales bombeados.

Permite introducir los datos directamente desde el teclado de manera interactiva o bien mediante un fichero. Se genera una salida de resultados de manera simultanea en pantalla y un fichero de salida, conteniendo los descensos en el punto de observación en los distintos instantes de tiempo solicitados. Al concluir cada estudio es posible visualizar graficamente los resultados, por encadenamiento con el programa GRAFIT.

Origen de datos: J.J. López Palancar y P.E. Martinez Alfaro. Tecniterrae 5-270.

## V.4.2. INTRODUCCION TEORICA

La ecuación en derivadas parciales que describe el flujo no estacionario en un acuífero confinado en coordenadas polares viene dada por: (J. Bear (1979)).

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial r} = \frac{s}{T} \cdot \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (1)$$

Si se supone el acuífero de extensión infinita, puede considerarse el pozo como infinitesimalmente estrecho, apareciendo las condiciones iniciales y de contorno para la ecuación (1) siguientes:

$$\begin{aligned} \phi(r, 0) &= \phi_0 & r_w \leq r \leq \infty & \text{(altura piezométrica} \\ & & & \text{inicial uniforme)} \\ \phi(\infty, t) &= \phi_0 & t \geq 0 & \text{(no influencia del pozo} \\ & & & \text{en el infinito)} \end{aligned}$$

siendo  $r_w$  el radio del pozo.

Si se supone la descarga del pozo constante y de valor  $Q_w$  se tiene:

$$\lim_{r=r_w \rightarrow 0} 2\pi r T \frac{\partial \phi}{\partial r} = Q_w = \text{constante, con } t > 0$$

Expresando la ecuación (1) en función del descenso piezométrico  $d(r,t) = \phi_0 - \phi(r,t)$ , se tiene:

$$\frac{\partial^2 d}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial d}{\partial r} = \frac{s}{T} \cdot \frac{\partial d}{\partial t}$$

con las condiciones:

$$d(r,0) = 0, \quad d(\infty,t) = 0, \quad \lim_{r=r_w \rightarrow 0} (2\pi r T \frac{\partial d}{\partial r}) = -Q_w$$

La solución de esta ecuación viene dada, si  $Q_w$  es constante, por:

$$d(r,t) = \frac{Q_w}{4\pi T} \cdot w(u)$$

con:

$$u = \frac{r^2 s}{4T t}$$

siendo:

$$w(u) = \int_{\sqrt{u}}^{\infty} \frac{e^{-x}}{x} dx$$

que admite el desarrollo en serie:

$$w(u) = -0'5772 - \log u + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3.3!} - \frac{u^4}{4.4!} \dots$$

En el caso de que exista cambio de caudal en el periodo se aplica el principio de superposición, por el cual se ha estado bombeando un caudal  $Q_1$  durante un tiempo  $t_1$  y se pasa a bombear un caudal  $Q_2$ , la variación que experimenta el descenso en el punto considerado viene dado por:

$$d = \frac{Q_2 - Q_1}{4\pi T} \cdot w \left( \frac{S \cdot r^2}{4T \cdot (t - t_1)} \right)$$

#### V.4.3. PROGRAMA DE ORDENADOR

##### V.4.3.1. Definición

El programa DESCENSO.BAS cuyo diagrama de bloques se muestra en la figura (5.9), está escrito en el lenguaje BASIC para PC-IBM.

La entrada de datos puede ser interactiva o bien mediante un fichero previamente creado, cuyo nombre es pedido al comienzo del programa. La toma de decisiones respecto a las variaciones en los periodos de tiempo o puntos de observación es siempre interactiva.

La salida de resultados se presenta simultáneamente en la pantalla y en un fichero susceptible posteriormente de ser listado o impreso, y cuyo nombre se pide durante la ejecución del programa. Además es posible visualizar gráficamente los resultados para cada uno de los puntos de observación solicitados, por enlacenamiento con el programa GRAFIT.

El programa consta de un programa principal y varias subrutinas.

##### Representación gráfica

El programa permite generar un fichero nombrado "DIBUJO.DAT" para ser usado por el programa GRAFIT de cálculo y dibujo de gráficos bidimensionales, que a su vez tiene la posibilidad de generar igualmente otro fichero con extensión (.PLT) para poder utilizar el programa PLOT de dibujo por plotter.

Para mayor información ver la introducción en el apartado dedicado a la utilización del programa GRAFIT.

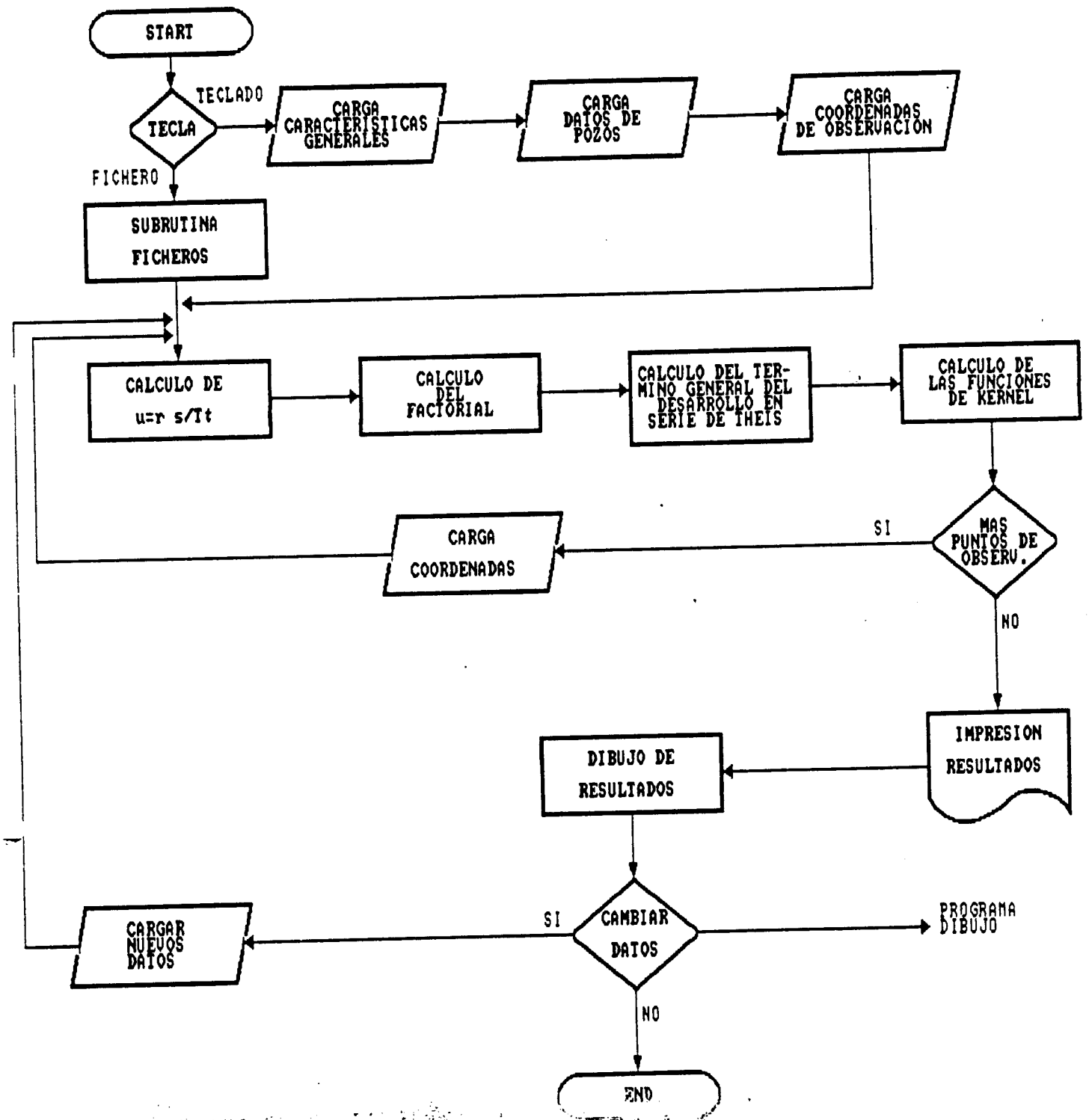


Figura 5.9

## V.4.3.2. Programa Principal

Su estructura es modular; presenta un bloque inicial de toma de datos, en segundo bloque de cálculo, un tercero de presentación de resultados, incluyendo el encadenamiento con el programa GRAFIT y un cuarto bloque en el que se plantea la posibilidad de nuevas simulaciones.

En el primer bloque se toma la decisión de cargar los datos de la pantalla o de fichero. En el primer caso se introducen de manera interactiva en primer lugar las características generales del acuífero y a continuación los datos de cada pozo, teniéndose la posibilidad de realizar en cada uno de ellos bombeos variables en el tiempo. A continuación se introducen los datos de los puntos de observación y se pasa al bloque de cálculo. En caso de decidir si entran los datos por fichero, el programa pasa a la subrutina FICHEROS que lee de un fichero previamente construido, cuyo nombre es pedido por el programa y cuya estructura se explicará posteriormente.

En el segundo bloque se realiza el cálculo de las funciones de Kernel. En el se calcula el valor del

parámetro:  $\frac{r^2.S}{4T.t}$  y se llama a las subrutinas de cálculo

de la función de Kernel para dicho valor de  $n$ , la cual a su vez utiliza la subrutina de cálculo del factorial.

En el tercer bloque se calcula el espaciado adecuado para una correcta impresión de resultados, los cuales se graban en un fichero cuyo nombre ha sido previamente solicitado por el programa y que puede ser posteriormente visualizado o impreso. Asimismo, se realiza el encadenamiento con el programa GRAFIT para permitir una visualización gráfica de los resultados.

En el último bloque se plantea la posibilidad de realizar nuevos estudios de descensos, variando los periodos de tiempo a considerar o los caudales de explotación. Si se desea así, el programa volverá una vez tomados los nuevos datos, al segundo bloque. De lo contrario, el programa finaliza.

**V.4.3.3. Subrutinas**

El programa consta de 4 subrutinas:

**a) Subrutina de cálculo de las funciones de Kernel**

Es llamada desde el segundo bloque del programa principal. Su misión es el cálculo propiamente dicho de las funciones de Kernel. Para ello si el valor del parámetro  $u$  calculado en el programa principal es mayor que 9.9 asigna a la función de Kernel el valor cero; si es menor realiza un desarrollo en serie de Theis, para lo cual utiliza la subrutina del cálculo del factorial que le permite ir calculando cada uno de los términos del desarrollo, hasta que el error descienda por debajo del admitido (indicado en la entrada de datos), en cuyo momento se tendrá el valor de la función de Kernel.

**b) Subrutina del cálculo del factorial**

Es llamada desde la subrutina anterior y su misión es calcular el factorial de un número dado.

**c) Subrutina de dibujo**

Es llamada desde el tercer bloque del programa principal. Su misión es preparar los datos para el encadenamiento con el programa de dibujo.

**d) Subrutina de toma de datos por fichero**

Es llamada desde el primer bloque del programa principal y su misión es la lectura de los datos desde un fichero previamente construido y cuyo nombre se pide en esta subrutina.

**V.4.4. FICHEROS UTILIZADOS**

Si el usuario decide la entrada de datos por fichero deberá construir el mismo, con nombre el deseado por el usuario y con la siguiente estructura:

**a) 1<sup>er</sup> registro**

Nº de pozos, Nº periodos de tiempo, tiempo absoluto (días), error máximo total (cm), transmisividad global ( $m^2/día$ ), coeficiente de almacenamiento global.

- b) Para cada pozo deben incluirse los siguientes registros:

2º registro

Abscisa del pozo, ordenada del pozo, transmisividad.

3º registro

Coefficiente de almacenamiento.

4º registro

Radio efectivo (m), coeficiente de pérdida de carga ( $\text{día}^2/\text{m}^5$ ).

5º registro

Introducir una S si se desea caudal de bombeo constante ó una N si se desea bombeo variable.

6º registro

Si en el 5º registro se respondió S, el caudal de explotación en l/s. Si se respondió N deberán incluirse tantos registros como periodos de tiempo se leyeron en el 1º registro, indicando en cada registro el caudal bombeado para ese periodo.

7º registro

- c) Se repite el apartado b) para todos los pozos.

- d) Se introduce un último registro en la forma:

Abcisa del punto de observación, ordenadas del punto de observación.

#### V.4.4.1. Ficheros creados

La ejecución de este programa produce un único fichero de salida de resultados, con el formato XXXXXXXX.XXX, que el usuario puede nombrar a su gusto. Este fichero se puede utilizar tanto para listar por pantalla como para imprimir los resultados.

#### Resultados Obtenidos

Obtiene el descenso que experimenta un acuífero en diferentes puntos de observación y para distintos tiempos, debido a los bombeos realizados en los pozos que existan sobre él.



## V.4.5. EJEMPLO

Calcular el descenso de nivel sufrido por un acuífero en 130 días, con un error de 20 cm, debido al bombeo de explotación de dos pozos cuyos datos son: Pozo 1; situación (1,1), radio efectivo 10m., coeficiente pérdida de carga 0,1 caudal de explotación constante e igual a 80 l/s; Pozo 2, situación (30,22), radio efectivo 17m, coeficiente pérdida de carga 0,09, caudal de explotación constante e igual a 97 l/s. Se toman dos puntos de observación situados en (17,12) y (10,4) respectivamente. Diez períodos de tiempo. Se supondrá transmisividad 0,2 constante y coeficiente de almacenamiento 0,01 también constante.

El fichero de salida se nombró como DESOUT.SAL.

Figura 5.10: Fichero de resultados DESOUT.SAL.

## CARACTERISTICAS GENERALES

\*\*\*\*\*

NUMERO DE POZOS (max 20) .....	2
NUMERO DE PERIODOS DE TIEMPO (max 40)..	10
TIEMPO ABSOLUTO (Dias) .....	130
ERROR MAXIMO TOTAL (cm) .....	20
TRANSMISIVIDAD CONJUNTO (m <sup>2</sup> /dia) .....	.2
COEF.ALMACN.CONJUNTO .....	.01

## POZO NUM. 1

\*\*\*\*\*

ABSCISA (m) .....	1
ORDENADA (m) .....	1
TRANSMISIVIDAD (La misma - CR) .....	0
COEF. DE ALMACENAMIENTO (El mismo - CR)	0
RADIO EFECTIVO (m) .....	10
COEF.PERD.CARGA (Dia <sup>2</sup> /m5).....	.1

## CAUDALES DE EXPLOTACION

\*\*\*\*\*

CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) .....	80
-----------------------------------	----

## POZO NUM. 2

\*\*\*\*\*

ABSCISA (m) .....	30
ORDENADA (m) .....	22
TRANSMISIVIDAD (La misma - CR) .....	0
COEF. DE ALMACENAMIENTO (El mismo - CR)	0
RADIO EFECTIVO (m) .....	17
COEF.PERD.CARGA (Dia <sup>2</sup> /m5).....	.09

## CAUDALES DE EXPLOTACION

\*\*\*\*\*

CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) .....	97
-----------------------------------	----

ABSCISA PUNTO OBSERVACION (m) ..... 17  
 ORDENADA PUNTO OBSERVACION (m) ..... 12

DESCENSOS EN EL PUNTO DE COORDENADAS 17 12  
 =====

TIEMPO(DIAS) 13 26 39 52 65 78 91  
 .....

POZO NUMERO  
 =====

1	2116.67	3586.32	4547.2	5259.55	5825.37	6294.64	6695.5
2	3394.29	5313.58	6529.37	7419.45	8121.65	8701.54	9195.44

=====

DESCENSO

TOTAL.... 5510.95 8899.89 11076.56 12678.98 13947.01 14996.17 15890.93

DESCENSOS EN EL PUNTO DE COORDENADAS 17 12  
 =====

TIEMPO(DIAS) 104 117 130  
 .....

POZO NUMERO  
 =====

1	7045.36	7355.73	7634.62
2	9625.58	10006.55	10348.43

=====

DESCENSO

TOTAL.... 16670.93 17362.27 17983.04

**V.4.6. LISTADO DEL PROGRAMA**

```

10 REM *
11 REM *
12 REM *   PROGRAMA PARA EL CALCULO DE DESCENSOS EN UN CAMPO DE POZOS
13 REM *
14 REM *
15 REM *
16 REM *
60 REM *   APLICACION DEL METODO DE LAS FUNCIONES DE KERNEL.
70 REM *   FORMULAS DE THEIS.
80 REM *
112 REM *
113 REM *
114 REM *
115 REM *   PROGRAMA IMPLEMENTADO POR EL DEPARTAMENTO DE MATEMATICA
116 REM *   APLICADA Y METODOS INFORMATICOS DE LA E.T.S.I.M.M. DENTRO DEL
117 REM *   CONVENIO CON EL IGME PARA EL DESARROLLO DE UN PAQUETE DE
118 REM *   APOYO INFORMATICO EN HIDROGEOLOGIA (PAI).SEPTIEMBRE.1990.
145 DIM X(20), Y(20), S(20), R1(20), C(20), T(20), R(20)
150 DIM D(20, 40), Q(20, 40), S1(20, 40), S2(40), Q1(40)
152 DIM HH(40)
160 PROGRAM$ = "DESCENSO.BAS"
185 GOSUB 10000
192 CLS
193 PRINT *
194 PRINT *
195 PRINT *   PROGRAMA PARA EL CALCULO DE DESCENSOS EN UN CAMPO DE POZOS
196 PRINT *
197 PRINT *
198 PRINT *
199 PRINT *
200 PRINT *   APLICACION DEL METODO DE LAS FUNCIONES DE KERNEL.
201 PRINT *   FORMULAS DE THEIS.
202 PRINT *
203 PRINT *
204 PRINT *
205 PRINT *
206 PRINT *   PROGRAMA IMPLEMENTADO POR EL DEPARTAMENTO DE MATEMATICA
207 PRINT *   APLICADA Y METODOS INFORMATICOS DE LA E.T.S.I.M.M. DENTRO
208 PRINT *   DEL CONVENIO CON EL IGME PARA EL DESARROLLO DE UN PAQUETE
209 PRINT *   DE APOYO INFORMATICO EN HIDROGEOLOGIA (PAI).SEPTIEMBRE.1990
210 PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : INPUT " PULSE INTRO PARA CONTINUAR"; NADA
211 CLS : INPUT " NOMBRE DEL FICHERO DE SALIDA "; SAL$
212 OPEN SAL$ FOR OUTPUT AS #1
213
214 INPUT " DESEA LA ENTRADA DE DATOS POR FICHERO (S/N)"; A$
215 IF A$ = 'S' OR A$ = 's' THEN GOSUB 3900 ELSE GOTO 217
216 GOTO 930
217 PRINT *
218 PRINT #1, *
219 PRINT *   CARACTERISTICAS GENERALES
220 PRINT #1, *   CARACTERISTICAS GENERALES
221 PRINT *   *****
222 PRINT #1, *   *****
223 PRINT
224 PRINT #1,
230 INPUT *   NUMERO DE POZOS (max 20) .....", M
232 PRINT #1, *   NUMERO DE POZOS (max 20) .....", M
240 INPUT *   NUMERO DE PERIODOS DE TIEMPO (max 40)..", N
245 PRINT #1, *   NUMERO DE PERIODOS DE TIEMPO (max 40)..", N
250 INPUT *   TIEMPO ABSOLUTO (Dias) .....", T1
255 PRINT #1, *   TIEMPO ABSOLUTO (Dias) .....", T1

```

```

290 PRINT
295 PRINT #1,
300 FOR J = 1 TO M
310 PRINT
315 PRINT #1,
320 PRINT "          POZO NUM. "; J
325 PRINT #1, "          POZO NUM. "; J
330 PRINT "          *****"
335 PRINT #1, "          *****"
340 INPUT "          ABCISA (m) .....", X(J)
345 PRINT #1, "          ABCISA (m) .....", X(J)
350 INPUT "          ORDENADA (m) .....", Y(J)
355 PRINT #1, "          ORDENADA (m) .....", Y(J)
360 INPUT "          TRANSMISIVIDAD (La misma - CR) .....", T(J)
365 PRINT #1, "          TRANSMISIVIDAD (La misma - CR) .....", T(J)
370 IF T(J) = 0 THEN T(J) = T2
380 INPUT "          COEF. DE ALMACENAMIENTO (El mismo - CR)", S(J)
385 PRINT #1, "          COEF. DE ALMACENAMIENTO (El mismo - CR)", S(J)
390 IF S(J) = 0 THEN S(J) = S1
400 INPUT "          RADIO EFECTIVO (m) .....", R(J)
405 PRINT #1, "          RADIO EFECTIVO (m) .....", R(J)
410 INPUT "          COEF.PERD.CARGA (Dia^2/m5).....", C(J)
415 PRINT #1, "          COEF.PERD.CARGA (Dia^2/m5).....", C(J)
420 PRINT
425 PRINT #1,
430 PRINT
432 PRINT #1,
435 PRINT "          CAUDALES DE EXPLOTACION "
436 PRINT #1, "          CAUDALES DE EXPLOTACION "
440 PRINT "          ....."
445 PRINT #1, "          ....."
450 INPUT "          CAUDAL CONSTANTE? (S/N).....", D$
460 IF D$ <> "S" AND D$ <> "s" GOTO 520
470 INPUT "          CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) .....", Q
475 PRINT #1, "          CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) .....", Q
480 FOR N2 = 1 TO N
490 Q(J, N2) = Q
500 NEXT N2
510 GOTO 580
520 W = T1 / N
530 FOR N2 = 1 TO N
540 H = N2 * W
545 PRINT #1,
550 PRINT "          PERIODO NUM...."; N2, "TIEMPO..."; H; "DIAS"
555 PRINT #1, "          PERIODO NUM...."; N2, "TIEMPO..."; H; "DIAS"
560 INPUT "          CAUDAL (l/s) .....", Q(J, N2)
565 PRINT #1, "          CAUDAL (l/s) .....", Q(J, N2)
570 NEXT N2
580 NEXT J
890 PRINT
891 PRINT
892 PRINT #1,
893 PRINT #1,
900 INPUT "          ABCISA PUNTO OBSERVACION (m) .....", X1
905 PRINT #1, "          ABCISA PUNTO OBSERVACION (m) .....", X1
910 INPUT "          ORDENADA PUNTO OBSERVACION (m) .....", Y1
915 PRINT #1, "          ORDENADA PUNTO OBSERVACION (m) .....", Y1
920 PRINT
921 PRINT
922 PRINT #1,
923 PRINT #1,
930 REM PROGRAMA PRINCIPAL.METODO DE LAS FUNCIONES DE KERNEL
931 REM *****
940 C1 = 0
950 Z1 = 0
960 P1 = 0
970 V9 = 0

```

## DESCENSO.BAS

## GRUPO VIII

```

980 FOR J = 1 TO M
990 R1(J) = SQR((X(J) - X1) ^ 2 + (Y(J) - Y1) ^ 2)
1000 IF R1(J) <> 0 GOTO 1030
1010 R1(J) = R(J)
1020 C1 = C(J)
1030 P1 = M * S(J) * (R1(J) ^ 2) / (4 * T(J) * T1)
1040 P2 = 4 * 3.141592654 * T(J)
1050 P = P1 / P2
1060 FOR L = 1 TO N
1070 Q1(L) = Q(J, L) * 86.4
1080 S1(J, L) = 0
1090 S2(L) = 0
1100 IF Q(J, L) = 0 GOTO 1130
1110 E1 = ABS(E / (200 * M * N * Q1(L)))
1120 GOTO 1140
1130 E1 = ABS(E / (10000 * M * N))
1140 GOSUB 1320
1150 FOR N2 = 1 TO L
1160 S1(J, L) = S1(J, L) + D(J, L - N2 + 1) * Q1(N2)
1170 NEXT N2: NEXT L: NEXT J
1200 FOR N2 = 1 TO M
1210 S2(N2) = -C1 * (Q1(N2) ^ 2)
1220 FOR J = 1 TO M
1230 S2(N2) = S2(N2) + S1(J, N2)
1240 NEXT J: NEXT N2
1260 GOTO 1900
1270 LOCATE 24, 30: PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
1272 IF INKEY$ = "" GOTO 1272
1274 GOSUB 3000
1275 PRINT
1280 INPUT "      HAY ALGUN PUNTO MAS DE OBSERVACION ? (S/N)..", C$
1290 IF C$ = "S" OR C$ = "s" THEN GOTO 890
1300 GOTO 2570
1302 REM
1304 REM =====
1305 REM
1310 REM SUBROUTINA DE CALCULO DE LAS FUNCIONES DE KERNEL.SI U<9.9 SE APLICA EL
1311 REM DESARROLLO EN SERIE DE THEIS.PARA U.=9.9 SE ASIGNA D(J,L)=0
1312 REM
1313 REM =====
1314 REM
1320 IF P1 < 9.899999 GOTO 1350
1330 D(J, L) = 0
1340 RETURN
1350 IF L <> 1 GOTO 1480
1360 B = P1 / L
1370 P1 = 0
1380 Z1 = 1
1390 Z = B
1400 D(J, L) = .577215665 * LOG(B)
1410 K = 1
1420 GOSUB 1740
1430 D(J, L) = D(J, L) - P
1440 P1 = P1 + P
1450 IF ABS(P) < E1 GOTO 1720
1460 K = K + 1
1470 GOTO 1420
1480 A = P1 / (L - 1)
1490 B = P1 / L
1500 D(J, L) = LOG((L - 1) / L)
1510 IF ABS(P) > E1 GOTO 1550
1520 IF Z1 = 0 GOTO 1550
1530 D(J, L) = D(J, L) + P1
1540 GOTO 1620
1550 Z = A
1560 K = 1
1570 GOSUB 1740

```

## DESCENSO .BAS

## GRUPO VIII

```

1580 D(J, L) = D(J, L) + F
1590 IF ABS(F) < E1 GOTO 1620
1600 K = K + 1
1610 GOTO 1570
1620 Z = B
1630 K = 1
1640 P1 = 0
1650 Z1 = 1
1660 GOSUB 1740
1670 D(J, L) = D(J, L) - P
1680 P1 = P1 + P
1690 IF ABS(F) < E1 GOTO 1720
1700 K = K + 1
1710 GOTO 1660
1720 D(J, L) = D(J, L) / P2
1730 RETURN
1740 GOSUB 1820
1750 REM-----
1751 REM CALCULO DEL TERMINO GENERAL DEL DESARROLLO EN SERIE
1752 REM-----
1753 REM
1760 P = (Z ^ K) / (K * K1)
1770 K2 = 2 * INT(K / 2)
1780 IF K2 <> K GOTO 1800
1790 P = -P
1800 RETURN
1810 REM-----
1811 REM SUBROUTINA DE CALCULO DEL FACTORIAL
1812 REM-----
1813 REM
1820 K1 = 1
1830 V = 2
1840 IF V > K GOTO 1890
1850 K1 = K1 * V
1860 V = V + 1
1870 IF V < 33 GOTO 1840
1880 V9 = 1
1890 RETURN
1891 REM-----
1900 REM SALIDA DE RESULTADOS
1901 REM-----
1902 REM
1910 FOR N7 = 1 TO 6
1920 N9 = (N7 - 1) * 7 + 1
1930 IF N < N9 GOTO 1270
1940 PRINT : PRINT :
1941 PRINT #1, : PRINT #1,
1942 PRINT " DESCENSOS EN EL PUNTO DE COORDENADAS", X1; Y1
1943 PRINT #1, " DESCENSOS EN EL PUNTO DE COORDENADAS", X1; Y1
1944 PRINT " : PRINT : PRINT
1945 PRINT #1, " : PRINT #1,
1946 PRINT #1,
1950 A$ = "TIEMPO(DIAS)"
1960 PRINT A$;
1965 PRINT #1, A$;
1970 W = T1 / N
2000 A$ = SPACE$(80)
2010 A$ = " "
2020 FOR L = 1 TO 7
2030 N9 = (N7 - 1) * 7 + L
2040 X = N9 * W
2050 H = INT(X * 100) / 100
2055 HH(N9) = H
2060 IF H = 0 GOTO 2120
2070 IF H > T1 GOTO 2120
2080 B$ = SPACE$(7)
2090 B$ = STR$(H)

```



## DESCENSO.BAS

## GRUPO VIII

```

2100 C$ = SPACE$(9 - LEN(B$)) + B$
2110 A$ = A$ + C$
2120 NEXT L
2130 PRINT A$
2135 PRINT #1, A$
2136 A$ = STRING$(12, 45)
2137 PRINT A$
2138 PRINT #1, A$
2140 A$ = "POZO NUMERO ": PRINT A$
2145 PRINT #1, A$
2150 A$ = STRING$(80, 61): PRINT A$
2155 PRINT #1, A$
2160 FOR J = 1 TO M
2170 FOR N2 = N + 1 TO 21
2180 S1(J, N2) = 0
2190 S2(N2) = 0
2200 NEXT N2
2210 A$ = " "
2220 A$ = " " + STR$(J) + " "
2230 FOR L = 1 TO 7
2240 N9 = (N7 - 1) * 7 + L
2250 S1(J, N9) = SGN(S1(J, N9)) * (ABS(S1(J, N9)) + .005)
2260 S1(J, N9) = -INT(S1(J, N9) * 100) / 100
2270 B$ = SPACE$(7)
2280 IF ABS(S1(J, N9)) = 0 GOTO 2300
2290 B$ = STR$(S1(J, N9))
2300 C$ = SPACE$(9 - LEN(B$)) + B$
2310 A$ = A$ + C$
2320 NEXT L
2330 PRINT A$
2335 PRINT #1, A$
2340 NEXT J
2350 A$ = STRING$(80, 61): PRINT A$
2355 PRINT #1, A$
2360 A$ = " "
2370 A$ = " " + "DESCENSO": PRINT A$
2375 PRINT #1, A$
2380 A$ = " "
2390 A$ = " " + "TOTAL...."
2400 FOR L = 1 TO 7
2410 N9 = (N7 - 1) * 7 + L
2420 S2(N9) = SGN(S2(N9)) * (ABS(S2(N9)) + .005)
2430 S2(N9) = -INT(S2(N9) * 100) / 100
2440 B$ = SPACE$(7)
2450 IF ABS(S2(N9)) = 0 GOTO 2470
2460 B$ = STR$(S2(N9))
2470 C$ = SPACE$(9 - LEN(B$)) + B$
2480 A$ = A$ + C$
2490 NEXT L
2500 PRINT A$: PRINT : PRINT
2505 PRINT #1, A$: PRINT #1, : PRINT #1,
2510 NEXT N7
2520 IF V9 <> 1 GOTO 2550
2530 PRINT " ALGUN DESCENSO PUEDE TENER ERROR MENOR DE"; E; "cm"
2535 PRINT #1, " ALGUN DESCENSO PUEDE TENER ERROR MENOR DE"; E; "cm"
2550 GOTO 1270
2560 PRINT : PRINT
2565 PRINT #1, : PRINT #1,
2570 PRINT " QUIERE CONOCER EN EL MISMO PUNTO EL DESCENSO PARA OTRO "
2571 INPUT " TIEMPO ABSOLUTO (S/N).....", D$
2580 IF D$ = "N" OR D$ = "n" GOTO 25000
2590 PRINT
2600 INPUT " TIEMPO ABSOLUTO (Dias).....", T7
2610 IF T7 > T1 GOTO 2640
2620 PRINT : PRINT
2621 PRINT " EL TIEMPO INGRESADO NO ES MAYOR QUE EL INICIAL", P
2622 PRINT : PRINT

```

## DESCENSO.BAS

```

2630 GOTO 2590
2640 PRINT #1, " TIEMPO ABSOLUTO (Dias).....", T7 GRUPO VIII
2642 T9 = INT((T7 / W) * .5)
2650 T7 = T9 * W
2660 PRINT : PRINT
2665 PRINT #1, : PRINT #1,
2670 FOR J = 1 TO M
2680 PRINT
2685 PRINT #1,
2690 PRINT "          POZO NUMERO", J
2695 PRINT #1, "          POZO NUMERO", J
2700 PRINT "          ====="
2705 PRINT #1, "          ====="
2710 PRINT "          SE MANTIENE IGUAL EL CAUDAL DURANTE LOS NUEVOS"
2711 INPUT "          PERIODOS AÑADIDOS (S/N).....", D$
2720 IF D$ = "S" OR D$ = "s" GOTO 2750
2730 PRINT
2735 PRINT #1,
2740 INPUT "          CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) ?.....", Q
2745 PRINT #1, "          CAUDAL DE EXPLOTACION (l/s) ?.....", Q
2750 FOR N2 = N + 1 TO T9
2760 Q(J, N2) = Q
2810 H = W * N2
2811 PRINT
2812 PRINT #1,
2820 PRINT "          PERIODO NUMERO", N2
2825 PRINT #1, "          PERIODO NUMERO", N2: PRINT #1,
2830 PRINT "          TIEMPO EN DIAS", H
2835 PRINT #1, "          TIEMPO EN DIAS", H: PRINT #1,
2837 PRINT "          CAUDAL (l/s) ", Q(J, N2)
2840 PRINT #1, "          CAUDAL (l/s) ", Q(J, N2)
2850 PRINT #1,
2860 NEXT N2
2870 NEXT J
2880 T1 = T7
2890 N = T9
2900 GOTO 940
3000 REM SUBROUTINA DE DIBUJO
3005 OPEN "DIBUJO.DAT" FOR OUTPUT AS #2
3010 FOR I = 1 TO N: PRINT #2, HH(I), S2(I): NEXT I
3015 CLOSE #2
3025 FICH$ = "DIBUJO.DAT": PROG$ = "DESCENSO.BAS"
3028 CLS
3030 LOCATE 12, 12: PRINT "RECUERDE QUE EL FICHERO DE DIBUJO SE LLAMA: DIBUJO.DAT"
3031 IF INKEY$ = "" GOTO 3031
3033 CLS
3034 SHELL "MODE CO80"
3035 SHELL "grafit"
3040 SHELL "MODE CO80"
3100 RETURN
3900 REM SUBROUTINA DE TOMA DE DATOS POR FICHERO
3901 INPUT "Nombre del fichero de datos: "; DYNA$
4000 OPEN DYNA$ FOR INPUT AS #4
4020 INPUT #4, M, N, T1, E, T2, S1
4030 FOR J = 1 TO M
4040 INPUT #4, X(J), Y(J), T(J)
4050 IF T(J) = 0 THEN T(J) = T2
4060 INPUT #4, S(J)
4070 IF S(J) = 0 THEN S(J) = S1
4080 INPUT #4, R(J), C(J)
4085 REM "Caudal de explotacion"
4086 INPUT #4, D$
4088 IF D$ <> "S" AND D$ <> "s" THEN GOTO 4140
4090 INPUT #4, Q
4100 FOR N2 = 1 TO N
4110 Q(J, N2) = Q
4120 NEXT N2

```

```
4130 GOTO 4200
4140 W = T1 / N
4150 FOR N2 = 1 TO N
4160 H = N2 * W
4170 INPUT #4, Q(J, N2)
4180 NEXT N2
4200 NEXT J
4210 INPUT #4, X1, X2
4220 CLOSE #4
4230 RETURN
```

```
10000 REM SUBROUTINA DIBUJO CARATULA
10001 NI = 1
10010 CLS
10020 KEY OFF
10030 SCREEN 9
10035 COLOR 12, 9
10040 LET A = 480
10050 LET B = 1! * 1.428
10060 LET C = 20
10070 LET D = 1!
10080 LET E = 50
10090 LET F = 1.5 * 1.428
10100 LET G = 30
10110 LET H = 1.5
10120 PSET (A + B * 26, C + D * 49)
10130 LINE -(A + B * 37, C + D * 38)
10140 PSET (A + B * 39, C + D * 39.5)
10150 LINE -(A + B * 28!, C + D * 50.5)
10160 LINE -(A + B * 26!, C + D * 49!)
10170 PSET (A + B * 35.5, C + D * 36.5)
10180 LINE -(A + B * 41, C + D * 41)
10190 LINE -(A + B * 44, C + D * 41)
10200 LINE -(A + B * 44, C + D * 40)
10210 LINE -(A + B * 43, C + D * 38)
10220 LINE -(A + B * 38, C + D * 34)
10230 LINE -(A + B * 35.5, C + D * 36.5)
10240 PSET (A + B * 40, C + D * 35)
10250 LINE -(A + B * 41.5, C + D * 33.5)
10260 LINE -(A + B * 43, C + D * 35)
10270 LINE -(A + B * 41.5, C + D * 36.5)
10280 PSET (A + B * 24!, C + D * 38!)
10290 LINE -(A + B * 29, C + D * 33.5)
10300 LINE -(A + B * 32!, C + D * 36!)
10310 LINE -(A + B * 27, C + D * 40.5)
10320 LINE -(A + B * 24!, C + D * 38!)
10330 LINE -(A + B * 25, C + D * 37!)
10340 PSET (A + B * 25.5, C + D * 36.5)
10350 LINE -(A + B * 23.5, C + D * 34.5)
10360 LINE -(A + B * 25!, C + D * 33!)
10370 LINE -(A + B * 27!, C + D * 35!)
10380 PSET (A + B * 28.5, C + D * 39!)
10390 LINE -(A + B * 32.5, C + D * 42.5)
10400 PSET (A + B * 30!, C + D * 38!), 7
10410 LINE -(A + B * 33.5, C + D * 41!)
10420 PSET (A + B * 34.5, C + D * 44.5)
10430 LINE -(A + B * 40!, C + D * 49!)
10440 PSET (A + B * 35.5, C + D * 43!)
10450 LINE -(A + B * 41.6, C + D * 48!)
10460 LINE -(A + B * 40!, C + D * 49!)
10470 'DIBUJADOS LOS MARTILLOS
10480 PSET (A + B * 11!, C + D * 37!)
10490 LINE -(A + B * 11.5, C + D * 40!)
10500 LINE -(A + B * 11.5, C + D * 44!)
10510 LINE -(A + B * 12.5, C + D * 49!)
10520 LINE -(A + B * 14.5, C + D * 53!)
10530 LINE -(A + B * 18!, C + D * 57!)
10540 LINE -(A + B * 21.5, C + D * 58.5)
```

## DESCENSO.BAS

## GRUPO VIII

10550 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 10560 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 62!)  
 10570 LINE -(A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
 10580 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 62.5)  
 10590 LINE -(A + B \* 36.5, C + D \* 62!)  
 10600 CIRCLE (A + B \* 35!, C + D \* 62.5), ! \* SQR(B ^ 2 + D ^ 2)  
 10610 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 62.5)  
 10620 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 61.5)  
 10630 LINE -(A + B \* 47!, C + D \* 59.5)  
 10640 LINE -(A + B \* 51.5, C + D \* 56.5)  
 10650 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 50.5)  
 10660 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 45!)  
 10670 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 40!)  
 10680 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
 10690 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 37!)  
 10700 LINE -(A + B \* 12!, C + D \* 40!)  
 10710 LINE -(A + B \* 12!, C + D \* 44!)  
 10720 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 49!)  
 10730 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 53!)  
 10740 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 57!)  
 10750 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 58.5)  
 10760 LINE -(A + B \* 27.5, C + D \* 61!)  
 10770 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 62!)  
 10780 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 62.5)  
 10790 PSET (A + B \* 36.5, C + D \* 62.5)  
 10800 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 61.5)  
 10810 LINE -(A + B \* 46.5, C + D \* 59.5)  
 10820 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 56.5)  
 10830 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 50.5)  
 10840 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 45!)  
 10850 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 40!)  
 10860 'DIBUJADA LA BASE DEL RAMO  
 10870 LINE (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)-(A + B \* 11.5, C + D \* 37)  
 10880 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10890 LINE -(A + B \* 13!, C + D \* 32!)  
 10900 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 28!)  
 10910 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 31!)  
 10920 LINE -(A + B \* 11!, C + D \* 34!)  
 10930 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10940 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 35!)  
 10950 PSET (A + B \* 11!, C + D \* 37!)  
 10960 LINE -(A + B \* 9.5, C + D \* 35.5)  
 10970 CIRCLE (A + B \* 8.5, C + D \* 35.5), .7 \* B  
 10980 PSET (A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 10990 LINE -(A + B \* 10!, C + D \* 39!)  
 11000 LINE -(A + B \* 7!, C + D \* 35!)  
 11010 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 33.5)  
 11020 LINE -(A + B \* 5!, C + D \* 35!)  
 11030 LINE -(A + B \* 6.5, C + D \* 39!)  
 11040 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11050 'HOJA  
 11060 PSET (A + B \* 5, C + D \* 35!)  
 11070 LINE -(A + B \* 1.5, C + D \* 35!)  
 11080 LINE -(A + B \* 4!, C + D \* 37!)  
 11090 LINE -(A + B \* 5!, C + D \* 41)  
 11100 LINE -(A + B \* 9, C + D \* 42.5)  
 11110 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11120 LINE -(A + B \* 12.5, C + D \* 36.5)  
 11130 LINE -(A + B \* 14!, C + D \* 35!)  
 11140 LINE -(A + B \* 16!, C + D \* 33.5)  
 11150 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 32.5)  
 11160 LINE -(A + B \* 17!, C + D \* 35!)  
 11170 LINE -(A + B \* 14.5, C + D \* 38!)  
 11180 LINE -(A + B \* 11.5, C + D \* 42!)  
 11190 LINE -(A + B \* 15!, C + D \* 40!)  
 11200 LINE -(A + B \* 17.5, C + D \* 37.5)  
 11210 LINE -(A + B \* 18!, C + D \* 35!)

## DESCENSO. BAS

## GRUPO VIII

11220 LINE  $-(A + B * 16.5, C + D * 35.5)$   
 11230 PSET  $(A + B * 12!, C + D * 46.5)$   
 11240 LINE  $-(A + B * 10.5, C + D * 44.5)$   
 11250 CIRCLE  $(A + B * 9.5, C + D * 44!), B$   
 11260 PSET  $(A + B * 13.5, C + D * 51!)$   
 11270 LINE  $-(A + B * 11.5, C + D * 50!)$   
 11280 LINE  $-(A + B * 10!, C + D * 47!)$   
 11290 LINE  $-(A + B * 8!, C + D * 46!)$   
 11300 LINE  $-(A + B * 8!, C + D * 48!)$   
 11310 LINE  $-(A + B * 8.5, C + D * 49!)$   
 11320 LINE  $-(A + B * 11.5, C + D * 50!)$   
 11330 PSET  $(A + B * 15.5, C + D * 54!)$   
 11340 LINE  $-(A + B * 9.5, C + D * 52!)$   
 11350 LINE  $-(A + B * 7!, C + D * 49!)$   
 11360 LINE  $-(A + B * 6.5, C + D * 46.5)$   
 11370 LINE  $-(A + B * 7.5, C + D * 47!)$   
 11380 PSET  $(A + B * 15.5, C + D * 54!)$   
 11390 LINE  $-(A + B * 13.5, C + D * 49!)$   
 11400 LINE  $-(A + B * 14!, C + D * 44!)$   
 11410 LINE  $-(A + B * 13.5, C + D * 43.5)$   
 11420 LINE  $-(A + B * 15.5, C + D * 44.5)$   
 11430 PSET  $(A + B * 15.5, C + D * 54!)$   
 11440 LINE  $-(A + B * 15!, C + D * 51!)$   
 11450 LINE  $-(A + B * 15!, C + D * 47!)$   
 11460 LINE  $-(A + B * 15.5, C + D * 44.5)$   
 11470 LINE  $-(A + B * 17!, C + D * 42!)$   
 11480 LINE  $-(A + B * 17.5, C + D * 43!)$   
 11490 LINE  $-(A + B * 17.5, C + D * 48!)$   
 11500 LINE  $-(A + B * 15!, C + D * 51!)$   
 11510 PSET  $(A + B * 12.5, C + D * 47!)$   
 11520 LINE  $-(A + B * 13!, C + D * 43.5)$   
 11530 CIRCLE  $(A + B * 13!, C + D * 42.5), .7 * B$   
 11540 PSET  $(A + B * 15.5, C + D * 54!)$   
 11550 LINE  $-(A + B * 14!, C + D * 54!)$   
 11560 CIRCLE  $(A + B * 13!, C + D * 54!), .7 * B$   
 11570 PSET  $(A + B * 15.5, C + D * 54!)$   
 11580 LINE  $-(A + B * 16.5, C + D * 52!)$   
 11590 CIRCLE  $(A + B * 16.5, C + D * 51!), .7 * B$   
 11600 PSET  $(A + B * 19!, C + D * 57!)$   
 11610 LINE  $-(A + B * 12.5, C + D * 56.5)$   
 11620 LINE  $-(A + B * 13.5, C + D * 57.5)$   
 11630 LINE  $-(A + B * 15!, C + D * 58!)$   
 11640 LINE  $-(A + B * 19.5, C + D * 57.5)$   
 11650 PSET  $(A + B * 21.5, C + D * 59!)$   
 11660 LINE  $-(A + B * 15!, C + D * 60!)$   
 11670 LINE  $-(A + B * 11!, C + D * 58.5)$   
 11680 LINE  $-(A + B * 13.5, C + D * 57.5)$   
 11690 PSET  $(A + B * 19!, C + D * 57.5)$   
 11700 LINE  $-(A + B * 21!, C + D * 56!)$   
 11710 LINE  $-(A + B * 22!, C + D * 52!)$   
 11720 LINE  $-(A + B * 21!, C + D * 48!)$   
 11730 LINE  $-(A + B * 19!, C + D * 49.5)$   
 11740 LINE  $-(A + B * 20!, C + D * 56!)$   
 11750 LINE  $-(A + B * 19!, C + D * 57.5)$   
 11760 PSET  $(A + B * 19!, C + D * 49.5)$   
 11770 LINE  $-(A + B * 17.5, C + D * 49!)$   
 11780 LINE  $-(A + B * 17.5, C + D * 51!)$   
 11790 LINE  $-(A + B * 18!, C + D * 52!)$   
 11800 LINE  $-(A + B * 19!, C + D * 57.5)$   
 11810 PSET  $(A + B * 22!, C + D * 58.5)$   
 11820 LINE  $-(A + B * 22.5, C + D * 56.5)$   
 11830 CIRCLE  $(A + B * 22.5, C + D * 55.5), B * .7$   
 11840 PSET  $(A + B * 22!, C + D * 58.5)$   
 11850 LINE  $-(A + B * 21!, C + D * 60!)$   
 11860 CIRCLE  $(A + B * 20.5, C + D * 60.5), B * .7$   
 11870 PSET  $(A + B * 25!, C + D * 60!)$   
 11880 LINE  $-(A + B * 24!, C + D * 57!)$

## DESCENSO .BAS

## GRUPO VIII

11890 CIRCLE (A + B \* 24!, C + D \* 56.5), B \* .6  
 11900 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 60.5)  
 11910 LINE -(A + B \* 22!, C + D \* 63!)  
 11920 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 63.5)  
 11930 LINE -(A + B \* 16!, C + D \* 61.5)  
 11940 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 62!)  
 11950 LINE -(A + B \* 21!, C + D \* 62!)  
 11960 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 60.5)  
 11970 PSET (A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 11980 LINE -(A + B \* 28.5, C + D \* 57!)  
 11990 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 54!)  
 12000 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 52.5)  
 12010 LINE -(A + B \* 26.5, C + D \* 54.5)  
 12020 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 58!)  
 12030 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 12040 PSET (A + B \* 26.5, C + D \* 54.5)  
 12050 LINE -(A + B \* 24!, C + D \* 53!)  
 12060 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 57!)  
 12070 LINE -(A + B \* 26!, C + D \* 58!)  
 12080 PSET (A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
 12090 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 64!)  
 12100 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 63!)  
 12110 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 62.5)  
 12120 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
 12130 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 65.5)  
 12140 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 68!)  
 12150 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 67.5)  
 12160 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 66!)  
 12170 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 64!)  
 12180 PSET (A + B \* 28!, C + D \* 64!)  
 12190 LINE -(A + B \* 30!, C + D \* 66!)  
 12200 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 63.5)  
 12210 PSET (A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
 12220 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 69.5)  
 12230 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 69!)  
 12240 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 66!)  
 12250 PSET (A + B \* 29!, C + D \* 65!)  
 12260 LINE -(A + B \* 34!, C + D \* 63!)  
 12270 PSET (A + B \* 27!, C + D \* 61!)  
 12280 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 62.5)  
 12290 PSET (A + B \* 23.5, C + D \* 63!)  
 12300 LINE -(A + B \* 20!, C + D \* 65.5)  
 12310 LINE -(A + B \* 23!, C + D \* 65.5)  
 12320 LINE -(A + B \* 25!, C + D \* 64.5)  
 12330 PSET (A + B \* 26!, C + D \* 63!)  
 12340 LINE -(A + B \* 28!, C + D \* 61!)  
 12350 PSET (A + B \* 35.5, C + D \* 61.5)  
 12360 LINE -(A + B \* 36!, C + D \* 59!)  
 12370 LINE -(A + B \* 36!, C + D \* 58.5)  
 12380 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 59!)  
 12390 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 58.5)  
 12400 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 61.5)  
 12410 PSET (A + B \* 33.5, C + D \* 62.5)  
 12420 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 58.5)  
 12430 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 56!)  
 12440 LINE -(A + B \* 34.5, C + D \* 55.5)  
 12450 LINE -(A + B \* 38.5, C + D \* 56!)  
 12460 LINE -(A + B \* 39!, C + D \* 58.5)  
 12470 LINE -(A + B \* 36.5, C + D \* 62!)  
 12480 PSET (A + B \* 30.5, C + D \* 58.5)  
 12490 LINE -(A + B \* 32!, C + D \* 58!)  
 12500 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 58.5)  
 12510 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 58.5)  
 12520 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 58!)  
 12530 LINE -(A + B \* 39!, C + D \* 58.5)  
 12540 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 63.5)  
 12550 LINE -(A + B \* 38!, C + D \* 66!)

## DESCENSO.BAS

## GRUPO VIII

12560 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 65.5)  
12570 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 65!)  
12580 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 65!)  
12590 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 64.5)  
12600 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 66.5)  
12610 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 66.5)  
12620 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 67!)  
12630 LINE -(A + B \* 42!, C + D \* 67!)  
12640 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 67.5)  
12650 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 68!)  
12660 LINE -(A + B \* 35.5, C + D \* 64!)  
12670 PSET (A + B \* 36!, C + D \* 63.5)  
12680 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 65.5)  
12690 PSET (A + B \* 37!, C + D \* 62.5)  
12700 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 65!)  
12710 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 67.5)  
12720 LINE -(A + B \* 41!, C + D \* 69.5)  
12730 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 70!)  
12740 LINE -(A + B \* 42!, C + D \* 67!)  
12750 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12760 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 58!)  
12770 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 55!)  
12780 LINE -(A + B \* 42.5, C + D \* 53!)  
12790 LINE -(A + B \* 42.5, C + D \* 55!)  
12800 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12810 PSET (A + B \* 43!, C + D \* 55!)  
12820 LINE -(A + B \* 44!, C + D \* 52!)  
12830 LINE -(A + B \* 44!, C + D \* 55!)  
12840 LINE -(A + B \* 43!, C + D \* 58!)  
12850 PSET (A + B \* 44!, C + D \* 55!)  
12860 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 54!)  
12870 LINE -(A + B \* 45.5, C + D \* 55!)  
12880 LINE -(A + B \* 45.5, C + D \* 57!)  
12890 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12900 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12910 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 63.5)  
12920 LINE -(A + B \* 47!, C + D \* 63.5)  
12930 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 61.5)  
12940 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 62!)  
12950 LINE -(A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12960 PSET (A + B \* 40!, C + D \* 61.5)  
12970 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 60.5)  
12980 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 62!)  
12990 PSET (A + B \* 47.5, C + D \* 59!)  
13000 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 54!)  
13010 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 51!)  
13020 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 49.5)  
13030 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 52.5)  
13040 LINE -(A + B \* 46.5, C + D \* 56!)  
13050 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 59!)  
13060 PSET (A + B \* 48!, C + D \* 53!)  
13070 LINE -(A + B \* 47.5, C + D \* 49!)  
13080 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 49!)  
13090 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 51!)  
13100 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 48!)  
13110 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 48!)  
13120 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 50!)  
13130 PSET (A + B \* 50!, C + D \* 57.5)  
13140 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 52!)  
13150 PSET (A + B \* 50!, C + D \* 57.5)  
13160 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 54!)  
13170 PSET (A + B \* 49!, C + D \* 58!)  
13180 LINE -(A + B \* 46.5, C + D \* 56!)  
13190 PSET (A + B \* 49!, C + D \* 58!)  
13200 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 55.5)  
13210 PSET (A + B \* 46.5, C + D \* 59.5)  
13220 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 57!)



## DESCENSO.BAS

## GRUPO VIII

13230 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 58.5)  
13240 LINE -(A + B \* 46!, C + D \* 60!)  
13250 PSET (A + B \* 54.5, C + D \* 58.5)  
13260 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 62!)  
13270 LINE -(A + B \* 53.5, C + D \* 62!)  
13280 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 59!)  
13290 PSET (A + B \* 51!, C + D \* 56.5)  
13300 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 55!)  
13310 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 57!)  
13320 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 58!)  
13330 PSET (A + B \* 52!, C + D \* 55.5)  
13340 LINE -(A + B \* 56.5, C + D \* 54!)  
13350 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 56!)  
13360 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 56.5)  
13370 PSET (A + B \* 52!, C + D \* 55!)  
13380 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 52.5)  
13390 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 51.5)  
13400 LINE -(A + B \* 52!, C + D \* 49!)  
13410 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 52!)  
13420 LINE -(A + B \* 52!, C + D \* 55!)  
13430 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 53!)  
13440 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 52!)  
13450 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 51.5)  
13460 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 54!)  
13470 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 53!)  
13480 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 53!)  
13490 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 54!)  
13500 PSET (A + B \* 62!, C + D \* 54!)  
13510 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 58!)  
13520 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 53!)  
13530 PSET (A + B \* 53.5, C + D \* 53!)  
13540 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 45.5)  
13550 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13560 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13570 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13580 LINE -(A + B \* 56!, C + D \* 45!)  
13590 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13600 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 47!)  
13610 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 42!)  
13620 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 40.5)  
13630 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 42!)  
13640 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 46.5)  
13650 PSET (A + B \* 52.5, C + D \* 42!)  
13660 LINE -(A + B \* 51.5, C + D \* 44!)  
13670 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 46!)  
13680 LINE -(A + B \* 50.5, C + D \* 43!)  
13690 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 40)  
13700 LINE -(A + B \* 52.5, C + D \* 40.5)  
13710 PSET (A + B \* 57.5, C + D \* 46!)  
13720 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 44!)  
13730 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 42!)  
13740 LINE -(A + B \* 61!, C + D \* 42!)  
13750 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 43.5)  
13760 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 45.5)  
13770 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13780 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 50!)  
13790 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 47!)  
13800 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 48!)  
13810 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 52.5)  
13820 PSET (A + B \* 57!, C + D \* 47.5)  
13830 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 44.5)  
13840 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 46!)  
13850 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 47.5)  
13860 PSET (A + B \* 61.5, C + D \* 46.5)  
13870 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 48.5)  
13880 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 46!)  
13890 PSET (A + B \* 59!, C + D \* 36!)

## DESCENSO.BAS

## GRUPO VIII

13900 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 32!)  
 13910 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 28!)  
 13920 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 27!)  
 13930 LINE -(A + B \* 56.5, C + D \* 24!)  
 13940 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 25!)  
 13950 LINE -(A + B \* 54.5, C + D \* 25.5)  
 13960 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 27.5)  
 13970 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 26!)  
 13980 LINE -(A + B \* 54!, C + D \* 30!)  
 13990 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 34!)  
 14000 LINE -(A + B \* 57.5, C + D \* 36!)  
 14010 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 38.5)  
 14020 LINE -(A + B \* 58.3, C + D \* 39!)  
 14030 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 40!)  
 14040 PSET (A + B \* 58!, C + D \* 32!)  
 14050 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 29!)  
 14060 LINE -(A + B \* 59.5, C + D \* 31!)  
 14070 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 36!)  
 14080 PSET (A + B \* 59!, C + D \* 37!)  
 14090 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 36!)  
 14100 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 32.5)  
 14110 LINE -(A + B \* 62.5, C + D \* 34.5)  
 14120 LINE -(A + B \* 61!, C + D \* 37.5)  
 14130 LINE -(A + B \* 59!, C + D \* 39!)  
 14140 PSET (A + B \* 61!, C + D \* 37.5)  
 14150 LINE -(A + B \* 62!, C + D \* 36.5)  
 14160 LINE -(A + B \* 64!, C + D \* 33.5)  
 14170 LINE -(A + B \* 64.5, C + D \* 32!)  
 14180 LINE -(A + B \* 65!, C + D \* 33.5)  
 14190 LINE -(A + B \* 63!, C + D \* 38!)  
 14200 LINE -(A + B \* 60!, C + D \* 41!)  
 14210 LINE -(A + B \* 58.5, C + D \* 42!)  
 14220 PSET (A + B \* 54!, C + D \* 30!)  
 14230 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 29!)  
 14240 LINE -(A + B \* 49.5, C + D \* 28!)  
 14250 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 30!)  
 14260 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 31!)  
 14270 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 33!)  
 14280 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 34!)  
 14290 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 33!)  
 14300 LINE -(A + B \* 48.5, C + D \* 32.5)  
 14310 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 34.5)  
 14320 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 36!)  
 14330 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 37.5)  
 14340 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 36.5)  
 14350 LINE -(A + B \* 49!, C + D \* 35.5)  
 14360 LINE -(A + B \* 50!, C + D \* 36.5)  
 14370 LINE -(A + B \* 51!, C + D \* 37.5)  
 14380 LINE -(A + B \* 53!, C + D \* 38.5)  
 14390 LINE -(A + B \* 58!, C + D \* 39!)  
 14400 PSET (A + B \* 57.5, C + D \* 45!)  
 14410 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 41!)  
 14420 LINE -(A + B \* 55!, C + D \* 42!)  
 14430 LINE -(A + B \* 55.5, C + D \* 43!)  
 14440 LINE -(A + B \* 57!, C + D \* 45.5)  
 14450 CIRCLE (A + B \* 34!, C + D \* 29.7), B \* 8.609999, , , , .1  
 14460 CIRCLE (A + B \* 34!, C + D \* 29.7), B \* 10.4, , .4, 2.7, .15  
 14470 CIRCLE (A + B \* 34!, C + D \* 29.7), B \* 12.9, , .57, 2.5, .25  
 14480 PSET (A + B \* 34 - B / 1 \* 9.5, C + D \* 28.5)  
 14490 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 26.5)  
 14500 PSET (A + B \* 34.5 + B / 1 \* 9.5, C + D \* 28.5)  
 14510 LINE -(A + B \* 45!, C + D \* 27!)  
 14520 CIRCLE (A + B \* 24!, C + D \* 27.5), .3 \* B, , , , 2  
 14530 CIRCLE (A + B \* 44.5, C + D \* 28!), .3 \* B, , , , 2  
 14540 CIRCLE (A + B \* 34.5, C + D \* 26!), .5 \* B  
 14550 PSET (A + B \* 27.5, C + D \* 26.5)  
 14560 LINE -(A + B \* 28.5, C + D \* 26!)

## DESCENSO.BAS

## GRUPO VIII

14570 LINE -(A + B \* 29.5, C + D \* 26.3)  
 14580 LINE -(A + B \* 28.5, C + D \* 27!)  
 14590 LINE -(A + B \* 27.5, C + D \* 26.5)  
 14600 PSET (A + B \* 41.5, C + D \* 26.7)  
 14610 LINE -(A + B \* 40.5, C + D \* 26.3)  
 14620 LINE -(A + B \* 39.5, C + D \* 26.5)  
 14630 LINE -(A + B \* 40.5, C + D \* 27!)  
 14640 LINE -(A + B \* 41.5, C + D \* 26.7)  
 14650 CIRCLE (A + B \* 34!, C + D \* 29.7), B \* 14!, , .6, 2.43, .25  
 14660 REM GOTO 14850  
 14670 PSET (A + B \* 23.5, C + D \* 26!)  
 14680 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 24!)  
 14690 LINE -(A + B \* 19!, C + D \* 23!)  
 14700 LINE -(A + B \* 19.5, C + D \* 22.5)  
 14710 LINE -(A + B \* 22.5, C + D \* 24.5)  
 14720 LINE -(A + B \* 23.5, C + D \* 24!)  
 14730 LINE -(A + B \* 22.5, C + D \* 23!)  
 14740 CIRCLE (A + B \* 23!, C + D \* 22.5), B \* .6, , 0!, 4  
 14750 PSET (A + B \* 23.8, C + D \* 22.8)  
 14760 LINE -(A + B \* 24.5, C + D \* 23.5)  
 14770 LINE -(A + B \* 25.5, C + D \* 23.2)  
 14780 LINE -(A + B \* 25.2, C + D \* 22!)  
 14790 CIRCLE (A + B \* 25.8, C + D \* 21.5), B \* .6, , 0, 3.3  
 14800 PSET (A + B \* 26.7, C + D \* 21.6)  
 14810 LINE -(A + B \* 27!, C + D \* 23!)  
 14820 LINE -(A + B \* 28.3, C + D \* 22.7)  
 14830 LINE -(A + B \* 28.6, C + D \* 22!)  
 14840 LINE -(A + B \* 28.6, C + D \* 21.5)  
 14850 CIRCLE (A + B \* 29.5, C + D \* 21!), B \* .8, , 0, 3.5  
 14860 PSET (A + B \* 30.5, C + D \* 21.2)  
 14870 LINE -(A + B \* 30.5, C + D \* 21.7)  
 14880 LINE -(A + B \* 30.8, C + D \* 22.5)  
 14890 LINE -(A + B \* 32.3, C + D \* 22.5)  
 14900 LINE -(A + B \* 32.6, C + D \* 22.5)  
 14910 LINE -(A + B \* 32.6, C + D \* 22!)  
 14920 LINE -(A + B \* 33!, C + D \* 21!)  
 14930 CIRCLE (A + B \* 33.8, C + D \* 21!), B \* .8, , 0, 3.2  
 14940 PSET (A + B \* 34.8, C + D \* 21.3)  
 14950 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 22!)  
 14960 LINE -(A + B \* 35!, C + D \* 22.2)  
 14970 LINE -(A + B \* 35.2, C + D \* 22.5)  
 14980 LINE -(A + B \* 37!, C + D \* 22.5)  
 14990 LINE -(A + B \* 37.5, C + D \* 21!)  
 15000 CIRCLE (A + B \* 36.3, C + D \* 21!), B \* .8, , 0, 3.2  
 15010 PSET (A + B \* 39.2, C + D \* 21!)  
 15020 LINE -(A + B \* 39.3, C + D \* 22!)  
 15030 LINE -(A + B \* 39.3, C + D \* 22.5)  
 15040 LINE -(A + B \* 40.7, C + D \* 22.7)  
 15050 LINE -(A + B \* 41.2, C + D \* 21.5)  
 15060 CIRCLE (A + B \* 42!, C + D \* 21.3), B \* .7, , 0, 3.2  
 15070 PSET (A + B \* 42.7, C + D \* 21.5)  
 15080 LINE -(A + B \* 42.3, C + D \* 23!)  
 15090 LINE -(A + B \* 43.5, C + D \* 23.3)  
 15100 LINE -(A + B \* 44.3, C + D \* 22.3)  
 15110 CIRCLE (A + B \* 45.2, C + D \* 22!), B \* .6, , 0, 3.2  
 15120 PSET (A + B \* 45.8, C + D \* 22.2)  
 15130 LINE -(A + B \* 45.3, C + D \* 23!)  
 15140 LINE -(A + B \* 44.8, C + D \* 23.5)  
 15150 LINE -(A + B \* 45.8, C + D \* 24!)  
 15160 LINE -(A + B \* 48!, C + D \* 21.5)  
 15170 LINE -(A + B \* 48.8, C + D \* 21.5)  
 15180 LINE -(A + B \* 49.1, C + D \* 22.2)  
 15190 LINE -(A + B \* 45.7, C + D \* 26.5)  
 15200 PSET (E + F \* 29, G + H \* 9!)  
 15210 LINE -(E + F \* 38, G + H \* 9!)  
 15220 LINE -(E + F \* 39, G + H \* 10)  
 15230 LINE -(E + F \* 43, G + H \* 10)

15240 LINE - (E + F + 48, G + H + 15)  
15250 LINE - (E + F + 46, G + H + 17)  
15260 LINE - (E + F + 50, G + H + 21)  
15270 LINE - (E + F + 44, G + H + 27)  
15280 LINE - (E + F + 35, G + H + 27)  
15290 LINE - (E + F + 41, G + H + 21)  
15300 LINE - (E + F + 38, G + H + 18)  
15310 LINE - (E + F + 40, G + H + 16)  
15320 LINE - (E + F + 35, G + H + 11)  
15330 LINE - (E + F + 33, G + H + 13)  
15340 LINE - (E + F + 29, G + H + 9)  
15350 PAINT (E + F + 33, G + H + 10)  
15360 PSET (E + F + 23, G + H + 15)  
15370 LINE - (E + F + 27, G + H + 19)  
15380 LINE - (E + F + 23, G + H + 23)  
15390 LINE - (E + F + 19, G + H + 19)  
15400 LINE - (E + F + 23, G + H + 15)  
15410 PAINT (E + F + 23, G + H + 18)  
15420 PSET (E + F + 23, G + H + 14)  
15430 LINE - (E + F + 23, G + H + 9)  
15440 LINE - (E + F + 18, G + H + 9)  
15450 LINE - (E + F + 23, G + H + 14)  
15460 PAINT (E + F + 20, G + H + 10)  
15470 PSET (E + F + 9, G + H + 10)  
15480 LINE - (E + F + 14, G + H + 10)  
15490 LINE - (E + F + 11.5, G + H + 12)  
15600 LINE - (E + F + 9, G + H + 10)  
15610 PAINT (E + F + 12, G + H + 11)  
15620 PSET (E + F + 14, G + H + 24)  
15630 LINE - (E + F + 18, G + H + 28)  
15640 LINE - (E + F + 10, G + H + 28)  
15650 LINE - (E + F + 14, G + H + 24)  
15660 PAINT (E + F + 14, G + H + 26)  
15670 PSET (E + F + 32, G + H + 24)  
15680 LINE - (E + F + 43, G + H + 35)  
15690 LINE - (E + F + 38, G + H + 40)  
15700 LINE - (E + F + 30, G + H + 40)  
15710 LINE - (E + F + 35, G + H + 35)  
15720 LINE - (E + F + 28, G + H + 28)  
15730 LINE - (E + F + 32, G + H + 24)  
15740 PAINT (E + F + 32, G + H + 27)  
15760 PSET (E + F + 23, G + H + 33)  
15770 LINE - (E + F + 26, G + H + 36)  
15780 LINE - (E + F + 22, G + H + 40)  
15790 LINE - (E + F + 16, G + H + 40)  
15800 LINE - (E + F + 23, G + H + 33)  
15810 PAINT (E + F + 22, G + H + 38)  
15820 LOCATE 9, 7: PRINT " I. T. G. E."  
15830 LOCATE 9, 57: PRINT " E. T. S. I. MINAS."  
16000 REM LIST 15760  
17003 LOCATE 5, 35: PRINT "PROGRAMA "; PROGRAMS  
17005 LOCATE 7, 36: PRINT "A 1.0 Sept./90"  
17010 COLOR 15  
17020 LOCATE 23, 11: PRINT "PAQUETE DE PROGRAMAS DE APOYO INFORMATICO A LA HIDROGEOLOGIA."  
17030 REM LOCATE 19, 25: PRINT " I METODOS INFORMATICOS"  
17060 FOR I = 1 TO 2  
17070 FOR J = 2 TO 24  
17080 LOCATE J, (I - 1) \* 79 + 1: PRINT CHR\$(186);  
17090 NEXT J  
17100 NEXT I  
17110 REM IF INKEY\$ = "" THEN GOTO 17110  
17120 LOCATE 1, 1: PRINT "  
17130 LOCATE 24, 1: PRINT "  
17140 LOCATE 22, 1: PRINT "  
17150 LOCATE 10, 1: PRINT "  
17155 LOCATE 24, 1: PRINT "  
17160 LOCATE 10, 1: PRINT CHR\$(204)

DESCENSO.BAS

GRUPO VIII

```
17162 LOCATE 10, 80: PRINT " "  
17180 LOCATE 10, 80: PRINT CHR$(185)  
17190 LOCATE 22, 1: PRINT CHR$(204)  
17200 LOCATE 22, 80: PRINT CHR$(185)  
18600 IF INKEY$ = "" GOTO 18600  
19000 RETURN  
25000 END
```

**VI. GRUPO IX: Programas para modelización de relacion  
río-acuífero y de series hidrológicas.**

**VI.1. PROGRAMA GLOVER**

**VI.2. PROGRAMA SHQ**

**VI.3. PROGRAMA MEDA**

VI.1 PROGRAMA GLOVER

INDICE

- VI.1.1. UTILIZACION
- VI.1.2. INTRODUCCION TEORICA
- VI.1.3. PROGRAMA DE ORDENADOR
  - VI.1.3.1. Definición
  - VI.1.3.2. Programación Principal
  - VI.1.3.3. Subrutina Detracción
  - VI.1.3.4. Función ERFC
- VI.1.4. FICHEROS UTILIZADOS
  - VI.1.4.1. Ficheros creados
- VI.1.5. EJEMPLO
- VI.1.6. LISTADO DEL PROGRAMA

## VI.1.1. UTILIZACION

El programa GLOVER calcula mediante un modelo Glover-Jenkins el descenso experimentado en el aporte natural de un acuífero a un río debido a la realización en aquél de un bombeo.

Permite simular cualquier serie de bombeos en el pozo, en cualquier sucesión de tiempos. La toma de datos se realiza de modo interactivo por pantalla y la salida de resultados se presenta simultáneamente en la pantalla y grabándose en un fichero cuyo nombre es solicitado al inicio del programa.

El programa está en versión ejecutable y para su funcionamiento basta teclear GLOVER.

Origen de datos: Jenkins (1968) y Rafael Medina.

## VI.1.2. INTRODUCCION TEORICA

El modelo Glover-Jenkins proporciona la distribución de caudal inducida por un bombeo constante  $Q$  en un pozo situado a una distancia  $d$  de un río. El acuífero se considera semi-infinito, homogéneo e isótropo con coeficiente de almacenamiento  $S$  y transmisividad  $T$ , constantes. Para conseguir las características de linealidad y que sea posible aplicar el principio de superposición, el río debe ser completamente penetrante y perfectamente conectado con el acuífero y las propiedades de éste no variarán con las oscilaciones de nivel.

Este modelo, propuesto por Jenkins (1968), emplea un parámetro denominado s.d.f. (stream depletion factor), con dimensiones de tiempo, y cuyo valor es:

$$\text{s.d.f.} = \frac{d^2 \cdot S}{T} \quad (\text{VI .1.2.1.})$$

La disminución del caudal del río  $Q_r$  viene dada por la fórmula:

$$Q_r = Q \cdot \text{erfc} \left( \frac{\text{s.d.f.}}{4t} \right) \quad (\text{VI .1.2.2.})$$

siendo erfc la función complementaria de error, dada por



$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt \quad (\text{VI .1.2.3.})$$

en donde  $t$  expresa el tiempo que dura el bombeo constante  $Q$ , y  $Q_r$  el caudal detraído de la aportación del acuífero al río. Dado que la simulación se realizará mes a mes, se supone que el caudal total bombeado en dicho mes se halla repartido de manera uniforme a lo largo de los treinta días del mismo.

La función de error complementario se calcula numéricamente por medio de una expresión polinomial sencilla, y que permite además dotar a la función de soporte acotado. La aproximación empleada es (Johnson, (1970)).

$$\operatorname{erfc}(x) = (at+bt^2+ct^3) \frac{2}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2}$$

que produce un error menor que  $10^{-5}$  para  $x > 0$ , con los siguientes valores:

$$a = 0,34802416$$

$$b = 0,09587987$$

$$c = 0,74785560$$

$$t = 1/(1 + 0.470466430 * x)$$

Para valores de  $x$  superiores a 3,5 puede tomarse  $\operatorname{erfc}(x) = 0$ , con un error menor que  $10^{-5}$ .

El procedimiento a seguir será:

- a) Determinación en el pozo del parámetro s.d.f.
- b) Calcular el caudal detraído aplicando la fórmula (VII.1.2.2).
- c) Aplicar la ley de superposición si hay cambio de caudal  $Q_1$  a  $Q_2$  en el tiempo  $t$  aplicando la fórmula:

$$Q_r = Q_1 \operatorname{erfc}\left(\frac{\text{s.d.f.}}{4t}\right) + (Q_2 - Q_1) \operatorname{erfc}\left(\frac{\text{s.d.f.}}{4(t-t_1)}\right)$$

para  $t > t_1$ , siendo  $t_1$  el tiempo que duró el bombeo del caudal  $Q_1$  y  $(t-t_1)$  el tiempo de duración del bombeo  $Q_2$ .

### VI.1.3. PROGRAMA DE ORDENADOR

#### VI.1.3.1. Definición

El programa GLOVER cuyo diagrama de bloques se presenta en la figura 6.1., está escrito en lenguaje FORTRAN-77, versión 3.31 de Microsoft para IBM-PC.

Es un programa interactivo que posibilita la introducción de datos mediante consola, generándose simultáneamente una salida por pantalla y fichero.

El programa consta de un módulo principal, una subrutina y una función.

#### VI.1.3.2. Programa Principal

Consta de tres bloques funcionales. En un primer bloque se realiza la inicialización de variables y se leen los datos del programa. En un segundo bloque se llama, para cada periodo de estudio, a la subrutina que realiza el cálculo de las detracciones, proceso que se realiza para cada bombeo distinto, teniendo en cuenta el tiempo de duración del mismo. En el último bloque se realiza la grabación de resultados y se insta al usuario si desea variar las condiciones de simulación.

#### VI.1.3.3. Subrutina DETRACCION

Es llamada desde el segundo bloque del programa principal y realiza el cálculo propiamente dicho del caudal detraído al río en función del volumen bombeado en el acuífero. Es llamada para cada uno de los periodos de tiempo que se estudian y consta de varios bloques:

En primer lugar, calcula el valor del parámetro s.d.f; en segundo lugar considera el bombeo existente anteriormente al periodo considerado; en tercer lugar, para cada uno de los bombeos distintos en el periodo, calcula la función erfc. Por último aplica el principio de superposición para determinar el caudal total detraído al río en el periodo considerado.

#### VI.1.3.4. Función ERFC

Es llamada desde la subrutina DETRACCION y realiza el cálculo de la función de error complementario aplicando la aproximación polinomial descrita en la introducción teórica.

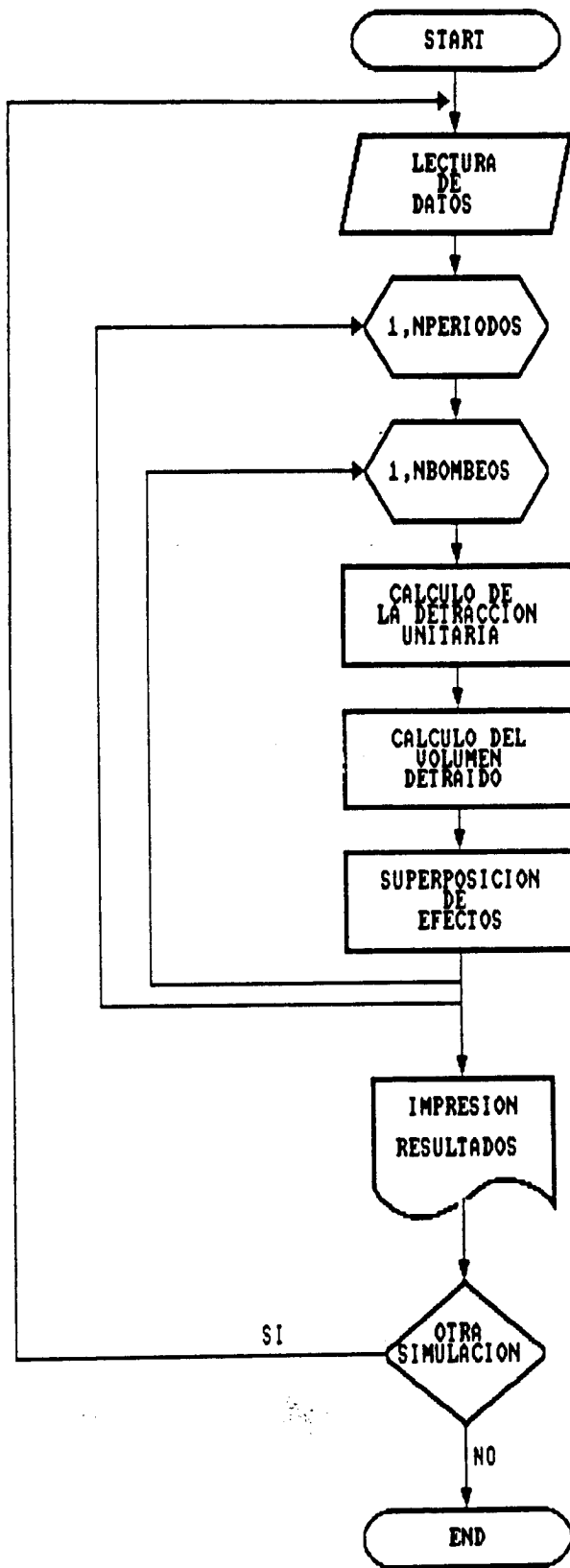


Figura 6.1

## VI.1.4. FICHEROS UTILIZADOS

El programa no utiliza ningún fichero de entrada de datos. La entrada se realiza por pantalla, como se especifica posteriormente.

## VI.1.4.1. Ficheros creados

La ejecución de este programa produce un fichero de salida de resultados, con el formato XXXXXXXX.XXX, que el usuario puede nombrar a su gusto. Este fichero se puede utilizar tanto para listar por pantalla como para imprimir los resultados.

Resultados obtenidos

Calcula mediante el modelo Glover-Jenkins el descenso experimentado en el aporte natural de un acuífero a un río debido a la realización de un bombeo. Va a proporcionar según los períodos considerados el volumen bombeado y el detraído ( $m^3$ ).

## VI.1.5. EJEMPLO

Calcular mediante el modelo de Glover-Jenkins, los volúmenes bombeados y detraídos, considerando 5 períodos para la salida; los datos a utilizar son: características del acuífero: transmisividad = 0,01 y coeficiente de almacenamiento = 0,001; la distancia del pozo al río es de 40m, el tiempo de estudio es de 80 días; y la sucesión de bombeos y su instante final es:

100,20  
80,40  
120,60  
100,80

El fichero de salida de resultados se llamó GLOVOUT.SAL.

Figura 6.2: Fichero de resultados GLOVOUT.SAL

TRANSMISIVIDAD (m<sup>2</sup>/dia) : .010

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO : .001

SIMULACION NUMERO : 1  
=====

DISTANCIA DEL POZO AL RIO (m) : 40.00

TIEMPO DE ESTUDIO (dias) : 80.

PERIODOS DE BOMBEO  
-----

BOMBEO (m <sup>3</sup> /dia)	INSTANTE FINAL DEL BOMBEO (dias)
100.0000	20.0
80.0000	40.0
120.0000	60.0
100.0000	80.0

NUM. DE TIEMPOS A CONSIDERAR PARA LA SALIDA DE RESULTADOS : 5

PERIODO (dias)	VOL. BOMBEADO (m <sup>3</sup> )	VOL. DETRAIDO (m <sup>3</sup> )	VOL. DET. ACUM. (m <sup>3</sup> )
1.0 - 16.0	1600.0000	9.0138	9.0138
17.0 - 32.0	1360.0000	109.0051	118.0189
33.0 - 48.0	1600.0000	235.6021	353.6210
49.0 - 64.0	1840.0000	345.0738	698.6949
65.0 - 80.0	1600.0000	465.6199	1164.3147

**VI.1.6. LISTADO DEL PROGRAMA**

```

*****
*
*   PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA DETRACCION PRODUCIDA EN UN PUNTO
*   DE UN ACUIFERO COMO COONSECUCENCIA DE UN BOMBEO EN OTRO PUNTO DEL
*   MISMO POR MEDIO DE UN MODELO GLOVER-JENKINS.
*
*   PROGRAMA IMPLEMENTADO EN IBM-PC POR EL DEPARTAMENTO DE MATEMATICA
*   APLICADA Y METODOS INFORMATICOS DE LA E.T.S.I. DE MINAS DE MADRID
*   DENTRO DEL CONVENIO CON EL IGME PARA EL DESARROLLO DE UN PAQUETE
*   DE APOYO INFORMATICO EN HIDROGEOLOGIA (PAI).NOVIEMBRE 1990.
*
*****
*   NOTA: ESTE PROGRAMA TRABAJA A TIEMPO VENCIDO, DEBIDO A ESTO
*   EN EL PRIMER PERIODO LA DETRACCION ES NULA
*
*****

```

C

```

INTEGER TP,T1,TIEM
DIMENSION Q(20,2),QR(40)
CHARACTER*12 FICH
CHARACTER*1 RDIST,RTIME,RNPER,RBOMB,PAS,NADA
call asco
CALL ENTRADA
WRITE(*,'(25(//)'' Nombre del fichero de salida ? ''',$)')
READ(*,'(A12)')FICH
OPEN(UNIT=8,FILE=FICH,STATUS='NEW')
WRITE(*,'(5(//)')')
WRITE(*,'(10X, '' Se generara un fichero llamado '' ,A12/
*5X, '' conteniendo los resultados generados por el programa''
*)')FICH
WRITE(*,'(6(//)')')
WRITE(8,*)'      NOTA: ESTE PROGRAMA TRABAJA A TIEMPO VENCIDO,'
WRITE(8,*)'      DEBIDO A ESTO EN EL PRIMER PERIODO LA DETRACCION'
WRITE(8,*)'      ES NULA.      '
RDIST='S'
RTIME='S'
RNPER='S'
RBOMB='S'
NCON=1
ITF=0
TIME1=0.
WRITE(*,'(//'' TRANSMISIVIDAD (m^2/dia) ? ''',$)')
READ(*,*)TRANS
WRITE(8,'(//'' TRANSMISIVIDAD (m^2/dia) '' ,F8.3)')TRANS
WRITE(*,'(//'' CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO ? ''',$)')
READ(*,*)STOR
WRITE(8,'(//'' CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO '' ,F8.3)')STOR
1 guardoi = 0.
IF(RDIST.EQ.'S'.OR.RDIST.EQ.'s')THEN
WRITE(*,'(//'' DISTANCIA DEL POZO AL RIO (m) ? ''',$)')
READ(*,*)DIST
WRITE(8,'(//'' DISTANCIA DEL POZO AL RIO (m) '' ,F8.2)')DIST
ENDIF
IF(RTIME.EQ.'S'.OR.RTIME.EQ.'s')THEN
WRITE(*,'(//'' TIEMPO DE ESTUDIO (dias) ? ''',$)')
READ(*,*)TIME
WRITE(8,'(//'' TIEMPO DE ESTUDIO (dias) '' ,F7.0)')TIME
IF(TIME1.NE.0.AND.TIME.GT.TIME1)THEN
Q(ITF+1,1)=0.
Q(ITF+1,2)=TIME
ITF=ITF+1
TIME1=TIME
ENDIF
IF(TIME1.EQ.0)TIME1=TIME
ENDIF
IF(RBOMB.EQ.'S'.OR.RBOMB.EQ.'s')THEN
WRITE(*,'(//'' AVISO : El instante final del ultimo bombeo debe
*coincidir ''/'' ---- con el tiempo de estudio. La no existencia
* de bombeo''/9X, ''se reflejara con un bombeo de 0 (m^3/dia)''/'')')
WRITE(*,'(//'' ESCRIBA LA SUCCESION DE BOMBEO (maximo 20).''/1X,32(

```

```

*''-''/' BOMBEO (m3/dia), INSTANTE FINAL DEL BOMBEO (dias)''')
WRITE(8,(' BOMBEO (m3/dia), INSTANTE FINAL DEL BOMBEO (dias)
*''')
DO 34 L=1,20
  Q(L,1)=0.
  Q(L,2)=0.
34 CONTINUE
DO 35 I=1,20
  READ(*,*)Q(I,1),Q(I,2)
  WRITE(8,*)Q(I,1),Q(I,2)
  IF(Q(I,2).EQ.TIME)GOTO 36
35 CONTINUE
36 ITF=I
ENDIF
IF(RNPER.EQ.'S'.OR.RNPER.EQ.'s')THEN
  WRITE(*,(' PERIODOS A CONSIDERAR PARA LA SALIDA DE ''
*''RESULTADOS (MAX 40) ?'',$)')
  READ(*,*)NPER
  WRITE(8,(' PERIODOS A CONSIDERAR PARA LA SALIDA DE ''
*''RESULTADOS '' ,I3)')NPER
ENDIF
TP=TIME/NPER
NBF=1
DO 44 NP=1,NPER
  NCOM=NP*TP
  NBI=NBF
  DO 45 NBF=1,20
    IF(Q(NBF,2).GE.NCOM)GOTO 46
45 CONTINUE
46 NBP=NBF-NBI+1
  CALL DETRACCION(TRANS,STOR,DIST,Q,QR,TP,NP,NBI,NBP,GUARDOI)
44 CONTINUE
*
* Salida de resultados
*
* Calculo de resultados
*
C
C Calculo de volúmenes
WRITE(*,300)NCON
WRITE(8,300)NCON
WRITE(*,100)
WRITE(8,100)
J=1
DO 54 I=1,NPER
  BOMBEO=0.
  RETRA=0.
141 IF(Q(J,2).LT.(TP*I))THEN
  IF(Q(J-1,2).GT.(TP*(I-1)))THEN
    TBOM=Q(J,2)-Q(J-1,2)
  ELSE
    TBOM=Q(J,2)-TP*(I-1)
  ENDIF
  BOMBEO=BOMBEO+Q(J,1)*TBOM
  J=J+1
  GOTO 141
ELSE
  IF(Q(J-1,2).GT.(TP*(I-1)))THEN
    BOMBEO=BOMBEO+Q(J,1)*(TP*I-Q(J-1,2))
  ELSE
    BOMBEO=Q(J,1)*TP
  ENDIF

```



```

ENDIF
RETRA=QR(I)*TP
JN=TP*(I-1)+1
IN=TP*I
WRITE(*,101)JN,IN,BOMBEO,RETRA
WRITE(8,101)JN,IN,BOMBEO,RETRA
54 CONTINUE
100 FORMAT(8X,'PERIODO',8X,'VOLUMEN BOMBEADO',3X,'VOLUMEN DETRAIDO',/
*9X,'(dias)',2(14X,'(m3)')/
*1X,20('-',),3X,16('-',),3X,16('-',))
101 FORMAT(8X,I4,'-',I4,8X,F11.4,3X,F11.4)
300 FORMAT(8X,'SIMULACION NUMERO :',I4)
WRITE(*,6(/),' Desea una nueva pasada (si/no) ? ',,$)
READ(*,(A1))PAS
IF(PAS.EQ.'N'.OR.PAS.EQ.'n')THEN
CLOSE(8)
STOP
ENDIF
WRITE(*,6(/)' Desea cambiar la distancia de bombeo ? ',,$)
READ(*,(A1))RDIST
WRITE(*,6(/)' Desea cambiar el tiempo de estudio ? ',,$)
READ(*,(A1))RTIME
WRITE(*,6(/)' Desea cambiar la secuencia de bombeos ? ',,$)
READ(*,(A1))RBOMB
WRITE(*,6(/)' Desea cambiar los intervalos de salida ? ',,$)
READ(*,(A1))RNPER
DO 64 L=1,40
QR(L)=0.
64 CONTINUE
NCON=NCON+1
GOTO 1
END

```



```

SUBROUTINE ENTRADA
WRITE(*,*) '-----'
write(*,*) '||
& WRITE(*,*) '|| PROGRAMA GLOVER
& WRITE(*,*) '||
& WRITE(*,*) '||
& WRITE(*,*) '||
&producida en || Programa para el calculo de la detracción
WRITE(*,*) '|| un punto de un acuífero como consecuencia
&de un bombeo ||
WRITE(*,*) '|| en otro punto del mismo, por medio del mod
&elo de ||
WRITE(*,*) '|| Glover-Jenkins.
& WRITE(*,*) '||
&ARTAMENTO DE || Programa implementado en PC-IBM por el DEP
WRITE(*,*) '||
& DE LA ||
WRITE(*,*) '|| E.T.S.I. DE MINAS DE MADRID dentro del con
&venio con el ||
WRITE(*,*) '|| I.T.G.E. para el desarrollo de un paquete
&de Apoyo ||
WRITE(*,*) '|| Informático en Hidrogeología (PAI).
& WRITE(*,*) '||
& WRITE(*,*) '|| Noviembre 1990.
& WRITE(*,*) '||
& WRITE(*,*) '||
&-----'

write(*,'(/////)' )
WRITE(*,*) ' PULSE INTRO PARA CONTINUAR'
READ(*,'(A)')NADA
WRITE(*,'(////////////////////////////////////)' )
RETURN
END

```

```

C
SUBROUTINE DETRACCION(TRANS,STOR,DIST,Q,QR,TP,NP,NBI,NBP,GUAR1)
@*****
* NB=Numero del periodo de bombeo en estudio
* NBP=Numero de periodo bombeos actuando en el periodo de detraccion
* TP=Duracion del periodo de detraccion en estudio
*****
INTEGER TP,T1,TIEM
DIMENSION Q(20,2),QR(40)
SDF=DIST**2*STOR/TRANS
GUARDO=GUAR1
I=0
1 I=I+1
DO 24 J=1,NBP
NB=NBI+J-1
IF (Q(NB,1).EQ.GUARDO)THEN
BOMBANT=Q(NB,1)
ELSE
if(NB.eq.1)THEN
bombant=0.
else
BOMBANT=Q(NB-1,1)

```

```

endif
ENDIF
IF(NB.EQ.1)THEN
  TIEM=0
ELSE
  TIEM=Q(NB-1,2)-((NP-1)*TP)
ENDIF
IF(TIEM.LT.0)THEN
  TIEM=0
ENDIF
ERFI=ERFC(SDF/(4*((TP*I)-TIEM)))
T1=NP+I
QR(T1)=QR(T1)+ERFI*(Q(NB,1)-BOMBANT)
GUARDO=Q(NB,1)
24 CONTINUE
GUARDO=GUAR1
IF(T1.LT.40)GOTO 1
GUAR1=Q(NB,1)
10 RETURN
END

```

C

```

FUNCTION ERFC(X)
*****
*
* APROXIMACION POLINOMICA DE LA FUNCION COMPLEMENTARIA DE ERROR *
*
* Esta funcion es de la forma: *
*      2      (inf -t*t *
* erfc(x)= ----- : e dt = 1-erf(x) *
*      sqrt(pi) )x *
*
* Y se toma la siguiente aproximacion: *
*      2      -x*x *
* erfc(x) = (a*t+b*t*t+c*t*t*t) ----- e *
*      sqrt(pi) *
* que produce un error menor que 1.e-05. para x>0. *
*
* El valor de los coeficientes a,b y c y de la variable t *
* son dados en el programa. *
*
* Bibliografia: *

```

```
*      JOHNSON,KOTZ Continous Univariate Distributions-I      *
*      Distributions in Statistics (Wiley 1970)                *
*
*****
*
C A PARTIR DE X=3.5,ERFC=0. CON UN ERROR <1.E-05
  IF(X.LE.3.5)THEN
    T=1./(1+.47046643*X)
    POL=0.34802416*T-0.09587987*T*T+0.74785560*T*T*T
    Z=EXP(-X*X)
    ERFC=POL*Z
  ELSE
    ERFC=0.
  ENDIF
  RETURN
  END
```

**VI.2. PROGRAMA SHQ**

**INDICE**

- VI.2.1. UTILIZACION
- VI.2.2. INTRODUCCION TEORICA
- VI.2.3. PROGRAMA DE ORDENADOR
- VI.2.4. FICHEROS UTILIZADOS
  - VI.2.4.1. Ficheros creados
- VI.2.5. EJEMPLO
- VI.2.6. LISTADO DEL PROGRAMA

### VI.2.1. UTILIZACION

El programa SHQ calcula, mediante la aplicación del método de autovalores de Sahuquillo, las funciones de influencia, que expresan, el cociente entre el caudal retraído al río y el caudal bombeado del acuífero en un pozo situado a una cierta distancia del río. Es aplicable a un acuífero rectangular, homogéneo, con tres lados impermeables y uno de nivel constante (el de conexión con el río). La función obtenida es independiente del caudal bombeado en el pozo. Los datos se introducen de modo interactivo, mientras que los resultados pueden visualizarse por pantalla o grabarse en un fichero, cuyo nombre es solicitado por el programa. Los resultados que se registran son los valores del cociente entre el caudal retraído y el caudal bombeado, para distintos instantes de tiempo.

El programa está en versión ejecutable y para su funcionamiento basta teclear SHQ.

Origen de datos: Programa original de Andrés Sahuquillo, Universidad Politécnica de Valencia.

### VI.2.2. INTRODUCCION TEORICA

El problema consiste en determinar los autovalores y autofunciones del sistema:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( T_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( T_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + S\phi = 0$$

con las condiciones de contorno:

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = 0 \quad \text{en } x = 0$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \quad \text{en } y = \pm D$$

$$\phi = 0 \quad \text{en } x = L$$

siendo  $\phi$  la altura piezométrica,  $T_x$  y  $T_y$  las transmisividades en las direcciones perpendicular y paralela al río y  $S$  el coeficiente de almacenamiento.

En estas condiciones, se demuestra que la relación entre el caudal constante bombeado  $Q$  a una distancia "a" del borde impermeable, y el caudal retraído al río  $Q_r$  viene dada (Sahuquillo, A., 1983) por:

$$\frac{Q_r}{Q} = \sum_{i=0}^{\infty} b_i (1 - e^{-(2i+1)^2 \alpha t})$$

siendo

$$b_i = \frac{(-1)^i}{\pi(1+2i)} \cos(1+2i)\gamma$$

$$\gamma = \frac{\pi \cdot a}{2L}$$

$$\alpha = \frac{\pi^2 \cdot T_x}{4SL^2}$$

El valor de  $Q_r$  puede observarse que es independiente de la transmisividad  $T_y$  en la dirección paralela al río y de la dimensión del acuífero en esa dirección (2D).

#### VI.2.3. PROGRAMA DE ORDENADOR

El programa SHQ cuyo diagrama de bloques se presenta en la figura 6.3. está escrito en lenguaje FORTRAN-77, versión 3.31 de Microsoft para IBM-PC.

Es un programa interactivo, que permite la introducción de datos por la consola, generándose simultáneamente una salida por pantalla y un fichero de resultados cuyo nombre solicita el programa.

El programa consta de un único módulo, estructurado en tres bloques. En un primer bloque se realiza la lectura de las características del acuífero y la posición del pozo. En un segundo bloque, se realiza el cálculo de la función de influencia. En un tercer bloque, se realiza la impresión de resultados y se insta al usuario si desea una nueva pasada del programa.

#### VI.2.4. FICHEROS UTILIZADOS

El programa no utiliza ningún fichero de entrada, la cual se realiza de modo conversacional. La salida de resultados se graba en un fichero cuyo nombre es solicitado por el programa, y que puede ser posteriormente editado o impreso.



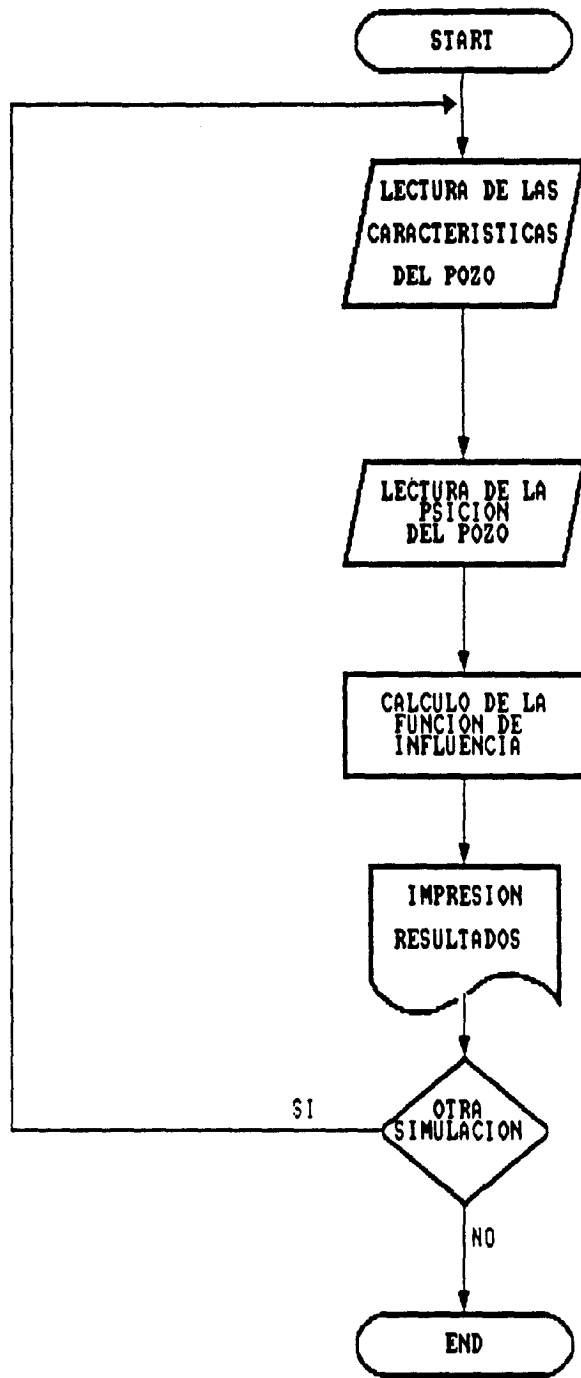


Figura 6.3

#### VI.2.4.1. Ficheros creados

La ejecución de este programa produce un único fichero de salida de resultados, con el formato XXXXXXXX.XXX que el usuario puede nombrar a su gusto. Este fichero se puede utilizar tanto para listar por pantalla como para imprimir los resultados.

#### Resultados obtenidos

Calcula las funciones de influencia, cociente entre caudal retraído al río y caudal bombeado del acuífero para cada período de tiempo.

#### VI.2.5. EJEMPLO

Calcular mediante la aplicación del método de los autovalores de Sahuquillo, las funciones de influencia entre caudal retraído al río situado a 150m de un pozo. Eligiéremos la opinión 1 de entrada de datos, y aportaremos los valores de transmisividad:  $1000\text{m}^2/\text{dia}$ , coef. de almacenamiento = 0,2, y distancia del río al borde impermeable=1000m. El fichero de salida lo nombramos como SHQOUT.SAL.

Figura 6.4: Fichero de resultados SHQOUT.SAL.

## DATOS DE ENTRADA

-----  
TRANSMISIVIDAD = 1000 M<sup>2</sup>/DIA  
COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO = .20 (ADIM.)  
DISTANCIA RIO-BORDE IMPERMEABLE = 3000.0 M.  
DISTANCIA DEL POZO AL FIN DEL ACUIFERO = 2850.0 M.

## RESULTADOS

-----  
TIEMPO = 2. DIAS QR/Q = .28869070  
TIEMPO = 6. DIAS QR/Q = .54031140  
TIEMPO = 14. DIAS QR/Q = .68851420  
TIEMPO = 30. DIAS QR/Q = .78420160  
TIEMPO = 62. DIAS QR/Q = .84892450  
TIEMPO = 126. DIAS QR/Q = .89369990  
TIEMPO = 254. DIAS QR/Q = .92514680  
TIEMPO = 510. DIAS QR/Q = .95016680  
TIEMPO = 1022. DIAS QR/Q = .97538960  
TIEMPO = 2046. DIAS QR/Q = .99395360  
TIEMPO = 4094. DIAS QR/Q = .99963500

**VI.2.6. LISTADO DEL PROGRAMA**



```

WRITE(8,(' COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO =',F4.2,' (ADM.)')
*'')S
ELSE
WRITE(8,(' ALPHA =',F5.2)')ALPHA
END IF
WRITE(8,(' DISTANCIA RIO-BORDE IMPERMEABLE =',F7.1,' M.')')
*AL
WRITE(8,(' DISTANCIA DEL POZO AL PIN DEL ACUIPERO =',F7.1,' M.
*'')')A
ELSE
CONTINUE
END IF
IF(RESPO(1:1).EQ.'S'.OR.RESPO(1:1).EQ.'s')THEN
WRITE(8,('///20X,' RESULTADOS'/21X,10(''-')//'))
END IF
GAMMA=(3.1416*A/2)/AL
T=1.0
999 QRQ=1.0
AMENOS=-1.0
ADOSEN=-1.0
DO 100 I=1,100
AMENOS=-1.0*AMENOS
ADOSEN=ADOSEN+2.0
TT=4.*T-2.
SUM=AMENOS/ADOSEN*COS(ADOSEN*GAMMA)*EXP(-ADOSEN*ADOSEN*ALPHA*TT)
QRQ=QRQ-4./3.1416*SUM
IF(SUM.LE..000001.AND.I.GT.10)GO TO 150
100 CONTINUE
WRITE(*,*)'EXCEDIDOS 100 TERMINOS'
IF(RESPO(1:1).EQ.'S'.OR.RESPO(1:1).EQ.'s')THEN
WRITE(8,*)'EXCEDIDOS 100 TERMINOS'
END IF
150 CONTINUE
WRITE(*,620)TT,QRQ
IF(RESPO(1:1).EQ.'S'.OR.RESPO(1:1).EQ.'s')WRITE(8,620)TT,QRQ
620 FORMAT(' TIEMPO =',F10.0,' DIAS      QR/Q = ',F10.8)
T=2.*T
IF(T.GT.3.*365.)GO TO 1000
GO TO 999
1000 WRITE(*,*)' DESEA REALIZAR OTRA PRUEBA (S/N) ?'
READ(*, '(A1)')DECI
IF(DECI.EQ.'S'.OR.DECI.EQ.'s')GOTO 10
CLOSE(8)
END

```



### VI.3.1. CONCEPTOS EN USO CONJUNTO

Debe entenderse por uso conjunto o utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas, a las diversas operaciones capaces de dejar satisfecha una necesidad en cantidad, calidad, espacio y tiempo, poniendo en juego elementos del sistema de recursos hidráulicos tanto superficial como subterráneo, integrados ambos en torno a una estrategia.

El uso conjunto aplicado a demandas agrícolas, tendrá la misma definición pero la estrategia a emplear será la adecuada para dejar satisfecha una necesidad, de estructura espacial y temporal, de tipo agrícola.

Dos conceptos parece preciso definir: regulación y sistema de recursos hidráulicos.

Regulación, es el proceso de adecuación de las aportaciones a las demandas en cantidad, calidad, espacio y tiempo.

La estructura de las aportaciones las define el ciclo hidrológico, mientras que la estructura de la demanda es acorde con las necesidades humanas.

En definitiva, regular no es obtener caudales continuos en el tiempo, que sería afín a regularidad, sino conseguir las cantidades de agua necesarias y con la calidad requerida en el lugar preciso del espacio y en el momento concreto en el tiempo en que la aplicación de agua es demandada.

La regulación va asociada al concepto de garantía, entendida tal, como la relación entre los periodos en que la demanda ha podido ser satisfecha y el número total de periodos en que volúmenes determinados de agua han sido requeridos para un uso concreto.

Un sistema de recurso hidráulicos es un conjunto de elementos de suministro, regulación, transporte, distribución y protección de la calidad del agua, que permite llevar a término el proceso de regulación en sentido amplio.

El manejo del sistema de recursos hidráulicos para el logro satisfactorio de un fin, requiere disponer de un conjunto de reglas operativas de actuación dentro de dicho sistema.

Estas reglas han sido obtenidas a lo largo del tiempo por múltiples caminos: la experiencia, cálculos y reglas sencillas, métodos analógicos, etc.



### VI.3.2. CONCEPTOS EN MODELIZACION PRECIPITACION-ESCORRENTIA.

Los modelos de precipitación-escorrentía, así como los de precipitación-nivel, conforman un grupo específico de herramientas de simulación que tienen por objetivo prioritario la generación de series temporales de escorrentías, o en su caso, de niveles piezométricos, basándose en la serie de datos de precipitación y temperatura asignables a la zona en estudio y al conjunto de parámetros físicos característicos que definen al sistema superficial y subterráneo.

Habida cuenta de la amplitud de la definición dada se comprende la diversidad de métodos y algoritmos que pueden integrarse en este grupo de modelos.

Desde el punto de vista del algoritmo a emplear, los modelos pueden ser continuos en tiempo y espacio, discretos en tiempo y continuos en espacio y su viceversa, o bien discretos en el tiempo y espacio.

Pueden ser adecuados para la generación de escorrentías superficiales, subterráneas y totales, niveles piezométricos en acuíferos y como estimadores de recargas.

Las fases de construcción y explotación de estas herramientas, son en términos generales las cuatro siguientes:

- . Identificación y análisis de datos.  
Donde se estudia las cuencas, intercuenas o acuíferos a tratar, algoritmo y programa de ordenador, tipo de condiciones de borde, series a calibrar y simular, etc.
- . Estimación de parámetros iniciales.  
Se fija el rango de valores de parámetros físicos e hidrológicos que tienen que ser aplicados al modelo, haciendo uso de estudios y estimaciones complementarias.
- . Ajuste o calibración.  
Se varían los parámetros de ajuste entre los rangos establecidos hasta conseguir coincidencia, con arreglo a un criterio de error ordenado, entre valores reales medidos y los calculados por el modelo.
- . Explotación del modelo. Simulación.  
Con la herramienta calibrada, se simulan series reales o sintéticas de precipitación para reproducir series de análoga longitud y correspondencia en escorrentías o niveles.

El grupo de modelos que a continuación se diseñan, están basados en el modelo MEDA (BGyM. T XCV-I. 1984. A. Iglesias) y son de particular utilización en el estudio de las descargas y variaciones piezométricas de acuíferos en base a los parámetros hidrogeológicos y geométricos que conforman el medio físico.

### VI.3.3. DISEÑO CONCEPTUAL DEL MODELO "MEDA".

#### VI.3.3.1. Modelo MEDA de Precipitación-Caudal

Este modelo, precursor de todos los que se incluyen en este trabajo, tienen un pormenorizado detalle en el artículo ya citado del Boletín Geológico y Minero de 1984.

En síntesis, se dispone de una serie de medidas de caudales mensuales de drenaje de un acuífero para un período corto de años (SQ).

Se dispone, asimismo, de una serie de precipitaciones sobre el área de recarga para un largo período de tiempo (SP), de tal suerte que el período de (SQ) esté comprendido en el de (SP).

El modelo MEDA (modelo para el estudio de descargas de acuíferos) pretende obtener, por restitución, una serie de caudales de descarga para el período largo (SP).

El caudal de una fuente, o la descarga de un acuífero en general, no se correlaciona con la precipitación con carácter mensual. Las descargas dependen del volumen almacenado en el acuífero, por encima de la cota de drenaje, y dicho volumen se correlaciona con las lluvias habidas en varios meses o incluso en años anteriores.

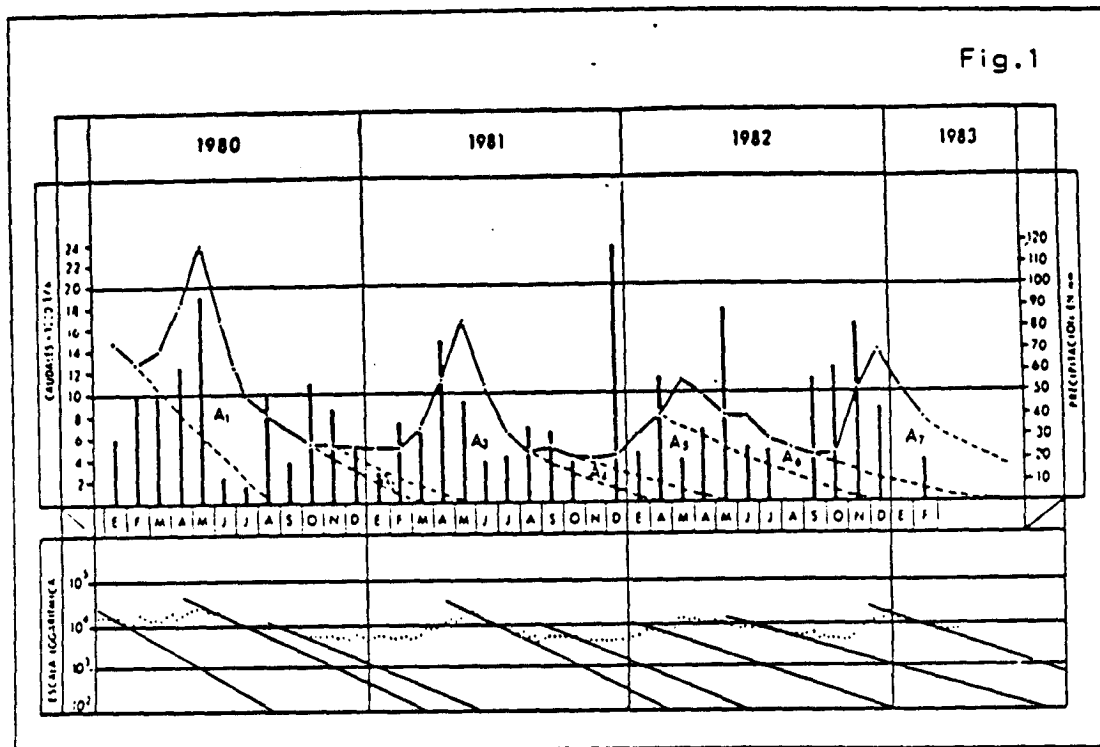
Sin embargo, donde sin duda se establece una interdependencia clara, es entre la precipitación de un período y el volumen de descarga acontecido a lo largo del tiempo, como consecuencia de esta precipitación.

El método para calcular el volumen de descarga consecuente a una precipitación dada, puede encontrarse en el informe del Instituto Geológico y Minero de España "Estudio del manantial de Alomartes". Plan de Urgencia de Andalucía. Emilio Castillo (INGEMISA) 1981.

El hidrograma de una de las fuentes estudiadas para el período conocido SQ se incluye en la fig. 1, en escalas, natural y semilogarítmica, junto a las precipitaciones mensuales acontecidas en el mismo período.

Las rectas de agotamiento del gráfico semilogarítmico, se extrapolan en el natural, pudiendo observarse que, entre cada dos agotamientos queda limitada un área A.

Esta área, representa el volumen de agua descargado por el acuífero como consecuencia de la precipitación caída en el período comprendido entre el final de un agotamiento y el principio del siguiente.



Dado que la precipitación y el volumen descargado son causa y efecto respectivamente, podría intentarse correlacionarlos estadísticamente. De este modo, en base a la serie de precipitaciones, podrían restituirse los caudales de descarga del acuífero para el mismo período.

Los valores que se obtienen para el coeficiente de correlación en los diversos casos estudiados, son muy altos, del orden de 0.9, tanto con correlación ortogonal como potencial, habiéndose obtenido resultados parecidos, en el citado como bibliografía anteriormente (Correlación potencial  $r = 0.83$ . E. Castillo 1981).

En consecuencia puede admitirse que, el volumen descargado puede relacionarse con la precipitación mediante expresiones sencillas, del tipo

$$V = m P + n \quad \text{o bien} \quad V = m P^n$$

V=volumen descargado en un tiempo indefinido, consecuencia de una precipitación P.

m y n = parámetros adimensionales.

Estas relaciones, se han obtenido para los casos "medibles" del hidrograma, comprendidos entre el final de un agotamiento y el principio del otro, como se ha visto, pero puede admitirse que existe la misma correlación entre la precipitación de un mes y el volumen que se descarga como consecuencia de ésta precipitación, que es en definitiva el mismo concepto.

El segundo paso a dar, es el estudio de la curva de agotamiento.

Tal y como es bien conocido, la función más usualmente ajustable para dicha curva, viene dado por:

$$Q = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$$

$Q_0$  = Valor del caudal a tiempo inicial

$Q$  = Caudal en el instante  $t$

$t$  = Tiempo

$\alpha$  = Coeficiente de agotamiento, característico del acuífero

Por tanto

$$\log Q = \log Q_0 - \alpha \cdot t \cdot \log e$$

$$\log Q = \log Q_0 - K \cdot t \tag{1}$$

Que representada en escala semilogarítmica es una recta de pendiente

$$K = \alpha \cdot \log e$$

$$K = 0.4343\alpha$$

que permite obtener el valor del coeficiente de agotamiento por el procedimiento clásico. De la expresión (1), pueden obtenerse algunas conclusiones prácticas:

$$\log \left( \frac{Q}{Q_0} \right) = -Kt$$

$$\frac{Q}{Q_0} = \text{antilog}(-Kt) = B = \text{Constante}$$

Es decir, puede establecerse que, el caudal en un momento dado es función del caudal de un período anterior multiplicado por un coeficiente  $B$  comprendido entre 0 y 1.

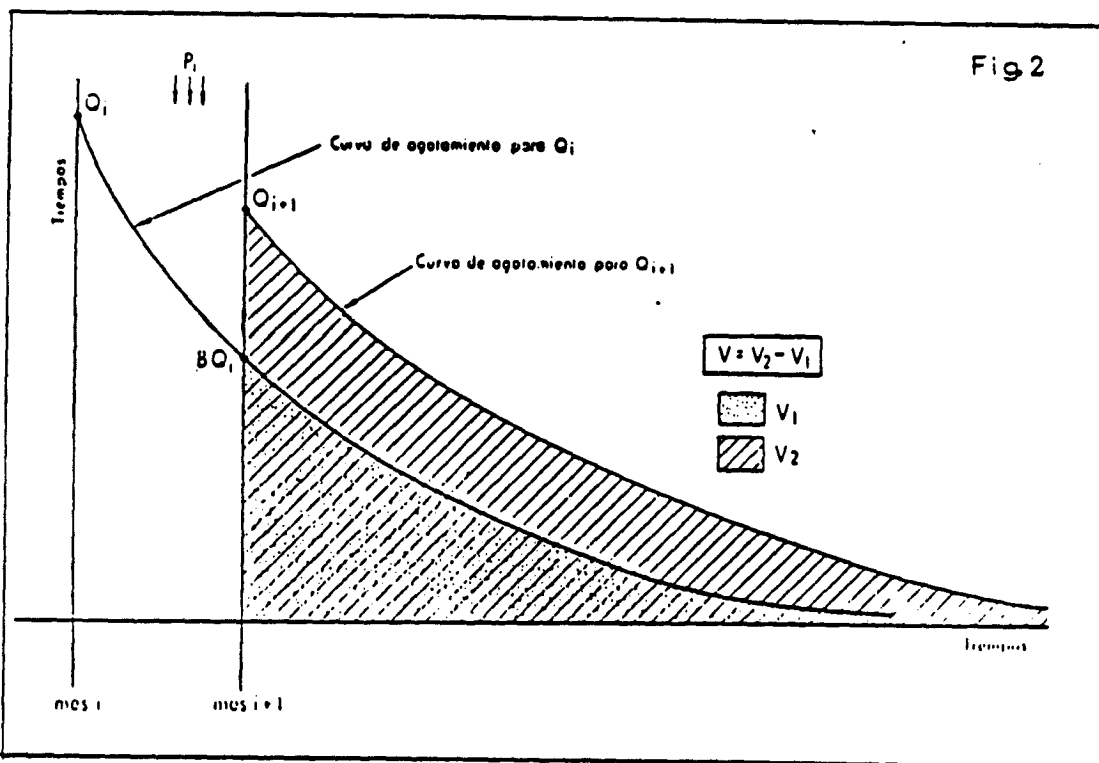
Si el periodo es de un mes:

$$\frac{Q}{Q_0} = \text{antilog.}(-30K)$$

En este caso se definirá B como el "coeficiente de disminución mensual", y será un valor comprendido entre 0 y 1, tal que al multiplicarlo por el caudal de un mes, se obtendría el caudal al siguiente mes en ausencia de recarga.

Para el ejemplo expuesto en la fig. 1, los valores de B obtenidos oscilan entre 0.50 y 0.66, lo que implica que, en el periodo de agotamiento, el caudal de descarga está comprendido entre el 50% y el 66% del caudal del mes anterior.

La última etapa del diseño del modelo MEDA, se llevará a cabo con ayuda de la fig. 2.



En el mes  $i$ , el caudal de descarga es  $Q_i$ . Si no existiera recarga en este mes, el caudal del mes  $i+1$ , sería  $BQ_i$ .

Sin embargo, dado que puede existir una precipitación  $P_i$ , el caudal tendrá en realidad un valor superior en el mes  $i+1$ :  $Q_{i+1}$ .

La precipitación  $P_i$ , incrementará el volumen almacenado en el acuífero en una cantidad equivalente al área comprendida entre las dos curvas de agotamiento representadas.

El cálculo de este volumen puede realizarse por sustracción entre las áreas limitadas entre las curvas de agotamiento y el eje de tiempos.

El volumen almacenado cuando el caudal vale  $Q_{i+1}$  viene dado por:

$$V_2 = \int_0^{\infty} Q_{i+1} e^{-\alpha t} dt = \frac{Q_{i+1}}{\alpha}$$

En este mismo momento, el volumen almacenado como consecuencia del caudal  $Q_i$  del mes anterior será:

$$V_1 = \int_0^{\infty} BQ_i e^{-\alpha t} dt = \frac{B \cdot Q_i}{\alpha}$$

El volumen  $V$ , que se ha almacenado como consecuencia de las lluvias del mes  $P_i$  será:

$$V = V_2 - V_1 = \frac{Q_{i+1}}{\alpha} - \frac{B \cdot Q_i}{\alpha}$$

Naturalmente se pretende calcular  $Q_{i+1}$

$$Q_{i+1} = V \cdot \alpha + BQ_i$$

Pero  $V_1$  es el volumen de descarga consecuencia de la precipitación del mes y como se ha visto, es ajustable por correlación ortogonal o potencial:

$$V = MP_i + N$$

ò bien

$$V = M(P_i)^N$$

Por tanto

$$Q_{i-1} = (MP_i + N)\alpha + BQ_i \quad \text{obten. } Q_{i-1} = M(P_i)^n \cdot \alpha + BQ_i \quad (2)$$

Es decir, el caudal de un mes es función del caudal del mes anterior y de la precipitación del mes anterior, quedando definido por cinco parámetros de ajuste:

M y P : Parámetros de la correlación  
 $\alpha$  : Coeficiente de agotamiento  
 B : Coeficiente de disminución mensual (ligado a  $\alpha$ )  
 Q : Un caudal inicial dado al azar que solo influirá en los valores de

unos pocos meses siguientes, caso de ser conocido, puede darse un valor real.

Con lo dicho queda planteado el modelo MEDA.

Mediante la fórmula (2) puede calcularse los caudales de cada mes en base a la precipitación y caudales del mes anterior y a los parámetros característicos del acuífero.

Cada caudal calculado será de un modo iterativo, el caudal de entrada del mes siguiente.

El cálculo se realiza para toda la serie (SP) de precipitaciones conocidas.

Los valores obtenidos para el período de caudales conocidos SQ, se comparan con los reales medidos (fig. 3) efectuándose así el proceso de calibración, mediante el oportuno cambio de los parámetros de ajuste: Q, B,  $\alpha$ , M y N.

- . Con M y N se gradúa la amplitud y situación de la escala.
- . Con  $\alpha$  y B se gradúan las pendientes de los agotamientos.

Cuando la calibración para el período conocido se considera satisfactoria, se dan por buenos los valores obtenidos para el resto de la serie.

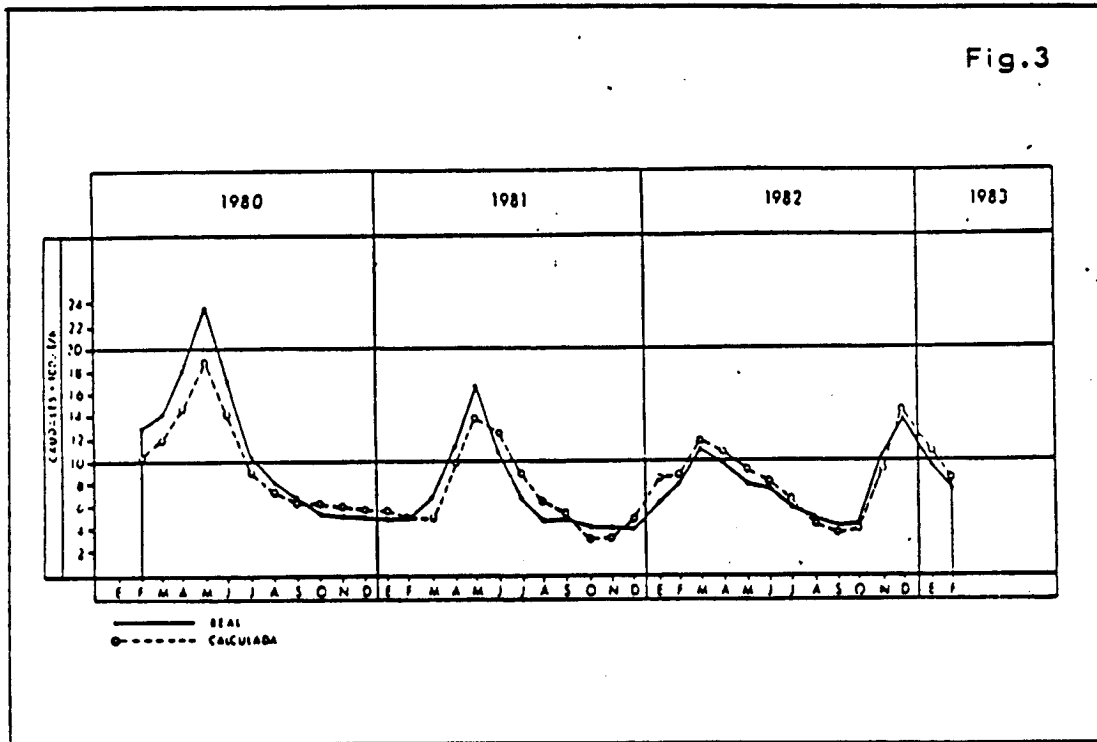
Las pruebas efectuadas con este modelo son en general satisfactorias, pero deben formularse las siguientes consideraciones:

. Es necesario disponer de un hidrograma, para un período suficientemente representativo, en el que existan valores de precipitación máximas y mínimas.

. Hay que estudiar convenientemente los parámetros B y  $\alpha$  del acuífero y no permitir que la calibración se efectúe con valores fuera de rango entre los calculados.



. Admitir que estos parámetros, pueden tener diversos valores, según el estado de niveles en el acuífero y que deben introducirse en el programa con los oportunos bloques condicionales.



. La correlación lineal (ortogonal) tiene un rango de validez. Para valores demasiado bajos, puede dar resultados anómalos e incluso negativos, que deben ser igualados a cero en el programa.

. La correlación potencial e incluso la lineal, puede dar subidas demasiado altas, para rangos muy altos de la precipitación, sobre todo en meses de verano que tengan lluvias anormalmente altas.

. El modelo, tiene aplicación a acuíferos que reaccionen con la precipitación de un modo rápido, independientemente de que su agotamiento sea lento.

Posteriormente, sucesivos análisis del modelo, han dado lugar a mejoras sustanciales en su formulación. La primera de las investigaciones, condujo a

analizar las deficiencias de utilizar únicamente la precipitación como elemento de correlación. Dicha precipitación, se presenta como causante directa del incremento de agua en el acuífero y sin embargo es la lluvia útil, diferencia entre precipitación y evapotranspiración real, la que forma parte de la recarga en el acuífero.

Las fórmulas de cálculo de lluvia útil en función de precipitación y temperatura y otros parámetros de clima y situación geográfica, son diversas, únicamente aproximadas y aplicables a regiones y climas concretos.

Después de analizar los valores de la ETP y ETR en España, a través de "Guía resumida del clima en España". Instituto Nacional de Meteorología 1982 y "Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España". Francisco Elías Castillo y Rafael Gimenez Ortiz 1965, se propone para aplicar al modelo MEDA:

$$\text{Lluvia útil} = P_i - (T_i)^\beta$$

para el mes  $i$ , donde  $\beta$  es un parámetro de calibración cuyo valor medio aproximado es 1.4, y podrá variar entre 1.3 y 1.6, siendo más adecuados los valores altos para zonas cálidas y los más bajos para las más frías.

En consecuencia, la recarga para el mes  $i$ , vendrá dada por:

$$R_i = M(P_i - (T_i)^\beta)^n$$

y el modelo MEDA tomará la forma:

$$Q_{i+1} = M(P_i - (T_i)^\beta)^n \cdot \alpha + BQ_i$$

(A. Iglesias. 1985.)

Es posible también, incluir bombeos, como un volumen de agua que se extrae mensualmente, con la limitación, a veces insalvable, de que los bombeos no produzcan afecciones dinámicas al punto de descarga.

En este caso, y siendo  $W_i$  el volumen bombeado en el mes  $i$ , podría admitirse:

$$Q_{i+1} = M(P_i - (T_i)^\beta)^n \cdot \alpha + BQ_i - W_i \cdot \alpha$$

(A. Iglesias. 1985)

Otra de las posibilidades que pueden ser incluidas en este modelo es la de calibración automática de sus parámetros. El Método, está desarrollado haciendo uso del algoritmo de Marquard

y puede ser analizado en el documento informe de 1985 del Convenio entre el IGME y el Departamento de Matemática Aplicada y Métodos Informáticos de la ETSIM (Programa "Marq". Elorza Tenreiro, Javier. 1985).

Asimismo, se han investigado métodos de tratamiento de la nieve, haciendo uso de acumuladores (Cueva Lobelle, Juan Manuel e Iglesias López, Alfredo. 1985) y métodos de correlación múltiple entre los caudales y la precipitación de un conjunto de meses anteriores (Cueva Lobelle, J.M. y Elorza Tenreiro, J. 1985).

En cualquier caso, la calibración automática, puede ser de gran utilidad, pero en ningún caso deben dejarse variar los parámetros libremente, sino que es preciso acotar los valores máximo y mínimo en que deben moverse, en función de la experimentación y de los datos que se tengan del acuífero.

Queda por último indicar, que el modelo MEDA de precipitación-caudal, puede y debe generalizarse. En principio, la correlación potencial se ha declarado como más útil que la lineal y en cualquier caso, determinados valores de los parámetros de ajuste, M y N en la potencial tendrán diferencias cuantitativas con el ajuste lineal de muy poca entidad en general, y para el caso de la forma que adopta el valor de la infiltración frente a la precipitación.

Debe adoptarse en consecuencia, la fórmula de ajuste potencial de una manera generalizada. De igual modo, es mucho más realista el cálculo mediante lluvia útil que mediante simple precipitación y da mejores ajustes en todas las circunstancias. Además, el caso de cálculo con precipitación es un caso particular del que utiliza lluvia útil para  $T=0$ .

Luego en términos generales:

$$Q_{i+1} = M(P_i - (T_i)^b)^N \cdot a + BQ_i - W_{i+1} \cdot a$$

En ausencia de bombeos  $W_{i+1} = 0$

y

$$Q_{i+1} = M(P_i - (T_i)^b)^N \cdot a + BQ_i$$

que es la fórmula más general y utilizable del modelo MEDA, y que sólo en el caso de que no se disponga de temperatura o quiera utilizarse precipitación en lugar de lluvia útil, con  $T=0$  se reduciría a:

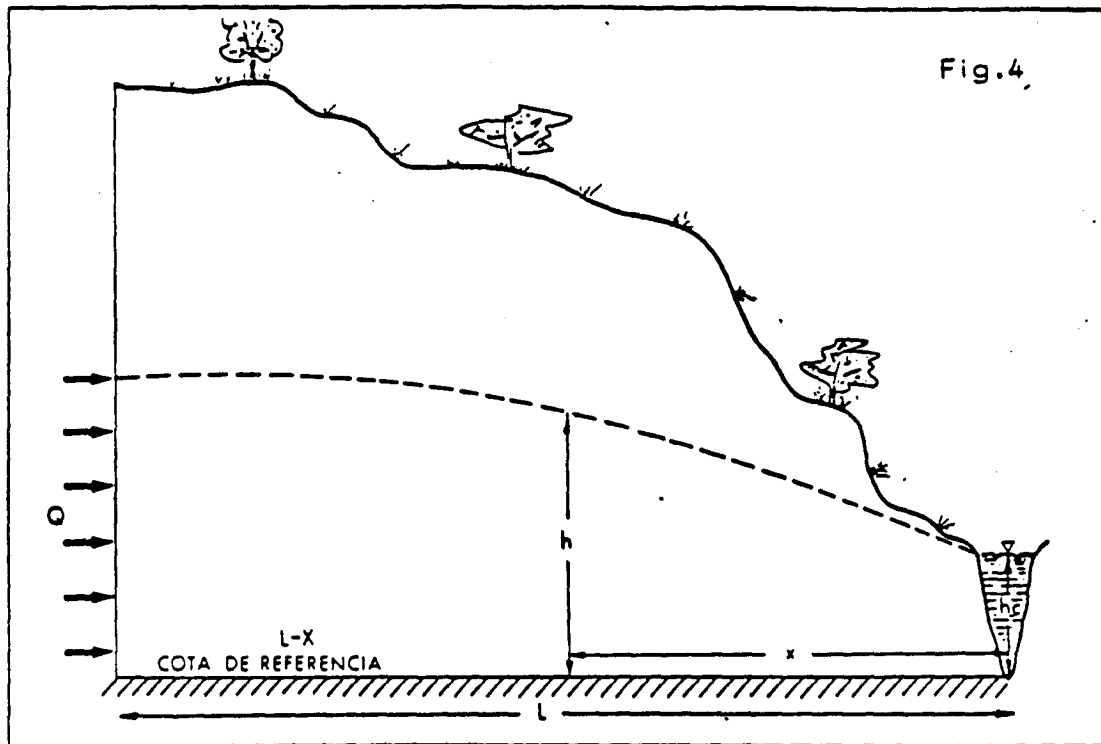
$$Q_{i+1} = M(P_i)^N \cdot a + BQ_i$$

### VI.3.3.2 Modelo MEDA de precipitación-nivel

El modelo MEDA, descrito en el apartado anterior, puede ser conceptualmente utilizado, para el diseño de otro tipo de modelo que genere, no series de caudales, sino series de niveles piezométricos, en base a la precipitación, temperatura y conjunto de parámetros característicos del sistema.

Es igual de sencillo que el anterior, y se le denominará "modelo MEDA de precipitación-nivel".

Se considerará un acuífero libre con dos hipótesis: la primera se representa en la figura 4.



Se supone un acuífero libre con un canal o borde de descarga a una distancia  $L$  de su límite impermeable. La recarga se efectúa muy alejada del borde de drenaje, por lo que en la zona de estudio, próxima a dicho borde, se puede suponer que atraviesa la totalidad de la recarga del acuífero.

Los caudales de drenaje del acuífero pueden relacionarse con los niveles piezométricos en el mismo, mediante la ley de Darcy:

$$Q = Kh \frac{dh}{dx}$$

Siendo:

Q = Caudal de drenaje

K = Permeabilidad del medio

h = Nivel piezométrico en un punto

x = Distancia de un punto al borde de drenaje

Puede escribirse:

$$Q dx = Kh dh$$

Como para  $x = 0$  ,  $h = h_0$

y para  $x = x$  ,  $h = h$

puede integrarse según:

$$\int_0^x Q dx = \int_{h_0}^h Kh dh$$

Luego:

$$Qx = K \frac{(h^2 - h_0^2)}{2}$$

$$Q = \frac{K}{2x} (h^2 - h_0^2)$$

Se puede establecer en consecuencia, considerando equilibrios mensuales:

$$Q_{i+1} = \frac{K}{2x} (h_{i+1}^2 - h_0^2)$$

$$Q_i = \frac{K}{2x} (h_i^2 - h_0^2)$$

Es decir, en el modelo precipitación-caudal, se admitía que el caudal de drenaje en un mes  $i$ , era consecuencia de la recarga motivada por las lluvias del mes anterior  $(i-1)$ .

Ahora se admitirá, acorde con la realidad del medio físico, que el caudal en el mes  $i$ , es consecuencia directa del estado de niveles en el mismo mes  $i$ .

Sustituyendo en la fórmula general del modelo MEDA:

$$Q_{i+1} = M(P_i - (T_i)^\beta)^N \alpha + BQ_i$$

Con los valores de  $Q_i$  y  $Q_{i+1}$  obtenidos se tiene:

$$\frac{K}{2x}(h_{i+1}^2 - h_i^2) = M(P_i - (T_i)^\beta)^N \alpha + \frac{BK}{2x}(h_i^2 - h_i^2)$$

Operando y simplificando:

$$h_{i+1}^2 = M(P_i - (T_i)^\beta)^N \frac{(2x \cdot \alpha)}{K} + Bh_i^2 + (1-B)h_i^2$$

$$h_{i+1} = \sqrt{\left( M(P_i - (T_i)^\beta)^N \frac{(2x \cdot \alpha)}{K} + Bh_i^2 + (1-B)h_i^2 \right)} \quad (1)$$

Cuyos parámetros son:

- M = Parámetro de correlación
- N = Parámetro de correlación
- $\beta$  = Parámetro de lluvia útil. ACOTABLE
- $\alpha$  = Coeficiente de agotamiento. ACOTABLE
- B = Coeficiente de disminución mensual. FIJO según  $\alpha$
- x = Distancia piezómetro-borde descarga. FIJO
- K = Permeabilidad. ACOTABLE
- $h_0$  = Altura hipotética del borde de drenaje. ACOTABLE

La fórmula (1) permite generar el nivel piezométrico representativo del mes  $(i+1)$ , en un piezómetro situado a una distancia  $x$  del borde de descarga del acuífero, en función del nivel representativo del mes anterior  $(i)$ , de la precipitación y temperatura de dicho mes  $(i)$ , de una serie de parámetros característicos del sistema subterráneo.  $(K, \alpha, B)$  y un conjunto de parámetros de correlación climática  $(M, N$  y  $\beta)$ .

Constituye por tanto la fórmula fundamental del modelo MEDA de precipitación-nivel, para hipótesis de acuífero libre y recarga muy alejada del borde de drenaje. La estimación de  $\alpha$  tendría que llevarse a cabo a partir de las curvas de agotamiento suponiendo que no se dispone de caudales de drenaje, sino únicamente de medidas de nivel piezométrico, sería preciso buscar, un estimador de  $\alpha$ .

Para ello, puede establecerse una vez más:

$$Q = Q_0 \cdot e^{-\alpha t}$$

y siguiendo criterios análogos a los expuestos. DARCY (ancho unitario):

$$Q = K \cdot h \frac{dh}{dx}$$

$$Q_0 = K \cdot h_0 \frac{dh_0}{dx}$$

$$\int_0^x Q dx = \int_{h_i}^h K \cdot h \cdot dh$$

$$\int_0^x Q_0 dx = \int_{h_i}^{h_0} K \cdot h_0 \cdot dh_0$$

$$Q \cdot x = \frac{K}{2} (h^2 - h_i^2)$$

$$Q_0 \cdot x = \frac{K}{2} (h_0^2 - h_i^2)$$

Sustituyendo:

$$(h^2 - h_i^2) = (h_0^2 - h_i^2) \cdot e^{-\alpha t}$$

Tomando logaritmos

$$\log(h^2 - h_i^2) = -\alpha \cdot t \cdot \log e + \log(h_0^2 - h_i^2)$$

$$\log(h^2 - h_i^2) = -0.4343 \alpha \cdot t + \log(h_0^2 - h_i^2)$$

Que representado en gráfico semilogarítmico (figura 5), es una recta de pendiente -0.4343

$\alpha$

Donde:

m = pendiente medida en gráfico

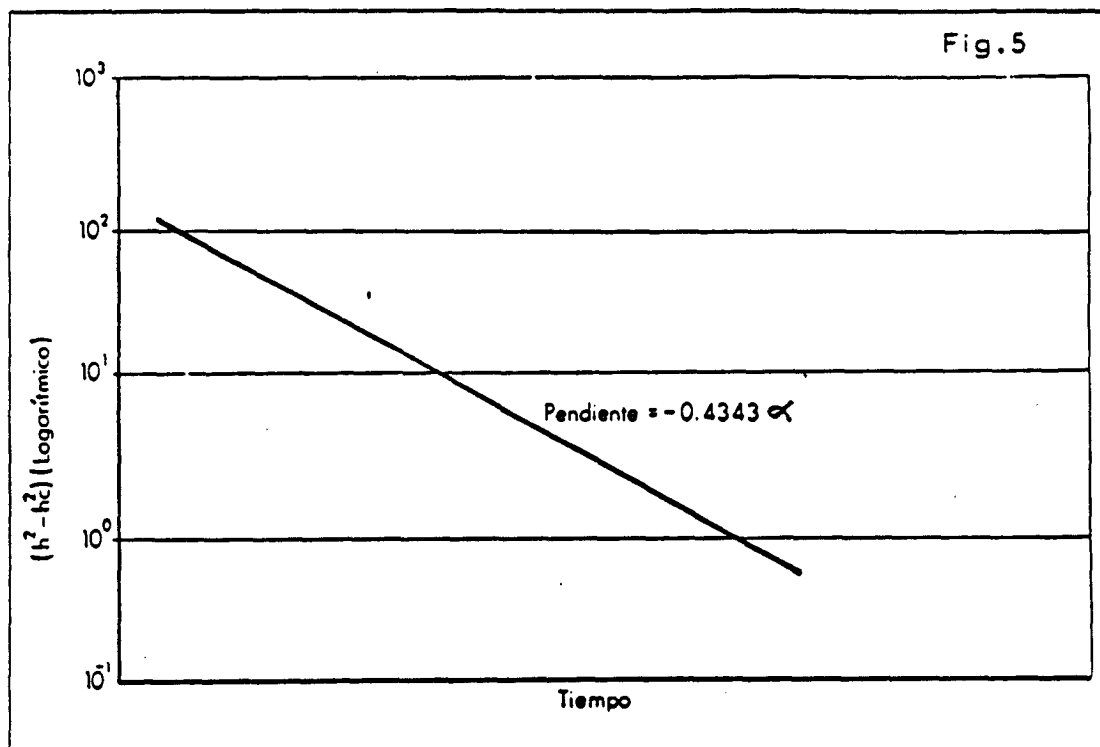
m = 0.4343  $\alpha$

y

$$\alpha = \frac{0.4343}{m}$$

Que puede ser utilizado como estimador de  $\alpha$  en el modelo MEDA de precipitación-nivel.

En esencia, se representa en un gráfico semilogarítmico los valores  $h^2 - h_c^2$ , en ordenadas y con escala logarítmica. Los valores del tiempo se llevan al eje de abscisas con escala métrica.



De la pendiente de la recta representada se estima  $\alpha$

En el caso de que el acuífero pudiera considerarse confinado, el procedimiento sería básicamente el mismo. En efecto:

$$Q = K \cdot b \frac{dh}{dx}$$



$$Q_0 = K \cdot b \frac{dh_0}{dx}$$

Donde b sería el espesor constante del acuífero.

$$\int_0^x Q_0 dx = \int_{h_0}^h K \cdot b \cdot dh$$

$$\int_0^x Q_0 dx = \int_{h_0}^h K \cdot b \cdot dh_0$$

$$Q_0 \cdot x = K \cdot b (h - h_0)$$

$$Q_0 \cdot x = K \cdot b (h_0 - h_0)$$

Sustituyendo:

$$(h - h_0) = (h_0 - h_0) \cdot e^{-\alpha x}$$

Que induce como se ha visto, a estimar el valor de  $\alpha$  en el gráfico semilogarítmico, donde en ordenadas se represente  $(h - h_0)$  en escala logarítmica, y en abscisas el tiempo en escala métrica.

Otra de las posibilidades que ofrece este modelo es, permitir entre ciertos límites, la estimación de recargas efectivas mensuales y, en según qué casos, la estimación de la permeabilidad de la formación.

En efecto; si la fórmula (1), permite una buena calibración entre valores reales medidos y los que se calculen a través de ella, la recarga mensual, para un ancho unitario de acuífero, vendrá dada por:

$$R_1 = M(P_1 - (T_1)^S)^N$$

Es obvio, que el valor de  $R_1$  está dentro de la fórmula (1) ligada a la permeabilidad K y al coeficiente de agotamiento  $\alpha$ , por la relación:

$$R_1 \cdot \frac{(2x \cdot \alpha)}{K} = cte.$$

$R_1$  = Recarga del mes i

$$\alpha = \text{Coeficiente de agotamiento} = \frac{\pi^2 T}{4L^2 S}$$

K = Permeabilidad

El parámetro  $\alpha$ , tiene una franja de valores obligados en función de los gráficos descritos para su estimación, su margen de variación será en general muy estrecho.

Consecuentemente, se puede jugar con la relación  $R_i/K$ .

$K$ , puede variar en el mismo sentido de aumento de  $R$  pero al mismo tiempo, está atrapada por un valor fijo de  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{\pi^2 T}{4L^2 S} - \frac{\pi^2 K \cdot b}{4 \cdot L^2 \cdot S}$$

Donde:

$b$  = espesor acuífero  
 $S$  = coeficiente de almacenamiento

Fijadas estas relaciones, puede entenderse que, fijados o acotados una serie de parámetros mediante pruebas o ensayos experimentales existe la posibilidad de estimar las restantes, una vez calibrado el modelo.

Una vez establecidos estos conceptos, para las hipótesis de acuífero libre y recarga alejada del borde de drenaje, puede deducirse la ecuación característica para el caso de acuífero libre, con punto de análisis y recarga por lluvia, próximos a dicho borde de drenaje.

La figura 6, es similar a la figura 4, pero se considera una recarga por lluvia  $W$  por metro lineal de acuífero en el sentido del corte.

El caudal  $Q_x$  que atraviesa una sección de acuífero a la distancia  $x$  del borde de drenaje, vendrá dada por:

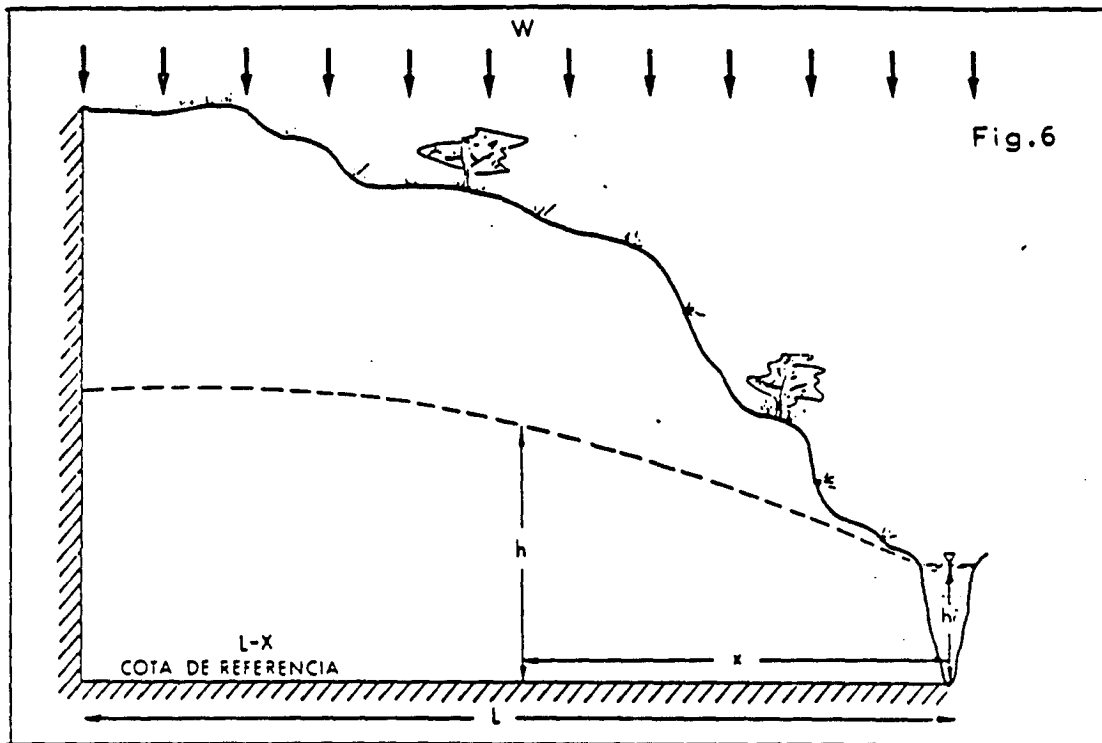
$$Q_x = w(L - x)$$

$$w(L - x) = K \cdot h \frac{dh}{dx}$$

En la que se verifica:

Como para  $x = L$  ,  $Q_x = 0$

y para  $x = 0$  ,  $Q_x = wL$



Integrando entre 0 y  $x$  y entre  $h_0$  y  $h$ :

$$\int_{h_0}^h h dh = \int_0^x \frac{w}{k} (L-x) dx$$

$$\frac{(h^2 - h_0^2)}{2} = \frac{w}{k} \left( Lx - \frac{x^2}{2} \right)$$

$$\frac{(h^2 - h_0^2)}{2} = \frac{w}{2k} (2Lx - x^2)$$

$$h^2 - h_0^2 = \frac{wx}{k} (2L - x)$$

$$h^2 - h_0^2 = \frac{wLx}{k} \left( 2 - \frac{x}{L} \right)$$

$$wL = \frac{K}{x(2-\frac{x}{l})}(h^2 - h_i^2)$$

$$wL = Q$$

$$Q = \frac{K}{x(2-\frac{x}{l})}(h^2 - h_i^2)$$

En consecuencia, siguiendo el desarrollo general del modelo MEDA, puede establecerse:

$$Q_{i+1} = \frac{K}{x(2-\frac{x}{l})}(h_{i+1}^2 - h_i^2)$$

$$Q_i = \frac{K}{x(2-\frac{x}{l})}(h_i^2 - h_i^2)$$

Que sustituido en la fórmula general, deducida en el apartado anterior del modelo MEDA de precipitación-caudal, con correlación potencial y uso de lluvia útil:

$$Q_{(i+1)} = M(P_i - (T_i)^b)^n \cdot a + B \cdot Q_i$$

Se tiene:

$$\frac{K}{x(2-\frac{x}{l})}(h_{i+1}^2 - h_i^2) = M(P_i - (T_i)^b)^n \cdot a + \frac{BK}{x(2-\frac{x}{l})}(h_i^2 - h_i^2)$$

Operando y simplificando:

$$h_{i+1}^2 = M(P_i - (T_i)^b)^n \frac{a \cdot x(2-\frac{x}{l})}{K} + B \cdot h_i^2 + (1-B)h_i^2$$

De donde:

$$h_{i+1} = \sqrt{\left( M(P_i - (T_i)^b)^n \frac{(2-\frac{x}{l})ax}{K} + B \cdot h_i^2 + (1-B)h_i^2 \right)} \quad (2)$$

Que sustituirá a la relación (1) para el caso de considerar el punto de análisis próximo al borde de drenaje y existir una recarga por lluvia inmediata uniformemente distribuida

Las hipótesis de acuífero cautivo, pueden desarrollarse del mismo modo que las de acuífero libre, con la salvedad de que no tendría sentido admitir recargas próximas por las propias características de confinamiento del acuífero.

El caudal  $Q$  que atravesaría una banda unitaria de acuífero de potencia  $b$ , tendría para el punto situado a distancia  $x$  del borde de drenaje de nivel constante, la expresión dada por DARCY:

$$Q_{i+1} = K \cdot b \frac{dh}{dx}$$

$$\int_0^x Q dx = K \cdot b \int_{h_i}^h dh$$

Luego:

$$Qx = Kb(h - h_i)$$

$$Q = \frac{Kb}{x}(h - h_i)$$

Siguiendo las hipótesis de correspondencia inmediata entre niveles y caudales, se tiene:

$$Q_{i+1} = \frac{Kb}{x}(h_{i+1} - h_i)$$

$$Q_i = \frac{Kb}{x}(h_i - h_i)$$

Introduciendo estos valores en la fórmula básica del modelo MEDA de precipitación-caudal:

$$Q_{i+1} = M(P_i - (T_i)^B)^N \alpha + BQ_i$$

$$\frac{Kb}{x}(h_{i+1} - h_i) = M(P_i - (T_i)^B)^N \alpha + B \frac{Kb}{x}(h_i - h_i)$$

y

$$h_{i+1} = M(P_i - (T_i)^B)^N \frac{\alpha \cdot x}{Kb} + Bh_i + (1-B)h_i \quad (3)$$

Que restituye los niveles piezométricos para el caso de acuífero confinado y estando, naturalmente alejada la recarga del punto de análisis y del borde de drenaje.

## VI.3.4. PROGRAMA DE ORDENADOR Y MANUAL DE USUARIO

El programa de ordenador del modelo MEDA, capaz de realizar las simulaciones basadas en los cálculos e hipótesis del diseño conceptual, se ha realizado en lenguaje BASIC, para ordenadores compatibles con sistema operativo D.O.S. y se incluye en el ANEXO VII.3.8 de este informe.

El programa toma los datos del fichero de datos principal y de los ficheros de precipitación, temperatura, caudales reales, niveles reales, niveles reales y bombeos, utilizando aquellos requeridos en la simulación.

El nombre del fichero de datos se da interactivamente y en este se indican los nombres de los restantes ficheros a utilizar.

El programa realiza las simulaciones oportunas y graba un fichero de salida, que también es nombrado de un modo interactivo. Este fichero, incluye 5 grupos de información, relativos a características generales de la simulación, ficheros utilizados, parámetros de calibración, salida general de resultados de la simulación y estimación de recargas. Queda imprimible en formato DIN A-4, integrable en los informes correspondientes.

La versión del programa que se adjunta es la V 2.0. Sucesivas versiones lo irán mejorando, como ocurre con casi todos los programas comerciales. Tiene ya incluido las llamadas a tutor interactivo, salida a fichero LOTUS y cabeceras específicas, cuyas subrutinas aún no se han realizado, por lo que se debe dar la oportuna contestación "o" o negativa en la petición interactiva por pantalla.

El programa tiene características de didáctico por su distribución y definición de todas las variables; de modular, por permitir el acceso a 10 módulos de ejecución en la simulación, según se deseen cálculos de precipitación-caudal o precipitación-nivel, que el ajuste sea lineal o potencial, que se use precipitación o lluvia útil, o bien que el tratamiento sea adaptado a meses-años o series de datos.

Por último, las características de exposición y estructuración del programa, permiten su reforma y ampliación a cualquier usuario medianamente iniciado en técnicas de programación.

### VI.3.5. APLICACION DEL MODELO AL USO CONJUNTO

Se plantea en este apartado, el mecanismo de utilización general del modelo MEDA y su aplicación al estudio de la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas, para agricultura en particular.

Para ello se va a seguir de una manera sintetizada la siguiente guía operativa:

#### VI.3.5.1. Guía operativa

Imagínese un acuífero carstico que tiene una reacción rápida ante la precipitación. Este acuífero se drena por una surgencia, o por un río. En cualquier caso, el cauce tiene aprovechamientos de agua, bien de demanda continua (abastecimiento, hidroeléctrica) o bien de demanda variable (regadíos).

En una primera hipótesis, puede suponerse que se dispone de medidas mensuales de caudales de drenaje de unos 3 o 4 años. Esta serie no es representativa, por ser demasiado corta, y no daría aviso de eventuales sequías y en consecuencia de la utilización verdaderamente posible del acuífero.

Se dispone sin embargo, de una serie larga de precipitación y temperatura, (30 o 40 años). Es posible, en consecuencia utilizar el modelo MEDA en su módulo de precipitación-temperatura-caudal.

Se configura el sistema y se calibran las descargas como ya se ha visto.

El resultado es una serie de caudales simulados de descarga, de la misma longitud que las series de precipitación y temperatura. En esta serie simulada se puede estudiar que caudales y con que garantía van a poder ser realmente utilizados a lo largo del tiempo.

En una segunda hipótesis, imagínese, que la surgencia está en un cauce de aguas superficiales y no se han podido aforar las aguas de procedencia subterránea. Sin embargo se dispone de un piezómetro con medidas mensuales en los últimos tres o cuatro años.

En este caso, puede utilizarse el modelo MEDA de precipitación-temperatura-nivel, que con la adecuada configuración del sistema y calibración de evoluciones piezométricas dará, además de la serie histórica de niveles simulados, el valor de los parámetros de calibración que han permitido el ajuste.

Estos valores permiten entrar en el modelo MEDA de precipitación-temperatura-caudal y restituir a título orientativo la serie histórica de caudales.

Se está en consecuencia en las mismas condiciones de la hipótesis primera, aunque el proceso sea menos riguroso, por no ser directamente calibrable.

El modelo MEDA hasta aquí, ha permitido conocer las posibilidades reales de explotación de un acuífero a través de su surgencia, sin alterar su régimen natural.

Imagínese ahora, que pretenden dejarse satisfechas unas demandas agrícolas que ascienden, por ejemplo a unos 30 l/s, durante el cuatrimestre de estío. Estos caudales se obtendrán por bombeo en el acuífero. Sin embargo ocurrirá, que el río alimentado por el drenaje del acuífero tiene usos del agua establecidos, por ejemplo para el abastecimiento de un núcleo urbano. Los bombes pueden dejar sin servicio o con un servicio deficiente al núcleo citado.

Tomar la decisión de si es posible, o en qué cantidad es posible, el bombeo para el uso agrícola, puede estudiarse con el apoyo del modelo MEDA.

Para ello, solo es preciso añadir el término de bombeo en la fórmula general del módulo de precipitación-temperatura-caudal a través del oportuno fichero de bombes. La serie simulada resultante, dará la nueva estructura de las descargas del acuífero y se podrá estudiar sobre ellas si son, o no son adecuadas en cantidad, tiempo y garantía, para dejar satisfechos los usos existentes demandados por el núcleo urbano.

Sucesivos tanteos, permitirán definir el caudal de bombeo más adecuado para uso agrícola, dejando satisfecha, en la operación de uso conjunto, las necesidades impuestas por el abastecimiento y la demanda de agua para riego.

Una última posibilidad, podría llevarse a cabo ante la hipótesis de que el agua de la fuente fuera exclusivamente para riego. Las épocas en las que el acuífero suministraría caudales más bajos, son las de estío. Precisamente aquellas en que es requerida más agua para uso agrícola.

Se puede plantear una operación de uso conjunto, basada en regar con el agua superficial que es drenada hacia el cauce y en las épocas de caudales más bajos bombear agua del acuífero y verterla a dicho cauce, aumentando la aportación y el número de has. a regar.



Cada vez que se bombea, se ocasionan disminuciones de caudal en los períodos siguientes. El estudio de la operación consistiría, en tantear la época en que era necesario el bombeo y cuál era la magnitud del déficit.

Estos bombeos se incluyen en el oportuno fichero y se procede a la simulación. A la serie simulada en presencia de estos bombeos, se le debe sumar los volúmenes extraídos que se vierten al cauce, y se obtendrá así la serie de "suministro" que permitirá usos de riego más elevados que la inicial, ya que se suministra agua, bombeada, en el momento que la agricultura lo necesita, mientras que es detraída del drenaje del acuífero diferida en el tiempo.

Sucesivos tanteos, permitirían optimizar la operación.

En el siguiente apartado, se expone un ejemplo teórico y se diseña una subrutina de apoyo en el programa MEDA, para realizar con facilidad y visión gráfica las operaciones y simulaciones relatadas.

#### VI.3.5.2. Utilización de la subrutina REGA. (Regulación-Garantía)

Se ha incorporado al programa una subrutina para estudio de la regulación y la garantía de la misma, que puede verse debidamente referenciada al final del listado en el oportuno anexo.

Esta subrutina, se limita sencillamente a tomar los valores de la serie simulada, discretizarlos en intervalos iguales y ver la frecuencia de valores comprendidos en cada intervalo. Posteriormente acumula estas frecuencias y lista en una tabla las probabilidades de que el caudal sea menor que cada uno de los límites de intervalos marcados.

Esta operación la efectúa para la serie simulada, la simulada en presencia de bombeos y esta última con los caudales de bombeo sumados, como correspondería al caso de vertido de agua al cauce.

Las salidas de la subrutina REGA se han importado y adaptado a una hoja SYMPHONY que se incluye en la tabla I.

Se parte de la base de que el proceso de calibración, se ha efectuado satisfactoriamente.

Los valores de CAUDAL-GARANTIA para la serie simulada sin bombeos, permiten dibujar el ábaco "REGA" en la figura 7. La curva, permite apoyo en la toma de decisiones, sobre si se desea usar cantidades bajas de agua con una garantía de suministro muy alta o bien usar más, pero con menor garantía.

Un análisis de la serie simulada, permite ver que los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, en los que se demanda mucha agua para riego, son los de aportación más baja. Se llega a la conclusión de que bombes complementarios de unos 500 m<sup>3</sup>/día en julio, 1200 m<sup>3</sup>/día en agosto, 4000 m<sup>3</sup>/día en septiembre y unos 4500 m<sup>3</sup>/día en octubre, podrían mantener un montante de riego entre los 6000 m<sup>3</sup>/día y 7000 m<sup>3</sup>/día para utilizar en estos meses, frente a los 3000 m<sup>3</sup>/día a 3500 m<sup>3</sup>/día que como máximo aportará el cauce en los meses de agosto y septiembre.

Al simular la serie en presencia de estos bombes, la curva REGA de la fig. 7, se desplaza hacia la izquierda, dando menores caudales para la misma garantía o bien bajando la garantía si se quiere suministrar los mismos caudales.

Es decir, el bombeo del acuífero supone, o bien disponer de menos agua en el cauce, o bien tener la misma agua pero con menor garantía. En cualquier caso el agua extraída y utilizada en otro uso fuera del cauce, hace que la satisfacción conjunta de usos del agua sea más elevada en términos globales.

El mecanismo de comprobar esta afirmación puede ser, acudir a la última hipótesis de la tabla I en la que el agua bombeada se vierte al cauce.

La curva REGA, que se deduce en este caso y que también se representa en la fig. 7, se desplaza a la derecha, en la zona de caudales más bajos a expensas de ir en sentido contrario en la zona de altos.

Se observa cualitativamente la mejora de la regulación y garantía al servicio, en la operación de uso conjunto simulada, siguiendo mecanismos de interpretación del gráfico análogos a los ya descritos.

El análisis cuantitativo de la operación debe obtenerse de la lectura de los valores de las tres series de la tabla I y cuya representación gráfica se incluye en la figura 8.

Se ha pasado de tener una disponibilidad para riegos de 3000 m<sup>3</sup>/día en los meses de estío, a poder alcanzar prácticamente el doble, gracias a la operación de uso conjunto. Es cierto, que este beneficio de estío, se lleva a expensas de disminuir los caudales al río en el mes de noviembre, diciembre y meses siguientes, pero en estos períodos el agua ya no es demandada para riegos y en cualquier caso supone ya un bien abundante.

### VI.3.6. SINTESIS Y RECOMENDACIONES

Ha sido diseñado un modelo modular que permite generar series de caudales y evolución piezométrica en base a las series de parámetros climáticos y al conjunto de parámetros físicos que configuran el sistema superficial y subterráneo.

Entre las aplicaciones posibles de este modelo, se encuentra su utilidad como herramienta de apoyo a las decisiones en operaciones de uso conjunto.

La utilización conjunta, puede y debe ser considerada como una de las mejores maneras de manejar los recursos de agua, con vista a la satisfacción de las necesidades humanas, con la adecuada garantía, en el lugar y momento que se presentan.

Respecto al uso de ésta, y generalizando, de otras herramientas numéricas de simulación, cabría reflexionar y recomendar:

Aún siendo la naturaleza compleja y desconocida, los métodos numéricos pueden ser una vía, asumiendo su error, de "dirigirla" y "domesticarla" dentro de unos márgenes de conocimiento y actuación, con frecuencia suficientes.

No es posible simular el medio natural sin haberlo investigado y conocido, dentro de los límites permitidos por el alcance e infraestructura de las posibilidades de investigación humana actual. Por ello se puede augurar tan poco éxito al matemático que simula la naturaleza sin haberla investigado, como al especialista en medio físico que desprecia la rica gama de posibilidades que, a su trabajo ofrecen los métodos de simulación.

MODELO MEDA  
\*\*\*\*\*

Salida sintetizada de la subrutina REGA (regulación-garantía)  
Hoja SYMPHONY

SERIE SIMULADA SIN BOMBEO

SERIE SIMULADA CON BOMBEO

SERIE SIMULADA CON BOMBEO  
Y VERTIDO AL CAUCE

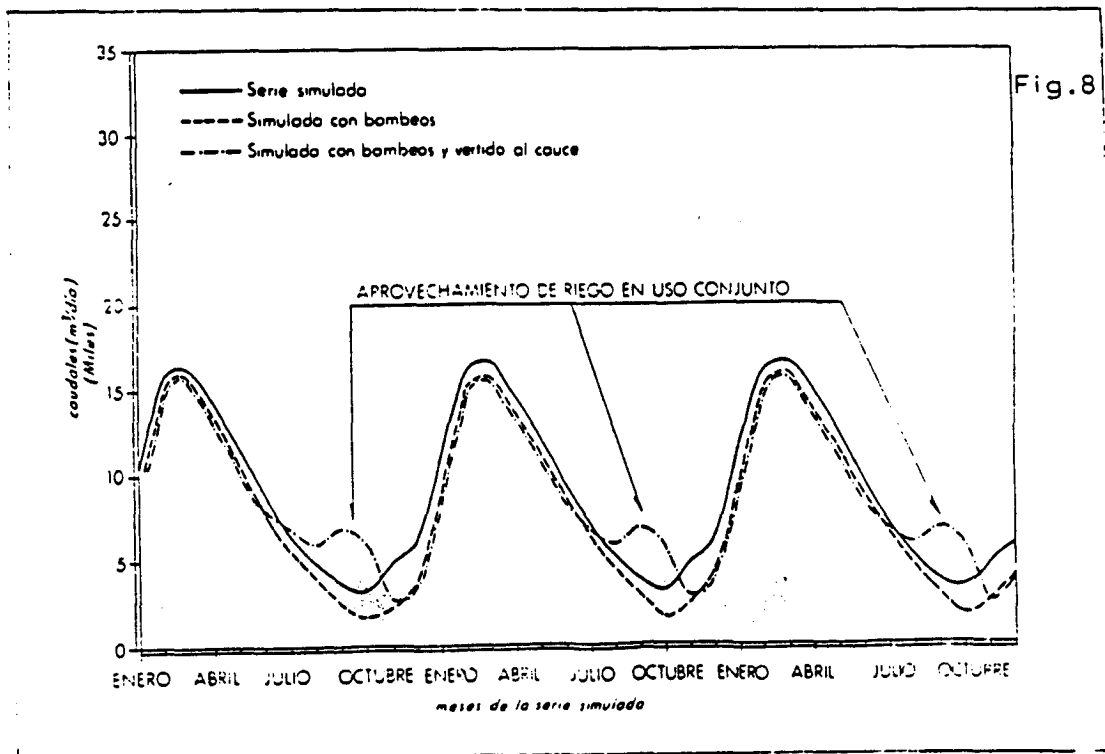
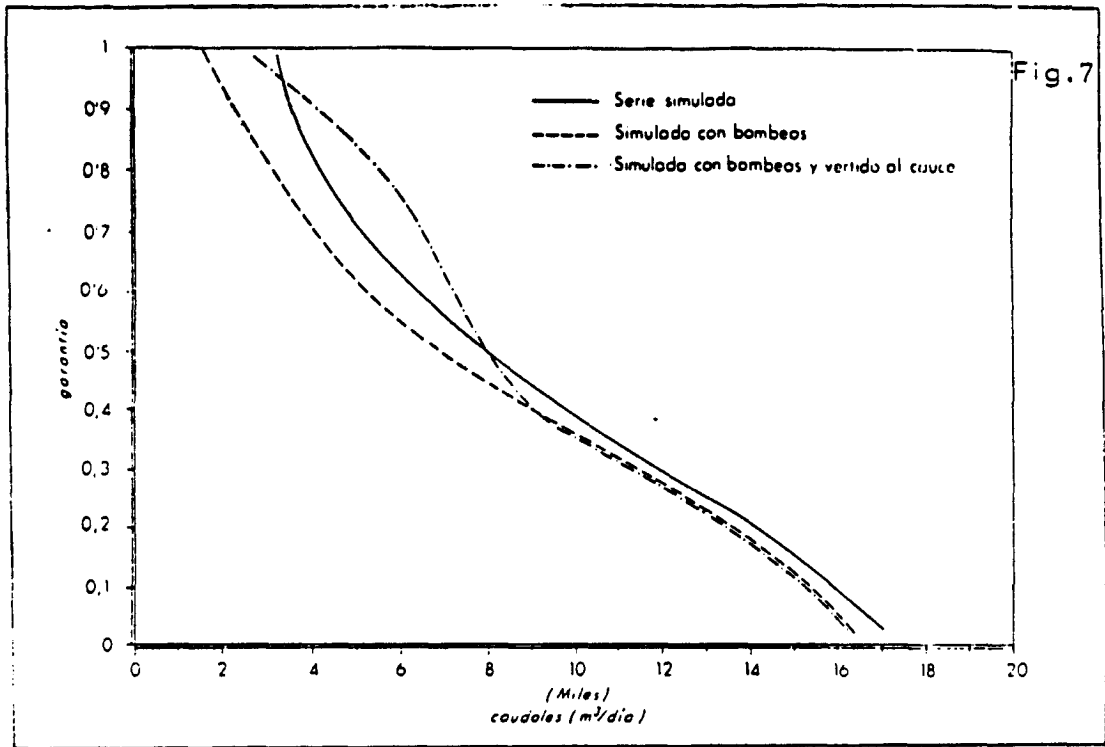
VALORES DE LA SERIE

VALORES DE LA SERIE

VALORES DE LA SERIE

	VALORES DE LA SERIE			VALORES DE LA SERIE			VALORES DE LA SERIE		
ENE	10000			10000			10000		
FEB	15654			15654			15654		
MAR	16370			16370			16370		
ABR	13753			13753			13753		
MAY	11736			11736			11736		
JUN	8685	CAUDAL	GARANTIA	8685	CAUDAL	GARANTIA	8685	CAUDAL	GARANTIA
JUL	6427			6427			6927		
AGT	4756	3007	1.000	4606	1428	1.000	5806	2384	1.000
SEP	3519	3701	0.833	3048	2176	0.917	7048	3083	0.917
OCT	3007	4395	0.833	1458	2923	0.833	5958	3783	0.917
NOV	4902	5090	0.667	2406	3670	0.750	2406	4482	0.833
DIC	5993	5784	0.667	4146	4417	0.667	4146	5181	0.833
ENE	10929	6478	0.556	9562	5164	0.583	9562	5880	0.750
FEB	16341	7173	0.500	15330	5911	0.583	15330	6580	0.667
MAR	16879	7867	0.500	16130	6658	0.500	16130	7279	0.500
ABR	14130	8561	0.500	13576	7405	0.500	13576	7978	0.500
MAY	12015	9255	0.417	11605	8152	0.500	11605	8678	0.444
JUN	8891	9950	0.417	8588	8899	0.417	8588	9377	0.417
JUL	6579	10644	0.389	6355	9646	0.361	6855	10076	0.333
AGT	4869	11338	0.333	4553	10393	0.333	5753	10776	0.333
SEP	3603	12033	0.250	3009	11140	0.333	7009	11475	0.333
OCT	3069	12727	0.250	1429	11888	0.250	5929	12174	0.250
NOV	4948	13421	0.250	2385	12635	0.250	2385	12873	0.250
DIC	6027	14115	0.222	4131	13382	0.250	4131	13573	0.222
ENE	10954	14810	0.167	9551	14129	0.167	9551	14272	0.167
FEB	16360	15504	0.167	15321	14876	0.167	15321	14971	0.167
MAR	16892	16198	0.139	16124	15623	0.111	16124	15671	0.083
ABR	14140	16892	0.028	13571	16370	0.028	13571	16370	0.000
MAY	12023			11602			11602		
JUN	8897			8585			8585		
JUL	6584			6353			6853		
AGT	4872			4551			5751		
SEP	3605			3008			7008		
OCT	3070			1428			5928		
NOV	4949			2384			2384		
DIC	6028			4130			4130		

TABLA I



VI.3.7. MANUAL DEL USUARIO.

ESPECIFICACIONES DEL FICHERO PRINCIPAL. MODELO MEDA.  
 \*\*\*\*\*

Registro	Variables	Especificaciones
REGISTRO 1	TIT18	TITULO PRIMERO (40 CARACTERES)
REGISTRO 2	TIT28	TITULO SEGUNDO (40 CARACTERES)
REGISTRO 3	PASS	TIPO DE PASADA (CALIBRACION,SIMULACION etc.)
REGISTRO 4	NPAS	NUMERO DE LA PASADA
REGISTRO 5	OID OIF OILS	OPCION DE SALIDA POR PANTALLA 1=SI 0=NO OPCION DE SALIDA POR FICHERO 1=SI 0=NO O.S. PARA IMPORTAR A FICHERO TIPO LOTUS 1=SI 0=NO
REGISTRO 6	TIPO PERI MESI AOI MESF AOF NPE	OPCION DE SIMULACION 1=QLIN 2=QPOT 3=QLLU 4=NPOT PERIODICIDAD DE LA SIMULACION 1=MES 2=SEMANA 3=DIA PRIMER MES DE SIMULACION (SI PERI=1) PRIMER AÑO DE SIMULACION (SI PERI=1) ULTIMO MES DE SIMULACION (SI PERI=1) ULTIMO AÑO DE SIMULACION (SI PERI=1) NUMERO DE PERIODOS DE SIMULACION (SI PERI=2 O 3)
REGISTRO 7	MESIC AOIC MESFC AOFc NPEC	PRIMER MES DE CALIBRACION PRIMER AÑO DE CALIBRACION ULTIMO MES DE CALIBRACION ULTIMO AÑO DE CALIBRACION NUMERO DE PERIODOS DE CALIBRACION
REGISTRO 8	M1 N1 BETA1	PARAMETRO DE CORRELACION (PRECIPITACION Y LL.UTIL) PARAMETRO DE CORRELACION (PRECIPITACION Y LL.UTIL) PARAMETRO DE CORELACION (LL.UTIL)
REGISTRO 9	ALFA1 BDM1 PERM1	COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO COEFICIENTE DE DISMINUCION PERMEABILIDAD
REGISTRO 10	Q01 H01 EC1 COTA	CAUDAL INICIAL NIVEL INICIAL NIVEL CONSTANTE EN LINEA DE DRENAJE COTA DEL FONDO IMPERMEABLE
REGISTRO 11	LBI DPA	DISTANCIA LINEA DE DRENAJE-LIMITE IMPERMEABLE DISTANCIA LINEA DE DRENAJE-PUNTO DE ANALISIS
REGISTRO 12	NFP8	NOMBRE DEL FICHERO DE PRECIPITACIONES
REGISTRO 13	NFT8	NOMBRE DEL FICHERO DE TEMPERATURAS
REGISTRO 14	NFB8	NOMBRE FICHERO DE BOMBEO
REGISTRO 15	NFQCS	NOMBRE FICHERO SERIE REAL DE CAUDALES
REGISTRO 16	NFNC8	NOMBRE FICHERO SERIE REAL DE PIEZOMETRIA

VI.3.8. LISTADO DEL PROGRAMA.



```

10 'MEDA
20 '*****
30 '*      MODELO PARA EL ESTUDIO DE DESCARGAS Y EVOLUCIONES PIEZOME-
40 '* TRICAS DE ACUIFEROS EN FUNCION DE PARAMETROS CLIMATICOS. HIDRO-
50 '* LOGICOS Y GEOMETRICOS DEL MEDIO.
60 '*
70 '*      DESARROLLADO EN EL CONVENIO DE INVESTIGACION ENTRE EL INSTI-
80 '* TUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA Y EL DEPARTAMENTO DE MATEMATI-
90 '* CA APLICADA Y METODOS INFORMATICOS DE LA ETSIMM.
100 '*                                MODELO MEDA      V 2.0
110 '*                                AUTOR      ALFREDO IGLESIAS
120 '*****
130 '
140 '*****
150 '*                                DEFINICION DE VARIABLES
160 '*****
170 '* TIT1$      TITULO PRIMERO (40 CARACTERES)
180 '* TIT2$      TITULO SEGUNDO (40 CARACTERES)
190 '* PAS$      TIPO DE PASADA (CALIBRACION,SIMULACION etc.)
200 '* NPAS      NUMERO DE LA PASADA
210 '* OID      OPCION DE SALIDA POR PANTALLA 1=SI 0=NO
220 '* OIF      OPCION DE SALIDA POR FICHERO 1=SI 0=NO
230 '* OILS     O.S. PARA IMPORTAR A FICHERO TIPO LOTUS 1=SI 0=NO
240 '* TIPO     OPCION DE SIMULACION 1=QLIN 2=QPOT 3=QLLU 4=NPOT
250 '* PERI     PERIODICIDAD DE LA SIMULACION 1=MES 2=SEMANA 3=DIA
260 '* MESI     PRIMER MES DE SIMULACION (SI PERI=1)
270 '* AOI     PRIMER AÑO DE SIMULACION (SI PERI=1)
280 '* MESF     ULTIMO MES DE SIMULACION (SI PERI=1)
290 '* AOF     ULTIMO AÑO DE SIMULACION (SI PERI=1)
300 '* NPE     NUMERO DE PERIODOS DE SIMULACION (SI PERI=2 O 3)
301 '* MESIC    PRIMER MES DE CALIBRACION
302 '* AOIC    PRIMER AÑO DE CALIBRACION
303 '* MESFC    ULTIMO MES DE CALIBRACION
304 '* AOFC    ULTIMO AÑO DE CALIBRACION
305 '* NPEC    NUMERO DE PERIODOS DE CALIBRACION
310 '* M1      PARAMETRO DE CORRELACION (PRECIPITACION Y LL.UTIL)
320 '* N1      PARAMETRO DE CORRELACION (PRECIPITACION Y LL.UTIL)
330 '* BETA1    PARAMETRO DE CORELACION (LL.UTIL)
340 '* ALFA1    COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO
350 '* BDM1    COEFICIENTE DE DISMINUCION
355 '* PERM1    PERMEABILIDAD
360 '* QO1     CAUDAL INICIAL
370 '* BO1     NIVEL INICIAL
380 '* EC1     NIVEL CONSTANTE EN LINEA DE DRENAJE
385 '* COTA    COTA DEL FONDO IMPERMEABLE
390 '* LBI     DISTANCIA LINEA DE DRENAJE-LIMITE IMPERMEABLE
400 '* DPA     DISTANCIA LINEA DE DRENAJE-PUNTO DE ANALISIS
410 '* NFP$    NOMBRE DEL FICHERO DE PRECIPITACIONES
420 '* NFT$    NOMBRE DEL FICHERO DE TEMPERATURAS
430 '* NFB$    NOMBRE FICHERO DE BOMBEO
440 '* NFQ$    NOMBRE FICHERO SERIE REAL DE CAUDALES
450 '* NFNC$   NOMBRE FICHERO SERIE REAL DE PIEZOMETRIA
460 '* NFDAS   NOMBRE FICHERO DE DATOS
470 '* NFRES   NOMBRE FICHERO DE SALIDA DE RESULTADOS
475 '* NFRL$   NOMBRE DEL FICHERO DE SALIDA TIPO LOTUS
480 '* Q1(I)   CAUDAL EN EL PERIODO I
490 '* QQ1(I,J) CAUDAL AÑO I MES J
500 '* B1(I)   NIVEL EN EL PERIODO I PARA EL PUNTO DE ANALISIS
510 '* BB1(I,J) NIVEL AÑO I MES J PARA EL PUNTO DE ANALISIS
511 '* P(I)    PRECIPITACION EN EL PERIODO I
512 '* PP(I,J) PRECIPITACION AÑO I MES J
513 '* T(I)    TEMPERATURA EN EL PERIODO I
514 '* TT(I,J) TEMPERATURA AÑO I MES J
515 '* CQ(I)   CAUDAL REAL MEDIDO PERIODO I
516 '* CQQ(I,J) CAUDAL REAL MEDIDO AÑO I MES J
517 '* CM(I)   NIVEL REAL MEDIDO PERIODO I

```

```

518 '* CEB(I,J)          NIVEL REAL MEDIDO AÑO I MES J
519 '* R1(I)            RECARGA CALCULADA EN EL PERIODO I
520 '* RRI(I,J)        RECARGA CALCULADA EN EL AÑO I MES J
521 '* B(I)            BOMBEO EN EL PERIODO I
522 '* BB(I,J)         BOMBEO EN EL AÑO I MES J
529 '*****
530 '
531 '*****
532 '*                  DIMENSIONADO
533 '*****
534 DIM Q1(480),QQ1(40,13),B1(480),BB1(40,13)
535 DIM PP(40,13),TT(40,13),P(480),T(480)
536 DIM CQ(480),CQQ(40,13),CB(480),CBB(40,13)
537 DIM R1(480),RRI(40,13),B(480),BB(40,12)
538 DIM RAN(21),FR(20)
540 '*****
550 '*                  DIRECCIONADO DE SUBROUTINAS
560 '*****
570 GOSUB 1106:'PRESENTACION Y AYUDA
580 GOSUB 2000:'DEF.FICHEROS DATOS/RESULTADOS. OPCION CABECERAS
590 GOSUB 2500:'LECTURA DE DATOS
620 GOSUB 4000:'PROGRAMA PRINCIPAL. SIMULACION
630 GOSUB 6000:'IMPRESION FICHERO DE RESULTADOS
640 GOSUB 7600:'IMPRESION FICHERO DE RESULTADOS (TIPO LOTUS)
650 GOSUB 7700:'ESTUDIO DE REGULACION-GARANTIA
660 GOSUB 9000:'AVISO DE TERMINACION
670 END
1000 '*****
1010 '*                  SUBROUTINA PRESENTACION Y AYUDA
1020 '*****
1030 CLS:COLOR 4:X1=10:X2=70:Y1=2:Y2=22
1040 LB=X2-X1
1050 LOCATE Y1-1,X1:PRINT STRING$(LB+1,220)
1060 FOR I=Y1 TO Y2
1070 LOCATE I,X1:PRINT CERS(221)
1080 LOCATE I,X2:PRINT CERS(222)
1090 NEXT I
1100 LOCATE Y2,X1:PRINT STRING$(LB+1,223)
1105 RETURN
1106 GOSUB 1030
1110 LOCATE 5,30:COLOR 12:PRINT "MODELO MEDA"
1120 LOCATE 7,30:COLOR 2 :PRINT "Versión 2.0"
1130 LOCATE 10,20:PRINT "Modelo para estudio de descargas y evolución"
1140 LOCATE 11,20:PRINT "piezométrica de acuíferos en función de los "
1150 LOCATE 12,20:PRINT "parámetros climáticos,hidroológicos y geomé- "
1160 LOCATE 13,20:PRINT "tricos del medio."
1170 LOCATE 15,20:PRINT "Desarrollado en el convenio de investigación "
1180 LOCATE 16,20:PRINT "entre el Instituto Geológico y Minero de España"
1190 LOCATE 17,20:PRINT "y el Departamento de Matemática Aplicada y Mé- "
1200 LOCATE 18,20:PRINT "todos Informáticos de la ETSIMM."
1210 LOCATE 20,20:PRINT " Autor: Alfredo Iglesias Mar 1988"
1220 BEEP:INPUT "",VVV
1230 GOSUB 1030
1240 FOR J=3 TO 20
1250 LOCATE J,I:PRINT
1260 NEXT J
1270 LOCATE 12,20:INPUT"DESEA CONSULTAR LAS PANTALLAS DE AYUDA¿ (S/N) ".AS
1280 IF AS="n" OR AS="N" GOTO 1900
1290 IF AS="s" OR AS="S" GOTO 1310
1300 GOTO 1270
1310 rem
1900 RETURN
2000 '*****
2010 '* SUBROUTINA DEFINICION FICHEROS DATOS/RESULTADOS.OPON.CABECERAS *
2020 '*****
2030 GOSUB 1030

```

```

2040 LOCATE 2,20
2050 PRINT "ESCRIBA LOS NOMBRES DE FICHEROS DE LA FORMA:"
2060 LOCATE 5,33:COLOR 12
2070 PRINT "XXXXXX.XXX"
2080 LOCATE 10,20:INPUT "NOMBRE DEL FICHERO DE DATOS ",NFDAS
2100 LOCATE 14,20:INPUT "NOMBRE DEL FICHERO DE RESULTADOS ",NFRES
2120 LOCATE 20,20:INPUT "NOMBRE DEL FICHERO DESTINO LOTUS ",NFRLS
2130 GOSUB 1030
2140 LOCATE 10,20:INPUT "DESEA IMPRIMIR CADECERAS (S/N) ",OPCAS
2145 RETURN
2500 '*****
2510 '*          SUBROUTINA LECTURA DE DATOS.
2520 '*****
2530 GOSUB 1030:LOCATE 10,20:PRINT "LECTURA DE DATOS"
2540 OPEN NFDAS FOR INPUT AS #1
2550 INPUT#1,TIT1$
2560 INPUT#1,TIT2$
2570 INPUT#1,PAS$
2580 INPUT#1,NPAS
2590 INPUT#1,OID,OIF,OILS
2600 INPUT#1,TIPO,PERI,MESI,AOI,MESF,AOF,NPE
2605 INPUT#1,MESIC,AOIC,MESFC,AOFC,NPEC
2610 INPUT#1,M1,N1,BETA1
2620 INPUT#1,ALFA1,BDM1,PERM1
2630 INPUT#1,Q01,B01,BC1,COTA
2640 INPUT#1,LBI,DPA
2650 INPUT#1,NFP$
2660 INPUT#1,NFT$
2670 INPUT#1,NFB$
2680 INPUT#1,NFQC$
2690 INPUT#1,NFNC$
2700 CLOSE#1
2710 OPEN NFP$ FOR INPUT AS #1
2720 IF NPE=0 THEN 2790
2730 FOR I=1 TO AOF-AOI+1
2740 FOR J=1 TO 12
2750 INPUT#1,PP(I,J)
2760 NEXT J
2770 NEXT I
2780 GOTO 2820
2790 FOR I=1 TO NPE
2800 INPUT#1,P(I)
2810 NEXT I
2820 CLOSE#1
2822 IF NFT$="0" OR NFT$="" THEN 2940
2825 OPEN NFT$ FOR INPUT AS #1
2830 IF NPE=0 THEN 2900
2840 FOR I=1 TO AOF-AOI+1
2850 FOR J=1 TO 12
2860 INPUT#1,TT(I,J)
2870 NEXT J
2880 NEXT I
2890 GOTO 2930
2900 FOR I=1 TO NPE
2910 INPUT#1,T(I)
2920 NEXT I
2930 CLOSE#1
2940 IF NFB$="0" OR NFB$="" THEN 3070
2950 OPEN NFB$ FOR INPUT AS #1
2960 IF NPE=0 THEN 3030
2970 FOR I=1 TO AOF-AOI+1
2980 FOR J=1 TO 12
2990 INPUT#1,BB(I,J)
3000 NEXT J
3010 NEXT I
3020 GOTO 3060

```

```

3030 FOR I=1 TO NPE
3040 INPUT#1,B(I)
3050 NEXT I
3060 CLOSE#1
3070 IF NFQCS="0" OR NFQCS="o" THEN 3200
3080 OPEN NFQCS FOR INPUT AS #1
3090 IF NPE=0 THEN 3160
3100 FOR I=1 TO AOF-C-AOIC+1
3110 FOR J=1 TO 12
3120 INPUT#1,CQQ(I,J)
3130 NEXT J
3140 NEXT I
3150 GOTO 3190
3160 FOR I=1 TO NPEC
3170 INPUT#1,CQ(I)
3180 NEXT I
3190 CLOSE#1
3200 IF NFNCs="0" OR NFNCs="o" THEN 3330
3210 OPEN NFNCs FOR INPUT AS #1
3220 IF NPE=0 THEN 3290
3230 FOR I=1 TO AOF-C-AOIC+1
3240 FOR J=1 TO 12
3250 INPUT#1,CBE(I,J)
3260 NEXT J
3270 NEXT I
3280 GOTO 3320
3290 FOR I=1 TO NPEC
3300 INPUT#1,CB(I)
3310 NEXT I
3320 CLOSE#1
3330 RETURN
4000 '*****
4010 '*          PROGRAMA PRINCIPAL. SIMULACION
4020 '*****
4021 GOSUB 1030
4022 LOCATE 12,20
4023 PRINT"PROGRAMA MEDA"
4024 LOCATE 14,22:COLOR 12:PRINT"EN EJECUCION"
4030 IF(TIPO=1)AND(NPE=0)THEN 4300
4040 IF(TIPO=1)AND(NPE>0)THEN 4400
4050 IF(TIPO=2)AND(NPE=0)THEN 4500
4060 IF(TIPO=2)AND(NPE>0)THEN 4600
4070 IF(TIPO=3)AND(NPE=0)THEN 4700
4080 IF(TIPO=3)AND(NPE>0)THEN 4800
4090 IF(TIPO=4)AND(NPE=0)THEN 4900
4110 IF(TIPO=4)AND(NPE>0)THEN 5000
4120 IF(TIPO=5)AND(NPE=0)THEN 5070
4130 IF(TIPO=5)AND(NPE>0)THEN 5190
4300 'MODULO TIPO 1.CAUDALES,LINEAL,MESES-ANOS *****
4305 QQ1(1,1)=Q01
4310 I=1
4320 FOR J=1 TO 12
4325 RR1(I,J)=M1*PP(I,J)+N1
4330 QQ1(I,J+1)=RR1(I,J)*ALFA1+BDM1*QQ1(I,J)
4340 NEXT J
4350 IF I=AOF-AOI+1 THEN 5900
4355 QQ1(I+1,1)=QQ1(I,13)
4360 I=I+1
4370 GOTO 4320
4375 GOTO 5900
4400 'MODULO TIPO 1.CAUDALES,LINEAL,SERIE DE DATOS *****
4405 Q1(1)=Q01
4410 FOR I=1 TO NPE
4415 R1(I)=M1*P(I)+N1
4420 Q1(I+1)=R1(I)*ALFA1+BDM1*Q1(I)
4430 NEXT I

```

```

4440 GOTO 5900
4500 'MODULO TIPO2.CAUDALES,POTENCIAL,MESES-AÑOS *****
4505 QQ1(1,1)=Q01
4510 I=1
4520 FOR J=1 TO 12
4525 RR1(I,J)=M1*PP(I,J)^N1
4530 QQ1(I,J+1)=RR1(I,J)*ALFA1+BDM1*QQ1(I,J)
4540 NEXT J
4550 IF I=AOF-AOI+1 THEN 5900
4555 QQ1(I+1,1)=QQ1(I,13)
4560 I=I+1
4570 GOTO 4520
4575 GOTO 5900
4600 'MODULO TIPO 2. CAUDALES,POTENCIAL,SERIE DE DATOS *****
4605 Q1(1)=Q01
4610 FOR I=1 TO NPE
4615 R1(I)=M1*P(I)^N1
4620 Q1(I+1)=R1(I)*ALFA1+BDM1*Q1(I)
4630 NEXT I
4640 GOTO 5900
4700 'MODULO TIPO 3.CAUDALES,POTENCIAL,LL.UTIL,MESES-AÑOS *****
4710 QQ1(1,1)=Q01
4720 I=1
4730 FOR J=1 TO 12
4732 IF ((PP(I,J)-(TT(I,J))^BETA1)>0 THEN 4738
4735 RR1(I,J)=0
4736 GOTO 4740
4738 RR1(I,J)=M1*((PP(I,J)-(TT(I,J))^BETA1)^N1)
4740 QQ1(I,J+1)=RR1(I,J)*ALFA1+BDM1*QQ1(I,J)
4750 NEXT J
4760 IF I=AOF-AOI+1 THEN 5900
4770 QQ1(I+1,1)=QQ1(I,13)
4780 I=I+1
4790 GOTO 4730
4795 GOTO 5900
4800 'MODULO TIPO 3.CAUDALES,POTENCIAL,LL.UTIL,SERIE DE DATOS *****
4810 Q1(1)=Q01
4820 FOR I=1 TO NPE
4825 IF (P(I)-(T(I))^BETA1)>0 THEN 4830
4826 R1(I)=0
4827 GOTO 4845
4830 R1(I)=M1*((P(I)-(T(I))^BETA1)^N1)
4845 Q1(I+1)=R1(I)*ALFA1+BDM1*Q1(I)
4850 NEXT I
4860 GOTO 5900
4900 'MODULO TIPO 4.NIVELES,POTENCIAL,LL.UTIL,MESES-AÑOS *****
4910 HH1(1,1)=H01-COTA
4920 I=1
4930 FOR J=1 TO 12
4931 IF (PP(I,J)-(TT(I,J))^BETA1)>0 THEN 4940
4932 RR1(I,J)=0
4934 GOTO 4960
4940 RR1(I,J)=M1*((PP(I,J)-(TT(I,J))^BETA1)^N1)
4960 HH1(I,J+1)=SQR((2*ALFA1*DPA/PERM1)*RR1(I,J)+BDM1*(HH1(I,J))^2+(1-BDM1)*EC1^2)
4970 NEXT J
4980 IF I=AOF-AOI+1 THEN 5900
4990 HH1(I+1,1)=HH1(I,13)
4995 I=I+1
4996 GOTO 4930
4997 GOTO 5900
5000 'MODULO TIPO 4.NIVELES,POTENCIAL,LL.UTIL,SERIE DE DATOS *****
5010 H1(1)=H01-COTA
5020 FOR I=1 TO NPE
5021 IF (P(I)-(T(I))^BETA1)>0 THEN 5030
5022 R1(I)=0
5023 GOTO 5050

```

```

5030 R1(I)=M1*((P(I)-(T(I))^BETA1)^N1)
5050 H1(I+1)=SQR((2*ALFA1*DPA/PERM1)*R1(I)+BDM1*(H1(I))^2+(1-BDM1)*EC1^2)
5060 NEXT I
5065 GOTO 5900
5070 'MODULO TIPO 5.NIVELES.POTENCIAL,LL.UTIL,MESES-AÑOS,REC.CTE *****
5080 H1(1,1)=H01-COTA
5090 I=1
5100 FOR J=1 TO 12
5101 IF (PP(I,J)-(TT(I,J))^BETA1)>0 THEN 5110
5102 RR1(I,J)=0
5103 GOTO 5130
5110 RR1(I,J)=M1*((PP(I,J)-(TT(I,J))^BETA1)^N1)
5130 H1(I,J+1)=SQR(((2-(DPA/LBI))*ALFA1*DPA/PERM1)*RR1(I,J)+BDM1*H1(I,J)^2+(1-BDM1)*EC1^2)
5140 NEXT J
5150 IF I=AOF-AOI+1 THEN 5900
5160 H1(I+1,1)=H1(I,13)
5170 I=I+1
5180 GOTO 5100
5185 GOTO 5900
5190 'MODULO TIPO 5.NIVELES.POTENCIAL,LL.UTIL.SERIE DE DATOS.REC.CTE ***
5200 H1(1)=H01-COTA
5210 FOR I=1 TO NPE
5220 IF (P(I)-(T(I))^BETA1)>0 THEN 5250
5230 R1(I)=0
5240 GOTO 5260
5250 R1(I)=M1*((P(I)-(T(I))^BETA1)^N1)
5260 H1(I+1)=SQR(((2-(DPA/LBI))*ALFA1*DPA/PERM1)*R1(I)+BDM1*(H1(I))^2+(1-BDM1)*EC1^2)
5270 NEXT I
5900 RETURN
6000 '*****
6010 '*          SUBROUTINA IMPRESION FICHERO DE RESULTADOS
6020 '*****
6030 OPEN NFRES FOR OUTPUT AS #2
6040 PRINT#2,CHR$(27);"@"
6050 PRINT#2,CHR$(27);"c";
6070 PRINT#2,CHR$(27);"c";CHR$(66);
6080 PRINT#2,CHR$(27);"G"
6090 PRINT#2,CHR$(27);"w";"1";
6100 FOR I=1 TO 3:PRINT#2,:NEXT I
6110 PRINT#2,TIT1$
6120 PRINT#2,
6130 PRINT#2,TIT2$
6140 PRINT#2,CHR$(27);"w";"0"
6150 PRINT#2,:PRINT#2,:PRINT#2,
6160 PRINT#2,CHR$(15)
6170 PRINT#2,CHR$(27);"G";
6180 PRINT#2,"  pasada de ";PASS;" NO.";NPAS
6190 PRINT#2,:PRINT#2,:PRINT#2,:PRINT#2,:PRINT#2,
6200 PRINT#2,"  CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SIMULACION"
6210 PRINT#2,"  -----"
6215 PRINT#2,CHR$(27);"E";
6220 PRINT#2,
6225 ON TIPO GOTO 6230,6240,6250,6260,6262
6230 PRINT#2,"  PRECIPITACION-CAUDAL.AJUSTE LINEAL"
6235 GOTO 6270
6240 PRINT#2,"  PRECIPITACION-CAUDAL AJUSTE POTENCIAL"
6245 GOTO 6270
6250 PRINT#2,"  PRECIPITACION-TEMPERATURA-CAUDAL AJUSTE POTENCIAL"
6255 GOTO 6270
6260 PRINT#2,"  PRECIPITACION-TEMPERATURA-NIVEL.AJUSTE POTENCIAL"
6261 GOTO 6270
6262 PRINT#2,"  PRECIPITACION-TEMPERATURA-NIVEL.AJUSTE POT.RECARGA UNIFOR."
6270 ON PERI GOTO 6280,6290,6300
6280 PRINT#2,"  PERIODICIDAD MENSUAL"
6285 GOTO 6310
6290 PRINT#2,"  PERIODICIDAD SEMANAL"

```

```

6295 GOTO 6310
6300 PRINT#2," PERIODICIDAD DIARIA"
6310 IF NPE=0 GOTO 6340
6320 PRINT#2," SERIE DE ";NPE;"DATOS DE SIMULACION"
6325 PRINT#2," SERIE DE ";NPEC;"DATOS DE CALIBRACION"
6330 GOTO 6350
6340 PRINT#2," PERIODO DE SIMULACION ";MESI;"-";AOI;" A ";MESF;"-";AOF
6350 PRINT#2.
6360 IF TIPO=4 OR TIPO=5 GOTO 6380
6370 GOTO 6400
6380 PRINT#2," DISTANCIA LINEA DRENAJE-LIMITE IMPERMEABLE ";LBI;" metros"
6390 PRINT#2," DISTANCIA LINEA DRENAJE-PUNTO DE ANALISIS ";DPA;" metros"
6395 PRINT#2," NIVEL CONSTANTE EN LINEA DE DRENAJE ";NCI;" metros"
6396 PRINT#2," COTA DEL FONDO IMPERMEABLE ";COTA;" metros"
6400 PRINT#2,;PRINT#2,;PRINT#2,;PRINT#2,
6410 PRINT#2,CHR$(27);"G";
6420 PRINT#2," FICHEROS UTILIZADOS"
6425 PRINT#2," -----"
6430 PRINT#2,CHR$(27);"H"
6440 PRINT#2.
6450 IF NFT$="0" OR NFT$="o" THEN NFT$="No considerado"
6460 IF NFBS="0" OR NFBS="o" THEN NFBS="No considerado"
6470 IF NFQCS="0" OR NFQCS="o" THEN NFQCS="No considerado"
6480 IF NFNC$="0" OR NFNC$="o" THEN NFNC$="No considerado"
6490 IF NFRL$="0" OR NFRL$="o" THEN NFRL$="No considerado"
6500 PRINT#2," NOMBRE DEL FICHERO DE DATOS ";NFDAS
6510 PRINT#2," NOMBRE DEL FICHERO DE PRECIPITACIONES ";NFPs
6520 PRINT#2," NOMBRE DEL FICHERO DE TEMPERATURAS ";NFTS
6530 PRINT#2," NOMBRE DEL FICHERO DE BOMBEOs ";NFBS
6540 PRINT#2," NOMBRE DEL FICHERO DE LA SERIE REAL DE CAUDALES ";NFQCS
6550 PRINT#2," NOMBRE DEL FICHERO DE LA SERIE REAL DE PIEZOMETRIA ";NFNC$
6560 PRINT#2," NOMBRE DEL FICHERO DE SALIDA DE RESULTADOS ";NFRES
6570 PRINT#2," NOMBRE DEL FICHERO DE SALIDA TIPO LOTUS ";NFRLS
6580 PRINT#2,;PRINT#2,;PRINT#2,;PRINT#2,
6590 PRINT#2,CHR$(27);"G";
6600 PRINT#2," PARAMETROS DE CALIBRACION UTILIZADOS"
6605 PRINT#2," -----"
6610 PRINT#2,;PRINT#2,
6620 PRINT#2,CHR$(27);"H";
6630 PRINT#2," PARAMETRO DE CORRELACION M1= ";M1;
6640 PRINT#2,TAB(60);"PARAMETRO DE CORRELACION N1= ";N1;
6650 PRINT#2," COEFICIENTE DE AGOTAMIENTO ALFA1= ";ALFA1;
6660 PRINT#2,TAB(60);"COEFICIENTE DE DISMINUCION BDM1= ";BDM1
6670 IF TIPO=4 GOTO 6710
6671 IF TIPO=5 GOTO 6710
6680 IF TIPO=3 GOTO 6750
6690 PRINT#2," CAUDAL INICIAL Q01= ";Q01
6700 GOTO 6780
6710 PRINT#2," PARAM. CORREL. LL.UTIL BETA1= ";BETA1;
6720 PRINT#2,TAB(60);"NIVEL CTE. DRENAJE NCI= ";NCI
6730 PRINT#2," NIVEL INICIAL B01= ";B01;
6731 PRINT#2,TAB(60);"PERMEABILIDAD PERM1= ";PERM1
6740 GOTO 6780
6750 PRINT#2," PARAM. CORREL. LL.UTIL BETA1= ";BETA1;
6760 PRINT#2,TAB(60);"CAUDAL INICIAL Q01= ";Q01
6780 PRINT#2,CHR$(12)
6790 PRINT#2,CHR$(27);"G";
6800 PRINT#2," SALIDA GENERAL DE RESULTADOS DE LA SIMULACION"
6810 PRINT#2," -----"
6815 IF NPE=0 GOTO 7000
6820 PRINT#2,;PRINT#2,;PRINT#2,
6821 ON TIPO GOTO 6822,6822,6822,6830,6830
6822 PRINT#2,"PERIODO","CAUDAL SIMULADO","CAUDAL REAL"
6823 GOTO 6840
6830 PRINT#2,"PERIODO","NIVEL SIMULADO","NIVEL REAL"
6840 PRINT#2,

```

```

6845 PRINT#2,CHR$(27);"E";
6850 FOR I=1 TO NPE
6855 DIF=I-NPE+NPEC
6856 ON TIPO GOTO 6892,6892,6892,6860,6860
6860 IF I=<NPE-NPEC THEN 6890
6870 PRINT#2,I,(E1(I)+COTA),CH(DIF)
6880 GOTO 6900
6890 PRINT#2,I,(E1(I)+COTA)
6891 GOTO 6900
6892 IF I=<NPE-NPEC THEN 6895
6893 PRINT#2,I,Q1(I),CQ(DIF)
6894 GOTO 6900
6895 PRINT#2,I,Q1(I)
6900 NEXT I
6901 PRINT #2,CHR$(12)
6902 PRINT#2,"          ESTIMACION DE RECARGAS"
6903 RES=0:PRINT#2,:PRINT#2,
6904 FOR I=1 TO NPE
6905 PRINT#2, R1(I)
6906 RES=RES+R1(I)
6907 NEXT I:PRINT#2,:PRINT#2,
6908 PRINT#2,"RECARGA ESTIMADA PARA EL PERIODO DE SIMULACION";(RES*1000)/LBI
6909 PRINT#2,"RECARGA MEDIA ESTIMADA POR PERIODO";(RES*1000)/(LBI*NPE)
6910 CLOSE#2:RETURN
7000 '          SALIDA POR AÑOS -----
7010 PRINT#2,:PRINT#2,:PRINT#2,
7020 ON TIPO GOTO 7164,7164,7164,7050,7050
7050 PRINT#2,"          NIVELES SIMULADOS"
7060 PRINT#2,
7070 PRINT#2,CHR$(27);"E";
7080 PRINT#2,"          AÑO          ENE          FEB          MAR          ABR          MAY          JUN
JUL          AGO          SEP          OCT          NOV          DIC"
7090 PRINT#2,"          ---          ---          ---          ---          ---          ---
---          ---          ---          ---          ---          ---"
7100 PRINT#2,
7110 FOR I=1 TO (AOF-AOI+1)
7120 PRINT#2,USING"#####":(AOI-1+I);
7125 FOR J=1 TO 12
7130 PRINT#2,USING"#####.##";(E1(I,J)+COTA);
7140 NEXT J
7150 PRINT#2,
7160 NEXT I
7162 PRINT #2,CHR$(12)
7163 GOTO 7200
7164 PRINT#2,"          CAUDALES SIMULADOS"
7166 PRINT#2,
7168 PRINT#2,CHR$(27);"E";
7170 PRINT#2,"          AÑO          ENE          FEB          MAR          ABR          MAY          JUN
JUL          AGO          SEP          OCT          NOV          DIC"
7172 PRINT#2,"          ---          ---          ---          ---          ---          ---
---          ---          ---          ---          ---          ---"
7174 PRINT#2,
7176 FOR I=1 TO (AOF-AOI+1)
7178 PRINT#2,USING"#####":(AOI-1+I);
7180 FOR J=1 TO 12
7182 PRINT#2,USING"#####.##";Q1(I,J);
7184 NEXT J
7186 PRINT#2,
7188 NEXT I
7190 PRINT #2,CHR$(12)
7200 PRINT#2,"          SERIE REAL"
7202 PRINT#2,
7204 PRINT#2,CHR$(27);"E";
7206 PRINT#2,"          AÑO          ENE          FEB          MAR          ABR          MAY          JUN
JUL          AGO          SEP          OCT          NOV          DIC"
7220 PRINT#2,"          ---          ---          ---          ---          ---          ---
---          ---          ---          ---          ---          ---"
7230 PRINT#2,

```



```

7240 FOR I=1 TO (AOF- AOIC+1)
7250 PRINT#2,USING"#####":(AOIC-1+I);
7260 FOR J=1 TO 12
7270 IF TIPO=4 OR TIPO=5 THEN GOTO 7300
7280 PRINT#2,USING"#####.##":CQQ(I,J);
7290 GOTO 7310
7300 PRINT#2,USING"#####.##":CBB(I,J);
7310 NEXT J
7320 PRINT#2,
7330 NEXT I
7340 PRINT #2,CHRS(12)
7350 PRINT#2," ESTIMACION DE RECARGAS"
7360 RES=0:PRINT#2,PRINT#2,
7370 PRINT#2," ACO ARO SEP ENE OCT FEB NOV MAR DIC" ABR MAY JUN
JUL
7380 PRINT#2," --- --- --- --- --- --- --- --- --- --- ---"
7390 PRINT#2,
7400 FOR I=1 TO (AOF- AOI+1)
7410 PRINT#2,USING"#####":(AOI-1+I);
7420 FOR J=1 TO 12
7430 PRINT#2,USING"#####.##":RR1(I,J);
7440 RES=RES+RR1(I,J)
7450 NEXT J
7460 PRINT#2,
7470 NEXT I
7475 PRINT#2,PRINT#2,
7480 PRINT#2,"RECARGA ESTIMADA PARA EL PERIODO DE SIMULACION":(RES*1000)/LBI
7490 PRINT#2,"RECARGA MEDIA ESTIMADA POR PERIODO":(RES*1000)/(LBI*12*(AOF- AOI+1))
7491 CLOSE#2
7500 RETURN
7600 '
7610 RETURN
7700 '
7710 '*****
7720 '* SUBROUTINA DE REGULACION-GARANTIA (REGA)
7730 '*****
7740 OPEN "REGA.OUT" FOR OUTPUT AS #2
7760 PRINT#2,CHRS(27);"@";
7780 PRINT#2,CHRS(27);"C";
7790 PRINT#2,CHRS(27);"C";CHRS(66);
7800 PRINT#2,CHRS(27);"G";
7810 PRINT#2,CHRS(27);"W";"1";
7820 PRINT#2,PRINT#2,
7830 PRINT#2,"ESTUDIO DE REGULACION-GARANTIA"
7840 PRINT#2,CHRS(27);"W";"0";
7850 PRINT#2,
7860 PRINT#2,CHRS(15)
7870 PRINT#2,CHRS(27);"G";
7880 PRINT#2," HIPOTESIS NO.1. SIN BOMBEO"
7890 PRINT#2," -----"
7895 K=1
7900 GOSUB 8500
7905 PRINT#2,CHRS(27);"E";
7910 PRINT#2,PRINT#2,
7920 PRINT#2," CAUDAL GARANTIA"
7930 PRINT#2,
7970 MAX=0
7980 MIN=1e32
7990 FOR I=1 TO NPE
8000 IF Q1(I)<MIN THEN MIN=Q1(I)
8010 IF Q1(I)>MAX THEN MAX=Q1(I)
8020 NEXT I
8030 DEL=(MAX-MIN)/20
8040 RAN(1)=MIN
8050 FOR I=2 TO 21
8060 RAN(1)=RAN(I-1)+DEL

```

```

8070 NEXT I
8090 FOR J=1 TO 20
8095  *R(J)=0
8100 FOR I=1 TO NPE
8110 IF Q1(I)>=RAN(J) AND Q1(I)<RAN(J+1) THEN FR(J)=FR(J)+1
8120 NEXT I
8130 NEXT J
8140 VALO=0
8145 PRINT#2,USING"#####.###";RAN(1),1
8150 FOR I=1 TO 20
8160 VALO=VALO+FR(I)
8170 ACU=(NPE-VALO)/NPE
8180 PRINT#2,USING"#####.###";RAN(I+1),ACU
8190 NEXT I
8195 IF K=2 GOTO 8370
8196 IF K=3 GOTO 8470
8200 'MODULO TIPO 3.CAUDALES,POTENCIAL,LL.UTIL,SERIE DE DATOS *****
8210 Q1(1)=Q01
8220 FOR I=1 TO NPE
8230 IF (P(I)-(T(I))^BETA1)>0 THEN 8260
8240 R1(I)=0
8250 GOTO 8270
8260 R1(I)=M1*((P(I)-(T(I))^BETA1)^N1)
8270 Q1(I+1)=R1(I)*ALFA1+BDM1*Q1(I)-ALFA1*B(I)*30
8280 NEXT I
8300 K=K+1
8305 PRINT#2,CHR$(12)
8310 PRINT#2,PRINT#2,
8320 PRINT#2,CHR$(15)
8330 PRINT#2,CHR$(27);"G";
8340 PRINT#2,"      HIPOTESIS NO.2.  CON INCORPORACION DE BOMBEOS"
8350 PRINT#2,"      -----"
8360 GOTO 7900
8370 FOR I=1 TO NPE
8380 Q1(I)=Q1(I)+B(I)
8390 NEXT I
8395 K=K+1
8400 PRINT#2,CHR$(12)
8410 PRINT#2,PRINT#2,PRINT#2,
8420 PRINT#2,CHR$(15)
8430 PRINT#2,CHR$(27);"G";
8440 PRINT#2,"      HIPOTESIS NO.3.  CON INCORPORACION DE BOMBEOS"
8445 PRINT#2,"      Y VERTIDO DEL AGUA BOMBEADA AL CAUCE"
8450 PRINT#2,"      -----"
8460 GOTO 7900
8470 CLOSE#2
8475 RETURN
8500 PRINT#2,PRINT#2,
8510 PRINT#2,"VALORES DE LA SERIE"
8520 PRINT#2,
8530 FOR I=1 TO NPE
8540 PRINT#2,USING"#####";Q1(I);
8550 NEXT I
8560 RETURN
9000 '
9010 RETURN

```

## VII. BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

- [1] BEAR, J. (1979). "Hydraulics of Groundwater". MacGraw-Hill .
- [2] CUSTODIO, E., LLAMAS, M.R., (1983). "Hidrogeología Subterránea". Omega.
- [3] FRANCES, J.L., (1983). Proyecto para el desarrollo de modelos numéricos aplicados a la hidrogeología. I.G.M.E..
- [4] GOLDEN SOFTWARE, INC., (1984). "Golden Graphics System". P.O. Box.
- [5] HERAS, R., (1976). "Hidrogeología y recursos hidráulicos". MOPU.
- [6] IGLESIAS LOPEZ, A., (1984). I. Semana sobre informática en la Ingeniería y en la enseñanza. U.P.M.-E.T.S.I.M.M. Ponencia: Informática Aplicada a la Hidrogeología en España hasta el presente.
- [7] I.G.M.E.-U.P.M. Convenio I.G.M.E.- U.P.M. para el desarrollo y adaptación de métodos numéricos y programas aplicables a la Investigación y Gestión del agua subterránea. Informes finales años 1984 y 1985.
- [8] JENKINS, C.T., (1968). "Techniques for computing rate and volume of stream depletion by wells". Groundwater. Vol.6, nº 2.
- [9] KINZELBACH, W., (1987). "Groundwater modelling. An Introduction with simple programs in Basic". Editorial Elsevier.
- [10] LOPEZ PALANCAR, J.J. y MARTINEZ ALFARO, P.E. "Un programa digital para el cálculo de efectos en un campo de pozos". Techniterrae 3-270.
- [11] McDONALD, M.G., HARBANGK, A.W., (1984). "Modflow". U.S.G.S.
- [12] NAMEROFF S., (1990). "Quick Basic. Manual de Referencia". Mac Graw-Hill.
- [13] QUEROL MULLER, R., (1986). Curso Internacional de Hidrogeología "Noel Llopis". Conferencia: Investigación y Gestión del Agua Subterránea.
- [14] SAHUQUILLO, A., (1983). "An eigenvalue numerical technique for solving unsteady linear groundwater model continuously in time". Water Resources Research. Vol. 19 nº 1 pp. 87-93.