

Cálculo de calendarios de riego aplicación NEC-HID v.2.0

JOAQUÍN RODRÍGUEZ CHAPARRO (*); ARIOSTO AGUILAR CHÁVEZ (**)

RESUMEN Este artículo describe el modelo NEC-HID y las bases teóricas del mismo. Partiendo de los datos básicos, climáticos, edáficos y de cultivos, se obtienen como resultado, con el modelo NEC-HID, la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo) (por los métodos propuestos por la FAO de Penman Monteith, Penman modificado y Blaney Cridle modificando), la evapotranspiración del cultivo o cultivos de estudio, la precipitación efectiva, las necesidades de riego netas y el calendario de riegos.

CALCULATION OF IRRIGATION CALENDARS. NEC-HID V.2.0

ABSTRACT This paper describes the NEC-HID model and its theoretical basis. From basic climatic, soil and crop data we obtain the reference crop evapotranspiration (ETo) (Penman-Monteith, Penman modified and Blaney-Cridle modified FAO methods), the crop or crops evapotranspiration (ETc), the effective rainfall, the net irrigation requirements and the irrigation calendar.

Palabras clave: Riego; Demandas; Evapotranspiración.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de disponer de herramientas rápidas, sencillas y fiables para el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos se pone de manifiesto si consideramos que estas son un dato fundamental para:

- el dimensionamiento de los proyectos de riego y la valoración de sus requerimientos hídricos y, en su caso energéticos.
- la organización de la explotación en las zonas de riego.
- el diagnóstico y la formulación del tratamiento en los proyectos de modernización de regadíos.

El Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX ha prestado una atención preferente a la cuantificación de las necesidades hídricas de los cultivos. Esta atención es la que ha dado lugar a la producción de la aplicación NEC-HID en colaboración con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). NEC-HID responde a la necesidad de disponer de una herramienta sencilla y fiable cuya clara presentación permite una fácil y rápida interpretación de los resultados con la que el especialista pueda tomar decisiones de cuánto y cuándo regar.

2. EL MODELO NEC-HID

2.1. INTRODUCCIÓN

NEC-HID es una aplicación informática para determinar las necesidades hídricas netas de los cultivos a partir de informaciones sobre el clima y los cultivos.

Este programa utiliza los métodos semiempíricos de Penman Monteith, Penman Modificado y Blaney Cridle Modificado para determinar la evapotranspiración y los calendarios de riego.

En la figura n°1 se presenta un esquema de la aplicación NEC-HID.

La aportación que proporciona el programa para lograr este objetivo consiste en la generación y despliegue inmediato de gráficos de evapotranspiración del cultivo de referencia, evapotranspiración del cultivo, precipitación efectiva, así como del balance hídrico y los calendarios de riego cuya visualización gráfica facilita su comprensión.

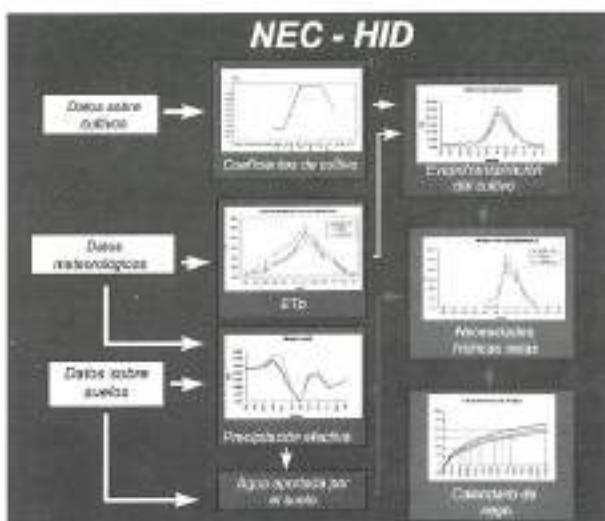


FIGURA 1. Aplicación NEC-HID.

(*) Ingeniero Agrónomo del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Mº de Fomento.

(**) Maestro en Ingeniería Hidráulica, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (IMTA).

2.2. ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN

La aplicación NEC-HID consta de un módulo principal programado en Quickbasic 4.5 y una serie de ficheros de apoyo con información general sobre los cultivos.

Del directorio donde se instala la aplicación, NEC-HID, derivan cuatro subdirectorios donde se almacenan los datos generales sobre cultivos (subdirectorio DATOS), los datos climáticos (subdirectorio CLIM), los datos particulares de los cultivos (subdirectorio CULT) y los resultados (subdirectorio ETP).

2.3. REQUERIMIENTOS INFORMÁTICOS DEL MODELO

Para el correcto funcionamiento e instalación del programa NEC-HID v.2.0 es necesario contar con un equipo de las siguientes características:

Hardware:

Computadora IBM-XT/AT o cualquier otra compatible, con un procesador (80286, 80386, 80486 o pentium) y un disco duro con un espacio libre de al menos 200Kb. Monitor VGA.

Software:

Sistema operativo MS DOS, versión 3.1 en adelante.

2.4. DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL MODELO NEC-HID

Al iniciar el trabajo con la aplicación NEC-HID se presentan las cinco opciones que se indican en la figura 2.

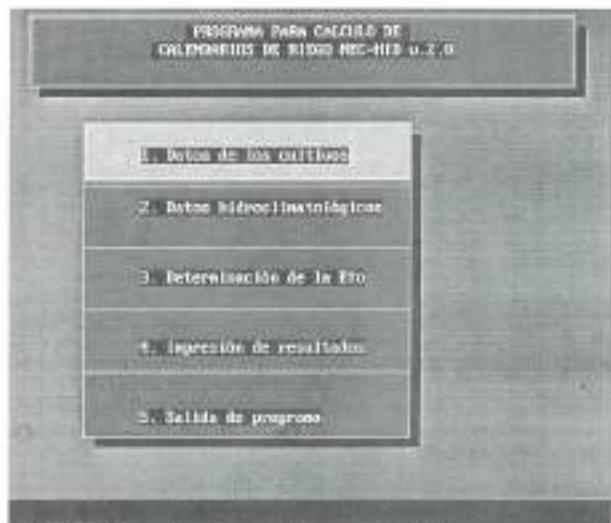


FIGURA 2. Principales opciones del programa NEC-HID.

* Captura de datos de los cultivos

Esta opción es la nº 1, si la escogemos podemos indicar el nombre del archivo que queremos crear, o si ya fue creado, utilizar.

Podemos trabajar con cuatro tipos de cultivos distintos: extensivos, forrajeros, hortícolas y leñosos. En la figura nº 3 se muestran todos los cultivos con los que puede trabajar la aplicación.

De cada cultivo con el que se va a trabajar se piden los siguientes datos dependiendo del tipo:

En cultivos anuales se pide la duración en días de las cuatro fases, la dosis de riego neta en mm, la frecuencia de

CULTIVO	ESTADO
1. ARROZ	1.1. ESTACIONAL
2. MAÍZ	2.1. ESTACIONAL
3. SOJA	3.1. ESTACIONAL
4. CAFÉ	4.1. ESTACIONAL
5. CÍTRICOS	5.1. ESTACIONAL
6. MELÓN	6.1. ESTACIONAL
7. CACAHUATE	7.1. ESTACIONAL
8. CÍTRICOS	8.1. ESTACIONAL
9. CÍTRICOS	9.1. ESTACIONAL
10. CÍTRICOS	10.1. ESTACIONAL
11. CÍTRICOS	11.1. ESTACIONAL
12. CÍTRICOS	12.1. ESTACIONAL
13. CÍTRICOS	13.1. ESTACIONAL
14. CÍTRICOS	14.1. ESTACIONAL
15. CÍTRICOS	15.1. ESTACIONAL
16. CÍTRICOS	16.1. ESTACIONAL
17. CÍTRICOS	17.1. ESTACIONAL
18. CÍTRICOS	18.1. ESTACIONAL
19. CÍTRICOS	19.1. ESTACIONAL
20. CÍTRICOS	20.1. ESTACIONAL
21. CÍTRICOS	21.1. ESTACIONAL
22. CÍTRICOS	22.1. ESTACIONAL
23. CÍTRICOS	23.1. ESTACIONAL
24. CÍTRICOS	24.1. ESTACIONAL
25. CÍTRICOS	25.1. ESTACIONAL
26. CÍTRICOS	26.1. ESTACIONAL
27. CÍTRICOS	27.1. ESTACIONAL
28. CÍTRICOS	28.1. ESTACIONAL
29. CÍTRICOS	29.1. ESTACIONAL
30. CÍTRICOS	30.1. ESTACIONAL
31. CÍTRICOS	31.1. ESTACIONAL
32. CÍTRICOS	32.1. ESTACIONAL
33. CÍTRICOS	33.1. ESTACIONAL
34. CÍTRICOS	34.1. ESTACIONAL
35. CÍTRICOS	35.1. ESTACIONAL
36. CÍTRICOS	36.1. ESTACIONAL
37. CÍTRICOS	37.1. ESTACIONAL
38. CÍTRICOS	38.1. ESTACIONAL
39. CÍTRICOS	39.1. ESTACIONAL
40. CÍTRICOS	40.1. ESTACIONAL
41. CÍTRICOS	41.1. ESTACIONAL
42. CÍTRICOS	42.1. ESTACIONAL
43. CÍTRICOS	43.1. ESTACIONAL
44. CÍTRICOS	44.1. ESTACIONAL
45. CÍTRICOS	45.1. ESTACIONAL
46. CÍTRICOS	46.1. ESTACIONAL
47. CÍTRICOS	47.1. ESTACIONAL
48. CÍTRICOS	48.1. ESTACIONAL
49. CÍTRICOS	49.1. ESTACIONAL
50. CÍTRICOS	50.1. ESTACIONAL
51. CÍTRICOS	51.1. ESTACIONAL
52. CÍTRICOS	52.1. ESTACIONAL
53. CÍTRICOS	53.1. ESTACIONAL
54. CÍTRICOS	54.1. ESTACIONAL
55. CÍTRICOS	55.1. ESTACIONAL
56. CÍTRICOS	56.1. ESTACIONAL
57. CÍTRICOS	57.1. ESTACIONAL
58. CÍTRICOS	58.1. ESTACIONAL
59. CÍTRICOS	59.1. ESTACIONAL
60. CÍTRICOS	60.1. ESTACIONAL
61. CÍTRICOS	61.1. ESTACIONAL
62. CÍTRICOS	62.1. ESTACIONAL
63. CÍTRICOS	63.1. ESTACIONAL
64. CÍTRICOS	64.1. ESTACIONAL
65. CÍTRICOS	65.1. ESTACIONAL
66. CÍTRICOS	66.1. ESTACIONAL
67. CÍTRICOS	67.1. ESTACIONAL
68. CÍTRICOS	68.1. ESTACIONAL
69. CÍTRICOS	69.1. ESTACIONAL
70. CÍTRICOS	70.1. ESTACIONAL
71. CÍTRICOS	71.1. ESTACIONAL
72. CÍTRICOS	72.1. ESTACIONAL
73. CÍTRICOS	73.1. ESTACIONAL
74. CÍTRICOS	74.1. ESTACIONAL
75. CÍTRICOS	75.1. ESTACIONAL
76. CÍTRICOS	76.1. ESTACIONAL
77. CÍTRICOS	77.1. ESTACIONAL
78. CÍTRICOS	78.1. ESTACIONAL
79. CÍTRICOS	79.1. ESTACIONAL
80. CÍTRICOS	80.1. ESTACIONAL
81. CÍTRICOS	81.1. ESTACIONAL
82. CÍTRICOS	82.1. ESTACIONAL
83. CÍTRICOS	83.1. ESTACIONAL
84. CÍTRICOS	84.1. ESTACIONAL
85. CÍTRICOS	85.1. ESTACIONAL
86. CÍTRICOS	86.1. ESTACIONAL
87. CÍTRICOS	87.1. ESTACIONAL
88. CÍTRICOS	88.1. ESTACIONAL
89. CÍTRICOS	89.1. ESTACIONAL
90. CÍTRICOS	90.1. ESTACIONAL
91. CÍTRICOS	91.1. ESTACIONAL
92. CÍTRICOS	92.1. ESTACIONAL
93. CÍTRICOS	93.1. ESTACIONAL
94. CÍTRICOS	94.1. ESTACIONAL
95. CÍTRICOS	95.1. ESTACIONAL
96. CÍTRICOS	96.1. ESTACIONAL
97. CÍTRICOS	97.1. ESTACIONAL
98. CÍTRICOS	98.1. ESTACIONAL
99. CÍTRICOS	99.1. ESTACIONAL
100. CÍTRICOS	100.1. ESTACIONAL
101. CÍTRICOS	101.1. ESTACIONAL
102. CÍTRICOS	102.1. ESTACIONAL
103. CÍTRICOS	103.1. ESTACIONAL
104. CÍTRICOS	104.1. ESTACIONAL
105. CÍTRICOS	105.1. ESTACIONAL
106. CÍTRICOS	106.1. ESTACIONAL
107. CÍTRICOS	107.1. ESTACIONAL
108. CÍTRICOS	108.1. ESTACIONAL
109. CÍTRICOS	109.1. ESTACIONAL
110. CÍTRICOS	110.1. ESTACIONAL
111. CÍTRICOS	111.1. ESTACIONAL
112. CÍTRICOS	112.1. ESTACIONAL
113. CÍTRICOS	113.1. ESTACIONAL
114. CÍTRICOS	114.1. ESTACIONAL
115. CÍTRICOS	115.1. ESTACIONAL
116. CÍTRICOS	116.1. ESTACIONAL
117. CÍTRICOS	117.1. ESTACIONAL
118. CÍTRICOS	118.1. ESTACIONAL
119. CÍTRICOS	119.1. ESTACIONAL
120. CÍTRICOS	120.1. ESTACIONAL
121. CÍTRICOS	121.1. ESTACIONAL
122. CÍTRICOS	122.1. ESTACIONAL
123. CÍTRICOS	123.1. ESTACIONAL
124. CÍTRICOS	124.1. ESTACIONAL
125. CÍTRICOS	125.1. ESTACIONAL
126. CÍTRICOS	126.1. ESTACIONAL
127. CÍTRICOS	127.1. ESTACIONAL
128. CÍTRICOS	128.1. ESTACIONAL
129. CÍTRICOS	129.1. ESTACIONAL
130. CÍTRICOS	130.1. ESTACIONAL
131. CÍTRICOS	131.1. ESTACIONAL
132. CÍTRICOS	132.1. ESTACIONAL
133. CÍTRICOS	133.1. ESTACIONAL
134. CÍTRICOS	134.1. ESTACIONAL
135. CÍTRICOS	135.1. ESTACIONAL
136. CÍTRICOS	136.1. ESTACIONAL
137. CÍTRICOS	137.1. ESTACIONAL
138. CÍTRICOS	138.1. ESTACIONAL
139. CÍTRICOS	139.1. ESTACIONAL
140. CÍTRICOS	140.1. ESTACIONAL
141. CÍTRICOS	141.1. ESTACIONAL
142. CÍTRICOS	142.1. ESTACIONAL
143. CÍTRICOS	143.1. ESTACIONAL
144. CÍTRICOS	144.1. ESTACIONAL
145. CÍTRICOS	145.1. ESTACIONAL
146. CÍTRICOS	146.1. ESTACIONAL
147. CÍTRICOS	147.1. ESTACIONAL
148. CÍTRICOS	148.1. ESTACIONAL
149. CÍTRICOS	149.1. ESTACIONAL
150. CÍTRICOS	150.1. ESTACIONAL
151. CÍTRICOS	151.1. ESTACIONAL
152. CÍTRICOS	152.1. ESTACIONAL
153. CÍTRICOS	153.1. ESTACIONAL
154. CÍTRICOS	154.1. ESTACIONAL
155. CÍTRICOS	155.1. ESTACIONAL
156. CÍTRICOS	156.1. ESTACIONAL
157. CÍTRICOS	157.1. ESTACIONAL
158. CÍTRICOS	158.1. ESTACIONAL
159. CÍTRICOS	159.1. ESTACIONAL
160. CÍTRICOS	160.1. ESTACIONAL
161. CÍTRICOS	161.1. ESTACIONAL
162. CÍTRICOS	162.1. ESTACIONAL
163. CÍTRICOS	163.1. ESTACIONAL
164. CÍTRICOS	164.1. ESTACIONAL
165. CÍTRICOS	165.1. ESTACIONAL
166. CÍTRICOS	166.1. ESTACIONAL
167. CÍTRICOS	167.1. ESTACIONAL
168. CÍTRICOS	168.1. ESTACIONAL
169. CÍTRICOS	169.1. ESTACIONAL
170. CÍTRICOS	170.1. ESTACIONAL
171. CÍTRICOS	171.1. ESTACIONAL
172. CÍTRICOS	172.1. ESTACIONAL
173. CÍTRICOS	173.1. ESTACIONAL
174. CÍTRICOS	174.1. ESTACIONAL
175. CÍTRICOS	175.1. ESTACIONAL
176. CÍTRICOS	176.1. ESTACIONAL
177. CÍTRICOS	177.1. ESTACIONAL
178. CÍTRICOS	178.1. ESTACIONAL
179. CÍTRICOS	179.1. ESTACIONAL
180. CÍTRICOS	180.1. ESTACIONAL
181. CÍTRICOS	181.1. ESTACIONAL
182. CÍTRICOS	182.1. ESTACIONAL
183. CÍTRICOS	183.1. ESTACIONAL
184. CÍTRICOS	184.1. ESTACIONAL
185. CÍTRICOS	185.1. ESTACIONAL
186. CÍTRICOS	186.1. ESTACIONAL
187. CÍTRICOS	187.1. ESTACIONAL
188. CÍTRICOS	188.1. ESTACIONAL
189. CÍTRICOS	189.1. ESTACIONAL
190. CÍTRICOS	190.1. ESTACIONAL
191. CÍTRICOS	191.1. ESTACIONAL
192. CÍTRICOS	192.1. ESTACIONAL
193. CÍTRICOS	193.1. ESTACIONAL
194. CÍTRICOS	194.1. ESTACIONAL
195. CÍTRICOS	195.1. ESTACIONAL
196. CÍTRICOS	196.1. ESTACIONAL
197. CÍTRICOS	197.1. ESTACIONAL
198. CÍTRICOS	198.1. ESTACIONAL
199. CÍTRICOS	199.1. ESTACIONAL
200. CÍTRICOS	200.1. ESTACIONAL
201. CÍTRICOS	201.1. ESTACIONAL
202. CÍTRICOS	202.1. ESTACIONAL
203. CÍTRICOS	203.1. ESTACIONAL
204. CÍTRICOS	204.1. ESTACIONAL
205. CÍTRICOS	205.1. ESTACIONAL
206. CÍTRICOS	206.1. ESTACIONAL
207. CÍTRICOS	207.1. ESTACIONAL
208. CÍTRICOS	208.1. ESTACIONAL
209. CÍTRICOS	209.1. ESTACIONAL
210. CÍTRICOS	210.1. ESTACIONAL
211. CÍTRICOS	211.1. ESTACIONAL
212. CÍTRICOS	212.1. ESTACIONAL
213. CÍTRICOS	213.1. ESTACIONAL
214. CÍTRICOS	214.1. ESTACIONAL
215. CÍTRICOS	215.1. ESTACIONAL
216. CÍTRICOS	216.1. ESTACIONAL
217. CÍTRICOS	217.1. ESTACIONAL
218. CÍTRICOS	218.1. ESTACIONAL
219. CÍTRICOS	219.1. ESTACIONAL
220. CÍTRICOS	220.1. ESTACIONAL
221. CÍTRICOS	221.1. ESTACIONAL
222. CÍTRICOS	222.1. ESTACIONAL
223. CÍTRICOS	223.1. ESTACIONAL
224. CÍTRICOS	224.1. ESTACIONAL
225. CÍTRICOS	225.1. ESTACIONAL
226. CÍTRICOS	226.1. ESTACIONAL
227. CÍTRICOS	227.1. ESTACIONAL
228. CÍTRICOS	228.1. ESTACIONAL
229. CÍTRICOS	229.1. ESTACIONAL
230. CÍTRICOS	230.1. ESTACIONAL
231. CÍTRICOS	231.1. ESTACIONAL
232. CÍTRICOS	232.1. ESTACIONAL
233. CÍTRICOS	233.1. ESTACIONAL
234. CÍTRICOS	234.1. ESTACIONAL
235. CÍTRICOS	235.1. ESTACIONAL
236. CÍTRICOS	236.1. ESTACIONAL
237. CÍTRICOS	237.1. ESTACIONAL
238. CÍTRICOS	238.1. ESTACIONAL
239. CÍTRICOS	239.1. ESTACIONAL
240. CÍTRICOS	240.1. ESTACIONAL
241. CÍTRICOS	241.1. ESTACIONAL
242. CÍTRICOS	242.1. ESTACIONAL
243. CÍTRICOS	243.1. ESTACIONAL
244. CÍTRICOS	244.1. ESTACIONAL
245. CÍTRICOS	245.1. ESTACIONAL
246. CÍTRICOS	246.1. ESTACIONAL
247. CÍTRICOS	247.1. ESTACIONAL
248. CÍTRICOS	248.1. ESTACIONAL
249. CÍTRICOS	249.1. ESTACIONAL
250. CÍTRICOS	250.1. ESTACIONAL
251. CÍTRICOS	251.1. ESTACIONAL
252. CÍTRICOS	252.1. ESTACIONAL
253. CÍTRICOS	253.1. ESTACIONAL
254. CÍTRICOS	254.1. ESTACIONAL
255. CÍTRICOS	255.1. ESTACIONAL
256. CÍTRICOS	256.1. ESTACIONAL
257. CÍTRICOS	257.1. ESTACIONAL
258. CÍTRICOS	258.1. ESTACIONAL
259. CÍTRICOS	259.1. ESTACIONAL
260. CÍTRICOS	260.1. ESTACIONAL
261. CÍTRICOS	261.1. ESTACIONAL
262. CÍTRICOS	262.1. ESTACIONAL
263. CÍTRICOS	263.1. ESTACIONAL
264. CÍTRICOS	264.1. ESTACIONAL
265. CÍTRICOS	265.1. ESTACIONAL
266. CÍTRICOS	266.1. ESTACIONAL
267. CÍTRICOS	267.1. ESTACIONAL
268. CÍTRICOS	268.1. ESTACIONAL
269. CÍTRICOS	269.1. ESTACIONAL
270. CÍTRICOS	270.1. ESTACIONAL
271. CÍTRICOS	271.1. ESTACIONAL
272. CÍTRICOS	272.1. ESTACIONAL
273. CÍTRICOS	273.1. ESTACIONAL
274. CÍTRICOS	274.1. ESTACIONAL
275. CÍTRICOS	275.1. ESTACIONAL
276. CÍTRICOS	276.1. ESTACIONAL
277. CÍTRICOS	277.1. ESTACIONAL
278. CÍTRICOS	278.1. ESTACIONAL
279. CÍTRICOS	279.1. ESTACIONAL
280. CÍTRICOS	280.1. ESTACIONAL
281. CÍTRICOS	281.1. ESTACIONAL
282. CÍTRICOS	282.1. ESTACIONAL
283. CÍTRICOS	283.1. ESTACIONAL
284. CÍTRICOS	284.1. ESTACIONAL
285. CÍTRICOS	285.1. ESTACIONAL
286. CÍTRICOS	286.1. ESTACIONAL
287. CÍTRICOS	287.1. ESTACIONAL
288. CÍTRICOS	288.1. ESTACIONAL
289. CÍTRICOS	289.1. ESTACIONAL
290. CÍTRICOS	290.1. ESTACIONAL
291. CÍTRICOS	291.1. ESTACIONAL
292. CÍTRICOS	292.1. ESTACIONAL
293. CÍTRICOS	293.1. ESTACIONAL
294. CÍTRICOS	294.1. ESTACIONAL
295. CÍTRICOS	295.1. ESTACIONAL
296. CÍTRICOS	296.1. ESTACIONAL
297. CÍTRICOS	297.1. ESTACIONAL
298. CÍTRICOS	298.1. ESTACIONAL
299. CÍTRICOS	299.1. ESTACIONAL
300. CÍTRICOS	300.1. ESTACIONAL
301. CÍTRICOS	301.1. ESTACIONAL
302. CÍTRICOS	302.1. ESTACIONAL
303. CÍTRICOS	303.1. ESTACIONAL
304. CÍTRICOS	304.1. ESTACIONAL
305. CÍTRICOS	305.1. ESTACIONAL
306. CÍTRICOS	306.1. ESTACIONAL
307. CÍTRICOS	307.1. ESTACIONAL
308. CÍTRICOS	308.1. ESTACIONAL
309. CÍTRICOS	309.1. ESTACIONAL
310. CÍTRICOS	310.1. ESTACIONAL
311. CÍTRICOS	311.1. ESTACIONAL
312. CÍTRICOS	312.1. ESTACIONAL
313. CÍTRICOS	313.1. ESTACIONAL
314. CÍTRICOS	314.1. ESTACIONAL
315. CÍTRICOS	315.1. ESTACIONAL
316. CÍTRICOS	316.1. ESTACIONAL
317. CÍTRICOS	317.1. ESTACIONAL
318. CÍTRICOS	318.1. ESTACIONAL
3	

• Determinación de la evapotranspiración

Esta es la opción nº 3, permite utilizar los datos de cultivos y los climatológicos, para determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia, la evapotranspiración, la precipitación efectiva y el balance hídrico del cultivo seleccionado.

En esta opción se nos pide el nombre del archivo de datos de cultivos y el del archivo de datos climatológicos. Una vez introducidos estos, realiza los cálculos.

• Presentación de resultados

En esta opción, la nº 4, del programa se nos presenta un menú con cuatro opciones (figura nº 5).

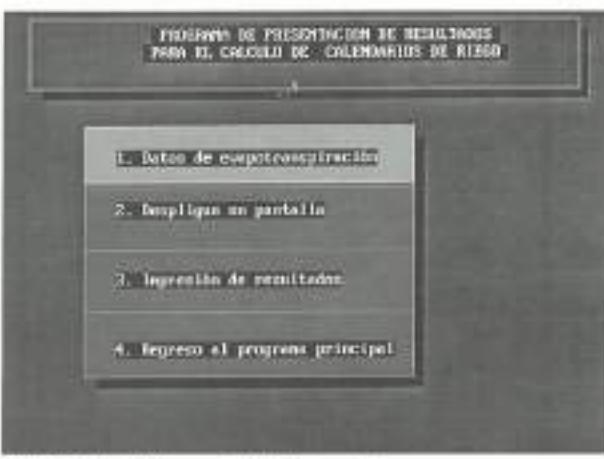


FIGURA 5. Menú de presentación de resultados.

Con la primera opción de este menú seleccionamos el fichero de resultados del cual queremos presentar información.

Con la segunda opción nos aparecerá una pantalla que nos indica los cultivos para los que se han realizado los cálculos.

Una vez escogido el cultivo del cual queremos presentar la información calculada nos da la opción de desplegar en pantalla la evapotranspiración o el calendario de riegos. Si escogemos la opción evapotranspiración nos da a elegir entre Penman-Monteith, Penman modificado y Blaney-Criddle modificado.

Al escoger uno de los métodos nos aparecen en pantalla cuatro gráficas (figura nº 6):

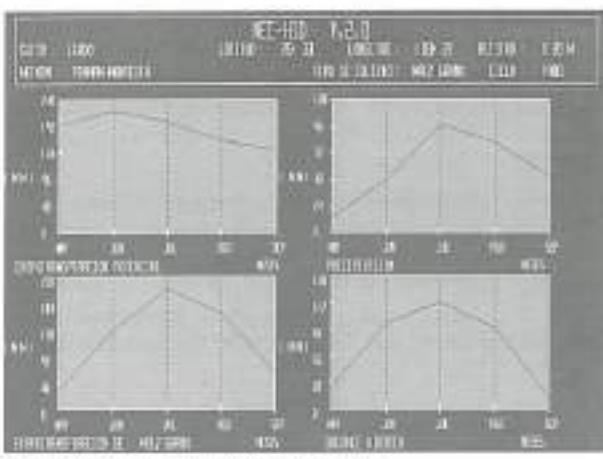


FIGURA 6. Presentación gráfica de resultados.

- Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm).
- Evapotranspiración del cultivo estudiado (mm).
- Precipitación efectiva (mm).
- Balance hídrico (mm).

Si escogemos la opción de calendario de riegos nos aparece en pantalla un gráfico como el de la figura nº 7.

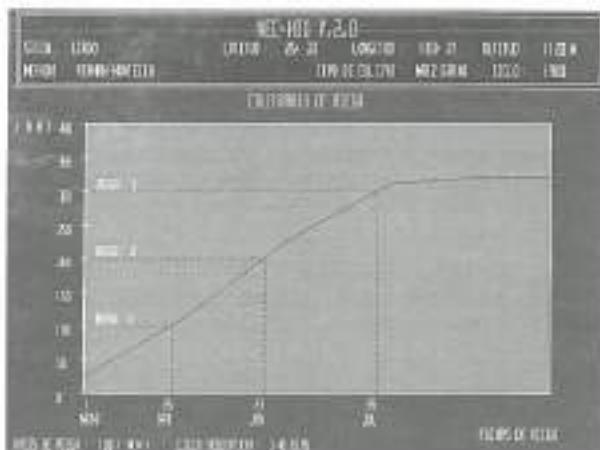


FIGURA 7. Presentación gráfica de resultados.

La tercera opción es la de impresión de resultados, con esta se pueden sacar por impresora los resultados numéricos de los cálculos de la evapotranspiración del cultivo de referencia (mm), evapotranspiración del cultivo estudiado (mm), precipitación efectiva (mm) y balance hídrico (mm).

3. BASES TEÓRICAS DEL MODELO NEC-HID

3.1. BALANCE HÍDRICO

Las necesidades de riego de un cultivo expresan la cantidad de agua que es necesario aplicarle para compensar los déficits de humedad del suelo durante su período vegetativo. Sus necesidades de riego netas se calculan habitualmente estableciendo, para un determinado período, un balance entre las cantidades de agua requeridas para la evapotranspiración del cultivo y otros usos especiales, todo lo cual se contabiliza como "pérdidas", y las aportaciones naturales efectivas que constituyen las "ganancias".

Los parámetros que intervienen en el balance hídrico efectuado son: la evapotranspiración de los cultivos (ET_c), la precipitación efectiva durante su período de permanencia en el terreno (P_e) y el agua aportada por el suelo (A_s).

La diferencia, entre el primero de los parámetros citados y los dos últimos calculada en términos mensuales, determina las demandas mensuales netas de cada cultivo, cuya suma expresa su dotación neta de riego.

$$B_h = E_t - P_e - A_s$$

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO (ET_c)

Este parámetro se ha determinado utilizando los conceptos expuestos al efecto en la publicación "Crop water requirements", (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Según lo expresado en dicha publicación, la evapotranspiración de cada cultivo (ET_c) se obtiene mediante el princi-

ducto de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_r) por el coeficiente de cultivo correspondiente (K_c), respondiendo estos conceptos a las siguientes definiciones:

- Evapotranspiración del cultivo (ET_c): expresa el valor de la evapotranspiración que produce un cultivo exento de enfermedades, cultivado en una parcela extensa (de más de una hectárea), en condiciones de suelo óptimo, con fertilización y agua suficiente, y que alcanza su pleno potencial de producción en el medio vegetativo dado.
- Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_{r0}): expresa el valor de la evapotranspiración que produce una superficie extensa de cubierta vegetal de cultivo uniforme (8-15 cm de altura), constituida por gramíneas verdes en crecimiento activo, que proporciona al suelo una cobertura sombreada, y que no padece escasez de agua.
- Coeficiente de cultivo (K_c): relación entre la evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_{r0}), cuando ambas se dan en parcelas extensas y en condiciones de crecimiento óptimas.

3.2.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_r)

De los cuatro procedimientos para la determinación de la ET_r , que se exponen en el documento "Las necesidades de agua de los cultivos" —Blaney-Criddle Modificado, Penman Modificado, Radiación y Evaporímetro de cubeta— los utilizados más ampliamente son los dos citados en primer lugar. Estos se han incluido en la aplicación así como el método de Penman-Monteith propuesto como el más fiable en el documento "Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements" (FAO, 1991), que es la siguiente:

3.2.1.2. Método Penman Modificado

La expresión de Penman modificada por Doorenbos y Pruitt, que permite obtener el valor medio mensual de la ET_r diaria, en mm/día, es la siguiente:

$$ET_r = [W \cdot R_s + (1-W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)] \cdot c$$

donde:

- ET_r : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).
 W : factor de ponderación.
 R_s : radiación neta sobre la superficie del cultivo (mm/día).
 $f(u)$: función de la velocidad del viento.
 $(e_a - e_d)$: déficit de presión de vapor (mbar).
 c : factor de corrección.

3.2.1.3. Método Penman-Monteith

En la determinación de la ET_r por este procedimiento se ha utilizado la expresión incluida en el documento "Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO methodologies for crop water requirements" (FAO, 1991), que es la siguiente:

$$ET_r = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} \cdot (R_s - G) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \cdot \frac{900}{T + 275} \cdot U_2 \cdot (e_a - e_d)$$

donde:

- ET_r : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).
 R_s : radiación neta sobre la superficie del cultivo (MJ/m² dia).
 G : flujo de calor del suelo (MJ/m² dia).
 T : temperatura del aire (°C).
 U_2 : velocidad del viento a 2 m de altura.
 $(e_a - e_d)$: déficit de presión de vapor (kPa).
 δ : pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°C).
 γ^* : constante psicrométrica modificada (kPa/°C).
 λ : calor latente de vaporización (MJ/m² dia).

3.2.2. Coeficiente de cultivo (K_c)

El parámetro K_c , correspondiente a un determinado cultivo expresa la relación entre su evapotranspiración (ET_c) y la del cultivo de referencia (ET_{r0}) cuando ambos se desarrollan en condiciones de crecimiento óptimas y análogas. En su valor influyen las características fisiológicas de cada cultivo, la fecha de plantación, el ritmo de desarrollo, la duración del ciclo vegetativo y, especialmente durante la primera fase de desarrollo, la frecuencia de las lluvias o el riego.

Se ha optado por utilizar como método general de determinación de coeficientes el expuesto en la publicación de la FAO.

A efectos de determinación de los coeficientes K_c , en el procedimiento propuesto en la publicación "Crop water requirements" se distinguen cuatro fases durante el período vegetativo de los cultivos anuales:

- a) fase inicial: comprende desde la fecha de siembra hasta que tiene lugar la germinación y el crecimiento inicial del cultivo. Durante esta fase la superficie del suelo se encuentra prácticamente desprovista de cubierta vegetal.
- b) fase de desarrollo: comprende desde la terminación de la fase inicial hasta que el cultivo cubre la superficie del terreno.
- c) fase media: desde el final de la fase de desarrollo hasta el comienzo de la maduración, momento que se manifiesta a través de determinadas características que muestra el cultivo.

A continuación se exponen los algoritmos de cálculo de los tres métodos incluidos en la aplicación:

3.2.1.1. Método Blaney-Criddle Modificado

La expresión de Blaney-Criddle modificada por Doorenbos y Pruitt¹, que permite obtener el valor medio mensual de la ET_r diaria en mm/día, es la siguiente:

$$ET_r = a + b \cdot f$$

donde:

$$\begin{aligned} f & (\text{factor de uso consumutivo}) = p (0.467 + 8.13) \\ a & = 0.0043 HR_{min} - n/N - 1.41 \\ b & = 0.908 - 0.00483 HR_{min} + 0.7949 n/N + 0.0768 \\ & [ln(U_{2d} + 1)^2 - 0.0038 HR_{min} n/N - 0.000443 HR_{min} U_{2d} + \\ & + 0.281 [ln(U_{2d} + 1)][ln(n/N + 1)] - 0.00975 \\ & [ln(U_{2d} + 1)][ln(HR_{min} + 1)^2][ln(n/N + 1)] \end{aligned}$$

Los límites de aplicación de la ecuación anterior son:

$$0 \leq HR_{min} \leq 100\%$$

$$0 \leq n/N \leq 1.0$$

$$0 \leq U_{2d} \leq 10 \text{ m/s}$$

siendo:

- ET_r : evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).
 p : porcentaje de horas de sol diarias anuales en el período considerado.
 T : temperatura del aire (°C).
 n/N : relación de horas de sol efectivas.
 HR_{min} : humedad relativa mínima (%).
 U_{2d} : velocidad diurna del viento a 2 m de altura.

- d) fase final: desde que determina la fase media hasta que se alcanza la plena maduración o se efectúa la recolección.

En los períodos "sin cultivo" de los cultivos anuales (suelo desnudo), la evaporación del suelo se ha valorado utilizando como valor de K_e , de acuerdo con el criterio expuesto en "Crop water requirements", el correspondiente a la fase inicial de los cultivos anuales.

En cuanto a cultivos forrajeros, en la alfalfa, aunque el valor de K_e registra determinadas variaciones como consecuencia de los sucesivos cortes que recibe el cultivo, a efectos de cálculo, se ha considerado suficientemente utilizar, durante el período en que los cortes se realizan, un valor medio constante establecido teniendo en cuenta las condiciones locales medias de viento y humedad. En los restantes períodos, el valor de K_e se ha asimilado al de la fase inicial de los cultivos anuales, obteniéndose en la misma forma que éste.

En los citrícos, los valores de K_e se han establecido en términos mensuales, a partir de la información que, en relación a ellos (cultivados en zonas predominantemente secas con vientos débiles a moderados), se incluye en la publicación "Crop water requirements", para árboles maduros desarrollados y sin malas hierbas.

En los cultivos leñosos, los valores de K_e asignados a los frutales de hoja caduca se han establecido, en términos mensuales, a partir de la información contenida en la publicación "Crop water requirements" para condiciones de inviernos fríos con heladas letales, y considerando árboles desarrollados y sin malas hierbas.

3.3. PRECIPITACIÓN EFECTIVA (P_e)

Este parámetro se define como la fracción de la precipitación total utilizable para satisfacer las necesidades de agua del cultivo. Quedan por tanto excluidas de ella la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo.

En esta aplicación se ha utilizado el elaborado por el Servicio de Conservación de Suelos del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos, en el que los valores de la precipitación efectiva mensual (mm) se obtienen mediante la expresión:

$$P_e = (1,25247 P_t^{0,82418} - 2,93522) \cdot 10^{0,00000007} \cdot f$$

En esta expresión:

P_t = precipitación efectiva mensual (mm).

P_t = precipitación total mensual (mm).

U = uso consumutivo medio mensual (mm).

f = $0,531747 + 0,011621D - 0,000089D^2 + 0,00000023D^3$,

siendo.

D = dosis de riego neta (mm).

En la valoración de P_e , realizada para cada cultivo, el valor de U se ha asimilado al de ET_0 y el valor asignado a D , considerando condiciones de suelo medias, ha sido, según el caso:

- en cultivos extensivos 75 mm
- en cultivos hortícolas 55 mm
- en alfalfa, praderas y cultivos leñosos 125 mm

En condiciones de suelo desprovisto de vegetación, el valor de ET_0 se ha obtenido a partir de los valores correspondientes a la ET_0 y utilizando como valor de K_e , de acuerdo

con el criterio expuesto en la publicación "Crop water requirements", el de la fase inicial de los cultivos extensivos. A estos efectos se ha considerado una frecuencia media de lluvias de 20 días.

3.4. AGUA APORTADA POR EL SUELO (AS)

La consideración de este parámetro en el balance hídrico tiene por objeto evaluar, en los cultivos anuales, los excedentes de la precipitación efectiva sobre la evapotranspiración durante las épocas de lluvia, excedentes que, quedando almacenados en el suelo, pueden ser posteriormente aprovechados por ellos.

En los cultivos anuales se ha considerado que, cuando se efectúa la recolección, el cultivo ha llegado al límite del descenso tolerable de humedad, con lo que el suelo dispone de una capacidad para almacenar el agua de lluvia equivalente a la dosis neta (D , mm) en el momento en que se inicia el período "sin cultivo".

A partir de entonces cuando, en un determinado mes, la precipitación efectiva (P_e) supera a la evapotranspiración del terreno desnudo, se considera que ese exceso de agua queda incorporado al suelo según el siguiente criterio:

- en su totalidad, si es $\leq D$.
- en una magnitud igual a la de D si es $> D$.

Si durante varios meses consecutivos $P_e > ET_0$, estos excedentes se incorporan mensualmente al suelo en tanto que su suma no supere el valor de D .

Así, al final del período sin cultivo, el suelo ha almacenado una altura de agua (A_s), siempre $\leq D$, que se considera utiliza el cultivo siguiente. Esta agua que aporta el suelo, A_s , se deduce después en el balance hídrico mensual que se efectúa para calcular las dotaciones.

Con objeto de mantener del lado de la seguridad los valores de A_s y teniendo en cuenta el limitado desarrollo radicular de los cultivos en la fase inicial de su período vegetativo, que es cuando utiliza esa aportación, el valor de D utilizado en todos los casos para la evaluación de A_s ha sido el menor de los resueltos, es decir, $D = 55\text{ mm}$.

3.5. CALENDARIOS DE RIEGO

3.5.1. Lámina calculada

Se define como lámina calculada (L_c) al agua necesaria para elevar el contenido de agua del suelo desde el punto de marchitamiento permanente (PMP) hasta la capacidad de campo (CC) en toda la profundidad radicular (Pr). Para el cálculo de L_c se emplea la siguiente ecuación:

$$L_c = \left[\frac{CC - PMP}{100} \right] Pr Du$$

donde:

L_c = lámina calculada (mm).

PMP = punto de marchitamiento permanente (%).

CC = capacidad de campo (%).

Pr = profundidad radicular (mm).

Pr = profundidad radicular (mm).

3.5.2. Calendario

Para determinarlo se utiliza un método gráfico. Consiste en realizar una gráfica de tiempo contra balance hídrico acumulado.

Para definir la fecha de riego se entra, sobre el eje correspondiente al balance hídrico acumulado, con el producto factor de consumo permisible por la lámina calculada y se sale sobre el eje de tiempos, obteniéndose la fecha del riego.

4. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, CH. A.; GARCÍA, V. N. *Calendarios de riego; Programa Penman V.I.*, Publicación interna, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 1991.
- AIRADOV I. P.; GOLOVANOV A. I.; MAMAEV M. G. *El riego*, URSS, Editorial MIR, 1985.
- American Society of Civil Engineers, *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice no. 70, New York, USA, 1990.
- BERNSTEIN L. "Las necesidades y usos del agua por las plantas", Water, Washington, C., Anuario publicado por el United States Department of Agriculture, 1955.
- BLANEY H. F. "El clima como índice de las necesidades de riego", Water, Washington, D.C., Anuario publicado por el United States Department of Agriculture, 1955.
- CUENCA, H. R. *Irrigation System Design; an Engineering Approach*, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1989.
- DOORENBOS and PRUITT, FAO, *Crop Water Requirements*, Irrigation and Drainage Paper 24, Roma, Italia, 1977.
- FAO, *Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements*, Land and Water Development Division, Roma, Italia, octubre 1991.
- ISRAELSEN O. W.; HANSEN V. E. *Principios y aplicaciones del riego*, España, Editorial Reverté, 1981.
- NOTARIO, B. C. *Apuntes del Curso internacional de ingeniería de regadíos*, Madrid, Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX, Vol. III, 1992.
- TAYLOR S. A. "¿Cuando hay que regar y cuánta agua hay que emplear?", Water, Washington, D.C., Anuario publicado por el United States Department of Agriculture.
- TRORNTHWAITE C. W.; MATHER J. R. "El presupuesto hidráulico y su uso en el riego", Water, Washington, D.C., Anuario publicado por el United States Department of Agriculture, 1965.
- TORRES, A. *Agrometeorología*, México, Editorial Diana, 1983.
- Los fundamentos de la agricultura*, México, Editorial Océano/Centrum, Biblioteca práctica agrícola ganadera, 1989.
- WITHERS B.; VIPOND S. *El riego*, México, Editorial Diana, 1983.
- ZIMMERMAN, D. J. *El riego*, México, Editorial CRCSA, 1982.

Fusión de dos empresas líderes en el mercado de química para la construcción: BETTOR, S.A. y HALESA MBT, S.A.

El proceso de adquisición por parte de SKW Trostberg AG (Alemania) de Masters Builders Technologies - MBT (Suiza), División de Química para la Construcción de Sandoz AG, ha supuesto en nuestro país la fusión de sus respectivas filiales españolas, BETTOR, S.A. y HALESA MBT S.A.

La operación de compra a nivel mundial ascendió a 1,3 Millardos de francos suizos. El nuevo grupo "SKW-MBT Construction Chemicals" cuyas ventas consolidadas ascenderán aproximadamente en 1996 a 2,4 Millardos de DM aproximadamente, con 6.500 colaboradores repartidos en más de 100 centros de producción de 40 países, ofrecerá la gama más completa, existente en el mercado mundial, de productos químicos y servicios para el sector de la construcción.

En España la existencia de sus filiales ha supuesto la fusión de las dos firmas:

BETTOR, S.A. es una empresa del grupo SKW Trostberg, líder en el mercado español de Aditivos para hormigón y mortero, con posiciones muy destacadas en los mercados de productos y sistemas para saneamiento y reparación del hormigón, Pavimentos industriales, Colocación de gres y cerámica, Láminas drenantes, Geotextiles e Impermeabilizantes. Habiendo destacado en los últimos años por sus innovadoras concepciones de marketing industrial como el Sistema Mormix de mortero retardante (este año es su 15º Aniversario) y el Club Dir de aplicadores oficiales de la firma. Su facturación para 1996 se situará en torno a los 3.800 millones de ptas. Las oficinas centrales y planta de producción, dotada de los últimos avances tecnológicos en procesos de fabricación, están ubicadas en Palau de Plegamans (Barcelona), y cuenta también con delegaciones en todo el territorio nacional.

Halesa MBT S.A. fue adquirida en 1989 por Masters Builders Technologies, División de Química para la Construcción de Sandoz AG. Se dedica asimismo a la fabricación, comercialización y asesoramiento en la aplicación de productos químicos para la construcción. Líderes en sistemas para Construcción Subterránea, destacan por la incorporación de innovaciones técnicas en el sector de los Aditivos para hormigón y mortero, en el segmento de pavimentos industriales y en el segmento de obras públicas, con productos y sistemas innovadores especialmente diseñados para ellos. Su facturación prevista alcanzará en 1996 los 1.800 millones de ptas. La sede social se localiza en Majadahonda (Madrid), donde se cuenta también con una fábrica equipada con modernos e innovadores procesos de fabricación, y dispone igualmente de delegaciones distribuidas por todo el país.

Realizada la fusión, efectiva desde el pasado 2 de diciembre, se inicia el proceso de creación de la empresa **BETTOR MBT, S.A.** con sede central en Palau de Plegamans (Barcelona), que contará con las dos plantas de producción de Barcelona y Madrid para suministrar a todo el territorio nacional y cuyas ventas estimadas para 1997 alcanzarán los 5.000 millones de ptas.

La gerencia de la nueva firma estará bajo la responsabilidad de Carlos Santacreu y Félix Selinger. El primero, C. Santacreu, como Consejero Delegado y portavoz de la Gerencia, y F. Selinger como Director General.