

INVERNADERO DE GESTION AUTOMATIZADA Memoria de Cálculo



Fernando Prado López
E.U.P Sevilla



MEMORIA DE CALCULO

1. DISEÑO AGRONÓMICO

- 1.1 Método de cálculo de las necesidades de riego
- 1.2 Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ET_o)
- 1.3 Eficiencia de riego
- 1.4 Determinación de la Evapotranspiración de cultivo (ET_c)
- 1.5 Variación climática
- 1.6 Efecto de localización
- 1.7 Necesidades de riego netas
- 1.8 Necesidades de riego brutas
- 1.9 Marco de plantación y dosis de riego
- 1.10 Elección del gotero y tiempo de riego

2. DISEÑO HIDRAULICO

- 2.1 Eleccion del gotero
- 2.2 Cálculo de la red de riego
- 2.3 Cálculo de tuberías
 - 2.3.1 Pérdidas de carga en tuberías.Ecuaciones de Blasius y Veronese
 - 2.3.2 Pérdidas de carga en tuberías con derivaciones. Coeficiente de Christiansen
 - 2.3.3 Distribución de la red de riego
 - 2.3.4 Cálculo de laterales
 - 2.3.5 Cálculo de secundarias
 - 2.3.6 Cálculo de la primaria
- 2.4 Pérdida de carga total en la red de riego
- 2.5 Presión necesaria a la salida del cabezal
- 2.6 Diseño del cabezal de riego
 - 2.6.1 Sistema de filtrado
 - 2.6.1.1 Filtros de arena
 - 2.6.1.2 Filtros de malla
 - 2.6.2 Equipo de fertirrigación



2.6.3 Grupo de bombeo

2.6.3.1 Caudal necesario

2.6.3.2 Pérdida de carga en el cabezal de riego

2.6.3.2.1 Pérdida de carga en el sistema de filtrado

2.6.3.2.2 Pérdidas de carga en el conjunto de aspiración e impulsión

2.6.3.2.3 Pérdidas de carga en el conjunto de aspiración

2.6.3.2.4 Pérdidas de carga en el conjunto de impulsión

2.6.3.2.5 Presión de limpieza de los goteros

2.6.3.3 Altura manométrica

2.6.3.4 Selección de bombas

3. CALCULOS DE VENTILACION

3.1 Cálculos de ventilación forzada

4. CÁLCULOS DE CALEFACCION

5. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

5.1 Previsión de potencia

5.1.1 Receptores ubicados en la caseta de riego

5.1.1.1 Grupo de bombeo

5.1.1.2 Agitadores de fertilizantes

5.1.1.3 Bombas inyectoras de fertilizantes

5.1.1.4 Alumbrado de la caseta de riego

5.1.2 Receptores ubicados en los invernaderos

5.1.2.1 Extractores de aire

5.1.2.2 Calefactores de aire

5.1.2.3 Motor de apertura-cierre de la ventana cenital

5.1.2.4 motor de apertura-cierre de la pantalla de sombreo

5.1.3 Elementos de control

5.1.4 Cuadro resumen de previsión de cargas. Cálculo de potencia aparente

5.2 Cálculo de la línea repartidora



- 5.2.1 Cálculo de sección por intensidad máxima admisible
- 5.2.2 Comprobación de la sección por caída de tensión
- 5.3 Cálculo de los conductores
 - 5.3.1 Cuadro general
 - 5.3.1.1 Elementos de la caseta de riego
 - 5.3.1.2 Alimentación de cuadros secundarios
 - 5.3.2 Cuadros secundarios
- 5.4 Protección de los circuitos
- 5.5 Diámetro de las canalizaciones
- 6. PROGRAMACION
 - 6.1 Subrutina Pantalla_principal ()
 - 6.2 Subrutina Modo_Automático ()
 - 6.2.1 Subrutina Pantalla_Configuración ()
 - 6.2.1.1 Subrutina Configurar_Clima () . Subrutinas Clima_Inv ()
 - 6.2.1.2 Subrutina Configurar_Riego () . Horarios, zonas y tipos de riego.
 - 6.3 Subrutina Modo_Manual ()
 - 6.3.1 Subrutina Clima_Manual () . Extractores, calefactores, sombreado y ventana cenital
 - 6.3.1.1 Subrutina Extractores_Manual ()
 - 6.3.1.2 Subrutina Calefactores_Manual ()
 - 6.3.1.3 Subrutina Sombreado_Manual ()
 - 6.3.1.4 Subrutina Cenital_Manual ()
 - 6.3.2 Subrutina Riego_Manual ()
 - 6.4 Subrutina Clima_Auto ()
 - 6.5 Subrutina Riego ()
 - 6.5.1 Subrutina Zona_Riego ()
 - 6.5.2 Subrutina Tipo_Riego ()
 - 6.6 Subrutina Claves ()
 - 6.7 Subrutina Datos ()



1. DISEÑO AGRONÓMICO

Es la parte más importante del proyecto respecto a lo que riego se refiere, pues cualquier error aquí generará un sistema de riego inadecuado a lo que se precisa. Por ello en el presente capítulo se realiza un estudio agronómico que nos permite conocer cuáles son las necesidades de agua que requieren nuestros invernaderos. Estas necesidades vendrán determinadas principalmente por el tipo de cultivo o cultivos que nos propongamos desarrollar en él. Asimismo, estas necesidades nos marcarán los elementos e instalaciones con las que debemos dotar al invernadero.

A efectos de diseño de la instalación nos interesan las necesidades de agua máximas que los cultivos puedan necesitar, pues con ellas obtendremos el caudal máximo que se puede requerir en nuestra instalación. De este modo nuestra instalación será lo más versátil posible.

1.1 Método de cálculo de las necesidades de riego

Existen varios métodos para determinar para calcular las necesidades netas de agua a aportar a los cultivos mediante el riego. Uno de los más extendidos es el método del balance del agua en el suelo cuya expresión matemática sería la siguiente:

$$\theta_1 - \theta_2 = \Delta\theta = R_n + P_e + AC - ET_c$$

en la que:

- $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ es la diferencia del contenido de humedad entre el inicio (1) y el final (2) del periodo considerado.
- R_n es el agua neta añadida por el riego (parte del agua de riego que queda almacenada en el volumen radicular y a disposición del cultivo).
- P_e es la lluvia efectiva (parte de la lluvia que queda almacenada en el volumen radicular y a disposición del cultivo).
- AC es el agua que penetra en el volumen radicular por ascenso capilar.
- ET_c es el agua evapotranspirada por el cultivo.

En la práctica del riego localizado de alta frecuencia, considerando como intervalo de tiempo el transcurrido entre el final de dos riegos consecutivos, los contenidos inicial y



final de agua son prácticamente iguales ($\Delta\theta = 0$) y la cantidad neta que debe añadirse en el riego, R_n , será:

$$R_n = ET_c - (P_e + AC)$$

La lluvia efectiva (P_e) en invernadero obviamente es inexistente y el ascenso capilar (AC) en el área mediterránea despreciable, normalmente, pues los niveles freáticos son profundos, con lo cual, resulta

$$R_n = ET_c$$

Procedemos a ver cómo calcular esta ET_c en los siguientes apartados.

1.2 Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ET_o)

Existen una gran cantidad de métodos que calculan la evapotranspiración potencial o del cultivo de referencia¹, en función de determinados datos climáticos. Para este estudio se recurrirá al empleo del programa informático CropWat distribuido por la FAO y que puede descargarse libremente desde Internet. El citado programa utiliza el método de Penman-Monteith, que se presenta en la actualidad como el más exacto.

El resultado obtenido con dicho programa, como puede verse en la figura, tasa como valor más alto de ET_o el perteneciente al mes de julio. Su valor es de **5,96 mm/d**. Será este valor el que se tomará como referencia para el cálculo de las necesidades de agua.

¹Es la ET que se produciría en un determinado momento y lugar con una cubierta vegetal definida como « una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm. de altura, uniforme, de crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y que dispone de agua abundante ».



DISEÑO DE UN INVERNADERO DE GESTION AUTOMATIZADA

Memoria de Cálculo

Fernando Prado López

Climate and ETo (grass) Data

```
*****
Data Source: C:\CROPWATW\CLIMATE\SPAIN\SEVILLA.PEN
-----
Country : Spain                      Station : SEVILLA
Altitude: 9 meter(s) above M.S.L.
Latitude: 37,22 Deg. (North)        Longitude: -6,00 Deg. (west)
-----
Month      MaxTemp MiniTemp Humidity Wind Spd. SunShine Solar Rad. ETo
(deg.C)    (deg.C)    (%)      (Km/d)    (Hours)    (MJ/m2/d) (mm/d)
-----
January    15,1      5,5        81,0      78,0       5,5        9,0        0,99
February   17,4      6,5        76,0      86,0       6,3        11,9       1,60
March      20,3      9,0        72,0      95,0       6,0        14,4       2,40
April      23,6     11,1        67,0      95,0       7,9        19,6       3,53
May        26,6     13,4        64,0      86,0       9,3        23,3       4,42
June       32,0     17,2        58,0      86,0      10,8        25,9       5,48
July       36,4     19,6        53,0      78,0      11,6        26,7       5,96
August     36,0     19,8        54,0      69,0      10,9        24,3       5,24
September  32,1     17,7        60,0      69,0       9,0        19,1       3,85
October    25,8     13,7        70,0      69,0       6,5        13,0       2,27
November   19,9      9,9        78,0      78,0       5,4        9,3        1,30
December   15,7      6,6        80,0      78,0       5,0        7,9        0,88
-----
Average    25,1     12,5        67,8      80,6       7,8        17,0       3,16
-----
Pen-Mon equation was used in ETo calculations with the following values
for Angstrom's Coefficients:
      a = 0,25      b = 0,5
*****
C:\CROPWATW\REPORTS\SEVILLA.TXT
```

Figura. Cálculo de ETo con Cropwatw

1.3 Eficiencia de riego

Sobre el valor de evapotranspiración potencial obtenido en el apartado anterior, se debe aplicar un margen de un 10 a un 15% en concepto de eficiencia de riego. Tomamos un aumento del 15%, teniendo en cuenta la necesidad de empleo en valores punta, por lo que obtendríamos:

$$ET_o' = ET_o \cdot 1,15 = 6,85 \text{ mm/d}$$

1.4 Determinación de la Evapotranspiración de cultivo (ETc)

La evapotranspiración depende de parámetros climáticos, de la disponibilidad de agua en el suelo y del cultivo. Cuando no se cubren las necesidades de evapotranspiración, el cultivo puede sufrir estrés hídrico y pérdidas de producción en condiciones si el déficit es importante.

La cuantificación de la evapotranspiración de cultivo, ETc, o evapotranspiración máxima del cultivo, que implicaría la máxima producción en condiciones no limitantes



de suministro hídrico, es:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c$$

donde K_c es el coeficiente de cultivo, cuyo valor depende del cultivo (porte y desarrollo, época de plantación o siembra...) y de la ET_o que sirve como referencia y que, como hemos visto, depende de las condiciones climáticas existentes.

El coeficiente K_c depende del estado vegetativo del cultivo por lo que evoluciona a lo largo del ciclo de cultivo, creciendo desde los valores más bajos del periodo inicial (siembra o trasplante) a lo largo del periodo de crecimiento vegetativo, alcanzando

En la siguiente tabla se pueden ver algunos valores finales de K_c de diferentes tipos de cultivos:

CULTIVOS DE INVERNADERO	K_c
Tomate	0,70-0,90
Pimiento	0,9
Pepino	0,75-0,90
Melón	0,75
Sandia	0,75
Lechuga	0,95
Calabacín	0,75-0,90
ARBUSTOS ORNAMENTALES	K_c
Nerium oleander, Ginerium argenteum,	0,7
TAPIZANTES Y MACIZOS DE FLORES	K_c
Viola tricolor, Juniperus chinensis, etc.	0,8
ARBUSTOS Y PLANTAS AUTOCTONAS	K_c
Rosmarinus officinalis, Cytisus racemosus, etc	0,3
ARBOLES SINGULARES	K_c
Platanus bignonioides, Prunus cerasifera, etc	0,7

Figura. Valores de K_c de algunos cultivos

Siguiendo el criterio en nuestro diseño de hacer un sistema que permita plantar cualquier tipo de cultivo vamos a tomar el valor de K_c más elevado de entre los que se encuentran en la tabla superior ($K_c = 0,90$), por lo que resulta:



$$ET_c = E_{To'} \cdot K_c = 6,85 \text{ mm/d} \cdot 0,90 = 6,17 \text{ mm/d}$$

1.5 Variación climática

En este punto se considera el hecho de que los datos climáticos de partida no son sino valores medios de un cierto periodo de tiempo, por tanto, los resultados hasta aquí calculados son también valores medios. Como corrección de este defecto se aplicará el criterio de Hernández Abreu de aumentar la ET_c con un coeficiente comprendido entre 1,15 y 1,20.

Tomando como coeficiente de corrección por variaciones climáticas 1,20 se obtiene:

$$ET_{c'} = 6,17 \text{ mm/d} \cdot 1,20 = 7,40 \text{ mm/d}$$

1.6 Efecto de localización

El efecto de localización estima la fracción de área sombreada por el cultivo. Se atribuye al suelo sombreado la misma capacidad de eliminación de agua que la superficie del suelo en riegos no localizados. El factor de localización suele oscilar entre valores de 0,6 a 0,8. Cuanto mayor sea el área sombreada por el cultivo mayor será este efecto pues el cultivo interceptará mayor radiación solar, por lo que este factor irá creciendo a medida que el cultivo se vaya desarrollando. En invernaderos, la tasa de ocupación es elevada por lo que la fracción de área sombreada también lo será. A efectos de cálculo tomaremos un valor $K_L=0,8$ por lo que tendremos:

$$ET_{c''} = 7,40 \text{ mm/d} \cdot 0,8 = 5,92 \text{ mm/d}$$

1.7 Necesidades de riego netas

Este último valor obtenido, una vez aplicados los criterios de corrección y coeficientes oportunos, son las necesidades de riego netas:

$$R_n = ET_{c''} = 5,92 \text{ mm/d}$$



1.8 Necesidades de riego brutas

La falta de uniformidad en la aplicación del agua implicará que para cubrir las necesidades de agua (R_n) haya que aportar más agua (R_b , necesidades de riego brutas) para que las plantas que menos agua reciben, por falta de uniformidad, cubran sus necesidades netas. El coeficiente de eficiencia de aplicación de riego (E_a , inferior a 1,0) expresa la razón entre el agua almacenada en el perfil del suelo a disposición de las raíces y el agua aplicada:

$$E_a = K_s \cdot E_u$$

donde:

- a) K_s es un coeficiente que varía entre 0,9 y 1,0 dependiendo del tipo de suelo que tengamos (arenoso, limoso, arcilloso,...)
- b) E_u es un coeficiente que refleja la uniformidad de emisión del agua. En un sistema de riego por goteo su valor oscila entre 0,85 y 0,95 tomándose generalmente el valor 0,93 en sistemas nuevos.

Si tomamos un valor intermedio para K_s y el valor 0,93 para E_u , obtendríamos:

$$E_a = K_s \cdot E_u = 0,95 \cdot 0,93 = 0,88$$

Finalmente, las necesidades de riego brutas serán:

$$R_b = \frac{R_n}{E_a} = \frac{5,92}{0,88} = 6,72 \text{ mm/d}$$

Esto quiere decir que nuestro sistema de riego debe ser capaz de aportar a los cultivos una cantidad máxima de 6,72 litros/m² al día.

1.9 Marco de plantación y dosis de riego

Puesto que proponemos un invernadero lo más versátil posible, el marco de plantación usado, será uno de los más frecuentes y comunes para diferentes tipos de cultivo.



Tomaremos pues, un marco de plantación de 1mx0,5m, es decir, que colocaremos líneas laterales de riego separadas a 1 metro a lo largo de las líneas de riego y sobre estas líneas laterales colocaremos goteros a una distancia de 0,5m.

El área del marco de plantación es, por tanto, de 0,5m² por lo que en cada planta tendremos que aportar la mitad del agua requerida para 1m², es decir

$$\text{Dosis de riego} = \frac{6,72}{2} = 3,36 \text{ l/planta}$$

1.10 Elección del caudal del gotero y tiempo de riego

De la dosis de riego se desprende que la cantidad necesaria a aportar por planta ha de ser de 3,36 l/planta. Para aportar tal cantidad de agua podremos barajar diferentes posibilidades, jugando con el tiempo de riego y los diferentes caudales de riego de los emisores que nos encontramos en el mercado. Generalmente los goteros que se encuentran en el mercado suelen tener caudales de 2 l/h, 4 l/h y 8 l/h.

Dosis (l/planta)	Nº goteros por planta	Caudal gotero (l/h)	Caudal por planta (l/h)	Tiempo de riego (invernadero)	Tiempo de riego (instalación)
3,36	1	2	2	1 h 40 min	6 h 40 min
3,36	1	4	4	0 h 50 min	3 h 20 min
3,36	1	8	8	0 h 25 min	1 h 40 min

De entre estas opciones vamos a decidirnos por usar goteros de 4 l/h, pues, si bien, todas las opciones son válidas, ésta presenta las siguientes ventajas respecto a las otras dos alternativas:

- El tiempo de riego permite dejar suficiente tiempo para las demás tareas que se tengan que realizar en el invernadero. Además, nos permite aumentar la instalación, por ejemplo, controlando el riego de más invernaderos que los que se contemplan en este proyecto
- La presión de trabajo que requieren estos goteros es inferior a la que requieren los goteros de 8 l/h como se aprecia en la figura.

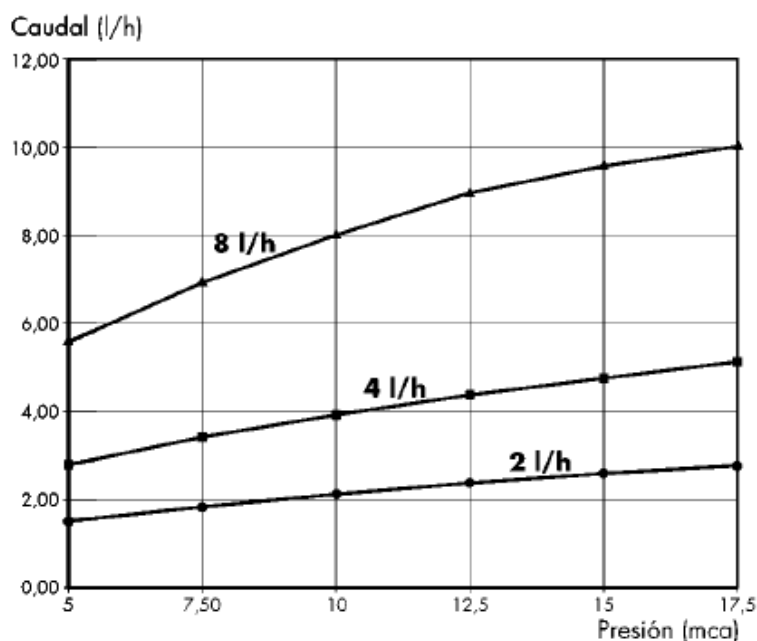


Figura. Relación presión-caudal en goteros

2. DISEÑO HIDRAULICO

Son objeto del diseño hidráulico los cálculos destinados a determinar los elementos de la instalación. Se partirá de los resultados obtenidos en el diseño agronómico, que son los que determinan las necesidades de la instalación, calculándose desde las tuberías de más bajo orden, hasta los elementos del cabezal de riego.

Conjuntamente con los datos obtenidos del diseño agronómico serán necesarias otras particularidades como el tipo de emisor a emplear, las dimensiones de los invernaderos, etc.

2.1 Elección del gotero

Se encuentran en el mercado gran variedad de emisores. Vamos a emplear los denominados goteros de botón ya que su asequible precio y la baja sensibilidad frente a obturaciones lo hacen adecuado para la instalación que se proyecta.

2.2 Cálculo de la red de riego

Vamos a partir del caudal y presión que requerimos en el último elemento de la instalación, y siguiendo un camino inverso al del recorrido del agua iremos



dimensionando los diferentes componentes de la instalación. Comenzaremos viendo la pérdida de carga de la tubería lateral más alejada de la caseta de riego, que será la que marcará el caudal y presión máximos requeridos en el sistema, al ser la red más desfavorable, es decir, la que presenta mayor pérdida de carga debido a esa mayor longitud. Posteriormente dimensionaremos la tubería secundaria para dicho lateral y, finalmente, la primaria viendo el número de secundarias a las que abastece.

Así, obtendremos la presión necesaria a la salida del cabezal de riego, que vendrá dada por:

$$\text{Presión necesaria salida del cabezal} = J_T + \Delta H + Pr$$

donde:

J_T : Pérdida de carga total en la red de riego

ΔH : diferencia de altura entre la salida del cabezal y el último punto de la red de riego. En nuestro caso, al ser un terreno plano, vamos a despreciar este término.

Pr : Presión remanente, es decir, la presión que requiere el último punto de la instalación para funcionar apropiadamente

Para calcular el grupo de bombeo que necesitaremos en nuestro sistema, tendremos que tener en cuenta que antes de que el agua llegue a la salida del cabezal de riego se producen pérdidas de carga en:

- El sistema de filtrado
- El conjunto de aspiración
- El conjunto de impulsión

2.3 Cálculo de tuberías

Para el cálculo de las dimensiones de las tuberías a emplear en el sistema de riego, seguiremos el criterio de que la velocidad óptima que debe tener el agua no debe ser superior a 1,5 m/s. A partir de esta velocidad, podremos calcular el diámetro mínimo de tubería que debemos usar para que esto se cumpla. Evidentemente, este valor es un valor teórico, por lo que tendremos ajustar este valor a los valores disponibles en el mercado.



Una vez elegido este diámetro, podemos calcular las pérdidas de carga que se producen en las diferentes tuberías, hasta finalmente obtener el caudal y presión que requerimos a la salida del cabezal de riego.

2.3.1 Pérdidas de carga en tuberías. Ecuaciones de Blasius y Veronese

Una vez conocido el diámetro interior de los ramales laterales procedemos a calcular la pérdida de carga unitaria (J') que tienen lugar en ellos. Para calcular esta pérdida primero debemos saber en qué régimen tendremos el fluido por la tubería.

Cuando un fluido circula por una tubería lo puede hacer en régimen laminar o en régimen turbulento. La diferencia entre estos dos regímenes se encuentra en el comportamiento de las partículas fluidas, que a su vez depende del balance entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas o de rozamiento.

Para conocer el régimen hidráulico se usa el número de Reynolds, que es un parámetro adimensional que expresa la relación entre las fuerzas de inercia y las viscosas en el interior de una corriente. En definitiva, podemos afirmar que en función del valor del número de Reynolds tenemos la siguiente clasificación de regímenes:

$Re < 2000$: Régimen laminar.

$2000 < Re < 4000$: Zona crítica o de transición.

$Re > 4000$: Régimen turbulento.

El número de Reynolds viene dado por la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

Donde ν es la viscosidad cinemática del agua, V es la velocidad del fluido y D el diámetro de la tubería. Para cálculos hidráulicos es más interesante expresar el número de Reynolds en función del caudal, resultando:

$$Re = 352,64 \cdot \frac{Q}{d^3}$$

donde



Q: caudal expresado en l/h

di: diámetro interior expresado en mm

Puesto que vamos a trabajar con caudales relativamente elevados siempre nos resultará que $Re > 4000$, por lo que trabajaremos en régimen turbulento.

En función, del número de Reynolds, vamos a calcular la pérdida de carga unitaria (J') por fricción en la tubería mediante las siguientes ecuaciones:

- Para $4000 < Re < 100000$ usaremos la fórmula de Blasius que nos dice que la pérdida de carga unitaria viene dada por la ecuación:

$$J' = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{di^{4,75}}$$

- Para $Re > 100000$ usaremos la fórmula de Veronesse que nos dice que la pérdida de carga unitaria viene dada por la ecuación:

$$J' = 0,355 \cdot \frac{Q^{1,00}}{di^{4,90}}$$

La pérdida de carga total por fricción que tendríamos en una tubería de longitud L vendría dada entonces por:

$$J = J' \cdot L$$

donde

J: pérdida de carga por fricción (mca o metros por columna de agua)

J' : pérdida de carga unitaria, dada en mca por metro de tubería

L: longitud de la tubería, expresada en metros

2.3.2 Pérdidas de carga en tuberías con derivaciones. Coeficiente de Christiansen.

El caudal es variable a lo largo de una tubería con salidas de agua (goteros en las líneas laterales) o derivaciones (en las líneas secundarias), disminuyendo a lo largo del



recorrido de la misma a medida que se va extrayendo el agua. En consecuencia, la pérdida de carga unitaria es también variable, de manera que si la pérdida de carga total se calculase según $J = J' \cdot L$, siendo J' el valor obtenido con el caudal de entrada en la tubería, el valor J obtenido sería superior al real. Este hecho se tiene en cuenta introduciendo el coeficiente F de Christiansen, que es menor que la unidad y que permite calcular la pérdida de carga en una tubería que presente derivaciones con caudal similar a intervalos regulares, como sucede en el riego por goteo.

El coeficiente F está tabulado y es función del número de emisores o derivaciones de la tubería:

Nº de salidas	F	Nº de salidas	F	Nº de salidas	F
1	1,000	11	0,392	22	0,368
2	0,634	12	0,383	24	0,366
3	0,528	13	0,382	26	0,364
4	0,480	14	0,381	28	0,363
5	0,451	15	0,379	30	0,362
6	0,433	16	0,377	35	0,359
7	0,419	17	0,375	40	0,357
8	0,410	18	0,373	50	0,355
9	0,402	19	0,372	100	0,350
10	0,396	20	0,370	>100	0,345

Figura. Valores del coeficiente de Christiansen

La pérdida de carga en una tubería con derivaciones, por tanto, podrá calcularse como:

$$J = J' \cdot L \cdot F$$

donde

J : pérdida de carga por fricción (mca o metros por columna de agua)

J' : pérdida de carga unitaria, dada en mca por metro de tubería

L : longitud de la tubería, expresada en metros

F : coeficiente de Christiansen



Recordamos que este cálculo, cuando tenemos una red de riego, se realizará siempre para el caso más desfavorable, es decir, para la tubería de mayor longitud.

2.3.3 Distribución de la red de riego

Vemos, a continuación, un esquema de la red de riego a calcular. Se puede apreciar como la red de riego se puede dividir en tres tipos de tubería.

- La red principal que sale de la caseta de riego, donde se encontrarán el cabezal de riego y otros elementos necesarios para la fertirrigación.
- Las tuberías secundarias que partiendo de la red principal llegan a cada invernadero.
- Las tuberías laterales, insertadas en las secundarias, y en las que se colocarán los goteros.

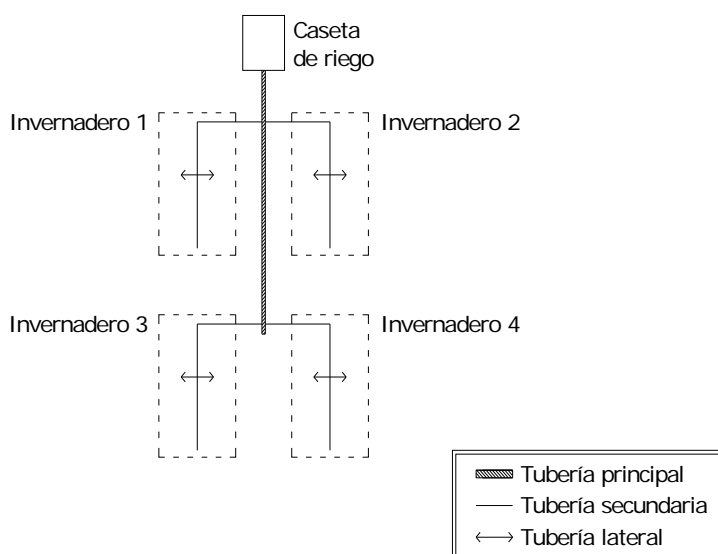


Figura. Esquema de la red de riego

En nuestros cálculos, vamos a tomar la tubería secundaria que llega al invernadero 3 (o al 4 pues es simétrico) que es la de mayor longitud y, por tanto, el caso más desfavorable.

2.3.4 Cálculo de laterales



Cada tubería lateral estará dotada de 30 goteros de 4 l/h, separados cada 0,5m, por lo que el caudal en cabeza de dicha línea será de 120 l/h, o lo que es lo mismo, $3,33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. La longitud de cada lateral será de aproximadamente 15,5 metros partiendo desde el centro del invernadero, donde se encuentran conectados a la tubería secundaria, hacia las paredes laterales y dejando 0,75 metros desde el último emisor hasta la pared del invernadero. El primer emisor se situará aproximadamente 0,75 m del centro del invernadero a cada lado creando un pasillo longitudinal de aproximadamente 1,5m. En la parte central de la tubería secundaria se dejará un tramo de aproximadamente 2,5m sin tuberías laterales para formar un pasillo transversal frente a la puerta del invernadero, situada en uno de los laterales del mismo.

Línea lateral de riego

Longitud: 15,5 m

Número de salidas: 30

Caudal en cabeza: 30 goteros x 4 l/h por gotero = 120 l/h = $3,33 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

Para $V_{\text{máx}}$ del agua igual a 1,5 m/s tenemos que podemos obtener el diámetro mínimo que requerimos en la tubería:

$$Q = V \times S \quad \text{donde } S = \pi \cdot r^2 \quad \text{y } r = d/2$$

Despejando d obtendré el valor del diámetro interior mínimo:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,33 \cdot 10^{-5}}{\pi}}$$

Seleccionamos tubo de polietileno de baja densidad (PEBD) de diámetro interior 10mm y de 1mm de espesor, es decir, de 12mm de diámetro exterior. En tal caso, el valor del número de Reynolds resultará:

$$Re = 352,64 \cdot \frac{120}{10} = 4.231,68$$



Puesto que $4000 < Re < 100.000$, usaremos la ecuación de Blasius para calcular la pérdida de carga unitaria:

$$f' = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{dl^{4,75}} = 0,473 \cdot \frac{120^{1,75}}{10^{4,75}} = 0,03653 \approx 0,037$$

Entonces la pérdida de carga, teniendo en cuenta que tenemos 30 goteros y que según la tabla, el coeficiente de Christiansen para 30 es $F(30) = 0,362$, resulta:

$$J_L = J' \cdot L \cdot F = 0,037 \cdot 15,5 \cdot 0,362 = 0,207607 \approx 0,21 \text{ mca}$$

La velocidad real que tendremos con el diámetro seleccionado sería:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = 0,42 \text{ m/s}$$

2.3.5 Cálculo de secundarias

Cada tubería secundaria abastece a 96 laterales. La tubería secundaria irá a lo largo del eje longitudinal del invernadero, y tendrá tuberías laterales a ambos lados de la misma. Las tuberías laterales se encuentran situadas a cada metro en la tubería secundaria, excepto en la parte central donde se deja un pasillo como se explico con anterioridad. El caudal en cabeza de esta línea secundaria será de 11.520 l/h, o lo que es lo mismo, $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. La longitud de la tubería secundaria será de aproximadamente 68 m, y tendrá varios codos, para enterrar parte de su recorrido y para realizar la unión a la primaria, así como la electroválvula que controla el riego en el invernadero en el que se encuentra.

Esta serie de elementos singulares que podemos encontrarnos en una conducción (codos, reducciones, válvulas, filtros, etc...) también producen una pérdida de carga. Generalmente, aunque se puede calcular dicha pérdida de forma más exacta, lo que se hace es cifrar las pérdidas en estos elementos singulares en un 10% del valor de las pérdidas de carga en las tuberías.



Línea secundaria de riego

Longitud: 68 m

Número de salidas laterales: 96

Caudal en cabeza: 96 salidas x 120 l/h por lateral = 11.520 l/h = $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Para $V_{\text{máx}}$ del agua igual a 1,5 m/s obtenemos el diámetro mínimo que requerimos en la tubería:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,2 \cdot 10^{-3}}{\pi}}$$

Seleccionamos tubo de PVC rígido de diámetro interior 54,4 mm y de 4,3mm de espesor, es decir, de 63mm de diámetro exterior. En tal caso, el valor del número de Reynolds resultará:

$$Re = 352,64 \cdot \frac{11520}{54,4} = 74.676,71$$

Puesto que $4000 < Re < 100.000$, usaremos la ecuación de Blasius para calcular la pérdida de carga unitaria:

$$f' = 0,473 \cdot \frac{Q^{1,75}}{d^{4,75}} = 0,473 \cdot \frac{11.520^{1,75}}{54,4^{4,75}} = 0,0345$$

Entonces la pérdida de carga, teniendo en cuenta que tenemos 96 líneas laterales y que según la tabla, el coeficiente de Christiansen para 96 es $F(96) = 0,35$, resulta:

$$J = J' \cdot L \cdot F = 0,0345 \cdot 68 \cdot 0,35 = 0,8211 \text{ mca}$$

Por tanto, teniendo en cuenta el 10% por pérdidas en elementos singulares, tendremos que:

$$J_{2a} = 0,8211 \cdot 1,10 = 0,90321 \text{ mca}$$

La velocidad real que tendremos con el diámetro seleccionado sería:



$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = 1,38 \text{ m/s}$$

2.3.6 Cálculo de la primaria

La línea primaria enlaza el cabezal de riego con cada una de las tuberías secundarias, teniendo por tanto, cuatro derivaciones (una línea secundaria por invernadero). El paso del fluido a las líneas secundarias se controlará mediante la electroválvula situada dentro del invernadero tal como se describió anteriormente. La línea principal irá enterrada completamente en todo su recorrido.

La mayor longitud posible para esta tubería sería para cuando tenga que abastecer al invernadero 3 o al 4, según se podía ver en la figura del esquema de la red de riego. En este caso, la longitud sería de aproximadamente 90m.

El caudal en cabeza dependerá del número de invernaderos que se deban regar a la vez. A efectos de cálculo hemos de suponer siempre el caso más desfavorable, por lo que vamos a suponer que en algún momento se quieran regar los cuatro invernaderos a la vez. En tal caso, el caudal máximo requerido sería el cuádruple del que se requería en la tubería secundaria, es decir, de 46.080 l/h, o lo que es lo mismo, 0,0128 m³/s.

Línea primaria de riego

Longitud: 90 m

Número de salidas laterales: 4

Caudal en cabeza: 4 salidas x 11.520 l/h por lateral = 46.080 l/h = 0,0128 m³/s

Para V_{máx} del agua igual a 1,5 m/s obtenemos el diámetro mínimo que requerimos en la tubería:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0128}{\pi \cdot 1,5}} = 0,104 \text{ m} = 104 \text{ mm}$$

Seleccionamos tubo de cloruro de polivinilo (PVC) de diámetro interior 117,6 mm y de 3,7mm de espesor, es decir, de 125mm de diámetro exterior. En tal caso, el valor del número de Reynolds resultará:



$$Re = 352,64 \cdot \frac{46.080}{117,6} = 138.177,31$$

Puesto que $Re > 100.000$, usaremos la ecuación de Veronesse para calcular la pérdida de carga unitaria:

$$f' = 0,355 \cdot \frac{Q^{1,8}}{dt^{4,8}} = 0,355 \cdot \frac{46.080^{1,8}}{117,6^{4,8}} = 0,0102 \approx 0,01$$

Entonces la pérdida de carga, teniendo en cuenta que tenemos 4 líneas secundarias y que según la tabla, el coeficiente de Christiansen para 4 es $F(4) = 0,48$ resulta:

$$J = J' \cdot L \cdot F = 0,01 \cdot 90 \cdot 0,48 = 0,432 \text{ mca}$$

Por tanto, teniendo en cuenta el 10% por pérdidas en elementos singulares, tendremos que:

$$J_1 = 0,432 \cdot 1,10 = 0,4752 \text{ mca}$$

La velocidad real que tendremos con el diámetro seleccionado sería:

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} = 1,18 \text{ m/s}$$

2.4 Pérdida de carga total en la red de riego

La pérdida de carga total en la red de riego será entonces la suma de las pérdidas de carga de cada una de las conducciones: lateral, secundaria y primaria. En resumen de lo anterior tenemos:

- Pérdida de carga en lateral: $J_L = 0,21 \text{ mca}$
- Pérdida de carga en la secundaria: $J_2 = 0,90321 \text{ mca}$



- Pérdida de carga en la primaria: $J_{1^a} = 0,4752$ mca

Por tanto, la pérdida de carga total en la red de riego es:

$$J_T = J_L + J_{2^a} + J_{1^a} = 0,21 + 0,90321 + 0,4752 = 1,58841 \text{ mca} \approx \mathbf{1,6 \text{ mca}}$$

2.5 Presión necesaria a la salida del cabezal

La presión necesaria a la salida del cabezal será la requerida para que se produzca el perfecto funcionamiento del sistema, cumpliéndose que el gotero elegido como más desfavorable funcione a la presión de trabajo que necesita para suministrar el caudal que hemos usado en los cálculos.

La expresión que nos da esta presión es:

$$\text{Presión necesaria salida del cabezal} = J_T + \Delta H + Pr$$

donde:

J_T : Pérdida de carga total en la red de riego

ΔH : diferencia de altura entre la salida del cabezal y el último punto de la red de riego. En nuestro caso, al ser un terreno plano, vamos a despreciar este término.

Pr : Presión remanente, es decir, la presión que requiere el último punto de la instalación para funcionar apropiadamente.

En la hoja técnica del gotero seleccionado, podemos ver una gráfica donde se indica las presiones de trabajo que requiere el gotero para según qué caudal. En nuestro caso, tenemos un gotero que queremos que ofrezca 4l/h por lo que vemos requiere una presión de 10 mca. Esta presión es la presión remanente de la ecuación anterior.

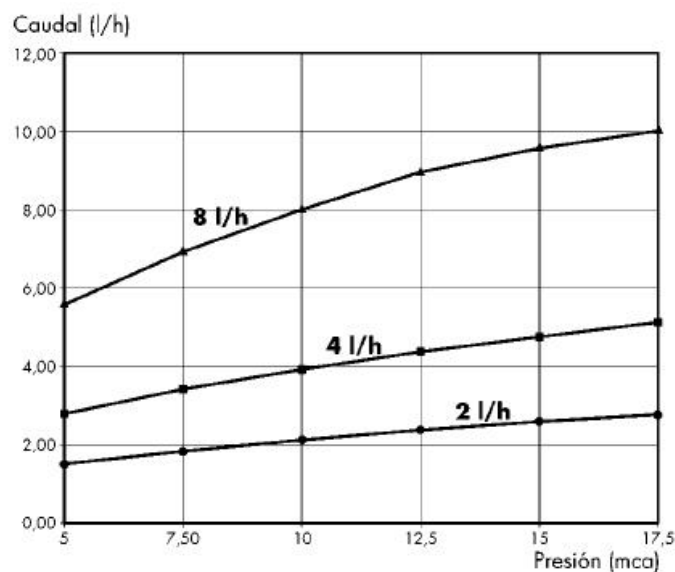


Figura. Caudal en función de la presión

Por tanto, resulta:

Presión necesaria salida del cabezal = $J_T + \Delta H + Pr = 1,6 + 0 + 10 = 11,6$ mca

2.6 Diseño del cabezal de riego

El cabezal de riego, que se encontrará en la caseta de riego, consta de los elementos destinados a filtrar, tratar y suministrar el agua a la red de riego. Los elementos de los que consta y que vamos a calcular y dimensionar son los siguientes:

- Sistema de filtrado.
- Equipo de fertirrigación.
- Grupo de bombeo.
- Elementos sensores y captadores. Se ocuparán de facilitar el control y la automatización del riego.

A continuación se detalla el cabezal y los elementos más importantes de que consta.

2.6.1 Sistema de filtrado

Es uno de los componentes principales del cabezal, y está compuesto por distintos tipos de filtros con los que se pretende eliminar las partículas y elementos que lleva el agua en suspensión y que pueden ocasionar obturaciones en cualquier parte de la red de



riego, principalmente en los emisores. La obturación de los emisores es uno de los problemas más importantes de los sistemas de riego localizado como es el riego por goteo. Suele producirse por partículas minerales (arena, limo, arcilla), partículas orgánicas (algas, bacteria, restos de plantas o animales), y sales precipitadas que provienen de los fertilizantes añadidos, o las que están presentes en el agua de riego. Si se producen obturaciones, el coste de mantenimiento de la red será mayor y la duración de los componentes de la instalación se verá reducida de ahí la importancia del filtrado.

2.6.1.1 Filtros de arena

Es preciso especificar el tipo de arena a emplear, espesor de capa o capas de arena y la superficie filtrante. Son datos necesarios el caudal y el diámetro de los emisores.

→ Tipo de arena

El tamaño de las partículas que podrán atravesar los filtros de arena es del orden de $1/10$ del diámetro efectivo de la arena a emplear. Por otro lado se debe cumplir el criterio de que las partículas que superen el filtro deben tener un diámetro menor que $1/10$ del diámetro mínimo del emisor. Se empleará pues arena de diámetro efectivo igual al diámetro mínimo del gotero.

El diámetro de paso de agua mínimo del gotero elegido, según su hoja de características, es de 1,041 mm. Se empleará, por lo tanto, arena silíceo de diámetro efectivo menor de 1,041mm.

→ Espesor de la capa de arena

El espesor de la capa de arena debe ser mayor de 50 cm, valor mínimo recomendado.

→ Superficie filtrante

Para el cálculo de los filtros de arena se debe aumentar el caudal en un 20% en concepto de margen de seguridad y se aplica el criterio de que la velocidad media del agua no supere los 60 m/h, esto es $60\text{m}^3/\text{h}$ por m^2 de superficie de filtro.

Datos

$$Q_{\text{máx}} = 46080 \text{ l/h}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1,20 \cdot 46080 \text{ l/h} = 55.296 \text{ l/h} \approx 55,3 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Caudal + 20\%)}$$

$$V_{\text{agua}} = 60 \text{ m/h}$$

Con estos datos procedemos a calcular la superficie de filtración que necesitaremos en nuestra instalación:

$$Q = V \cdot S$$

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{55,3}{60} = 0,92 \text{ m}^2 = 9200 \text{ cm}^2$$

Remitiéndonos a las características técnicas de los filtros de arena de la casa Regaber, vemos que el único filtro que tiene esta superficie de filtración es el de 48". Otra opción, es la de usar dos filtros de arena en paralelo de 36", obteniendo en total una superficie de filtración de 12.724 cm^2 , suficientemente superior a la requerida como para permitir la limpieza de los filtros durante el riego, si esto fuese necesario. Además, para la limpieza de uno de los filtros usaremos el agua limpia del otro, por lo que usar dos filtros es la mejor opción.

Características técnicas

	20"	36"		48"	
	Crepinas	Crepinas	Brazos	Crepinas	Brazos
Altura total (mm)	1463	1155		1171	
Altura boca entrada H1 (mm)	1055	1155		1171	
Altura boca salida H2 (mm)	215	370		355	
Diámetro B (pulgadas)	2"	3"		4"	
Diámetro D (pulgadas)	500	905		1208	
Peso (kg)	80	150	119	290	230
Caudal* (m ³ /h)	3-18	10-45	10-35	18-65	18-48
Superficie de filtración (cm ²)	1963	6362		11310	
Arena (kg)	180	390	430	660	720
Conexión	RH 2" o Victaulic 2"	Bridas 3" o Victaulic 3"		Bridas 4" o Victaulic 4"	
Máxima presión de trabajo recomendada	8 atm	8 atm		8 atm	

*Variable en función de la calidad del agua de entrada y de salida.

Figura. Características técnicas de los filtros de arena



2.6.1.2 Filtros de malla

Siempre es preciso colocar filtros de malla a la salida de los de arena para retener los posibles arrastres de arena. Los filtros de malla se encargan de retener todo tipo de sólidos en suspensión. Las impurezas se retienen en la superficie de unas mallas dotadas de orificios de pequeño tamaño, fabricadas en material no corrosivo (acero, plástico).

En la elección de un filtro de malla hay que determinar la superficie de la malla y el tamaño de los orificios, es decir su número de mesh. Para esto último un criterio usado comúnmente es que el tamaño del orificio sea aproximadamente $1/7$ del menor diámetro de paso del gotero. Ello es debido, además de la posible entrada de una partícula por su dimensión menor, a que se pueden aglutinar partículas una vez que hayan superado el paso a través de las mallas. El empleo de mallas más finas no es recomendable porque aumenta la frecuencia de las limpiezas y los problemas potenciales que acompañan a la colmatación de las mallas. En la siguiente tabla se muestran las mallas de acero recomendadas según criterio $1/7$.

MALLAS DE ACERO RECOMENDADAS (CRITERIO 1/7)		
	MALLA	
DIÁMETRO DEL GOTERO (mm).	ORIFICIO MENOR QUE (micras)	Nº DE MESH
1,50	214	65
1,25	178	80
1,00	143	115
0,9	128	115
0,80	114	150
0,70	100	170
0,60	86	200
0,50	71	250

Figura. Mallas de acero recomendadas (criterio $1/7$)

La superficie de malla se calcula en función del caudal Q , incrementado en un 20% en concepto de margen de seguridad, y en función de los valores aceptables de la velocidad real (velocidad a través de los orificios), que se indica en la siguiente tabla.



VELOCIDAD RECOMENDADA EN FILTROS DE MALLA		
TAMAÑO DEL ORIFICIO (micras)	CLASE DE AGUA	V (m/sg)
300-125	Limpia	0,4-0,9
300-125	Con algas	0,4-0,6
125-75	Cualquiera	0,4-0,6

Figura. Velocidad recomendada en filtros de malla

Estos límites de velocidad equivalen a un caudal por área neta y por área efectiva de malla que se indican en la tabla siguiente.

CAUDAL EN LOS FILTROS DE MALLA		
V (m/sg)	m3/h por m2 de área neta	m3/h por m2 de área total*
0,4	1440	446
0,6	2160	670
0,9	3240	1004

* Valido solo para filtros de malla metálica: calculada según $A_n = 0,9 \cdot 0,34 \cdot A_t$

Figura. Caudal en los filtros de malla

Teniendo en cuenta todo esto procedemos a calcular los filtros de malla de nuestra instalación.

Datos

$$Q_{\text{máx}} = 46080 \text{ l/h}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1,20 \cdot 46080 \text{ l/h} = 55.296 \text{ l/h} \approx 55,3 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (Caudal + 20\%)}$$

En primer lugar, deberemos elegir el tipo de malla, en función del diámetro de gotero según la tabla de mallas de acero recomendadas. En nuestro caso elegimos una malla de acero de 115 mesh, con un tamaño de orificio de 143 micras correspondiente a un diámetro del gotero de 1mm (muy aproximado al nuestro).

Una vez conocida la malla calculamos la superficie de filtrado. Si tenemos un caudal de cálculo de $55,3 \text{ m}^3/\text{h}$ y la velocidad se debe encontrar entre los 0,4 y los 0,6m/s, según la tabla de velocidad recomendada en los filtros de malla, tendremos que el caudal por m^2 de área total de filtro deberá estar entre los 670 y los 446 m^3/h , según la tabla de caudal



en filtros de malla. Tomando el valor medio dentro de este rango, es decir, 558 m³/h, tendremos que:

$$A = \frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{filtro malla}}} = \frac{55,3}{558} = 0,099 \text{ m}^2 \approx 0,1 \text{ m}^2 = 1000 \text{ cm}^2$$

Con estos datos seleccionamos un filtro de malla Arkal modelo AK B-4, distribuido por Regaber, que permite tener un caudal máximo de 80 m³/h con un área de filtración de 1630cm².

2.6.2 Equipo de fertirrigación

Dentro del cabezal de riego el equipo de fertirrigación es el que se encarga de añadir fertilizantes, microelementos, fitosanitarios, etc. al agua de riego para su distribución a los cultivos. La fertirrigación es una práctica imprescindible cuando se riega de manera localizada.

El sistema de fertirrigación se coloca después del sistema de filtrado basto (filtros de arena y filtros de malla) y antes de la unidad de filtro de mallas o anillas.

Los equipos de fertirrigación más usados son:

- Tanques de fertilización: Son depósitos conectados en paralelo a la red de distribución. El fertilizante se incorpora al agua por diferencia de presión entre la salida y la entrada.
- Inyectores tipo Venturi: Consiste en un tubo conectado en paralelo a la tubería principal con un estrechamiento donde se produce una succión que hace que el fertilizante pase a la red.
- Inyectores: Son dispositivos que introducen la solución nutritiva contenida en un depósito no conectado a la red y, por tanto, sin presión, mediante una bomba eléctrica o hidráulica. Mantienen una concentración constante de fertilizante en el agua de riego que puede ser seleccionada con un dosificador acoplado al inyector.

Desde el punto de vista de la automatización el dosificador más eficiente es el eléctrico. Desde el punto de vista de la capacidad de inyección seguimos el criterio de que el



sistema debe poder inyectar hasta 700 ppm (0,7 litros de fertilizante por m³ de agua de riego), aunque conviene disponer de una capacidad algo mayor para algún tratamiento especial.

El caudal máximo que nuestro sistema demandará será de aproximadamente 46,1 m³/h, con lo que el sistema de inyección debe ser de:

$$46,1 \text{ l/h} \times 0,7 = 32,27 \text{ l/h}$$

Se selecciona una bomba dosificadora de la casa “SODI” modelo PD64-50 capaz de entregar un caudal de 50l/h.

2.8.2.2 Depósitos de abono

Se emplearán tres depósitos de poliéster para almacenar los abonos líquidos para la fertirrigación. La capacidad de cada depósito será suficiente para que la periodicidad del suministro por parte del distribuidor sea aproximadamente de un mes.

Considerando una capacidad máxima de inyectado de la bomba dosificadora de 50 l/h y un tiempo de fertilización de 3 horas diarias por cada tipo de fertilizante, la capacidad de cada depósito debe ser de al menos:

$$\text{Vol. Inyec. (l/h)} \times \text{Tiempo (h/día)} \times 30 \text{ días} = 50 \times 3 \times 30 = 4.500 \text{ litros}$$

Se seleccionan tres depósitos horizontales de capacidad 5.000 litros para los fertilizantes

2.6.3 Grupo de bombeo

Dotará al agua de la presión necesaria para alcanzar el punto más alejado de la red. Puede formar parte del cabezal o estar alojado en un lugar independiente. Hay casos en los que el agua llega a la instalación a través de una red de riego a la demanda, con la presión suficiente, no siendo entonces necesario el grupo de bombeo. En nuestro caso, necesitaremos el grupo de bombeo pues vamos a obtener el agua del embalse del que dispone la finca.

El grupo de bombeo debe dar el caudal que necesitamos a la altura manométrica calculada. Naturalmente, el caudal de la bomba es el mismo que precisamos en el origen de la tubería principal. La altura manométrica es la suma de todas las pérdidas de carga que van a tener lugar en la conducción más la presión que requerimos en el último gotero y las pérdidas de carga en el propio cabezal de riego, siempre considerando el caso más desfavorable, para obtener el punto de funcionamiento máximo de la bomba.



2.6.3.1 Caudal necesario

El caudal dependerá del invernadero o invernaderos que estén en riego, si consideramos el caso más desfavorable, en el que se produce el riego en los cuatro a la vez tendríamos que el caudal necesario será aproximadamente de $46,1 \text{ m}^3/\text{h}$. Este caudal se incrementa en un 20% para el cálculo, en concepto de margen de seguridad, por lo que resulta:

$$46,1 \text{ m}^3/\text{h} + 20\% = 55,32 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vamos a colocar dos bombas siguiendo el criterio de que cada una de ellas va a proporcionar el 70% del caudal requerido de manera que así, en caso de fallo de alguna de las bombas el sistema, aunque a menor rendimiento, seguirá teniendo funcionalidad. Por tanto, vamos a seleccionar bombas con un caudal aproximado de $38,72 \text{ m}^3/\text{h}$, o el valor más similar que se encuentre en catálogo.

2.6.3.2 Pérdida de carga en el cabezal de riego

A continuación se calcula la pérdida de carga en el cabezal de riego distinguiendo entre las pérdidas en el sistema de filtrado, en el conjunto de aspiración y en el conjunto de impulsión. Se añadirá también en el cálculo una caída de presión extra para la limpieza de goteros.

2.6.3.2.1 Pérdida de carga en el sistema de filtrado

Las pérdidas de carga en el sistema de filtrado se reparten entre la que cae en los filtros de arena, la que cae en el filtro de malla y la correspondiente a válvulas y tuberías.

Las siguientes gráficas, sacadas de las hojas técnicas, de los filtros que vamos a emplear nos permiten un cálculo rápido de dichas pérdidas de carga.

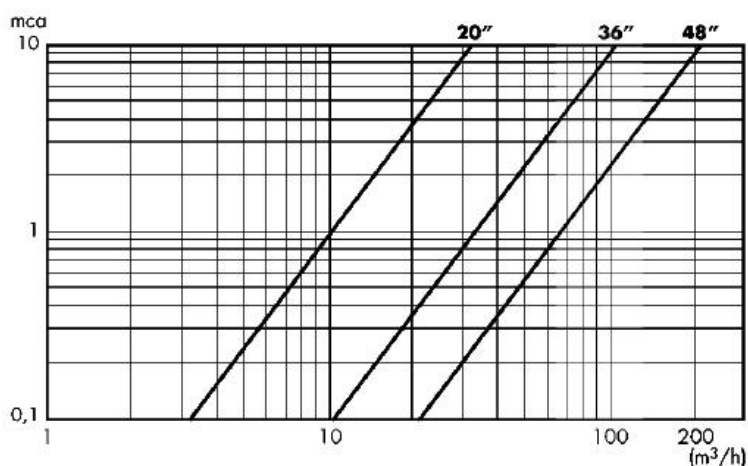


Figura. Pérdida de carga en filtro de arena

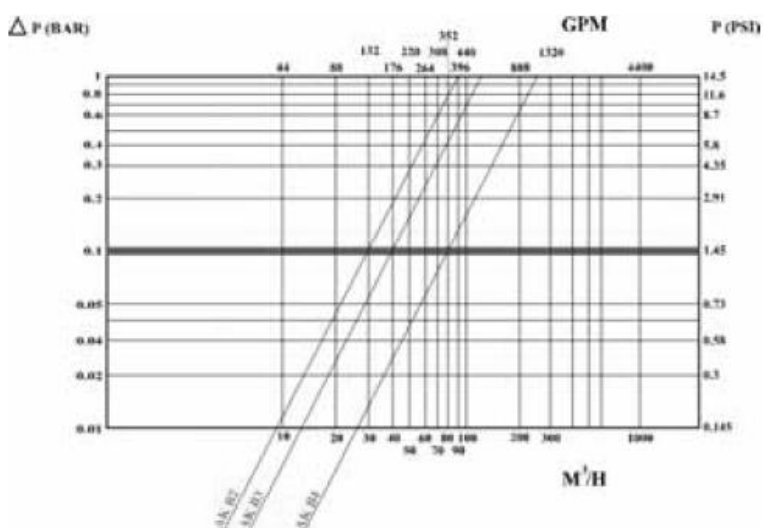


Figura. Pérdida de carga en filtro de malla

Para el caudal máximo, que era de 55,3 m³/h, resulta que:

- ✓ Pérdida de carga en filtros de arena: 0,75 mca
- ✓ Pérdida de carga en filtros de malla: 0,75 mca
- ✓ Pérdida de carga en válvula y tuberías: 5mca

Luego, la pérdida de carga total en el sistema de filtrado será de 6,5 m.c.a.

2.6.3.2.2 Pérdidas de carga en el conjunto de aspiración e impulsión

Los grupos horizontales necesitan la instalación de un conjunto de aspiración y otro de impulsión.



Estos conjuntos normalmente se construyen en hierro. Como normal general, el diámetro de aspiración suele coincidir con el de la tubería general de conducción y el diámetro de impulsión suele ser de diámetro inmediatamente inferior. En nuestro caso, el diámetro de la primaria es de 117,6mm situado entre los diámetros de 125mm, que tomaremos como diámetro de aspiración y el de 100mm, que tomaremos como el diámetro de impulsión.

Para la realización exacta de estos cálculos se necesitan relacionar las piezas de cada conjunto y transformarlas en longitudes ficticias, según se indica en la tabla siguiente, que permite calcular diámetro, pérdidas de carga y velocidad de la tubería de hierro en función del caudal.

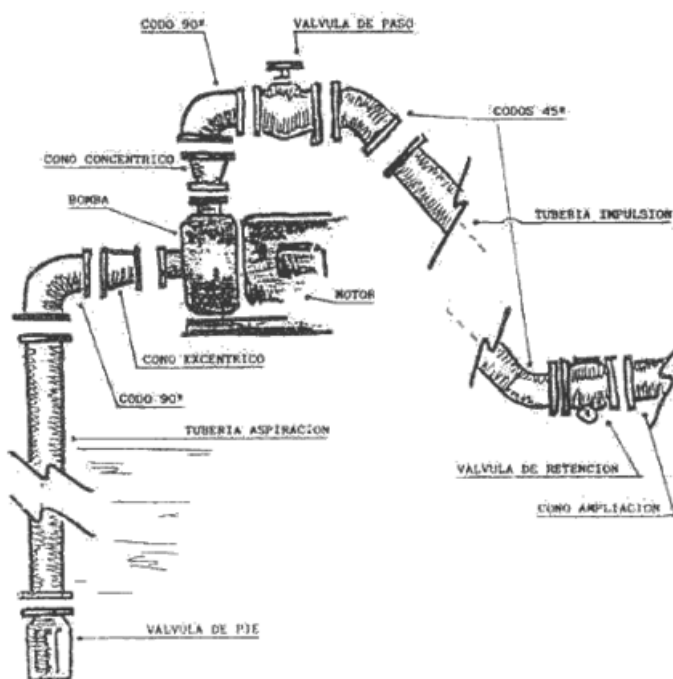


Figura. Esquema de un sistema de aspiración e impulsión

2.6.3.2.3 Pérdidas de carga en el conjunto de aspiración

Los elementos de que consta el conjunto de aspiración junto con sus longitudes equivalentes en metros de tubería se detallan a continuación.



Elemento	Longitud equivalente
Válvula de pie	15 m
Válvula de compuerta	5 m
Cono de reducción	5 m
Manguera	6 m
Tubería de hierro fundido	2 m

En total, tenemos una longitud equivalente de 33m. A partir de la tabla de pérdidas de carga en metros manométricos por cada 100m de tubería nueva de hierro fundido vamos a calcular la pérdida de carga en el conjunto de aspiración.

PERDIDAS DE CARGA EN m MANOMÉTRICOS POR CADA 100 m DE TUBERÍA NUEVA DE HIERRO FUNDIDO																
CAUDAL		DIÁMETRO INTERIOR EN mm														
m³/h		25	32	40	50	60	70	80	90	100	125	150	175	200	225	
24	Pc%					12	5,7	3	1,7	1	0,36	0,14	0,07			
	Vm/s					2,38	1,76	0,34	1,06	0,86	0,54	0,36	0,28			
27	Pc%					14	7	3,5	2	1,25	0,42	0,17	0,08			
	Vm/s					2,7	1,97	1,45	1,17	0,96	0,6	0,42	0,31			
30	Pc%					17	8,2	4,2	2,5	1,5	0,5	0,2	0,09			
	Vm/s					2,98	2,2	1,74	1,32	1,08	0,68	0,48	0,34			
36	Pc%					25	12	6,3	3,5	2	0,75	0,3	0,14	0,07		
	Vm/s					3,58	2,63	2	1,58	1,28	0,82	0,57	0,42	0,32		
42	Pc%						16	8,5	4,5	2,7	0,85	0,33	0,18	0,08		
	Vm/s						3,07	2,34	1,85	1,5	0,96	0,66	0,48	0,37		
48	Pc%						21	10	6	3,6	1,2	0,45	0,22	0,12	0,06	
	Vm/s						3,51	2,68	2,12	1,72	1,08	0,72	0,56	0,43	0,34	

Datos

Caudal = 55,32 m³/h

Caudal por bomba = 41,49 m³/h \approx 42 m³/h



$\varnothing_{\text{interior}} \text{ tubería} = 125 \text{ mm}$

Pérdida de carga, $PC(\%) = 0,85$

Velocidad del agua, $V(\text{m/s}) = 0,96$

La pérdida de carga se calcula como:

$$PC_{\text{asp}} = \frac{L_{\text{eq}}}{100} \cdot PC(\%) = \frac{33}{100} \cdot 0,85 = 0,28 \text{ mca}$$

2.6.3.2.4 Pérdidas de carga en el conjunto de impulsión

De igual modo se calculan las pérdidas de carga en el conjunto de impulsión. En este caso vamos a separar el conjunto de impulsión en dos tramos: el primero será hasta el colector, donde la tubería es de $\varnothing 125\text{mm}$, y el segundo hasta los filtros donde tenemos una tubería de $\varnothing 150\text{mm}$.

Los elementos de que consta el conjunto de aspiración, en su primer tramo, junto con sus longitudes equivalentes en metros de tubería se detallan a continuación.

Elemento	Longitud equivalente
Cono de ampliación	15 m
Válvula de retención	10 m
Válvula de mariposa	10 m

En total, tenemos una longitud equivalente de 25m. A partir de la tabla vamos a calcular la pérdida de carga en este tramo del conjunto de impulsión.

Datos

Caudal = $41,49 \text{ m}^3/\text{h} \approx 42 \text{ m}^3/\text{h}$

$\varnothing_{\text{interior}} \text{ tubería} = 125 \text{ mm}$

Pérdida de carga, $PC(\%) = 0,85$

Velocidad del agua, $V(\text{m/s}) = 0,96$

La pérdida de carga se calcula como:



$$PC_{asp-1} = \frac{L_{eq}}{100} \cdot PC(\%) = \frac{25}{100} \cdot 0,85 = 0,21 \text{ mca}$$

En su segundo tramo, las longitudes equivalentes en metros de tubería, para los elementos del conjunto de impulsión resultan:

Elemento	Longitud equivalente
Colector	3,5 m
Cono de reducción	5 m
Codo de 90°	5 m
Tubería de impulsión	1,5 m

En total, tenemos una longitud equivalente de 15m. A partir de la tabla vamos a calcular la pérdida de carga en este tramo del conjunto de impulsión.

Datos

Caudal = 55,32 m³/h

Ø_{interior} tubería = 100 mm

Pérdida de carga, PC(%) = 4,5

Velocidad del agua, V(m/s) = 1,92

La pérdida de carga se calcula como:

$$PC_{asp-2} = \frac{L_{eq}}{100} \cdot PC(\%) = \frac{15}{100} \cdot 4,5 = 0,675 \text{ mca}$$

Por tanto, la pérdida de carga total en el sistema de aspiración resulta de 0,885 mca.

2.6.3.2.5 Presión de limpieza de los goteros

A las pérdidas de carga producidas en los sistemas de filtrado y de aspiración e impulsión, hay que añadirles una presión extra para la limpieza de los goteros, que será del 50% de la presión nominal, es decir, 5mca.



2.6.3.3 Altura manométrica

Procedemos, a continuación, a calcular la altura manométrica. Para ello hay que sumar la pérdida de carga del cabezal de riego la presión requerida en la salida del mismo.

Recordamos que la presión necesaria a la salida del cabezal resultaba:

$$\text{Presión necesaria salida del cabezal} = J_T + \Delta H + Pr = 1,6 + 0 + 10 = 11,6 \text{ mca}$$

Por tanto, la altura manométrica total resultará (sumando el total de pérdidas en el cabezal de riego a la presión necesaria a la salida de éste)

Presión necesaria a la salida del cabezal	11,6mca
Pérdida de carga en el sistema de filtrado	6,5mca
Pérdida de carga en el sistema de aspiración	0,28 mca
Pérdida de carga en el sistema de impulsión	0,885 mca
Presión extra de limpieza de los goteros	5 mca

La suma nos da una altura manométrica total para el grupo de bombeo de 24,265 mca

2.6.3.4 Selección de las bombas

Se instalarán bombas, según nuestros cálculos, que permitan entregar un caudal de aproximadamente 42 m³/h a una altura manométrica 24,265 mca. Del catálogo de bombas de la casa SACI, seleccionamos la serie de bombas CR, entre cuyas aplicaciones se nos indica el riego por goteo. Dentro de esta serie elegimos el modelo CR1500, capaz de entregar 45 m³/h a una altura manométrica de 25,7 mca, con motor de 2.850 rpm y potencia de 15 cV, según se puede apreciar en la siguiente tabla extraída de dicho catálogo:



Tipo Type	HP	KW	R.P.M.	"A"		Caudal m³/h / Flow m³/h										Ø ASP.	Ø IMP.
						20	45	60	85	100	120	150	175	200	220		
				230 V	400 V	Altura m.c.a. / Height w.c.m.											
CR 300	3	2,2	2.850	9	5,2	17,2	12,5	6,8								DN80	DN80
CR 400	4	3	2.850	12	6,9	20	15	10								DN80	DN80
CR 550	5,5	4	2.850	16,5	9,5	19	17	15	10	6						DN125	DN100
CR 551	5,5	4	2.850	16,5	9,5	17,2	15,5	14,7	12,5	11	8					DN125	DN100
CR 750*	7,5	5,5	2.850	21,7	12,5	19	18,7	18	16,5	15	12,8	8				DN125	DN100
CR 1000*	10	7,5	2.850	-	15,5	23,8	22,5	21,5	19,5	18	16	12	8			DN125	DN100
CR 1250*	12,5	9,2	2.850	-	19	24,2	23,2	22,5	20,8	19,5	17,8	14,5	11	7		DN125	DN100
CR 1500*	15	11	2.850	-	23	27	25,7	24,8	23	21,5	19,7	16,5	13,5	10	7	DN125	DN100

Figura: Catálogo de la casa SACI para el modelo CR

3. CÁLCULOS DE VENTILACIÓN

La ventilación de un invernadero es un intercambio de aire entre la atmósfera interior y exterior que cumple las siguientes funciones:

- El intercambio de oxígeno y CO₂.
- El control de temperaturas, mediante la eliminación del exceso de calor.
- El control de la humedad.

Para que el crecimiento del cultivo sea óptimo es muy importante que la ventilación sea suficiente, especialmente en el caso de que la temperatura exterior sea muy alta, la radiación global sea alta y la humedad interna del invernadero sea alta.

Es preciso distinguir entre:

- 1) La ventilación forzada por medio de extractores o ventilación dinámica.
- 2) Ventilación natural, libre o estática a través de las aperturas en los laterales, techo o frontales.

En cuanto a lo que la esta memoria respecta, la ventilación natural no requiere de ningún cálculo, por lo que sólo tratamos la ventilación forzada.

3.1 Cálculos de ventilación forzada

A causa del material con el que se construyen los invernaderos, en la zona mediterránea es tal que la energía solar recibida durante el día, que, si no se dispone de una correcta ventilación, las temperaturas interiores se disparan hasta un 40% o 50% por encima de la temperatura exterior.

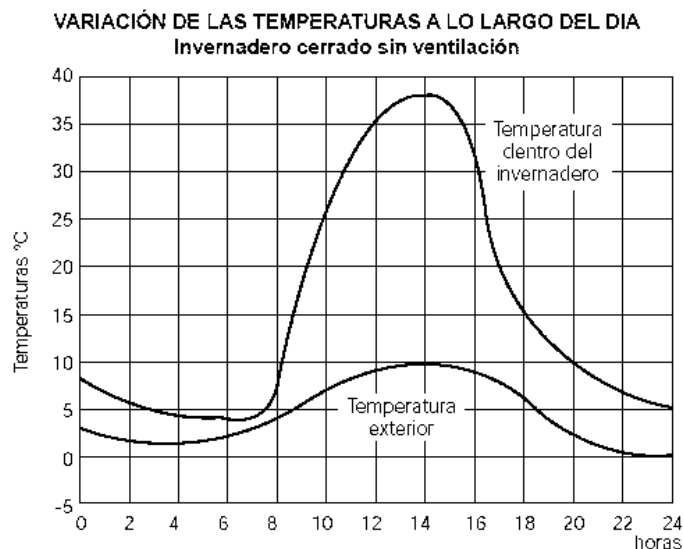


Figura. Variación de la temperatura en invernadero

Mediante un buen sistema de ventilación, podemos llegar a conseguir como máximo un diferencial que oscile entre los 4 y los 6 grados por encima de la temperatura exterior si movemos caudales que representen entre 45 y 80 renovaciones por hora.

La ventilación forzada por medio de ventiladores o extractores, es el medio más efectivo de ventilar un invernadero, pero tiene el inconveniente de consumir electricidad. El principio de la ventilación forzada es crear un flujo de aire dentro de la estructura junto con la ventilación natural: los ventiladores situados en un extremo del invernadero, extraen el aire y las ventanas situadas en el lado opuesto lo dejan entrar.

La ASAE (siglas en inglés de la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas) establece una serie de normas para el diseño y control de los sistemas de ventilación forzada que se resumen en los siguientes puntos:

- Se recomienda que la tasa de ventilación sea como mínimo de 1 a 3/4 de un cambio total de aire por minuto. Es decir, de 60 a 45 renovaciones a la hora.
- Los ventiladores deben hacer circular el caudal de aire previamente calculado a la presión estática de 30 pascales.
- La distancia entre dos ventiladores contiguos no debe ser superior a 7.5 metros para asegurar la uniformidad en el flujo del aire.



- Debe haber una distancia mínima sin obstáculos a la salida del aire de 1.5 veces el diámetro del ventilador.
- Para evitar entradas de aire indeseadas cuando los ventiladores no estén en funcionamiento, las aperturas de entrada deben tener rejillas motorizadas que abran hacia fuera y sólo se abrirán cuando los ventiladores entren en funcionamiento.
- La superficie de las ventanas de entrada será al menos 1,25 veces el área de los ventiladores.
- Es preferible controlar el volumen de aire renovado en varios niveles de renovación. Para ello se pueden utilizar ventiladores de dos velocidades o conectar distinto número en función de la temperatura del invernadero.

Por tanto, las necesidades de ventilación vendrán dadas por la siguiente ecuación:

$$Q = V \times N$$

donde:

Q = Caudal de aire a renovar (m^3/h)

V = Volumen del invernadero (m^3)

N = Número de renovaciones por hora (h^{-1})

El volumen del invernadero será de 6.400m^3 , según sus dimensiones que son de $32 \times 50 \times 4$ m, tomando este último valor como el valor de altura al canalón. Vamos a realizar el cálculo de la ventilación que necesitamos para el caso más desfavorable, pues así tendremos cubiertas todas las necesidades. Por tanto, usamos el número de renovaciones máxima según el criterio de la ASAE. Tomando entonces $N=60$ tendremos que el caudal necesario a renovar será:

$$Q_{\text{máx}} = V \times N_{\text{máx}}$$

$$Q_{\text{máx}} = 6.400\text{m}^3 \times 60\text{h}^{-1} = 384.000 \text{ m}^3/\text{h}$$



Del catálogo de la casa Ulma Agrícola seleccionamos el extractor de aire modelo EM50, con un caudal nominal de 40.800 m³/h. Las características de este extractor son:

- Carcasa de acero galvanizado sin puntos de soldadura
- Persianas de acero galvanizado articulado sobre pivotes y soportes de plástico anti U.V
- Motor eléctrico asíncrono trifásico de 1,10kW (50/60Hz). Forma B3 y aislante clase F. Grado de protección IP54 con velocidad fija o regulable.
- Sistema de apertura automática de las persianas
- Dimensiones: 1380x1380x450mm
- Diámetro de las hélices: 830mm
- Peso: 78 Kg

Estos extractores, de caudal nominal el indicado, ofrecen un caudal de 36.290 m³/h a una presión de 30Pa. Tendremos por tanto:

$$\text{Numero de ventiladores} = \frac{Q_{\text{máx}}}{Q_{30Pa}} = \frac{384.000 \text{ m}^3/\text{h}}{36.290 \text{ m}^3/\text{h}} = 10,58$$

Por tanto, decidimos a instalar 10 ventiladores modelo EM50 de la casa Ulma Agrícola situados cada cinco metros en la pared opuesta a la entrada del invernadero.

4. CÁLCULOS DE CALEFACCION

A efectos de cálculo de las máximas necesidades de calefacción, se estima que una temperatura interior en el invernadero de 16°C (ASAE,2002), cubre las necesidades de la mayoría de las plantas tomando la temperatura exterior como la media de las mínimas del mes más frío.

Suponiendo, de modo simplificado, que la energía solar que entra en el invernadero sólo se emplea en calentar el invernadero y en evapotranspiración, despreciando la energía empleada en fotosíntesis, entre otras simplificaciones, el balance de energía instantánea sería, de modo aproximado:



$$\begin{aligned} \text{Radiación solar} - \text{Evapotranspiración} + \text{Calefacción} &= \\ &= \text{Pérdidas globales} + \text{Renovación de aire} \end{aligned}$$

Para el cálculo de la calefacción, de modo aproximado, se puede aplicar la ecuación del balance de energía simplificada, para la noche, cuando las necesidades son mayores al ser nula la radiación solar, resultando:

$$\text{Calefacción} = \text{Pérdidas globales} + \text{Renovación de aire}$$

$$Q_c = K \cdot (T_i - T_e) \cdot S_c + m \cdot C_p \cdot (T_i - T_e)$$

Donde:

Q_c = cantidad de calor intercambiado entre el interior y el exterior (W) o necesidades de calefacción

K = coeficiente global de transmisión de calor característico de cada material de cubierta ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)

T_i = temperatura interior ($^\circ\text{C}$)

T_e = temperatura exterior ($^\circ\text{C}$)

S_c = Superficie de cerramiento (m^2)

m = masa de aire renovada por unidad de tiempo ($\text{Kg} \cdot \text{s}^{-1}$)

C_p = calor específico del aire ($\text{J} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$)

Algunos autores, para el cálculo de calefacción, en condiciones de ventanas de ventilación cerradas, es decir, con renovación de aire sólo por infiltración, estiman que la renovación supone un 10% de las necesidades de calefacción por lo que, de modo aproximado, calcularemos estas necesidades como:

$$Q_c = 1,10 \cdot K \cdot (T_i - T_e) \cdot S_c$$

En nuestro caso, remitiéndonos a los datos climáticos, obtenidos con el programa Cropwat anteriormente usados en el apartado 1.2 *Cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ET_o)*, tomaremos como temperatura exterior el valor $T_e = 5,5 \text{ } ^\circ\text{C}$, valor



correspondiente al mes de enero. Por otro lado, tenemos que la superficie de cerramiento del invernadero es de aproximadamente 2.600m^2 .

El coeficiente global de transmisión de calor depende de cada material, como se ha dicho. Para el polietileno en condiciones de cielo despejado es de $8,8$ a $9\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$, por lo que tomaremos el peor caso posible que es $9\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$.

Pared		Cielo despejado	Cielo cubierto
Simple	PE	8,8 – 9,0	7,1 a 7,2
	Poliéster	7,2	6,2
	PVC	7,6	6,4
	EVA	7,8	6,6
	Vidrio (4mm)	6,1	5,5
Doble	PE + PE	6,4	4,2
	PC (6mm)	3,5	3,2
	Vidrio + Vidrio	3,1	2,8

Figura. Coeficiente global de transmisión de calor para algunos materiales de cubierta de invernadero (extractado de Nisen)

Por tanto, tenemos:

$$Q_c = 1,10 \cdot 9 \cdot (16 - 5,5) \cdot 2.600 = 270.270\text{ W} \approx 270\text{ kW} = 232.000\text{ kcal}$$

Del catálogo de la casa Ulma Agrícola seleccionamos el calefactor eléctrico modelo WA-55 con un potencia calorífica de 55.000 kcal/h . Las características de este modelo de calefactores son:

- Equipos especialmente diseñados para poder situarse en cualquier posición, horizontal o vertical
- Cámara e intercambiador en acero inoxidable
- Preparados para distribución de aire por conductos, bocas de distribución de aire por conductos, bocas de distribución y rejillas orientables
- Ventilador axial (serie) o centrifugo (opcional)



- Potencia calorífica (Kcal/h) = 55.000
- Potencia calorífica (kW) = 63.800
- Caudal de aire (m³/h) = 3.500
- Motor de 1cV, monofásico, 230V / 50Hz
- Pres. Disp (Pa) = 90
- Peso: 117 Kg

$$\text{Numero de calefactores} = \frac{P_{\text{calorífica}}_{\text{máx}}}{P_{\text{calorífica}}_{\text{extractor}}} = \frac{232.000 \text{ kcal}}{55.000 \text{ kcal}} = 4,22$$

Por tanto, decidimos a instalar 4 calefactores modelo WA-55 de la casa Ulma Agrícola, situados de manera uniforme dentro del invernadero, de modo que la distribución del calor sea óptima.

5. CALCULOS ELECTRICOS

5.1 Previsión de cargas

El primer paso para realizar los cálculos eléctricos que nos permitirán dimensionar los componentes de la instalación será realizar la previsión de las cargas que nos encontramos. Vamos a dividir los receptores en aquellos que se encuentran ubicados en la caseta de riego y en los que se encuentran en los invernaderos.

5.1.1 Receptores ubicados en la caseta de riego

Los elementos que requieren suministro eléctrico ubicado en la caseta de riego son: grupo de bombeo, agitadores de fertilizantes, bombas inyectoras de fertilizantes y el alumbrado de la caseta de riego.

5.1.1.1 Grupo de bombeo

Las características eléctricas los motores de las bombas del grupo de bombeo son las siguientes:

Modelo: Bomba SACI modelo CR1500

Potencia nominal: 11 kW (15 cV)



Tensión: 400 V

Intensidad: 23 A

Factor de potencia ($\cos \varphi$): 0,87

Rendimiento: 77,5 %

Partiendo de la potencia nominal del motor vamos a obtener la potencia absorbida (potencia activa):

$$P = P_{\text{absorbida}} = \frac{P_{\text{nominal}}}{\eta} = \frac{11}{0,775} = 14,20 \text{ kW}$$

Por otro lado la potencia reactiva la podemos calcular del siguiente modo:

$$Q = P_{\text{absorbida}} \cdot \tan \varphi = 14,20 \cdot \tan (\arccos 0,87) = 8,05 \text{ kVar}$$

5.1.1.2 Agitadores de fertilizantes

Las características eléctricas los motores de los agitadores de fertilizantes son las siguientes:

Modelo: ITC

Potencia nominal: 0,365 kW (0,5 cV)

Tensión: 220/380 V

Rendimiento (η) : 75%

Factor de potencia ($\cos \varphi$): 0,7

Calculamos en primer lugar la potencia absorbida o potencia activa partiendo de la potencia nominal:

$$P = P_{\text{absorbida}} = \frac{P_{\text{nominal}}}{\eta} = \frac{0,365}{0,75} = 0,49 \text{ kW}$$

Por otro lado la potencia reactiva la podemos calcular del siguiente modo:



$$Q = P_{\text{absorbida}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,49 \cdot \operatorname{tg} (\arccos 0,7) = 0,49 \text{ kVAr}$$

5.1.1.3 Bombas inyectoras de fertilizantes

Las características eléctricas los motores de las bombas inyectoras de fertilizantes son las siguientes:

Modelo: Bomba SODI modelo PD64-50

Potencia nominal: 0,24 kW (0,33 cV)

Tensión: 220/380 V

Rendimiento (η) : 52%

Factor de potencia ($\cos \varphi$): 0,7

Calculamos en primer lugar la potencia absorbida o potencia activa partiendo de la potencia nominal:

$$P = P_{\text{absorbida}} = \frac{P_{\text{nominal}}}{\eta} = \frac{0,24}{0,52} = 0,46 \text{ kW}$$

Por otro lado la potencia reactiva la podemos calcular del siguiente modo:

$$Q = P_{\text{absorbida}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,46 \cdot \operatorname{tg} (\arccos 0,7) = 0,469 \text{ kVAr}$$

5.1.1.4 Alumbrado de la caseta de riego

Las necesidades de iluminación a instalar vienen recomendadas por unos valores mínimos recomendados en función de las dimensiones y actividad a desarrollar en el local que se va a calcular.

Los niveles de iluminación E, en lux, correspondientes a cada local según su uso vienen dados en el siguiente cuadro:



	Criterio de uso	E (lux)	Local
Locales de uso poco frecuente o con demanda visual simple	Solamente orientación para visitas breves y esporádicas	50 75 100	Como almacenes, estacionamientos de coches, cuartos de máquinas, basuras o contadores
	Locales no utilizados continuamente para trabajar	100 150 200	Como vestíbulos, escaleras, ascensores, pasillos, salas de espera, vestuarios, aseos y cuartos de baño, cocinas en viviendas, cuartos de estar y comedores, dormitorios, archivos, salas de actos, cine, teatro o conciertos
Locales de trabajo	Trabajos con requerimientos visuales limitados	200 300 500	Como oficinas generales, aulas para clase teórica, grandes cocinas, estaciones de servicio, gimnasios, salas de lectura, reuniones o exposiciones, locales industriales con requerimientos visuales limitados
	Trabajos con requerimientos visuales normales	500 750 1000	Como laboratorios, salas de contabilidad, mecanografía o cálculo, aulas para trabajos manuales, costura o dibujo, locales industriales con requerimientos visuales normales.
	Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000 1500 2000	Como salas de delineación, locales industriales para trabajos de precisión

El flujo luminoso a instalar, ϕ , se calcula mediante la fórmula:

$$\phi = \frac{E \cdot S}{K}$$

donde:

ϕ = Flujo total necesario en lúmenes



E = Nivel luminoso en lux

K = Factor de utilización, que es función de otros los factores CU y CC

CU = Coeficiente de conservación, que toma un valor medio de 0,7

CC = Coeficiente de iluminación. Depende de diversas variables tales como la eficacia de las luminarias, la reflectancia de las paredes y las dimensiones del local. Para calcularlo se emplea el denominado índice del local (IL):

$$IL = \frac{Longitud \cdot Anchura}{Altura\ de\ la\ lámpara \cdot (Longitud + Anchura)}$$

Posteriormente este factor se multiplicará por un factor de reflexión, Fr, para el que tomaremos el valor medio de 0,5.

En nuestro caso vamos a tomar un valor de E = 200 (máximo valor de E para los locales no utilizados continuamente para trabajar) y usaremos lámparas de color aparente luz cálida de tipo fluorescente.

→ Sala 1

La sala 1 tiene unas dimensiones aproximadas de 10,25m por 5m. En ella tendremos el cuadro eléctrico junto con los PCLS

Vamos a colocar las luminarias a una altura de 2,5 metros. Calculando entonces el denominado índice del local tenemos:

$$IL = \frac{10,25 \cdot 5}{2,5 \cdot (10,25 + 5)} = 1,35$$

A partir del cual, y según se ha explicado, calculamos el coeficiente de iluminación CU:

$$CU = Fr \cdot IL_1 = 0,5 \cdot 1,35 = 0,675$$

Y a partir de éste podemos calcular el factor de utilización, K, tomando el coeficiente de conservación CC= 0,7 tal como se indicaba anteriormente:

$$K = CU \cdot CC = 0,675 \cdot 0,7 = 0,4725$$

Por tanto, vamos a requerir un flujo luminoso:



$$\varphi = \frac{E \cdot S}{K} = \frac{200 \cdot 51,25}{0,4725} = 21.693 \text{ lúmenes}$$

Usamos lámparas fluorescentes de 58W capaces de proporcionar 5.000 lúmenes. Por tanto, el número de lámparas será:

$$N = \frac{\varphi \text{ (total)}}{\varphi \text{ (lámpara)}} = \frac{21.693}{5.000} = 4,34$$

Colocaremos cuatro lámparas obteniendo así un total de 20.000 lúmenes, lo cual dará un nivel luminoso E' de aproximadamente 185 lux, nivel cercano a los 200 de los que partíamos como máximo y valor suficientemente adecuado a los locales no utilizados continuamente para trabajar.

→ Sala 2

La sala 2 tiene unas dimensiones aproximadas de 10,25m por 9,15m. En ella tendremos los elementos correspondientes al cabezal de riego (grupo de bombeo, depósitos de fertilizantes, etc...)

En este caso vamos a colocar las luminarias a una altura de 3 metros. Calculando entonces el denominado índice del local tenemos:

$$IL = \frac{10,25 \cdot 9,15}{3 \cdot (10,25 + 9,15)} = 1,61$$

A partir del cual, y según se ha explicado, calculamos el coeficiente de iluminación CU:

$$CU = Fr \cdot IL_1 = 0,5 \cdot 1,61 = 0,805$$

Y a partir de éste podemos calcular el factor de utilización, K, tomando el coeficiente de conservación CC= 0,7 tal como se indicaba anteriormente:

$$K = CU \cdot CC = 0,805 \cdot 0,7 = 0,5635$$

Por tanto, vamos a requerir un flujo luminoso:

$$\varphi = \frac{E \cdot S}{K} = \frac{200 \cdot 93,8}{0,5635} = 33.310 \text{ lúmenes}$$

Usamos lámparas fluorescentes de 58W capaces de proporcionar 5.000 lúmenes. Por tanto, el número de lámparas será:



$$N = \frac{\varphi \text{ (total)}}{\varphi \text{ (lámpara)}} = \frac{33.310}{5.000} = 6,66$$

Colocaremos seis lámparas obteniendo así un total de 30.000 lúmenes, lo cual dará un nivel luminoso E' de aproximadamente 180 lux, nivel cercano a los 200 de los que partíamos como máximo y valor suficientemente adecuado a los locales no utilizados continuamente para trabajar.

5.1.2 Receptores ubicados en los invernaderos

Los elementos que requieren suministro eléctrico ubicados en la caseta de riego son: extractores de aire, calefactores de aire, motor de apertura-cierre de la ventana cenital y motor de apertura-cierre de la pantalla de sombreo.

5.1.2.1 Extractores de aire

Las características eléctricas los motores de los extractores de aire son las siguientes:

Modelo: EM 50 (Ulma Agrícola)

Potencia nominal: 1,10 kW (1,5 cV)

Tensión: 220/380 V

Rendimiento (η) : 80%

Factor de potencia ($\cos \varphi$): 0,90

Calculamos en primer lugar la potencia absorbida o potencia activa partiendo de la potencia nominal:

$$P = P_{\text{absorbida}} = \frac{P_{\text{nominal}}}{\eta} = \frac{1,10}{0,80} = 1,38 \text{ kW}$$

Por otro lado la potencia reactiva la podemos calcular del siguiente modo:

$$Q = P_{\text{absorbida}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1,38 \cdot \operatorname{tg} (\arccos 0,8) = 1,04 \text{ kVAr}$$

5.1.2.2 Calefactores de aire

Las características eléctricas los motores de los calefactores aire son las siguientes:

Modelo: WA-55

Potencia nominal: 0,73 kW (1 cV)



Tensión: 220/380 V

Rendimiento (η) : 75%

Factor de potencia ($\cos \varphi$): 0,85

Calculamos en primer lugar la potencia absorbida o potencia activa partiendo de la potencia nominal:

$$P = P_{\text{absorbida}} = \frac{P_{\text{nominal}}}{\eta} = \frac{0,73}{0,75} = 0,97 \text{ kW}$$

Por otro lado la potencia reactiva la podemos calcular del siguiente modo:

$$Q = P_{\text{absorbida}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 0,97 \cdot \operatorname{tg} (\arccos 0,85) = 0,60 \text{ kVAr}$$

5.1.2.3 Motor de apertura-cierre de la ventana cenital

Modelo: Motorreductor De Gier

Potencia nominal: 2,92 kW (4 cV)

Tensión: 220/380 V

Rendimiento (η) : 75%

Factor de potencia ($\cos \varphi$): 0,85

Calculamos en primer lugar la potencia absorbida o potencia activa partiendo de la potencia nominal:

$$P = P_{\text{absorbida}} = \frac{P_{\text{nominal}}}{\eta} = \frac{2,92}{0,75} = 3,89 \text{ kW}$$

Por otro lado la potencia reactiva la podemos calcular del siguiente modo:

$$Q = P_{\text{absorbida}} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 3,89 \cdot \operatorname{tg} (\arccos 0,85) = 2,41 \text{ kVAr}$$

5.1.2.4 Motor de apertura-cierre de la pantalla de sombreo

Las características eléctricas los motores de los calefactores aire son las siguientes:

Modelo: Motorreductor De Gier

Potencia nominal: 0,73 kW (1 cV)

Tensión: 220/380 V



Rendimiento (η) : 75%

Factor de potencia ($\cos \varphi$): 0,85

Calculamos en primer lugar la potencia absorbida o potencia activa partiendo de la potencia nominal:

$$P = P_{\text{absorbida}} = \frac{P_{\text{nominal}}}{\eta} = \frac{0,73}{0,75} = 0,97 \text{ kW}$$

Por otro lado la potencia reactiva la podemos calcular del siguiente modo:

$$Q = P_{\text{absorbida}} \cdot \tan \varphi = 0,97 \cdot \tan (\arccos 0,85) = 0,60 \text{ kVAr}$$

5.1.3 Elementos de control

Para el cálculo de la previsión de cargas se estima en una potencia de 1000 W el consumo de los elementos de control.

5.1.4 Cuadro resumen de previsión de cargas. Cálculo de potencia aparente.

Resumimos a continuación las potencias requeridas en la instalación:

RECEPTOR	UDs	P _{unit} (KW)	Cos φ	P _T (KW)	Q (KVAr)
Grupo de bombeo	2	14,20	0,87	28,40	16,10
Agitadores de fertilizantes	3	0,49	0,70	1,47	1,47
Inyectores de fertilizantes	3	0,46	0,70	1,38	1,41
Alumbrado	10	0,058	0,90	0,58	0,28
Extractores de aire	40 ⁽¹⁾	1,38	0,90	55,20	41,60
Calefactores de aire	16 ⁽²⁾	0,97	0,85	15,52	9,60
Motores ventana cenital	4	3,89	0,85	15,56	9,64
Motores Pantalla Sombreo	4	0,97	0,85	3,88	2,40
Elementos de control	1	-	1	1	0
TOTAL				122,99	82,50

⁽¹⁾ En cada invernadero tenemos 10 extractores de aire

⁽²⁾ En cada invernadero tenemos 4 calefactores de aire



Calculamos el $\cos \varphi$ total, para ello sabemos que:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\operatorname{sen} \varphi}{\cos \varphi} = \frac{Q}{P} = \frac{82,50}{122,99} = 0,67$$

Por tanto, tenemos que φ es $33,85^\circ$, por lo que $\cos \varphi$ es 0,83.

Para el cálculo de la potencia aparente total demandada, debido a las características de nuestro sistema, vamos a emplear un coeficiente de simultaneidad de 0,7. La potencia aparente será:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Aplicando el coeficiente de simultaneidad tenemos:

$$P = 122,99 \cdot 0,7 = 86,09 \text{ kW}$$

$$Q = 82,50 \cdot 0,7 = 57,75 \text{ kVAr}$$

Por tanto, la potencia aparente requerida será:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 103,67 \text{ kVA}$$

5.2 Cálculo de la línea repartidora

La línea de alimentación parte del cuadro de baja tensión situado en el centro de transformación y llega al armario de protección y control que está situado dentro de la caseta de riego.

Para el cálculo de esta línea de alimentación se toman los siguientes datos:

Potencia activa (P)	86,09 kW
Tensión (U)	380V (Trifásica)
Longitud (L)	60m
Factor de potencia ($\cos \varphi$)	0,83
Caída de tensión	3,80 V (1% de 380V)
Conductividad (cobre)	56m/ Ωmm^2



Se empleará un sistema de instalación formado por cuatro hilos (tres fases y neutro) con cable de cobre con aislamiento 0,6/1kV enterrado en zanja.

5.2.1 Cálculo de sección por intensidad máxima admisible

La intensidad que circulará por la línea repartidora tendrá el siguiente valor:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{86.090}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,83} = 157,59 \text{ A}$$



SECCIÓN NOMINAL mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tabla. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente)



Conductores fase (mm ²)	Sección neutro (mm ²)
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Tabla. Sección mínima del conductor neutro en función de la sección de los conductores de fase

De las tablas anteriores, pertenecientes al REBT, obtenemos que la sección de cable a emplear será de 50mm², con un neutro de 25mm² en canalización de PVC.

5.2.2 Comprobación de la sección por caída de tensión

La línea de distribución, a lo largo de su recorrido presenta una caída de tensión que dependerá de varios factores, obteniéndose un valor menor al final de la línea que al principio de ella. Este valor no debe superar unos valores máximos determinados como un porcentaje respecto a la tensión nominal de servicio (en nuestro caso un 1%). Comprobamos que la sección usada es válida.

$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 4,85 \text{ V} > 3,80 \text{ V (No admisible)}$$

Como la caída de tensión no es admisible usamos el siguiente valor para la sección, es decir, 70mm². Comprobamos ahora:

$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 3,46 \text{ V} < 3,80 \text{ V (Admisible)}$$



Por tanto, nuestra línea repartidora estará formada por un sistema de cuatro hilos de cobre con aislamiento 0,6/1kV, cuyas fases tienen sección de 70mm^2 y neutro de 35mm^2 , enterrados en zanja en tubo de PVC de diámetro exterior 125mm.

5.3 Cálculo de los conductores

Calculamos a continuación las líneas de baja tensión que partiendo del cuadro general ubicado en la caseta de riego alimentan todos los elementos de la instalación.

Para realizar estos cálculos lo que haremos será calcular la intensidad que circula por cada circuito. A la hora de calcular esta intensidad vamos a tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. A la potencia del circuito se le aplicará un factor de corrección que dependerá del tipo de línea. Este factor tendrá los siguientes valores:
 - 1,8 en líneas de alumbrado.
 - 1,25 en líneas que alimenten a un motor. Si se alimenta a más de un motor se aplica este factor únicamente al de mayor potencia.
 - 1 en el caso de líneas de corriente y elementos de control.
2. Los factores de potencia irán compensados hasta un valor de 0,85 en líneas de alumbrado y 0,8 en líneas de fuerza.

Tras el cálculo de la intensidad, y en función del tipo de circuito (monofásico o trifásico) se elegirá una sección de cable a emplear siguiendo las tablas de la norma UNE 20460-5-523. Las secciones mínimas serán de $1,5\text{mm}^2$ para circuitos de alumbrado y $2,5\text{mm}^2$ para circuitos de fuerza.

Con esta sección, sabiendo la potencia y la tensión, se realiza un cálculo de seguridad, ya que se debe cumplir que la caída de tensión sea inferior a la admisible. En el caso de los circuitos de fuerza esta caída será de un 5% de la tensión de la línea, mientras que en los de alumbrado esta caída de tensión admisible será del 3%.

5.3.1 Cuadro general

En el cuadro general tendremos diferentes líneas que vamos a dividir en dos bloques:



- Elementos de la caseta de riego: estas líneas son las líneas que partiendo del cuadro alimentan los elementos de la instalación ubicados en el interior de la caseta de riego.
- Alimentación de cuadros secundarios: estas líneas parten del cuadro general situado en el interior de la caseta de riego para alimentar los cuadros secundarios ubicados en cada invernadero.

5.3.1.1 Elementos de la caseta de riego

Calculamos a continuación las líneas del cuadro general que alimentan a los elementos ubicados en la caseta de riego. Tendremos cinco líneas de fuerza y una línea para el alumbrado.

Línea F.1: Grupo de bombeo

Necesidades de potencia: $P = 28.400 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 14.200 \cdot 1,25 + 14.200 = 31.950 \text{ W}$

Tipo de circuito: Trifásico

Longitud: 12 m

Método de instalación: D

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (e_{adm}) = $5/100 \cdot 380 \text{ V} = 19 \text{ V}$

$\cos \varphi = 0,8$

$$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 60,68 \text{ A}$$

De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso se toma una sección de 16mm^2 cuya intensidad admisible es de 79 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.



$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 1,13 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$

Línea F.2: Agitadores de fertilizantes

Necesidades de potencia: $P = 1.470 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 490 \cdot 1,25 + 490 + 490 = 1.592,50 \text{ W}$

Tipo de circuito: Trifásico

Longitud: 10 m

Método de instalación: C

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (e_{adm}) = $5/100 \cdot 380 \text{ V} = 19 \text{ V}$

$\cos \varphi = 0,8$

$$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 3,02 \text{ A}$$

De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de $1,5 \text{ mm}^2$ cuya intensidad admisible es de 22 A, pero al tratarse de un circuito de fuerza la sección mínima será de $2,5 \text{ mm}^2$ por lo que tenemos una intensidad admisible de 30A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 0,29 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$

Línea F.3: Bombas inyectoras de fertilizantes

Necesidades de potencia: $P = 1.380 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 460 \cdot 1,25 + 460 + 460 = 1.495 \text{ W}$

Tipo de circuito: Trifásico

Longitud: 14 m

Método de instalación: D



Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (e_{adm}) = $5/100 \cdot 380 \text{ V} = 19 \text{ V}$

$\cos \varphi = 0,8$

$$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 2,83 \text{ A}$$

De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de $1,5 \text{ mm}^2$ cuya intensidad admisible es de 22 A, pero al tratarse de un circuito de fuerza la sección mínima será de $2,5 \text{ mm}^2$ por lo que tenemos una intensidad admisible de 29 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 0,39 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$

Línea F.4: Tomas de corriente de 16 A

Necesidades de potencia: $P = 3.000 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 1.500 + 1.500 = 3.000 \text{ W}$

Tipo de circuito: Monofásico

Longitud: 22 m

Método de instalación: C

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 220V

C.T admisible (e_{adm}) = $5/100 \cdot 220 \text{ V} = 11 \text{ V}$

$\cos \varphi = 0,8$

$$I = \frac{P'}{U \cdot \cos \varphi} = 17,05 \text{ A}$$



De la tabla 52-C2 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de 1,5mm² cuya intensidad admisible es de 24 A, pero al tratarse de un circuito de fuerza la sección mínima será de 2,5mm² por lo que tenemos una intensidad admisible de 33 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot S \cdot U} = 4,29 \text{ V} < 11 \text{ V (Admisible)}$$

Línea F.5: Elementos de control

Necesidades de potencia: $P = 1.000 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 1 \cdot 1.000 = 1.000 \text{ W}$

Tipo de circuito: Monofásico

Longitud: 125 m

Método de instalación: C

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 220V

C.T admisible (e_{adm}) = $5/100 \cdot 220 \text{ V} = 11 \text{ V}$

$\cos \varphi = 0,8$

$$I = \frac{P'}{U \cdot \cos \varphi} = 5,68 \text{ A}$$

De la tabla 52-C2 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de 1,5mm² cuya intensidad admisible es de 22 A, pero al tratarse de un circuito de fuerza la sección mínima será de 2,5mm² por lo que tenemos una intensidad admisible de 29 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot S \cdot U} = 8,11 \text{ V} < 11 \text{ V (Admisible)}$$

Línea A.1: Alumbrado caseta de riego

Necesidades de potencia: $P = 580 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 1,8 \cdot 580 = 1.044 \text{ W}$

Tipo de circuito: Monofásico

Longitud: 18 m

Método de instalación: C

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 220V

C.T admisible (e_{adm}) = $3/100 \cdot 220 \text{ V} = 6,6 \text{ V}$

$\cos \varphi = 0,85$

$$I = \frac{P'}{U \cdot \cos \varphi} = 5,58 \text{ A}$$

De la tabla 52-C2 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de $1,5 \text{ mm}^2$ cuya intensidad admisible es de 22 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{2 \cdot L \cdot P}{C \cdot S \cdot U} = 2,03 \text{ V} < 6,6 \text{ V (Admisible)}$$

5.3.1.2 Alimentación de cuadros de los invernaderos

Calculamos a continuación, las líneas que parten del cuadro general situado en la caseta de riego para alimentar los cuadros secundarios ubicados en el interior de cada invernadero. Los datos utilizados se obtienen del apartado X.2 *Cuadros secundarios* desarrollado más abajo donde se calculan las líneas correspondientes a dichos cuadros.

Línea CS.1: Alimentación cuadro secundario invernadero 1

Necesidades de potencia: $P = 22.540 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = \sum P' = 14.145 + 4.122,50 + 4.862,50 + 1.212,50 \Rightarrow$

$$\Rightarrow P' = \sum P' = 24.342,50 \text{ W}$$



Tipo de circuito: Trifásico

Longitud: 70 m

Método de instalación: D

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (e_{adm}) = 5/100 · 380 V = 19 V

Cos φ = 0,8

$$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 46,23 \text{ A}$$

Efectivamente, esta intensidad es la suma de las intensidades que demandan las líneas ubicadas en este cuadro secundario.

De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de 10mm² cuya intensidad admisible es de 61 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 8,01 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$

Línea CS.2:Alimentación cuadro secundario invernadero 2

Esta línea es exactamente igual que la línea CS.1 pues los invernaderos 1 y 2 se encuentran a la misma distancia de la caseta de riego. Al tener por tanto iguales características, la sección de cable a utilizar será la misma, es decir, de 10 mm².

Línea CS.3:Alimentación cuadro secundario invernadero 3

Necesidades de potencia: P = 22.540 W

Potencia para el cálculo: P' = ΣP' = 14.145 + 4.122,50 + 4.862,50 + 1.212,50 ⇒

$$\Rightarrow P' = \Sigma P' = 24.342,50 \text{ W}$$

Tipo de circuito: Trifásico



Longitud: 125 m

Método de instalación: D

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (e_{adm}) = 5/100 · 380 V = 19 V

Cos φ = 0,8

$$I = \frac{P^e}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 46,23 \text{ A}$$

Efectivamente, esta intensidad es la suma de las intensidades que demandan las líneas ubicadas en este cuadro secundario.

De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de 10mm² cuya intensidad admisible es de 61 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 14,29 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$

Observamos que, al haber una mayor distancia a este invernadero, la caída de tensión es mayor que en el caso de los invernaderos 1 y 2. No obstante, es una caída de tensión admisible, por lo que usaremos la sección de cable indicada.

Línea CS.4: Alimentación cuadro secundario invernadero 4

Esta línea es exactamente igual que la línea CS.3 pues los invernaderos 3 y 4 se encuentran a la misma distancia de la caseta de riego. Al tener por tanto iguales características, la sección de cable a utilizar será la misma, es decir, de 10 mm².

5.3.2 Cuadros secundarios:

En cada invernadero tendremos un cuadro del que partirán cuatro líneas que alimentarán a los motores de extractores de aire, calefactores de aire, ventana cenital y pantalla de



sombreo. Vamos a dimensionar las líneas de sólo uno de ellos, pues al tener todos los invernaderos los mismos elementos, todas las líneas serán iguales en cada uno de estos cuadros secundarios.

Línea F.11: Extractores de aire

Necesidades de potencia: $P = 13.800 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 1.380 \cdot 1,25 + (1.380 \cdot 9) = 14.145 \text{ W}$

Tipo de circuito: Trifásico

Longitud: 67 m

Método de instalación: C

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (eadm) = $5/100 \cdot 380 \text{ V} = 19 \text{ V}$

$\cos \varphi = 0,8$

$$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 26,86 \text{ A}$$

De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso se toma una sección de 4mm^2 cuya intensidad admisible es de 40 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 11,13 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$

Línea F.12: Calefactores de aire

Necesidades de potencia: $P = 3.880 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 970 \cdot 1,25 + (970 \cdot 3) = 4.122,50 \text{ W}$

Tipo de circuito: Trifásico

Longitud: 58 m

Método de instalación: C



Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (eadm) = $5/100 \cdot 380 \text{ V} = 19 \text{ V}$

Cos $\varphi = 0,8$

$$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 7,82 \text{ A}$$

De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de $1,5\text{mm}^2$ cuya intensidad admisible es de 22 A, pero al tratarse de un circuito de fuerza la sección mínima será de $2,5\text{mm}^2$ por lo que tenemos una intensidad admisible de 30 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$e = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 11,13 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$

Línea F.13: Motor ventana cenital

Necesidades de potencia: $P = 3.890 \text{ W}$

Potencia para el cálculo: $P' = 3.890 \cdot 1,25 = 4.862,50 \text{ W}$

Tipo de circuito: Trifásico

Longitud: 28 m

Método de instalación: C

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (eadm) = $5/100 \cdot 380 \text{ V} = 19 \text{ V}$

Cos $\varphi = 0,8$

$$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 9,23 \text{ A}$$



De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de 1,5mm² cuya intensidad admisible es de 22 A, pero al tratarse de un circuito de fuerza la sección mínima será de 2,5mm² por lo que tenemos una intensidad admisible de 30 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$\epsilon = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 2,55 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$

Línea F.14: Motor pantalla sombreo

Necesidades de potencia: P = 970 W

Potencia para el cálculo: P' = 970 · 1,25 = 1.212,50 W

Tipo de circuito: Trifásico

Longitud: 20 m

Método de instalación: C

Tipo de cable = Cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V)

Tensión: 380V

C.T admisible (e_{adm}) = 5/100 · 380 V = 19 V

Cos φ = 0,8

$$I = \frac{P'}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = 2,30 \text{ A}$$

De la tabla 52-C4 de la norma UNE 20460-5-523, elegimos la sección de cable a utilizar. En este caso nos bastaría con un cable de sección de 1,5mm² cuya intensidad admisible es de 22 A, pero al tratarse de un circuito de fuerza la sección mínima será de 2,5mm² por lo que tenemos una intensidad admisible de 30 A.

Comprobamos que la caída de tensión es inferior a la admisible.

$$\epsilon = \frac{\sqrt{3}}{C \cdot S} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi = 0,45 \text{ V} < 19 \text{ V (Admisible)}$$



5.4 Protecciones de los circuitos

Los aparatos encargados de la interrupción de un circuito eléctrico, al producirse una sobrecarga o un cortocircuito son: los fusibles, relé térmico o interruptores automáticos magnetotérmicos.

Para elegir correctamente un magnetotérmico debemos tener en cuenta que debe cumplirse la siguiente condición:

$$I_C(A) \leq I_N(A) \text{ del magnetotérmico} \leq I_{\text{máx adm}}(A) \text{ del conductor}$$

donde:

$I_C(A)$: intensidad de cálculo en amperios

$I_N(A)$: intensidad nominal del magnetotérmico en amperios

$I_{\text{máx adm}}(A)$: intensidad máxima admisible del conductor en amperios

Si no se cumpliera esta condición habría que elevar la sección del conductor que hemos elegido. En la siguiente tabla se resume la selección de magnetotérmicos elegidos para cada línea:

LÍNEA	CONDUCTOR	$I_C(A)$	$I_N(A)$	$I_{\text{máx adm}}(A)$
CUADRO GENERAL				
F1: Grupo de bombeo	3x16 mm ²	60,68	63	79
F2: Agitadores de fertilizantes	3x2,5 mm ²	2,31	6	29
F3: Inyectores de fertilizantes	3x2,5 mm ²	2,83	6	29
F4: Tomas de corriente 16 A	2x2,5 mm ²	8,52	10	33
F5: Elementos de control	2x2,5 mm ²	5,68	10	29
A1: Alumbrado caseta de riego	2x1,5 mm ²	5,58	10	24
CS1: A cuadro secundario 1	3x10 mm ²	42,74	50	61
CS2: A cuadro secundario 2	3x10 mm ²	42,74	50	61
CS3: A cuadro secundario 3	3x10 mm ²	42,74	50	61
CS4: A cuadro secundario 4	3x10 mm ²	42,74	50	61



LINEA	CONDUCTOR	I _c (A)	I _N (A)	I _{máx adm} (A)
CUADRO SECUNDARIO 1				
F11: Extractores de aire	3x4 mm ²	26,86	32	40
F12: Calefactores de aire	3x2,5 mm ²	7,82	10	30
F13: Motor ventana cenital	3x2,5 mm ²	6,45	10	30
F14: Motor pantalla sombreo	3x2,5 mm ²	1,61	6	30
CUADRO SECUNDARIO 2				
F21: Extractores de aire	3x4 mm ²	26,86	32	40
F22: Calefactores de aire	3x2,5 mm ²	7,82	10	30
F23: Motor ventana cenital	3x2,5 mm ²	6,45	10	30
F24: Motor pantalla sombreo	3x2,5 mm ²	1,61	6	30
CUADRO SECUNDARIO 3				
F31: Extractores de aire	3x4 mm ²	26,86	32	40
F32: Calefactores de aire	3x2,5 mm ²	7,82	10	30
F33: Motor ventana cenital	3x2,5 mm ²	6,45	10	30
F34: Motor pantalla sombreo	3x2,5 mm ²	1,61	6	30
CUADRO SECUNDARIO 4				
F41: Extractores de aire	3x4 mm ²	26,86	32	40
F42: Calefactores de aire	3x2,5 mm ²	7,82	10	30
F43: Motor ventana cenital	3x2,5 mm ²	6,45	10	30
F44: Motor pantalla sombreo	3x2,5 mm ²	1,61	6	30

Además se colocarán interruptores diferenciales, que son los encargados de la desconexión del circuito, cuando existe una fuga de corriente a tierra, ya sea a través de los receptores o por un contacto de una persona con los hilos activos.

5.5 Diámetro de las canalizaciones

En la tabla se resumen los diámetros de los tubos, seleccionados según la ITC-BT-21 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Los diámetros se obtienen en función de la sección del conductor y del método de instalación.



LINEA	CONDUCTOR	Tipo	I _N (A)	Øtubo (mm)
CUADRO GENERAL				
F1: Grupo de bombeo	3x16 mm ²	Enterrada	63	63
F2: Agitadores de fertilizantes	3x2,5 mm ²	Superficie	6	16
F3: Inyectores de fertilizantes	3x2,5 mm ²	Enterrada	6	32
F4: Tomas de corriente 16 A	2x2,5 mm ²	Superficie	10	12
F5: Elementos de control	2x2,5 mm ²	Superficie	10	12
A1: Alumbrado caseta de riego	2x1,5 mm ²	Superficie	10	12
CS1: A cuadro secundario 1	3x10 mm ²	Enterrada	50	63
CS2: A cuadro secundario 2	3x10 mm ²	Enterrada	50	63
CS3: A cuadro secundario 3	3x10 mm ²	Enterrada	50	63
CS4: A cuadro secundario 4	3x10 mm ²	Enterrada	50	63
CUADRO SECUNDARIO 1				
F11: Extractores de aire	3x4 mm ²	Superficie	32	20
F12: Calefactores de aire	3x2,5 mm ²	Superficie	10	16
F13: Motor ventana cenital	3x2,5 mm ²	Superficie	10	16
F14: Motor pantalla sombreo	3x2,5 mm ²	Superficie	6	16
CUADRO SECUNDARIO 2				
F21: Extractores de aire	3x4 mm ²	Superficie	32	20
F22: Calefactores de aire	3x2,5 mm ²	Superficie	10	16
F23: Motor ventana cenital	3x2,5 mm ²	Superficie	10	16
F24: Motor pantalla sombreo	3x2,5 mm ²	Superficie	6	16
CUADRO SECUNDARIO 3				
F31: Extractores de aire	3x4 mm ²	Superficie	32	20
F32: Calefactores de aire	3x2,5 mm ²	Superficie	10	16
F33: Motor ventana cenital	3x2,5 mm ²	Superficie	10	16
F34: Motor pantalla sombreo	3x2,5 mm ²	Superficie	6	16
CUADRO SECUNDARIO 4				
F41: Extractores de aire	3x4 mm ²	Superficie	32	20
F42: Calefactores de aire	3x2,5 mm ²	Superficie	10	16
F43: Motor ventana cenital	3x2,5 mm ²	Superficie	10	16
F44: Motor pantalla sombreo	3x2,5 mm ²	Superficie	6	16



6. Programación

En este apartado de la memoria de cálculo vamos a explicar toda la programación que se ha realizado para controlar nuestro sistema.

6.1 Subrutina Pantalla_principal ()

En esta subrutina se programa para su impresión en display el menú principal que nos permite acceder a los siguientes menús: Modo, Clave y Datos. El código de esta subrutina sería el siguiente:

‘----- Subrutina Pantalla_Principal () -----’

Sub Pantalla_Principal ()

Print (0,0, “1-MODO 2-CLAVE”) *‘Impresión en pantalla de las diferentes*

Print (1,0, “3-DATOS ”) *‘opciones que podemos alcanzar desde aquí*

UltimaTecla = Input () *‘Guardamos en la variable UltimaTecla la última*
‘tecla introducida por el usuario

If UltimaTecla = Tecla1 then *‘Si es la tecla 1 entramos en el submenú modo*

Cls ()

‘----- 1. Configuración de modo) -----’

Print (0,0, “Modo actual:”, “Modo”) *‘Indicamos en qué modo nos encontramos*

Print (1,0, “1-Auto 2-Manual”) *‘Aquí podemos seleccionar el modo de*
‘funcionamiento o volver a la pantalla
‘principal

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = Tecla 1 then *‘Si es la tecla 1 establecemos el modo*

Modo = Auto *‘automático y el sistema funcionara*

Modo_Automatico () *‘en este modo pues saltamos a su subrutina*

Endif

If UltimaTecla = Tecla2 then *‘Si es la tecla 2 establecemos el modo*

Modo = Manual *‘manual*

Modo_Manual ()

Endif



```
        If UltimaTecla = TeclaArriba then    'Si es la tecla TeclaArriba volvemos a la
        Pantalla_Principal ( )                'Pantalla principal
        Endif
    Endif                                     'Fin del If Tecla = Tecla1 (Modo)
    '----- 2. Salto a la subrutina de configuración de claves -----
    If UltimaTecla = Tecla 2                    'Si es la tecla 2 vamos a la subrutina claves
    Claves ( )
    Endif
    '----- 3. Salto a la subrutina de visualización de datos -----
    If UltimaTecla = Tecla 3                    'Si es la tecla 3 vamos a la subrutina datos
    Datos ( )
    Endif
Endsub                                     'Fin de la subrutina Pantalla_Principal ( )
```

6.2 Subrutina Modo_Automático ()

En esta subrutina vamos a llamar a las subrutinas que controlan el clima y el riego en los invernaderos con los valores que se hayan configurado con anterioridad. Esta subrutina imprime en pantalla un menú que nos permite volver a la pantalla principal o a la configuración de las variables que se controlan en las subrutinas Clima () y Riego ().

```
'----- Subrutina Modo_Automatico ( ) -----
Sub Modo_Automatico ( )
Cls ( )                                     'Limpiamos el display
Clima ( )                                  'Llamada a la subrutina Clima ( )
Riego ( )                                  'Llamada a la subrutina Riego ( )
Print (0,0, "MODO AUTO")                  'Indicamos que está en modo automático
Print (1,0, "1-CONFIG 2-PPAL")            'Menú en modo automático
UltimaTecla = Input ( )
'----- Salto a la subrutina Pantalla_Configuracion ( ) -----
    If UltimaTecla = Tecla 1 then          'Si pulsamos la opción 1
    Pantalla_Configuracion ( )            'Saltamos al menú de configuración de las
```



'variables del clima

Endif

'----- Salto a la subrutina Pantalla_Principal () -----

If UltimaTecla = Tecla2 then *'Si pulsamos la opción 2 volvemos a*

Pantalla_Principal () *'la pantalla principal*

Endif

'----- Seguimos en modo automático -----

If UltimaTecla = NingunaTecla then *'Si no elegimos nada seguimos en el*

Modo_Automatico () *'modo automático*

Endif

Endsub *'Fin de la subrutina Modo_Automático ()*

6.2.1 Subrutina Pantalla Configuración ()

La subrutina Pantalla_Configuración () nos permite configurar los parámetros de clima y de riego que queremos tener en el invernadero. El menú que nos ofrece en pantalla esta subrutina nos permite acceder a la configuración de los parámetros que afectan al clima o a los parámetros que afectan al riego. El código de esta subrutina es el siguiente:

'----- Subrutina Pantalla_configuración -----

Sub Pantalla_Configuracion()

Cls()

print (0,0,"1 Clima 2 Riego") *'Mostramos en pantalla las diferentes opciones*

print (1,0," ^ Volver") *'que podemos alcanzar desde esté menú*

Tecla = Input() *'La función Input() devuelve la última tecla que se
'ha pulsado en el display*

'----- Salto a la subrutina de configuración del clima -----

if Tecla = Tecla1 then *'Si pulsamos la tecla 1 saltamos a la*

Cls() *'subrutina configuración de clima*

Configurar_Clima() *'Llamada a subrutina*

endif

'----- Salto a la subrutina de configuración del riego -----



```
if Tecla = Tecla2 then                                'Si pulsamos la tecla 2 saltamos a la
Cls()                                                  'subrutina de configuración de riego
Configurar_Riego()                                    'Llamada a subrutina
endif
'----- Salto a la subrutina de donde partíamos (Pantalla Principal) -----
if Tecla = Teclaarriba then                            'Si pulsamos la tecla arriba
                                                    'saltamos a la subrutina
Cls()                                                  'PantallaPrincipal
Modo_Automatico ( )                                    'Llamada a subrutina
endif
```

Endsub *'Final de la subrutina Pantalla_Configuracion()*

6.2.1.1 Subrutina Configurar_Clima ()

Esta subrutina nos permitirá elegir el invernadero del que queremos configurar los parámetros que afectan al clima. Cuando en esta subrutina elegimos el invernadero deseado saltamos a la subrutina, correspondiente al invernadero indicado, en la que introducimos los valores para cada parámetro.

```
'----- Subrutina Configurar_Clima ( ) -----
'En esta subrutina vamos a elegir el invernadero del que queremos configurar su
'clima, para después configurar éste, en la subrutina de clima propia de cada
'invernadero.
```

Sub Configurar_Clima()

```
Cls()
'En primer lugar habría que dar la opción de poder elegir cuál es el invernadero que
'queremos configurar
```

```
print (0,0, "1-INV1 2-INV2")
print(1,0, "3-INV3 4-INV4 ^")
Tecla = Input ( )
'----- Salto a la subrutina Clima_Inv1( ) -----
```



```
If Tecla = Tecla1 then          'Si pulsamos la tecla 1 saltamos a la subrutina
Clima_Inv1 ( )                  'Clima_Inv1( ) donde configuramos el clima del
Endif                           'primer invernadero
If Tecla = Tecla2 then          'Así hacemos con cada invernadero
Clima_Inv2 ( )
Endif
If Tecla = Tecla3 then
Clima_Inv3 ( )
Endif
If Tecla = Tecla4 then
Clima_Inv4 ( )
Endif
If Tecla = TeclaArriba then
Pantalla_Configuracion ( )
Endif
Endsub          'Fin de la subrutina Configurar_Clima ( )
```

- ✓ A continuación, vemos la subrutina a la que saltamos desde la subrutina anterior, que permite configurar los parámetros de cada invernadero. En este caso, vamos a ver la del primer invernadero. Las otras tres serían exactamente igual, sólo cambiando los parámetros de esta subrutina por los de cada invernadero pues en este caso los parámetros son los del invernadero 1(Temp_MAX1, Temp_MIN1, etc...)

'----- SUBROUTINA CLIMA_INVI() -----'

*'En esta subrutina vamos a configurar el clima del invernadero 1, configurando
'para ello los valores de temperatura y humedad relativa que queremos en el
'invernadero.'*

Sub Clima_Inv1 ()

Cls ()



```
print (0,0,"1 Temp 2 Humedad")      'Mostramos las diferentes opciones que
print (1,0," ^ Volver")              'podemos alcanzar desde esté menú
Tecla = Input( )                     'La función Input() devuelve la última tecla
                                     'que se ha pulsado en el display
if Tecla = Tecla1 then               'Si pulsamos la tecla 1 configuraremos las
                                     'temperaturas (máxima, mínima y límite)

Cls( )

'Configuracion de Temperatura máxima del invernadero 1
Print (0,0,"Temp.MAXIMA?")          'Imprime en pantalla preguntando al
                                     'usuario la temperatura máxima deseada
Print (1,0,"Actual:",TempMAX_1)      'Mostrando la que tiene configurada ahora
InicioEdicion(1,14,2)               'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display
UltimaTecla = input()                'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Clima()                   'volvemos al menú anterior
endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
TempMAX_1=ValorEditado()              'Guardo en la variable TempMAX_1
                                     'el nuevo valor dado por el usuario

Cls()                                'Limpio el display
Endif

'Ya tenemos configurado el valor de la temperatura máxima. Ahora
'configuramos la temperatura mínima.

'Configuración de temperatura mínima
Print (0,0,"Temp.MINIMA?")           'Imprime en pantalla preguntando al
                                     'la temperatura mínima deseada
Print (1,0,"Actual:",TempMIN_1)      'Mostrando la que tiene configurada ahora
InicioEdicion(1,14,2)               'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display
```



```
UltimaTecla = input()           'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then 'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Clima( )              'volvemos al menú anterior
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then 'Si es la tecla Intro entonces
While ValorEditado( ) >= TempMAX_1 'Mientras que el Valor introducido
                                'sea mayor que TempMAX_1

Cls()                             'Limpiamos el display
print (0,0,"ERROR")               'Avisaremos del error
print (1,0, "TempMIN>TempMAX")    'Nos dice que el valor dado para
                                'TempMIN es mayor que la
                                'TempMAX

Pause (2000)                      'Muestra ese mensaje 2 segundos

Cls ( )

print(0,0,"Temp.MINIMA?")         'Volvemos a preguntar la TempMIN
InicioEdicion(1,0,2)              'permite introducir un valor nuevo

Wend                               'El bucle termina si se introduce un valor
                                'coherente, o sea, menor que TempMAX

TempMIN_1=ValorEditado()          'Entonces sí guardo en la variable
                                'TempMIN_1 el valor introducido

Cls()                             'Y limpiamos el display

Endif

'Ya tenemos configurado los valores de la temperatura máxima y la mínima.
'Ahora configuramos la que se ha denominado temperatura límite.
'Configuración de temperatura límite

Print (0,0,"Temp.LIMITE?")        'Imprime en pantalla preguntando al
                                'usuario la temperatura límite deseada

Print (1,0,"Actual:",TempLIM_1)   'Mostrando la que tiene configurada ahora

InicioEdicion(1,14,2)             'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                'en la línea 1-columna 0 del display
```




```
UltimaTecla = input()           'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then  'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Clima()                'volvemos al menú anterior
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then  'Si es la tecla Intro entonces
While ValorEditado( ) < TempMAX_1 'Mientras que el Valor introducido
                                'sea menor que TempMAX_1

Cls()                             'Limpiamos el display
print (0,0,"ERROR")              'Avisaramos del error
print (1,0, "Temp.LIMITE<MAX")   'Indica que el valor dado para
                                'TempLIMITE es menor que la
                                'TempMAX

Pause (2000)                     'Muestra ese mensaje 2 segundos
print(0,0,"Temp.LIMITE?")        'Y volverá a preguntar la
                                'TempLIMITE

InicioEdicion(1,0,2)             'permite introducir un valor nuevo
Wend                             'El bucle termina cuando introduzca un
                                'valor coherente, o sea, mayor que
                                'TempLIMITE

TempLIM_1=ValorEditado()         'Entonces sí guardo en la variable
                                'TempLIMITE el valor introducido

Cls()                            ' Y limpiamos el display
Endif                            'Fin del If correspondiente a la tecla Intro

Endif                            'Fin del If correspondiente a If Tecla 1

'Ya tenemos configurados los valores de temperaturas deseados en el
'invernadero. A continuación se van a configurar los valores de humedad
'relativa

if Tecla = Tecla2 then           'Si pulsamos la tecla 2 configuraremos las
```



'humedades relativas (máxima y mínima)

Cls()

'Configuracion de Humedad relativa máxima

Print (0,0,"HR.MAXIMA?") *'Imprime en pantalla preguntando al*
'usuario la HR máxima deseada

Print (1,0,"Actual:",HR_MAX1) *'Mostrando la que tiene configurada ahora*

InicioEdicion(1,14,2) *'Permite al usuario introducir 2 caracteres*
'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input() *'Guardo en la variable UltimaTecla el valor*
'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then *'Si es la tecla arriba entonces*
Configurar_CLima() *'volvemos al menú anterior*
endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then *'Si es la tecla Intro entonces*
HR_MAX1=ValorEditado() *'Guardo en la variable HR_MAX1*
'el valor dado por el usuario

Cls() *'Limpio el display*

endif

'Configuracion de Humedad Relativa mínima

Print (0,0,"HR.MINIMA?") *'Imprime en pantalla preguntando al*
'usuario la HR deseada

Print (1,0,"Actual:",HR_MIN1) *'Mostrando la que tiene configurada ahora*

InicioEdicion(1,0,2) *'Permite al usuario introducir 2 caracteres*
'en la línea 1-columna 0 del display

UltimaTecla = input() *'Guardo en la variable UltimaTecla el valor*
'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then *'Si es la tecla arriba entonces*
Configurar_Clima() *'volvemos al menú anterior*
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then *'Si es la tecla Intro entonces*

While ValorEditado()>=HR_MAX1 *'Mientras que el Valor introducido*



```
                                'sea mayor que HR_MAX1
Cls()                            'Limpiamos el display
print (0,0,"ERROR")             'Avisaremos del error
print (1,0, "HR_MIN>HR_MAX")    'Nos dice que el valor dado para HR_MIN
                                'es mayor que la HR_MAX
Pause (2000)                    'Muestra ese mensaje durante 2 segundos
print(0,0,"HR.MINIMA?")         'Y volverá a preguntar la HR
InicioEdicion(1,0,2)            'permitiendo introducir un valor nuevo
wend                            'El bucle termina cuando introduzca un
                                'valor coherente
HR_MIN1=ValorEditado()          'Entonces sí guardo en la variable
                                'HR_MINIMA el valor introducido
Cls()                            'Y limpiamos el display

Endif                            'Fin del If correspondiente a la tecla Intro
Endif                            'Fin del If correspondiente a If Tecla 2
If UltimaTecla = TECLAARRIBA then 'Si es la tecla arriba entonces
PantallaConfiguración()         'volvemos al menú anterior
Endif

Endsub      'Fin de subrutina Clima_Inv1( ) donde se configuran los valores
            'de temperatura y humedad relativa deseados dentro del
            'invernadero 1
```

6.2.1.2 Subrutina Configurar_Riego (). Horarios, zonas y tipos de riego.

Esta subrutina nos permitirá elegir los horarios de los riegos, así como las zonas a regar mismos y el tipo de fertilizantes a añadir, según se explica en la memoria descriptiva. Para este proyecto hemos establecido que pueden realizarse hasta cuatro riegos, a pesar de que la programación permitiera muchos más riegos. Para configurar un riego se deben configurar mediante 5 parámetros: Hora de inicio, Minutos de inicio, Hora de fin, Minutos de fin y Días de la semana activos.



'----- Subrutina Configurar Riego -----'

*'En esta subrutina vamos a configurar el riego introduciendo para ello los valores que
'configuran un riego, es decir, el horario en que se debe regar, la zona o invernadero
'que se regarán y el tipo de fertilización que vamos a añadir*

Sub Configurar_Riego()

Cls()

print (0,0,"1 Horario 2 Zona") *'Mostramos en pantalla las diferentes opciones*

print (1,0,"3 Ferti ^Volver") *'podemos alcanzar desde esté menú*

Tecla = Input() *'La función Input() devuelve la última tecla que se
'ha pulsado en el display*

if Tecla = Tecla1 then *'Si pulsamos la tecla 1 configuraremos los
'horarios de los riegos*

*'Configuración de los horarios: Un horario queda adecuadamente configurado
'mediante 5 parámetros: Hora de inicio, Minutos de inicio, Hora de fin, Minutos de fin
'y Días de la semana activos.*

Cls()

'----- SUBMENU 1: CONFIGURACION DE HORARIOS DE RIEGO -----'

'----- Configuración del horario del primer riego -----'

'----- Configuración de la hora de inicio (horas) -----'

Print (0,0,"Primer riego") *'Imprime en pantalla preguntando al*

Print (1,0, "Hora Inicio: ") *'usuario la hora de inicio del primer riego*

InicioEdicion(1,14,2) *'Permite al usuario introducir 2 caracteres
'en la línea 1-columna 14 del display*

UltimaTecla = input() *'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
'de la última tecla introducida*

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then *'Si es la tecla arriba entonces*

Configurar_Riego() *'volvemos al menú Configurar_Riego*

Endif



DISEÑO DE UN INVERNADERO DE GESTION AUTOMATIZADA

Memoria de Cálculo

Fernando Prado López

```
If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
HoraIniRiego1=ValorEditado()          'Guardo en la variable HoraIniRiego1
                                       'el valor dado por el usuario

Cls()                                  'Limpio el display
Endif

'----- Configuración de la hora de inicio (minutos) -----
Print (0,0, "Primer riego")           'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Minutos Inicio: ")       'usuario los minutos de inicio
InicioEdicion(1,14,2)                 'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                       'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input( )                 'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                       'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then      'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego( )                   'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
MinIniRiego1=ValorEditado( )          'Guardo en la variable MinIniRiego1
                                       'el valor dado por el usuario

Cls( )                                'Limpio el display
Endif

'----- Configuración de la hora de fin (horas) -----
Print (0,0, "Primer riego")           'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Hora Fin: ")             'usuario la hora de fin del primer riego
InicioEdicion(1,14,2)                 'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                       'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input( )                 'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                       'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then      'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego( )                   'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
```



Página 81



```
If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
MinFinRiego1 = ValorEditado( )        'Guardo en la variable MinFinRiego1 el
                                       'valor introducido

'A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
'un valor para los minutos incoherente con los minutos de inicio del riego 1, pues estos
'obviamente deben ser superior a los de inicio

While ValorEditado( ) < MinIniRiego1
Cls( )
Print (0,0, "ERROR")
Print(1,0, "Valor incorrecto")
Pause (2000)
Cls( )
InicioEdicion (1,0,2)
Print (0,0, "Nuevo valor:")
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
MinFinRiego1 = ValorEditado()
Wend

Cls( )                                'Limpio el display
Endif                                 'Ya tenemos configurado los minutos de fin
                                       'del riego 1

'----- Configuración de los días de riego -----
Print (0,0,"Primer riego")           'Imprime en pantalla preguntando los
Print (1,0, "Dias Riego 1: ")        'días que debe efectuarse el primer riego
InicioEdicion(1,0,3)                 'Permite al usuario introducir 3 caracteres
                                       'en la línea 1-columna 0 del display
UltimaTecla = input( )               'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                       'de la última tecla introducida
If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego( )                 'volvemos al menú Configurar_Riego
```



Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then *'Si es la tecla Intro entonces guarda en la*

DiasRiego1 = ValorEditado() *'variable DiasRiego1 el valor introducido*

Cls()

Endif

' ----- Configuración del horario del segundo riego -----

' ----- Configuración de la hora de inicio (horas) -----

Print (0,0,"Segundo riego") *'Imprime en pantalla preguntando al*

Print (1,0, "Hora Inicio: ") *'usuario la hora de inicio del segundo riego*

InicioEdicion(1,14,2) *'Permite al usuario introducir 2 caracteres*
'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input() *'Guardo en la variable UltimaTecla el valor*
'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then *'Si es la tecla arriba entonces*

Configurar_Riego() *'volvemos al menú Configurar_Riego*

Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then *'Si es la tecla Intro entonces*

HoraIniRiego2 = ValorEditado() *'Guardo en la variable HoraIniRiego2 el*
'valor introducido

'A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca

'una hora incoherente para la hora de inicio del riego 2, pues esta obviamente debe ser

'superior a la hora de fin del riego 1

While ValorEditado() < HoraFinRiego1

Cls()

Print (0,0, "ERROR")

Print(1,0, "Valor incorrecto")

Pause (2000)

Cls()

Print (0,0, "Nuevo valor:")

InicioEdicion (1,0,2)



```
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
    HoraIniRiego2 = ValorEditado()
Endif
Wend

Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado la hora de inicio
                                      'del segundo riego
'----- Configuración de la hora de inicio (minutos) -----
Print (0,0,"Segundo riego")          'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Minutos Inicio: ")      'usuario los minutos de inicio
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                      'en la línea 1-columna 14 del display
UltimaTecla = input()                 'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                      'de la última tecla introducida
If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
    Configurar_Riego()                'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif
If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
    MinIniRiego2 = ValorEditado()      'Guardo en la variable MinIniRiego2 el
                                      'valor introducido
' A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
' una hora incoherente para la hora de inicio del riego 2, pues esta obviamente debe ser
' superior a la hora de fin del riego 1

    While ValorEditado()<MinFinRiego1
        Cls()
        Print (0,0, "ERROR")
        Print(1,0, "Valor incorrecto")
        Pause (2000)
        Cls()
        Print (0,0, "Nuevo valor:")
        InicioEdicion (1,0,2)
```



```
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
    MinIniRiego2 = ValorEditado()
Endif
Wend

Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado los minutos de
                                     'inicio del segundo riego

'----- Configuración de la hora de fin (horas) -----
Print (0,0,"Segundo riego")          'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Hora Fin: ")            'usuario la hora de fin del segundo riego
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input()                'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
    Configurar_Riego()                'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then     'Si es la tecla Intro entonces
    HoraFinRiego2 = ValorEditado()    'Guardo en la variable HoraFinRiego2 el
                                     'valor introducido

'A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
'una hora incoherente para la hora de fin del riego 2, pues esta obviamente debe ser
'superior a la hora de inicio

While ValorEditado()<HoraIniRiego2
    Cls()
    Print (0,0, "ERROR")
    Print(1,0, "Valor incorrecto")
    Pause (2000)
    Cls()
    InicioEdicion (1,0,2)
    If UltimaTecla = TECLAINTRO then
        HoraFinRiego2 = ValorEditado()
```



```
Wend

Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado la hora de fin del 'riego 1

'----- Configuración de la hora de fin (minutos) -----
Print (0,0,"Segundo riego")          'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Minutos Fin: ")         'usuario los minutos de fin
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                      'en la línea 1-columna 14 del display
UltimaTecla = input()                'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                      'de la última tecla introducida
If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego()                   'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif
If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
MinFinRiego2 = ValorEditado()        'Guardo en la variable MinFinRiego2 el
                                      'valor introducido

'A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
'un valor para los minutos incoherente con los minutos de inicio del riego 2, pues estos
'obviamente deben ser superior a los de inicio

While ValorEditado()<MinIniRiego2
Cls()
Print (0,0, "ERROR")
Print(1,0, "Valor incorrecto")
Pause (2000)
Cls()
InicioEdicion (1,0,2)
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
MinFinRiego2 = ValorEditado()
Wend
```



```
Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado los minutos de fin
                                     'del riego 2

'----- Configuración de los días de riego -----
Print (0,0,"Segundo riego")          'Imprime en pantalla preguntando los
Print (1,0, "Dias Riego 2: ")        'días que debe efectuarse el segundo riego
InicioEdicion(1,0,3)                 'Permite al usuario introducir 3 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 0 del display
UltimaTecla = input( )               'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego( )                 'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces guarda en la
DiasRiego2 = ValorEditado( )        'variable DiasRiego2 el valor introducido
Cls( )
Endif

' ----- Configuración del horario del tercer riego -----
'----- Configuración de la hora de inicio (horas) -----
Print (0,0,"Tercer riego")          'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Hora Inicio: ")        'usuario la hora de inicio del tercer riego
InicioEdicion(1,14,2)               'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display
UltimaTecla = input()               'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego()                 'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
HoraIniRiego3 = ValorEditado()    'Guardo en la variable HoraIniRiego3 el
                                     'valor introducido
```



*‘A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
‘una hora incoherente para la hora de inicio del riego 3, pues esta obviamente debe ser
‘superior a la hora de fin del riego 2*

```
While ValorEditado() < HoraFinRiego2
  Cls()
  Print (0,0, "ERROR")
  Print(1,0, "Valor incorrecto")
  Pause (2000)
  Cls()
  Print (0,0, "Nuevo valor:")
  InicioEdicion (1,0,2)
  If UltimaTecla = TECLAINTRO then
    HoraIniRiego3 = ValorEditado()
  Endif
Wend

Cls()                                     'Limpio el display
Endif                                    'Ya tenemos configurado la hora de inicio
                                         'del segundo riego

'----- Configuración de la hora de inicio (minutos) -----
Print (0,0, "Tercer riego")              'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Minutos Inicio: ")          'usuario los minutos de inicio
InicioEdicion(1,14,2)                    'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                         'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input()                    'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                         'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then          'Si es la tecla arriba entonces
  Configurar_Riego()                     'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then          'Si es la tecla Intro entonces
  MinIniRiego3 = ValorEditado()          'Guardo en la variable MinIniRiego3 el
                                         'valor introducido
```



*‘A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
‘una hora incoherente para la hora de inicio del riego 3, pues esta obviamente debe ser
‘superior a la hora de fin del riego 2*

```
While ValorEditado()<MinFinRiego2
Cls()
Print (0,0, "ERROR")
Print(1,0, "Valor incorrecto")
Pause (2000)
Cls()
Print (0,0, "Nuevo valor:")
InicioEdicion (1,0,2)
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
MinIniRiego3 = ValorEditado()
Endif
Wend

Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado los minutos de
                                     'inicio del segundo riego

'----- Configuración de la hora de fin (horas) -----
Print (0,0,"Tercer riego")           'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Hora Fin: ")            'usuario la hora de fin del tercer riego
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display
UltimaTecla = input()                 'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida
If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego()                   'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif
If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
HoraFinRiego3 = ValorEditado()      'Guardo en la variable HoraFinRiego3 el
                                     'valor introducido
```



‘A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca una hora incoherente para la hora de fin del riego 3, pues esta obviamente debe ser superior a la hora de inicio

```
While ValorEditado()<HoraIniRiego3
Cls()
Print (0,0, "ERROR")
Print(1,0, "Valor incorrecto")
Pause (2000)
Cls()
InicioEdicion (1,0,2)
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
HoraFinRiego3 = ValorEditado()
Wend

Cls()                                'Limpio el display

Endif                                ‘Ya tenemos configurado la hora de fin del
                                     ‘riego 3

‘----- Configuración de la hora de fin (minutos) -----
Print (0,0,"Tercer riego")           'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Minutos Fin: ")         ‘usuario los minutos de fin
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     ‘en la línea 1-columna 14 del display
UltimaTecla = input()                 'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     ‘de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then      'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego()                    ‘volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then       'Si es la tecla Intro entonces
MinFinRiego3 = ValorEditado()         ‘Guardo en la variable MinFinRiego3 el
                                     ‘valor introducido
```



*‘A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
‘un valor para los minutos incoherente con los minutos de inicio del riego 3, pues estos
‘obviamente deben ser superior a los de inicio*

```
While ValorEditado()<MinIniRiego3
Cls()
Print (0,0, "ERROR")
Print(1,0, "Valor incorrecto")
Pause (2000)
Cls()
InicioEdicion (1,0,2)
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
MinFinRiego3 = ValorEditado()
Wend

Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado los minutos de fin
                                     'del riego 3

'----- Configuración de los días de riego -----
Print (0,0,"Tercer riego")           'Imprime en pantalla preguntando los
Print (1,0, "Dias Riego 3: ")        'días que debe efectuarse el segundo riego
InicioEdicion(1,0,3)                 'Permite al usuario introducir 3 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 0 del display

UltimaTecla = input( )                'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego( )                  'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces guarda en la
DiasRiego3 = ValorEditado( )        'variable DiasRiego3 el valor introducido
Cls( )
Endif
```




```
' ----- Configuración del horario del cuarto riego -----  
'----- Configuración de la hora de inicio (horas) -----  
Print (0,0,"Cuarto riego")           'Imprime en pantalla preguntando al  
Print (1,0, "Hora Inicio: ")         'usuario la hora de inicio del tercer riego  
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres  
                                     'en la línea 1-columna 14 del display  
  
UltimaTecla = input()                 'Guardo en la variable UltimaTecla el valor  
                                     'de la última tecla introducida  
If UltimaTecla = TECLAARRIBA then      'Si es la tecla arriba entonces  
Configurar_Riego()                   'volvemos al menú Configurar_Riego  
Endif  
If UltimaTecla = TECLAINTRO then       'Si es la tecla Intro entonces  
HoraIniRiego4 = ValorEditado()        'Guardo en la variable HoraIniRiego4 el  
                                     'valor introducido  
  
'A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca  
'una hora incoherente para la hora de inicio del riego 4, pues esta obviamente debe ser  
'superior a la hora de fin del riego 3  
  
While ValorEditado()<HoraFinRiego3  
Cls()  
Print (0,0, "ERROR")  
Print(1,0, "Valor incorrecto")  
Pause (2000)  
Cls()  
Print (0,0, "Nuevo valor:")  
InicioEdicion (1,0,2)  
If UltimaTecla = TECLAINTRO then  
HoraIniRiego4 = ValorEditado()  
Endif  
Wend
```



```
Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado la hora de inicio
                                      'del cuarto riego

'----- Configuración de la hora de inicio (minutos) -----
Print (0,0,"Cuarto riego")           'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Minutos Inicio: ")      'usuario los minutos de inicio
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                      'en la línea 1-columna 14 del display
UltimaTecla = input()                 'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                      'de la última tecla introducida
If UltimaTecla = TECLAARRIBA then      'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego()                    'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif
If UltimaTecla = TECLAINTRO then       'Si es la tecla Intro entonces
MinIniRiego4 = ValorEditado()          'Guardo en la variable MinIniRiego3 el
                                      'valor introducido

'A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
'una hora incoherente para la hora de inicio del riego 4, pues esta obviamente debe ser
'superior a la hora de fin del riego 3

While ValorEditado()<MinFinRiego3
Cls()
Print (0,0, "ERROR")
Print(1,0, "Valor incorrecto")
Pause (2000)
Cls()
Print (0,0, "Nuevo valor:")
InicioEdicion (1,0,2)
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
MinIniRiego4 = ValorEditado()
Endif
```



```
Wend

Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado los minutos de
                                     'inicio del cuarto riego

'----- Configuración de la hora de fin (horas) -----
Print (0,0,"Cuarto riego")           'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Hora Fin: ")            'usuario la hora de fin del cuarto riego
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input()                'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego()                   'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
HoraFinRiego4 = ValorEditado()      'Guardo en la variable HoraFinRiego4 el
                                     'valor introducido

'A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
'una hora incoherente para la hora de fin del riego 3, pues esta obviamente debe ser
'superior a la hora de inicio

While ValorEditado()<HoraIniRiego3
Cls()
Print (0,0, "ERROR")
Print(1,0, "Valor incorrecto")
Pause (2000)
Cls()
InicioEdicion (1,0,2)
If UltimaTecla = TECLAINTRO then
HoraFinRiego3 = ValorEditado()
Wend
```



```
Cls()                                'Limpio el display
Endif                                'Ya tenemos configurado la hora de fin del
                                     'riego 4

'----- Configuración de la hora de fin (minutos) -----
Print (0,0,"Cuarto riego")           'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Minutos Fin: ")         'usuario los minutos de fin
InicioEdicion(1,14,2)                'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display
UltimaTecla = input()                'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then     'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego()                  'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then      'Si es la tecla Intro entonces
MinFinRiego4 = ValorEditado()        'Guardo en la variable MinFinRiego4 el
                                     'valor introducido
```

*'A continuación realizamos un bucle que se ejecutará mientras el usuario introduzca
'un valor para los minutos incoherente con los minutos de inicio del riego 4, pues estos
'obviamente deben ser superior a los de inicio*

```
While ValorEditado()<MinIniRiego4
  Cls()
  Print (0,0, "ERROR")
  Print(1,0, "Valor incorrecto")
  Pause (2000)
  Cls()
  InicioEdicion (1,0,2)
  If UltimaTecla = TECLAINTRO then
    MinFinRiego4 = ValorEditado()
  Wend
Cls()                                'Limpio el display
```



```
Endif                                     'Ya tenemos configurado los minutos de fin
                                         'del riego 4

'----- Configuración de los días de riego -----
Print (0,0,"Cuarto riego")              'Imprime en pantalla preguntando los
Print (1,0, "Dias Riego 4: ")           'días que debe efectuarse el cuarto riego
InicioEdicion(1,0,3)                    'Permite al usuario introducir 3 caracteres
                                         'en la línea 1-columna 0 del display

UltimaTecla = input( )                  'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                         'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then        'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego( )                     'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then        'Si es la tecla Intro entonces guarda en la
DiasRiego4 = ValorEditado( )           'variable DiasRiego4 el valor introducido
Cls( )
Endif

'Como ya tenemos configurado todos los parámetros que definen los riegos,
'registramos todos estos datos en los diferentes horarios. De este modo nos aseguramos
'los riegos no se van a solapar.

' ----- Riego 1 -----
HoraIni (HorarioRiego1,HoraIniRiego1)
MinIni (HorarioRiego1,MinIniRiego1)
HoraFin (HorarioRiego1,HoraFinRiego1)
MinFin (HorarioRiego1,MinFinRiego1)
Dias (HorarioRiego1,DiasRiego1)

' ----- Riego 2 -----
HoraIni (HorarioRiego2,HoraIniRiego2)
MinIni (HorarioRiego2,MinIniRiego2)
HoraFin (HorarioRiego2,HoraFinRiego2)
MinFin (HorarioRiego2,MinFinRiego2)
```



Configurar_Riego()	<i>'volvemos al menú Configurar_Riego'</i>
--------------------	--



Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then

'Si es la tecla Intro entonces

ZonaRiego1=ValorEditado()

'Guardo en la variable ZonaRiego1

'el valor dado por el usuario

Cls()

'Limpio el display

Endif

' ----- Configuración de la zona del segundo riego -----

Print (0,0,"Segundo riego")

'Imprime en pantalla preguntando al

Print (1,0, "Zona de riego: ")

'usuario la zona del segundo riego

InicioEdicion(1,14,2)

'Permite al usuario introducir 2 caracteres

'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input()

'Guardo en la variable UltimaTecla el valor

'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then

'Si es la tecla arriba entonces

Configurar_Riego()

'volvemos al menú Configurar_Riego

Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then

'Si es la tecla Intro entonces

ZonaRiego2=ValorEditado()

'Guardo en la variable ZonaRiego2

'el valor dado por el usuario

Cls()

'Limpio el display

Endif

' ----- Configuración de la zona del tercer riego -----

Print (0,0,"Tercer riego")

'Imprime en pantalla preguntando al

Print (1,0, "Zona de riego: ")

'usuario la zona del tercer riego

InicioEdicion(1,14,2)

'Permite al usuario introducir 2 caracteres

'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input()

'Guardo en la variable UltimaTecla el valor

'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then

'Si es la tecla arriba entonces

Configurar_Riego()

'volvemos al menú Configurar_Riego

Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then

'Si es la tecla Intro entonces



```
ZonaRiego3=ValorEditado()           'Guardo en la variable ZonaRiego3
                                     'el valor dado por el usuario

Cls()                               'Limpio el display
Endif

' ----- Configuración de la zona del cuarto riego -----
Print (0,0,"Cuarto riego")          'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Zona de riego: ")      'usuario la zona del cuarto riego
InicioEdicion(1,14,2)              'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input()              'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                     'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then    'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego()                 'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then     'Si es la tecla Intro entonces
ZonaRiego4=ValorEditado()          'Guardo en la variable ZonaRiego3
                                     'el valor dado por el usuario

Cls()                               'Limpio el display
Endif
Endif                               'Fin del submenú Zona. Esta instrucción finaliza la
                                     'instrucción if Tecla = Tecla2 then
```

' SUBMENU 3: CONFIGURACION DE LOS TIPOS DE RIEGO '.

```
if Tecla = Tecla3 then              'Si pulsamos la tecla 3 configuraremos los
                                     'tipos de fertilizantes a aplicar en los riegos

Cls()

' ----- Configuración del tipo de fertilizantes del primer riego -----
Print (0,0,"Primer riego")          'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Tipo de riego: ")      'usuario el tipo del primer riego
InicioEdicion(1,14,2)              'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                     'en la línea 1-columna 14 del display
```




```
UltimaTecla = input()           'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then 'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego( )             'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then 'Si es la tecla Intro entonces
TipoRiego1=ValorEditado( )      'Guardo en la variable TipoRiego1
                                'el valor dado por el usuario

Cls()                           'Limpio el display
Endif

' ----- Configuración del tipo de fertilizantes del segundo riego -----

Print (0,0,"Segundo riego")     'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Tipo de riego: ") 'usuario el tipo del segundo riego
InicioEdicion(1,14,2)           'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input()           'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then 'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego( )             'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then 'Si es la tecla Intro entonces
TipoRiego2=ValorEditado( )      'Guardo en la variable TipoRiego2
                                'el valor dado por el usuario

Cls()                           'Limpio el display
Endif

' ----- Configuración del tipo de fertilizantes del tercer riego -----

Print (0,0,"Tercer riego")     'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Tipo de riego: ") 'usuario el tipo del tercer riego
InicioEdicion(1,14,2)           'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                'en la línea 1-columna 14 del display
```



```
UltimaTecla = input()           'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then 'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego ( )           'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then 'Si es la tecla Intro entonces
TipoRiego3=ValorEditado( )      'Guardo en la variable TipoRiego3
                                'el valor dado por el usuario

Cls()                           'Limpio el display
Endif

' ----- Configuración del tipo de fertilizantes del cuarto riego -----
Print (0,0,"Cuarto riego")      'Imprime en pantalla preguntando al
Print (1,0, "Tipo de riego: ") 'usuario el tipo del cuarto riego
InicioEdicion(1,14,2)          'Permite al usuario introducir 2 caracteres
                                'en la línea 1-columna 14 del display

UltimaTecla = input()           'Guardo en la variable UltimaTecla el valor
                                'de la última tecla introducida

If UltimaTecla = TECLAARRIBA then 'Si es la tecla arriba entonces
Configurar_Riego ( )           'volvemos al menú Configurar_Riego
Endif

If UltimaTecla = TECLAINTRO then 'Si es la tecla Intro entonces
TipoRiego4=ValorEditado( )      'Guardo en la variable TipoRiego4
                                'el valor dado por el usuario

Cls()                           'Limpio el display
Endif
Endif                            'Fin del submenú Tipo. Esta instrucción finaliza la
                                'instrucción if Tecla = Tecla3 then

If Tecla = TeclaArriba then
Configurar-Riego ( )           'Volvemos al menú de configuración
Endif

EndSub                          'Fin de la subrutina Configurar_Riego
```



6.3 Subrutina Modo_Manual ()

Si decidimos por poner el sistema en modo manual accederemos a esta subrutina, desde la que podremos actuar sobre los elementos de la instalación directamente. De este modo actuaremos tanto sobre el clima como sobre el riego.

Sub Modo_Manual ()

Cls ()

Print (0,0, "MANUAL ^PPAL") *‘Mostramos en pantalla el menú*

Print (1,0, "1-Clima 2-Riego")

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = Tecla1 then *‘Si pulsa 1 accedemos a Clima_Manual ()*

Clima_Manual ()

Endif

If UltimaTecla = Tecla2 then *‘Si pulsa 2 accedemos a Riego_Manual ()*

Riego_Manual ()

Endif

If UltimaTecla = Tecla3 then *‘Volvemos a la pantalla principal*

Pantalla_Principal ()

Endif

Endsub *‘Fin de la subrutina Modo_Manual ()*

6.3.1 Subrutina Clima_Manual ().

En esta subrutina actuamos de modo manual sobre los elementos actuadores que controlan el clima en el interior del invernadero. Estos elementos son los extractores de aire, los calefactores de aire, la pantalla de sombreo y la ventana cenital.

En la subrutina principal, Clima_Manual (), se nos presenta un menú desde donde accedemos a diferentes subrutinas que permiten modificar el estado de cada uno de estos actuadores en cada uno de los invernaderos.

Sub Clima_Manual ()

Cls ()

Print (0,0, "1-Extrac 2-Calef") *‘Impresión del menú en el display*



Print (1,0, "3-Somb 4-Cenit")

InicioEdicion (1,16,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = Tecla 1 then *'Llamada a la subrutina Extractores_Manual ()*

Extractores_Manual () *'que controla los extractores de modo manual*

Endif

If UltimaTecla = Tecla2 then *'Llamada a la subrutina Calefacción_Manual ()*

Calefaccion_Manual ()

Endif

If UltimaTecla = Tecla 3 then *'Llamada a la subrutina Sombreo_Manual ()*

Sombreo_Manual ()

Endif

If UltimaTecla = Tecla 4 then *'Llamada a la subrutina Cenital_Manual ()*

Cenital_Manual ()

Endif

If UltimaTecla = TeclaArriba then

Modo_Manual ()

Endif

Endsub

'Fin de la subrutina Clima_Manual

6.3.1.1 Subrutina Extractores_Manual ()

En esta subrutina se controla el comportamiento de los extractores cuando estamos en modo manual. Al entrar en la subrutina, el programa pregunta qué estado queremos para los extractores de cada invernadero. Si pulsamos la tecla 1 activaremos los extractores del invernadero por el que nos hayan preguntado. Si pulsamos cualquier otra tecla el programa pasa a preguntarnos por el siguiente invernadero.

Sub Extractores_Manual ()

'----- ¿Activamos los extractores en el invernadero 1? -----

Cls ()

Print (0,0, "Ventilacion ON")

Print (1,0, "Invernadero 1:")



InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Extract_1 = ON

'Activamos extractores del invernadero 1

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Extract_1 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos los extractores en el invernadero 2? -----

Cls ()

Print (0,0, "Ventilacion ON")

Print (1,0, "Invernadero 2:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Extract_2 = ON

'Activamos extractores del invernadero 2

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Extract_2 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos los extractores en el invernadero 3? -----

Cls ()

Print (0,0, "Ventilacion ON")

Print (1,0, "Invernadero 3:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Extract_3 = ON

'Activamos extractores del invernadero 3

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Extract_3 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos los extractores en el invernadero 4? -----

Cls ()

Print (0,0, "Ventilacion ON")



Print (1,0, "Invernadero 4:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Extract_4 = ON

'Activamos extractores del invernadero 4

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Extract_4 = OFF

Endif

'----- Volvemos a la subrutina de la que veníamos -----

Clima_Manual ()

Endsub

'Fin de la subrutina

6.3.1.2 Subrutina Calefactores_Manual ()

El funcionamiento de esta subrutina es análogo al de la subrutina anterior pero para los calefactores.

Calefactores_Manual ()

'----- ¿Activamos los calefactores en el invernadero 1? -----

Cls ()

Print (0,0, "Calefaccion ON")

Print (1,0, "Invernadero 1:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Calef_1 = ON

'Activamos calefactores del invernadero 1

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Calef_1 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos los calefactores en el invernadero 2? -----

Cls ()

Print (0,0, "Calefaccion ON")



Print (1,0, "Invernadero 2:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Calef_2 = ON

'Activamos calefactores del invernadero 2

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Calef_2 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos los calefactores en el invernadero 3? -----

Cls ()

Print (0,0, "Calefaccion ON")

Print (1,0, "Invernadero 3:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Calef_3 = ON

'Activamos calefactores del invernadero 3

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Calef_3 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos los calefactores en el invernadero 4? -----

Cls ()

Print (0,0, "Calefaccion ON")

Print (1,0, "Invernadero 4:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Calef_4 = ON

'Activamos calefactores del invernadero 4

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Calef_4 = OFF

Endif

'----- Volvemos a la subrutina de la que veníamos -----

Clima_Manual ()



Endsub

'Fin de la subrutina

6.3.1.3 Subrutina Sombreo_Manual ()

El funcionamiento de esta subrutina es análogo al de las subrutinas anteriores pero para controlar la pantalla de sombreado.

Sombreo_Manual ()

'----- ¿Activamos la pantalla de sombreado en el invernadero 1? -----

Cls ()

Print (0,0, "Sombreo ON")

Print (1,0, "Invernadero 1:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Sombreo_1 = ON

'Activamos pantalla del invernadero 1

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Sombreo_1 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos la pantalla de sombreado en el invernadero 2? -----

Cls ()

Print (0,0, "Sombreo ON")

Print (1,0, "Invernadero 2:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Sombreo_2 = ON

'Activamos pantalla del invernadero 2

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Sombreo_2 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos la pantalla de sombreado en el invernadero 3? -----

Cls ()

Print (0,0, "Sombreo ON")



Print (1,0, "Invernadero 3:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Sombreo_3 = ON

'Activamos pantalla del invernadero 3

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Sombreo_3 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos la pantalla de sombreado en el invernadero 4? -----

Cls ()

Print (0,0, "Sombreado ON")

Print (1,0, "Invernadero 4:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Sombreo_4 = ON

'Activamos pantalla del invernadero 4

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Sombreo_4 = OFF

Endif

'----- Volvemos a la subrutina de la que veníamos -----

Clima_Manual ()

Endsub

'Fin de la subrutina

6.3.1.4 Subrutina Cenital_Manual ()

El funcionamiento de esta subrutina es análogo al de las subrutinas anteriores pero para controlar la ventana cenital.

Cenital_Manual ()

'----- ¿Activamos la ventana cenital en el invernadero 1? -----

Cls ()

Print (0,0, "Vent. Cenital ON")

Print (1,0, "Invernadero 1:")



DISEÑO DE UN INVERNADERO DE GESTION AUTOMATIZADA

Memoria de Cálculo

Fernando Prado López

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Cenital_1 = ON

'Activamos ventana del invernadero 1

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Cenital_1 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos la ventana cenital en el invernadero 2? -----

Cls ()

Print (0,0, "Vent. Cenital ON")

Print (1,0, "Invernadero 1:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Cenital_2 = ON

'Activamos ventana del invernadero 2

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Cenital_2 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos la ventana cenital en el invernadero 3? -----

Cls ()

Print (0,0, "Vent. Cenital ON")

Print (1,0, "Invernadero 1:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Cenital_3 = ON

'Activamos ventana del invernadero 3

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Cenital_3 = OFF

Endif

'----- ¿Activamos la ventana cenital en el invernadero 4? -----

Cls ()

Print (0,0, "Vent. Cenital ON")



Print (1,0, "Invernadero 1:")

InicioEdicion (1,15,1)

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = tecla 1 then

'Si es la tecla 1 indica ON

Cenital_4 = ON

'Activamos ventana del invernadero 4

Else

'Si es otra tecla cualquiera OFF

Cenital_4 = OFF

Endif

'----- Volvemos a la subrutina de la que veníamos -----

Clima_Manual ()

Endsub

'Fin de la subrutina

6.3.2 Subrutina Riego_Manual ()

Mediante esta subrutina podremos realizar riegos en modo manual en el momento que queramos. Para ello se cargarán las variables adecuadas para llamar a la función Riego () y se activará el grupo de bombeo pues hay que tener en cuenta que no habrá ningún horario que ejecute el riego como pasa en modo automático.

'----- Subtina Riego_Manual () -----

Sub Riego_Manual ()

Cls ()

If GrupoBombeo = ON then

*'Si el grupo de bombeo está funcionando es que
'hay un riego en proceso*

Print (0,0, "Riego en proceso")

'Informamos de ello

Printn (1,0, "1-PARAR RIEGO ^")

'Ofrecemos la opción de parar o no el riego

UltimaTecla = Input ()

If UltimaTecla = Tecla1 then

'Si paramos el riego

GrupoBombeo = OFF

*'Paramos el grupo de bombeo y llamamos
'a las subrutinas cargando sus parámetros*

ZonaRiego = 0

'con el valor 0 para que



```
TipoRiego = 0                                'no se produzca riego
Zona_Riego ( )
Tipo_Riego ( )
Cls ( )
Riego_Manual ( )                            'Vuelvo a llamar a esta subrutina con el
                                           'grupo de bombeo OFF para que pregunte
                                           'si queremos regar

Endif
If UltimaTecla = TeclaArriba then
Modo_Manual ( )
Endif
Else                                          'En otro caso, o sea, if GrupoBombeo = OFF

'Si al llamar a esta subrutina no se está ejecutando ningún riego, el programa se
'saltaría todo el código anterior al no cumplirse la condición y saltaría a este punto
'de la programación
Print (0,0, "1-Activar riego")
Print (1,0, "^-Volver")

UltimaTecla = Input ( )
If UltimaTecla = Tecla1 then                 'Preparamos un nuevo riego manual
Cls ( )
Print (0,0, "Zona de riego:")
InicioEdicion (1,0,2)
Editando = EnEdicion ( )
If (Editando=NO) then
Zona_riego_manual = ValorEditado ( )
Endif
Cls ( )
Print (0,0, "Tipo de riego:")
InicioEdicion (1,0,1)
Editando = EnEdicion ( )
```



If (Editando=NO) then

Tipo_riego_manual = ValorEditado()

Endif

ZonaRiego = Zona_riego_manual *'Cargo las variables que usan las*

TipoRiego = Tipo_riego_manual *'subrutinas ZonaRiego () y TipoRiego ()*

'con los valores que se han configurado

GrupoBombeo = ON *'Activo el grupo de bombeo*

Zona_Riego () *'Llamo a la subrutina que habría las*
'electroválvulas ubicadas en los invernaderos

Tipo_Riego () *'Llamo a la subrutina que arranca los agitadores,*
'las electroválvulas y las bombas inyectoras de
'fertilizantes con lo que comenzará el riego

Riego_Manual () *'Volvemos a la subrutina de riego manual*

Endif *'Fin del If UltimaTecla = Tecla1 (Activar Riego)*

If UltimaTecla = TeclaArriba then

Modo_Manual ()

Endif

Endsub *'Fin de la subrutina Sub Riego_Manual ()*

6.4 Subrutina Clima_Auto ()

Esta subrutina controla el clima de los invernaderos cuando estamos en modo automático, entendiendo con esto, que controlará la temperatura interior de los invernaderos y la humedad relativa dentro de los parámetros que se hayan configurado mediante las pantallas de configuración explicadas con anterioridad. Recordamos que para controlar la temperatura el usuario debía introducir tres valores, correspondientes estos a las denominadas temperaturas máxima, mínima y límite. En lo que respecta a la humedad relativa recordamos que se debían introducir dos valores correspondientes a la humedad relativa máxima y la humedad relativa mínima.

El código de control que se explica a continuación, representa el de la subrutina de control del clima en un invernadero, de ahí que no se le haya asignado ningún número a ninguna de las variables. El código completo simplemente sería este mismo código



repetido cuatro veces con el nombre de cada una de las variables especificado, es decir, para, por ejemplo, lo que aquí se denomina TempInterior sería TempInterior 1, TempInterior2, etc... Esto ocurre con las variables propias de cada invernadero, es decir, temperatura interior y humedad relativa. Las demás variables son comunes a todos los invernaderos: temperatura exterior, lluvia, viento...

'----- SUBROUTINA CONTROL_CLIMA -----'

*'Esta es la subrutina que realiza las acciones en modo automático sobre el
'invernadero actuando en función de los valores de temperatura y humedad relativa
' que se han configurado con anterioridad. Aquí*

Sub Control_Clima()

'Lectura de las sondas

*'En primer lugar se realiza la lectura de las sondas que nos dan los valores de los
'parámetros que queremos controlar y le damos el nombre de una variable*

TempExterior = TemperaturaKTY(Sonda_temperatura_exterior)

TempInterior = TemperaturaKTY(Sonda_temperatura_interior)

HR_Ext = Humedad(Sonda_HR_exterior)

HR_Int = Humedad (Sonda_HR_interior)

Viento = Intensidad (SondaViento)

Lluvia = Intensidad (SondaLluvia)

'Nuevas variables

*'Vamos a insertar el valor medio entre las temperaturas máxima y mínima definidas
'por el usuario para realizar un control más progresivo y tener otro valor de referencia*

TempMEDIA = (TempMINIMA + TempMAXIMA) / 2

'----- Código de control de la temperatura -----'

if TempInterior < TempMINIMA then

*'Si la temperatura interior es menor
'que la mínima definida*

Extractores = OFF

'Los extractores estarán apagados

VentanaCenital = OFF

'La ventana cenital cerrada

PantallaSombreo = OFF

'La pantalla de sombreado abierta



```
Calefaccion = ON                                'Y encendemos la calefacción
endif
if TempInterior <= TempMEDIA and TempExterior > TempMINIMA then
    Extractores = OFF                            'Los extractores estarán apagados
    VentanaCenital = OFF                        'La ventana cenital cerrada
    PantallaSombreo = OFF                      'La pantalla de sombreado abierta
    Calefaccion = OFF                          'Y podemos apagar la calefacción
endif
if TempInterior < TempMAXIMA then
    Extractores = ON                            'Encendemos los ventiladores
    VentanaCenital = OFF                      'La ventana cenital cerrada
    PantallaSombreo = OFF                    'La pantalla de sombreado abierta
    Calefaccion = OFF                        'Y la calefacción apagada
endif
if TempInterior <= TempLIMITE then
    Extractores = ON                          'Se encienden los ventiladores
    PantallaSombreo = OFF                    'La pantalla de sombreado abierta
    Calefaccion = OFF                        'Y la calefacción apagada

    'Además deberíamos abrir la ventana cenital para reducir aún más la temperatura,
    'pero vamos a condicionar su apertura a que las condiciones de viento y lluvia sean
    'las adecuadas
    if Lluvia = OFF and Viento = OFF and TempExt<TempLIMITE then
        VentanaCenital = ON
    endif
endif
if TempInterior > TempLIMITE then
    Extractores = ON                          'Ventiladores encendidos
    PantallaSombreo = ON                    'Activamos la pantalla de sombreado
    Calefaccion = OFF                      'Con la calefacción apagada
    if Lluvia = OFF and Viento = OFF and TempExterior<TempLIMITE then
        VentanaCenital = ON
```



endif
endif

‘ ----- Código de control de la humedad relativa ----- ‘

*‘Aquí vamos a dar las instrucciones que regirán el comportamiento de los elementos
‘ de control en función de la humedad relativa pero teniendo en cuenta la prioridad de
‘ la temperatura sobre la humedad relativa*

‘Configuración de los extractores respecto a HR

*‘Respecto a la humedad relativa los extractores deben encenderse cuando ésta es
‘inferior a la mínima y apagarse en caso contrario. Hay que tener en cuenta que los
‘extractores se encendían cuando la temperatura era mayor que la media.*

if HumedadRelativa<HR_MINIMA and TempInterior >TempMEDIA then

Extractores = ON

else

Extractores = OFF

Endif

‘Configuración de la ventana cenital respecto a HR

*‘La ventana cenital se abre cuando la humedad relativa es mayor que la máxima y se
‘cierra en caso contrario. Hay que tener en cuenta que la ventana cenital se abría
‘cuando la temperatura era mayor que la máxima y se daban las condiciones
‘adecuadas de viento y lluvia.*

if HumedadRelativa>HR_MAXIMA and TempInterior >TempMAXIMA and
Lluvia=OFF and Viento = OFF then

VentanaCenital = ON

else

VentanaCenital = OFF



endif

'Configuración de la Pantalla de sombreo respecto a HR

'La pantalla de sombreo se activa cuando la humedad relativa es menor que la mínima

'y se cierra en caso contrario. Respecto a la temperatura se activaba era mayor que la

'temperatura máxima.

if HumedadRelativa<HR_MINIMA and then

PantallaSombreo = ON

else

PantallaSombreo = ON

endif

endif

if HumedadRelativa>HR_MAXIMA then

if TemperaturaInterior>TempMAXIMA then

PantallaSombreo = ON

else

PantallaSombreo = OFF

endif

endif

'Configuración de la calefacción respecto a HR

if HumedadRelativa<HR_MINIMA then

if TemperaturaInterior>TempMINIMA then

Calefaccion = OFF

else

Calefaccion = ON

endif

endif



```
if HumedadRelativa>HR_MAXIMA then
  if TemperaturaInterior<TempMINIMA then
    Calefaccion = ON
  else
    Calefaccion = OFF
  endif
endif
```

Endsub *‘Fin de la subrutina Clima_Auto ()*

6.5 Subrutina Riego ()

En esta subrutina se comprobará si nos encontramos dentro de alguno de los horarios que se han configurado previamente. Si se da esa circunstancia configuramos las variables que usa esta subrutina, ZonaRiego y TipoRiego, con los valores que le corresponda en función del horario en que nos encontremos para posteriormente llamar a las subrutinas ZonaRiego() y TipoRiego() que controlan qué zona y qué tipo de riego se realizará dentro de ese horario.

‘---- Subrutina que ejecuta el riego en las diferentes zonas del invernadero -----

Sub Riego ()

‘ ----- HorarioRiego1 -----

H1 = EstaDentroDeHorario (HorarioRiego1) *‘Definimos H1 con el valor de la
‘función EstaDentroDeHorario que
‘devuelve los valores Si o No*

While H1 =Si then *‘Mientras que sea cierto que
‘estamos en el HorarioRiego1*

GrupoBombeo = ON *‘Activamos el grupo de bombeo*

ZonaRiego = ZonaRiego1 *‘Damos a la variable ZonaRiego el
‘valor ZonaRiego1*

TipoRiego = TipoRiego1 *‘Damos a la variable TipoRiego el
‘valor TipoRiego1*

‘Ahora ya tenemos configurado los valores adecuados para la zona y el tipo de riego



‘por lo que podemos llamar a las subrutinas ZonaRiego() y TipoRiego()’

ZonaRiego ()

‘Llamada a subrutina ZonaRiego()’

TipoRiego()

‘Llamada a subrutina TipoRiego()’

Wend

‘Ahora tendríamos que hacer la comprobación realizada con el HorarioRiego1 con el resto de horarios que se han definido’

‘ ----- HorarioRiego2 -----’

H2 = EstaDentroDeHorario (HorarioRiego2)

‘Comprobamos si estamos en el HorarioRiego2’

While H2 =Si then

‘Mientras que sea cierto que’

‘estamos en el HorarioRiego2’

GrupoBombeo = ON

‘Activamos el grupo de bombeo’

ZonaRiego = ZonaRiego2

‘Definimos las variables’

TipoRiego = TipoRiego2

ZonaRiego ()

‘Llamada a subrutinas’

TipoRiego()

Wend

‘ ----- HorarioRiego3 -----’

H3 = EstaDentroDeHorario (HorarioRiego3)

‘Comprobamos si estamos en el HorarioRiego3’

While H3 =Si then

‘Mientras que sea cierto que’

‘estamos en el HorarioRiego3’

GrupoBombeo = ON

‘Activamos el grupo de bombeo’

ZonaRiego = ZonaRiego3

‘Definimos las variables’

TipoRiego = TipoRiego3

ZonaRiego ()

‘Llamada a subrutinas’

TipoRiego()

Wend

‘ ----- HorarioRiego4 -----’

H4 = EstaDentroDeHorario (HorarioRiego4)

‘Comprobamos si estamos en el HorarioRiego4’



```
While H4 =Si then                                'Mientras que sea cierto que  
                                                'estamos en el HorarioRiego4  
GrupoBombeo = ON                                'Activamos el grupo de bombeo  
ZonaRiego = ZonaRiego4                          'Definimos las variables  
TipoRiego = TipoRiego4  
ZonaRiego ()                                      'Llamada a subrutinas  
TipoRiego()  
Wend  
Endsub                                           'Fin de la subrutina Riego ( )
```

6.5.1 Subrutina Zona_Riego ()

Esta subrutina es la que se encarga de la apertura/cierre de las diferentes electroválvulas situadas en los invernaderos para que se produzca o no el riego. El usuario debe introducir un valor entre 0 y 15 pues tenemos 16 posibles combinaciones de las zonas a regar, tal como se indica en la memoria descriptiva. Si se introduce un valor que no esté entre 0 y 15 no se producirá riego en ninguna de las zonas, al igual que si el valor indicado es cero. El código de esta subrutina es como sigue:

```
'----- Subrutina Zona_Riego ( ) -----  
Sub Zona_Riego( )  
If ZonaRiego = 0 or ZonaRiego>15 then  
    ElectInv1 = OFF  
    ElectInv2 = OFF  
    ElectInv3 = OFF  
    ElectInv4 = OFF  
Endif  
If ZonaRiego = 1 then  
    ElectInv1 = OFF  
    ElectInv2 = OFF  
    ElectInv3 = OFF  
    ElectInv4 = ON  
Endif
```



If ZonaRiego = 2 then

ElectInv1 = OFF

ElectInv2 = OFF

ElectInv3 = ON

ElectInv4 = OFF

Endif

If ZonaRiego = 3 then

ElectInv1 = OFF

ElectInv2 = OFF

ElectInv3 = ON

ElectInv4 = ON

Endif

If ZonaRiego = 4 then

ElectInv1 = OFF

ElectInv2 = ON

ElectInv3 = OFF

ElectInv4 = OFF

Endif

If ZonaRiego = 5 then

ElectInv1 = OFF

ElectInv2 = ON

ElectInv3 = OFF

ElectInv4 = ON

Endif

If ZonaRiego = 6 then

ElectInv1 = OFF

ElectInv2 = ON

ElectInv3 = ON

ElectInv4 = OFF

Endif

If ZonaRiego = 7 then

ElectInv1 = OFF



```
        ElectInv2 = ON
        ElectInv3 = ON
        ElectInv4 = ON
    Endif
    If ZonaRiego = 8 then
        ElectInv1 = ON
        ElectInv2 = OFF
        ElectInv3 = OFF
        ElectInv4 = OFF
    Endif
    If ZonaRiego = 9 then
        ElectInv1 = ON
        ElectInv2 = OFF
        ElectInv3 = OFF
        ElectInv4 = ON
    Endif
    If ZonaRiego = 10 then
        ElectInv1 = ON
        ElectInv2 = OFF
        ElectInv3 = ON
        ElectInv4 = OFF
    Endif
    If ZonaRiego = 11 then
        ElectInv1 = ON
        ElectInv2 = OFF
        ElectInv3 = ON
        ElectInv4 = ON
    Endif
    If ZonaRiego = 12 then
        ElectInv1 = ON
        ElectInv2 = ON
        ElectInv3 = OFF
```



```
        ElectInv4 = OFF
    Endif
    If ZonaRiego = 13 then
        ElectInv1 = ON
        ElectInv2 = ON
        ElectInv3 = OFF
        ElectInv4 = ON
    Endif
    If ZonaRiego = 14 then
        ElectInv1 = ON
        ElectInv2 = ON
        ElectInv3 = ON
        ElectInv4 = OFF
    Endif
    If ZonaRiego = 15 then
        ElectInv1 = ON
        ElectInv2 = ON
        ElectInv3 = ON
        ElectInv4 = ON
    Endif
```

Endsub

‘Fin de la subrutina Zona_Riego()

6.5.2 Subrutina Tipo_Riego ()

Esta subrutina es la que se encarga de la apertura/cierre de las diferentes electroválvulas situadas en los tanques de fertilizantes, de sus correspondientes bombas inyectoras y de los agitadores de los tanques de fertilizantes.

El usuario debe introducir un valor entre 0 y 7 pues el sistema ofrece ocho posibles combinaciones de los fertilizantes a emplear. Si se introduce un valor que no esté entre 1 y 7 o se introduce el valor 0, no se producirá apertura de ninguna electroválvula ni activación de los agitadores. Podríamos así realizar un riego sin añadir ningún fertilizante al agua de riego.



‘----- Subrutina Tipo_Riego () -----

‘En esta subrutina la variable denominada Fert activará los tres componentes de la
‘instalación a la vez, es decir, si, por ejemplo Fert1 =ON, se activa el agitador de
fertilizantes 1, se abre la electroválvula 1 y se enciende la bomba inyectora de
‘fertilizante 1

Sub Tipo_Riego()

If TipoRiego = 0 or TipoRiego>7 then

Fert1 = OFF

Fert2 = OFF

Fert3 = OFF

Endif

If TipoRiego = 1

Fert1 = OFF

Fert2 = OFF

Fert3 = ON

Endif

If TipoRiego = 2

Fert1 = OFF

Fert2 = ON

Fert3 = OFF

Endif

If TipoRiego = 3

Fert1 = OFF

Fert2 = ON

Fert3 = ON

Endif

If TipoRiego = 4

Fert1 = ON

Fert2 = OFF

Fert3 = OFF



Endif

If TipoRiego = 5

Fert1 = ON

Fert2 = OFF

Fert3 = ON

Endif

If TipoRiego = 6

Fert1 = ON

Fert2 = ON

Fert3 = OFF

Endif

If TipoRiego = 7

Fert1 = ON

Fert2 = ON

Fert3 = ON

Endif

Endsub

‘Fin de la subrutina TipoRiego()

6.6 Subrutina Claves ()

Esta subrutina permitirá cambiar la clave de acceso a la configuración del sistema. El código de esta subrutina sería el siguiente:

‘----- Subrutina del panel del operador para configurar la clave del sistema -----

Sub Configurar_Clave()

Clave_sistema = 0000

‘Clave original del sistema

Cls()

Print(0,0, "1 CAMBIAR CLAVE")

Print(1,0, "^ VOLVER")

Cls()

Tecla = Input()

If Tecla = Tecla1 then

Print(0,0,"Clave:")

‘Imprimimos en pantalla la palabra Clave

InicioEdicion(1,8,4)

‘Permitimos al usuario introducir cuatro dígitos



Editando = EnEdicion () *‘En la variable "Editando" tenemos un SI si sigue*
If Editando =NO then *‘la edición (es decir si aun no se ha pulsado la*
 ‘tecla intro después de introducir un valor), o sea
 ‘no ha finalizado la adquisición del dato.

If ValorEditado() = Clave_sistema then

 Cls()

 Print (0,0,"Nueva clave:")

 InicioEdicion(1,0,4) *‘Permitimos al usuario introducir 4 dígitos*

 Editando = EnEdicion ()

 If Editando =NO then

 Clave_sistema = ValorEditado()

Else

 Cls()

 Print (0,0,"Clave incorrecta")

 Pause (2000)

 Pantalla_Principal() *‘Llama a la subrutina Pantalla_Principal()*

Endif

If Tecla = Teclaarriba then

Pantalla_Principal() *‘Llama a la subrutina Pantalla_Principal()*

Endif

Endsub *‘Final de la subrutina Pantalla_Configuracion()*

6.7 Subrutina Datos ()

Esta subrutina nos permitirá ver los valores de las variables que estamos controlando en nuestro sistema. El código de la subrutina es el siguiente:

‘----- Subrutina para mostrar en pantalla los datos -----

Sub Datos ()

 Cls ()

 Print (0,0, "1-TEMP 2-HR")

 Print (1,0, "3-EXT 4-RIEGOS")

 UltimaTecla = Input ()



‘Si pulsamos la tecla 1 (1-TEMP) mostraremos los valores de las temperaturas interiores de todos los invernaderos
If UltimaTecla = Tecla1 then
Cls ()
UltimaTecla = Input ()
While UltimaTecla <> TeclaArriba *‘Hasta que no pulsemos TeclaArriba*
UltimaTecla = Input ()
Print (0,0, “INV 1:”, “TempInterior1”, “INV 2:”, “TempInterior2”) *‘Sacamos datos*
Print (1,0, “INV 3:”, “TempInterior3”, “INV 2:”, “TempInterior4”)
Wend *‘Cuando salimos del bucle While volvemos a la subrutina*
Datos () *‘Datos () donde podemos volver a consultar datos del sistema*
Endif

‘Si pulsamos la tecla 2 (2-HR) mostraremos los valores de las humedades relativas interiores de todos los invernaderos
If UltimaTecla = Tecla2 then
Cls ()
UltimaTecla = Input ()
While UltimaTecla <> TeclaArriba *‘Hasta que no pulsemos TeclaArriba*
UltimaTecla = Input ()
Print (0,0, “INV 1:”, “HR_Int_1”, “INV 2:”, “HR_Int_2”) *‘Sacamos datos en pantalla*
Print (1,0, “INV 3:”, “HR_Int_3”, “INV 2:”, “HR_Int_4”)
Wend *‘Cuando salimos del bucle While volvemos a la subrutina*
Datos () *‘Datos () donde podemos volver a consultar datos del sistema*
Endif

‘Si pulsamos la tecla 3 (3-EXT) mostraremos los valores de las humedades relativas interiores de todos los invernaderos
If UltimaTecla = Tecla3 then
Cls ()
UltimaTecla = Input ()
While UltimaTecla <> TeclaArriba *‘Hasta que no pulsemos TeclaArriba*
UltimaTecla = Input ()



```
Print (0,0, "Temp.Exterior:" , "TempExterior")      'Sacamos datos en pantalla
Print (1,0, "HR_Exterior:" , "HR_Ext")
Wend          'Cuando salimos del bucle While volvemos a la subrutina
Datos ( )     'Datos ( ) donde podemos volver a consultar datos del sistema
Endif
```

*'Si pulsamos la tecla 4 (4-RIEGOS) mostraremos los horarios de los riegos que
'están configurados*

If UltimaTecla = Tecla4 then

Cls ()

*'Antes de mostrar los horarios de los riegos en pantalla debemos cargar los valores de
'horas y minutos que definen los diferentes horarios*

'Carga de los datos del horario 1

H.Ini1 = InputHoraIni (HorarioRiego1) 'Hora de inicio del horario 1

H.Fin1 = InputHoraFin (HorarioRiego1) 'Hora de fin del horario 1

M.Ini1 = InputMinIni (HorarioRiego1) 'Minutos de inicio del horario 1

M.Fin1 = InputMinFin (HorarioRiego1) 'Minutos de fin del horario 1

'Carga de los datos del horario 2

H.Ini2 = InputHoraIni (HorarioRiego2) 'Hora de inicio del horario 2

H.Fin2 = InputHoraFin (HorarioRiego2) 'Hora de fin del horario 2

M.Ini2 = InputMinIni (HorarioRiego2) 'Minutos de inicio del horario 2

M.Fin2 = InputMinFin (HorarioRiego2) 'Minutos de fin del horario 2

'Carga de los datos del horario 3

H.Ini3 = InputHoraIni (HorarioRiego3) 'Hora de inicio del horario 3

H.Fin3 = InputHoraFin (HorarioRiego3) 'Hora de fin del horario 3

M.Ini3 = InputMinIni (HorarioRiego3) 'Minutos de inicio del horario 3

M.Fin3 = InputMinFin (HorarioRiego3) 'Minutos de fin del horario 3

'Carga de los datos del horario 4

H.Ini4 = InputHoraIni (HorarioRiego4) 'Hora de inicio del horario 4

H.Fin4 = InputHoraFin (HorarioRiego4) 'Hora de fin del horario 4

M.Ini4 = InputMinIni (HorarioRiego4) 'Minutos de inicio del horario 4



M.Fin4 = InputMinFin (HorarioRiego4) *'Minutos de fin del horario 4*

*'Ya tenemos los datos de los horarios cargados, ahora tendremos en pantalla los
'diferentes horarios y los iremos viendo usando la tecla TeclaAbajo*

'Mostramos en pantalla el primer horario

Print (0,0, "Inicio Riego 1:", "H.Ini1", ":", "M.Ini1") *'Formato Hora : Minutos*

Print (1,0, "Fin Riego 1", "H.Fin1", ":", "M.Fin1")

UltimaTecla = Input ()

While UltimaTecla < > TeclaAbajo *'Hasta que no pulsemos TeclaAbajo*

Wend

Endif

'Mostramos en pantalla el segundo horario

Cls ()

Print (0,0, "Inicio Riego 2:", "H.Ini2", ":", "M.Ini2")

Print (1,0, "Fin Riego 2", "H.Fin2", ":", "M.Fin2")

UltimaTecla = Input ()

While UltimaTecla < > TeclaAbajo

Wend

Endif

'Mostramos en pantalla el tercer horario

Cls ()

Print (0,0, "Inicio Riego 3:", "H.Ini3", ":", "M.Ini3")

Print (1,0, "Fin Riego 3", "H.Fin3", ":", "M.Fin3")

UltimaTecla = Input ()

While UltimaTecla < > TeclaAbajo

Wend

Endif

'Mostramos en pantalla el cuarto horario

Cls ()

Print (0,0, "Inicio Riego 4:", "H.Ini4", ":", "M.Ini4")

Print (1,0, "Fin Riego 4", "H.Fin3", ":", "M.Fin4")



UltimaTecla = Input ()

While UltimaTecla < > TeclaAbajo

Wend

Datos () *‘Ya hemos visto todos los horarios y volvemos a datos*

Endif

If UltimaTecla = TeclaArriba then

Pantalla_Principal ()

Endif

Endsub *‘Fin de la subrutina de visualización de datos por display*