

INVERNADERO DE GESTION AUTOMATIZADA Memoria Descriptiva



Fernando Prado López

E.U.P Sevilla



MEMORIA DESCRIPTIVA

1. Objeto del proyecto
2. Antecedentes
3. Alcance
 - 3.1 Sobre el diseño de las instalaciones del invernadero
 - 3.2 Sobre el diseño del sistema de automatización
 - 3.3 Aclaración
4. Introducción al cultivo en invernadero
 - 4.1 Definición de invernadero. Principio de funcionamiento.
 - 4.2 Importancia del cultivo en invernadero
 - 4.3 Parámetros influyentes en la producción en invernaderos
 - 4.3.1 La temperatura
 - 4.3.2 Humedad relativa.
 - 4.3.3 Iluminación
 - 4.3.4 Concentración de dióxido de carbono
 - 4.4 Control de los parámetros influyentes en la producción
 - 4.4.1 Control de la temperatura
 - 4.4.1.1 Forma de incrementar la temperatura:
Sistema de calefacción
 - 4.4.1.2 Forma de conservar la temperatura: Técnicas de protección
 - 4.4.1.3 Forma de disminuir la temperatura:
Acondicionamiento a altas temperaturas
 - 4.4.2 Control de la humedad relativa
 - 4.4.2.1 Corrección del defecto de humedad en el ambiente del invernadero
 - 4.4.2.2 Corrección del exceso de humedad en el ambiente del invernadero
 - 4.4.3 Control de la iluminación
 - 4.4.3.1 Forma de aumentar la luz en el invernadero
 - 4.4.3.2 Forma de disminuir la luz en el invernadero



4.4.4 Control de la concentración de dióxido de carbono

4.4.4.1 Forma de reducir la concentración de dióxido de carbono

4.4.4.2 Forma de aumentar la concentración de dióxido de carbono

5. Bases del proyecto

5.1 Situación y vía de acceso a la finca donde se ubican los invernaderos

5.2 Invernaderos

5.2.1 Estructura y dimensiones

5.2.2 Equipamiento de los invernaderos

5.3 Suministro eléctrico

5.4 Abastecimiento de agua

5.5 Caseta de riego

6. Estudio hidráulico

6.1 Elección del gotero

6.2 Distribución de la red de riego

6.3 Tuberías laterales

6.4 Tuberías secundarias

6.5 Tubería primaria

7. Cabezal de riego

7.1 Sistema de filtrado

7.1.1 Filtros de arena

7.1.2 Filtros de malla

7.2 Equipo de fertirrigación

7.2.1 Depósitos de fertilizantes

7.2.2 Agitadores de fertilizantes

7.2.3 Válvulas de inyección de fertilizantes

7.2.4 Bombas inyectoras de fertilizantes

7.2.5 Filtros para fertilizantes

7.3 Grupo de bombeo

7.3.1 Selección de bombas

7.3.2 Conjunto de aspiración



7.3.3 Conjunto de impulsión

7.3.4 Salida del cabezal

8. Sistema de control

8.1 Elementos actuadores

8.1.1 Extractores de aire

8.1.2 Calefactores de aire

8.1.3 Valvulas de control de zona de riego

8.2 Elementos de regulación y control

8.2.1 Regulador RC8-620-EB

8.2.2 Terminal visualizadora y de introducción de datos

8.2.3 Terminales de entrada / salida. Terminal RC8-TIR

8.2.4 Módulos de conexión al terminal RC8-TIR

8.2.4.1 Módulo RC8-M-EA

8.2.4.2 Módulo RC8-M-EL

8.2.4.3 Módulo RC8-M-CO

8.2.4.4 Módulo RC8-M-SL 8A

8.2.4.5 Módulo RC8-M-SL TR

8.2.4.6 Módulo RC8-M-SL TY

8.2.4.7 Módulo RC8-M-SAA 0-10

8.2.4.8 Módulo RC8-M-SA 0-10

8.3 Elementos sensores y captadores

8.3.1 Sonda de humedad

8.3.2 Sonda de temperatura interior

8.3.3 Sonda de temperatura exterior

8.3.4 Sonda de viento

8.3.5 Sonda de lluvia

9. Instalación eléctrica

9.1 Previsión de cargas

9.2 Línea repartidora



- 9.3 Cableado de la instalación
 - 9.3.1 Cuadro general
 - 9.3.2 Cuadros secundarios
 - 9.4 Instalación de puesta a tierra.
 - 9.4.1 Toma de tierra
 - 9.4.2 Línea principal de tierra
 - 9.4.3 Derivaciones de la línea principal de tierra
 - 9.4.4 Elementos a conectar a tierra
 - 9.4.5 Separación de tierras
 - 9.5 Protecciones de los circuitos
 - 10. Configuración del sistema
 - 10.1. Pantallas del sistema
 - 10.2. Menús del sistema
 - 10.2.1 Pantalla principal
 - 10.2.2 Submenú modo
 - 10.2.2.1 Modo automático
 - 10.2.2.2 Modo manual
 - 10.3 Programación
 - 11. Resumen del Presupuesto
- Lugar, Fecha y Firma



1. Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es el diseño de un sistema de gestión automatizada, para control de riego y clima en cuatro invernaderos, dedicados al estudio experimental

2. Antecedentes

Tras contactar con D. José Manuel Elena Ortega, profesor del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla, el alumno Fernando Prado López pone en su conocimiento la intención de realizar bajo su tutela su Proyecto Fin de Carrera. Se acuerda por ambas partes la realización de un proyecto que bajo el título de “Diseño de un invernadero de gestión automatizada” abarcará los siguientes aspectos:

- Diseño completo del sistema de automatización de los invernaderos
- Diseño de las instalaciones necesarias para el funcionamiento del invernadero.

3. Alcance

Podemos dividir este proyecto en dos partes bien diferenciadas. Una de ellas tratará sobre el cálculo y diseño de las instalaciones de los invernaderos para su correcto funcionamiento, y que definirán las bases para la segunda parte del proyecto. En esta segunda parte se tratará el diseño del sistema de control y automatización de los mismos.

3.1 Sobre el diseño de las instalaciones del invernadero

Todo proyecto de automatización de un sistema debe partir de un análisis del sistema que se pretende automatizar. En este caso, el proyecto abarca también el diseño y/o elección de las instalaciones, algunas de las cuales posteriormente serán automatizadas. Al tratarse de invernaderos con un objetivo experimental, se tratará de realizar un sistema lo más versátil posible, de modo que se permitan realizar la mayor cantidad de acciones posibles en los mismos.

Las instalaciones citadas son:

- Sistema de riego
- Sistema de calefacción
- Sistema de sombreado
- Sistema de ventilación



3.2 Sobre el diseño del sistema de automatización

Se trata de realizar la automatización y control del invernadero. Con ésta se pretende hacer funcionar el sistema de forma autónoma bajo las condiciones que determine el usuario mediante la programación, así como la supervisión de los parámetros más importantes del mismo.

El diseño del sistema de automatización deberá incluir:

- El diseño funcional del sistema y su teoría de funcionamiento partiendo del propio invernadero y sus instalaciones para la determinación de las variables y parámetros a controlar.
- Elección de los elementos necesarios para implementar dicha automatización (controlador programable, electroválvulas,...)

3.3 Aclaración

Debido a que gran parte del argumento principal en que se basa este proyecto, los invernaderos, no es propio de la técnica particular de la titulación y, por lo tanto, no tiene por qué entrar dentro del campo de conocimientos del público a quien va dirigido, el autor ve adecuada la inclusión de un capítulo, Capítulo 4, donde se realice una introducción al tema citado en los aspectos principales en los que afecta a este proyecto. Así mismo procurará que el nivel de detalle de aquellos capítulos en los que se trate con especial rigor el tema en cuestión esté a la altura de las circunstancias.

4. Introducción al cultivo en invernadero

4.1 Definición de invernadero. Principio de funcionamiento.

Un invernadero es una construcción que permite la delimitación de un compartimento de cultivo, en el cual el clima difiere del existente al aire libre, por las modificaciones que provoca el material de cerramiento en los intercambios entre el suelo, el sustrato y la masa vegetal con el entorno (*Villele, 1983*).

La nueva norma UNE-EN-13031-1: Invernaderos: Proyecto y construcción, define el invernadero como una estructura usada para el cultivo y/o protección de plantas y cosechas, la cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas



para mejorar el entorno del cultivo y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de las personas en su interior.

Por tanto, vemos que en el interior del invernadero, los factores radiación, temperatura y composición de la atmósfera son modificados generando un microclima distinto al local. Estas modificaciones dependerán esencialmente de la naturaleza y propiedades del material de cerramiento, de las condiciones de renovación de aire, de la forma, dimensiones y orientación del invernadero, de la cubierta vegetal presente y de las posibilidades de evaporación del suelo y de la cubierta (Berninger, 1989).

El efecto invernadero es el resultado de dos fenómenos distintos:

1. Un efecto de abrigo o confinamiento (efecto convectivo), derivado de la reducción de los intercambios de aire con la atmósfera exterior, y que es perceptible aún en invernaderos muy permeables al aire.
2. Un “efecto invernadero” debido a la existencia de la cubierta, que es una pantalla poco transparente a los rayos infrarrojos largos que emiten el suelo, la vegetación y todos los elementos interiores expuestos a los rayos solares (visibles e infrarrojos cortos), a los cuales esta pantalla es muy transparente. Este segundo efecto se designa, a veces, como “efecto radiativo” o “trampa de calor”.

En el pasado, el “efecto invernadero radiativo” era considerado el responsable del microclima del invernadero, pero hoy día ha quedado clara la importancia del efecto convectivo, debido al confinamiento del aire, por lo que el uso de la expresión “efecto invernadero” debe referirse a ambos procesos, radiativo y convectivo (Papadakis, 2000).

Las ventajas del empleo de invernaderos son:

- Precocidad en los frutos
- Aumento de la calidad y del rendimiento
- Permite la producción fuera de temporada
- Ahorro de agua y fertilizantes
- Mejora del control de insectos y enfermedades
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año

Por otra parte, los principales inconvenientes son los siguientes:

- Alta inversión inicial



- Alto costo de operación
- Requiere de personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

4.2 Importancia del cultivo en invernadero

El empleo de cortavientos ha sido, desde tiempos remotos, el primer tipo de protección empleada en agricultura y, aunque no hay cifras precisas sobre su empleo, es técnica usual en todo el mundo.

La aparición de los materiales plásticos ha permitido la generalización del empleo del acolchado en algunos países mediterráneos y, especialmente, en el oriente de Asia (China, Japón y Corea) en cultivos extensivos.

Los pequeños túneles permiten una protección temporal al cultivo y se han desarrollado principalmente en el área mediterránea y en el oriente de Asia.

Las cubiertas planas o flotantes, al no disponer de estructuras, son una técnica de semiprotección simple, económica y efectiva. Su importancia es escasa, limitada a cultivos de porte bajo pero en aumento.

Los túneles altos, que engloban aquellos en los que las faenas de cultivo se efectúan desde su interior, son incluidas en el apartado de invernaderos, pues realmente son una variante simplificada de los mismos.

El área mediterránea (que incluye todos los países ribereños y Portugal) en 1987 lideraba la superficie mundial de invernaderos con 65.000 ha y alcanzó las 200.000 ha en el 2006, mayoritariamente cubiertos de plástico. Los invernaderos de plástico llegan a suponer en países como España el 99% de la superficie total, estimada en 53.843 ha en el año 2005, que duplica la existente diez años antes.

En Japón, que fue el país líder en invernaderos en el pasado, los invernaderos de vidrio representan sólo el 5% del total. De modo similar, en China la cubierta de plástico es absolutamente mayoritaria, con un espectacular crecimiento, pues siendo prácticamente inexistentes los invernaderos en 1980, la superficie en 2004 superaba 1.496.000 ha, siendo la superficie cubierta de vidrio mínima.

Los invernaderos de vidrio tan sólo son mayoritarios en algunas áreas de América del Norte y en países del Norte de Europa, donde suponen del 90% de la superficie en



Alemania al 98% en Holanda, totalizando algo menos de 25000 ha en toda la Unión Europea.

4.3 Parámetros influyentes en la producción en invernaderos

El desarrollo de los cultivos en invernadero, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado principalmente por cuatro factores ambientales o climáticos: temperatura, humedad relativa, luz y concentración de dióxido de carbono (CO₂). Para que las plantas puedan realizar sus funciones vitales es necesaria la conjunción de estos factores dentro de unos límites mínimos y máximos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte.

4.3.1 La temperatura

La temperatura es un parámetro termodinámico del estado de un sistema que caracteriza el calor, o transferencia de energía pues depende del movimiento (energía de movimiento) de las moléculas. Concretamente, dado un sistema en él se pueda expresar como suma de energías cinéticas de todas las partículas, y suma de energías potenciales de partículas tomadas por pares.

Multitud de propiedades fisicoquímicas de los materiales o las sustancias varían en función de la temperatura a la que se encuentren, como por ejemplo su estado, la densidad, la solubilidad, la presión de vapor o la conductividad eléctrica.

Fenómenos relacionados con la temperatura

De la temperatura dependen algunos fenómenos que tienen lugar en el invernadero, entre los que tenemos los siguientes:

- Transpiración. Si la temperatura dentro del invernadero es alta y no hay un aporte de humedad adecuado en el ambiente, las plantas pueden llegar a deshidratarse, sin recuperación posible, sobre todo en caso de vegetales jóvenes.
- Termoperiodicidad. Se define como el fenómeno por el cual el crecimiento óptimo de un cultivo se produce cuando la temperatura a la que está sometido durante la noche es inferior a la temperatura diurna. Es decir, que dentro de unos límites, el desarrollo de una planta es mayor si se le somete a ciertas fluctuaciones



térmicas entre el día y la noche, que si se mantiene a una temperatura constante. El óptimo de esa diferencia está entre 8-10°C, cuando las temperaturas son las normales para el desarrollo óptimo aunque, claro está, depende de la duración dl día, de la luminosidad y de la temperatura.

- Vernalización. Determinadas plantas, a consecuencia de una adaptación a lugares con inviernos fríos, han desarrollado sistemas que le permiten florecer una vez pasada las bajas temperaturas. Este fenómeno por el cual la inducción floral es consecuencia de bajas temperaturas se llama vernalización. En zonas templadas donde se cultiva este tipo de plantas, es importante controlar la temperatura, pues existe el riesgo de que en caso de sobrevenir un régimen inusual de bajas temperaturas, se produzca una floración prematura que deprecie la calidad del producto.
- Heladas. Cuando la temperatura del aire desciende de 0°C, se dice que ha habido una helada, tanto más intensa a medida que el descenso térmico ha sido mayor o se ha alargado su duración. Se llama punto de rocío la temperatura en la que el vapor de agua atmosférico se condensa. Si la humedad relativa del aire es alta y hay un descenso de temperatura, el punto de rocío será una temperatura relativamente alta, y en el instante en que se alcance este punto, se producirá la condensación de forma paulatina.

A partir del instante en que baje de 0°C la temperatura, se produce otro cambio de estado, y en este caso el rocío depositado sobre las hojas de las plantas pasa a formar cristales de hielo. Este fenómeno se conoce como escarcha o helada blanca.

Si, por el contrario, la humedad relativa del aire es baja, como el punto de rocío puede estar a un temperatura inferior a 0°C, un descenso de temperatura y un rebasamiento del punto de helada pueden no ir acompañados de la deposición de cristales de hielo y, sin embargo, producir graves daños sobre las plantas cultivadas. A este fenómeno se le conoce como helada negra, puesto que los vegetales afectados muestran un marchitamiento muy visible, con sus órganos ennegrecidos.



- Inversión térmica. La altitud es un factor que influye en la temperatura, de forma que al ir aumentando la primera, disminuye la segunda. Esto es debido a que con la altitud, la presión atmosférica disminuye y el aire, al expandirse, se enfría. La relación oscila entre $0,6^{\circ}\text{C}-1^{\circ}\text{C}$ de temperatura por cada 100 m de altitud.

El fenómeno de inversión térmica se produce durante una noche serena y despejada. El aire del fondo de los valles se enfría por radiación de la tierra. Si hay poco viento que mezcle el aire, la capa fría se queda estancada en el fondo del valle, ya que pesa más que el aire caliente.

4.3.2 Humedad relativa.

La humedad se define como la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire a cierta temperatura, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura.

Otra forma de definir la humedad relativa sería decir que es la proporción de vapor de agua real en el aire comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente. Indica que tan cerca está el aire de la saturación. Se mide en porcentaje entre 0 y 100, donde el 0% significa aire seco y 100% aire saturado.

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones: para el tomate, el pimiento y la berenjena la humedad relativa ideal estaría en un intervalo del 50-60%; al melón, entre el 60-70%; al calabacín, entre el 65-80% y al pepino entre el 70-90%.

La humedad relativa del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos. Cuando la humedad relativa es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse.



Fenómenos relacionados con la humedad relativa

Algunos fenómenos que tienen lugar en el invernadero relacionados con la humedad relativa son:

- Condensación del vapor de agua. La condensación del vapor de agua sobre las películas plásticas utilizadas en túneles e invernaderos, puede influir en la consecución de un mayor efecto invernadero, al actuar de obstáculo a la emisión de la radiación infrarroja emitida por el suelo durante la noche, mejorando así el efecto térmico de las coberturas. Sin embargo, si esta condensación se manifiesta en forma de goteo, puede ocasionar daños en la planta sobre las que se produce.
- Transpiración. Es el proceso por el cual la planta elimina en forma de vapor de agua una gran cantidad de agua absorbida por las raíces. Casi toda esta agua es transpirada por las plantas en una proporción que llega a sobrepasar el 99%.

Al aumentar la temperatura y, por lo tanto la transpiración, la planta necesita de mayor cantidad de calorías para evaporar mayor cantidad de agua, calor que toma del ambiente que la rodea, por lo que se enfrían los órganos o partes de la planta que están expuestos al calor atmosférico, ejerciendo una función termo reguladora.

Cuando la humedad es muy elevada y no permite una transpiración normal, si la absorción radicular del agua es muy intensa, algunas plantas eliminan parte del exceso de agua por los estomas, en forma líquida, mediante minúsculas gotitas.

- Evapotranspiración. La evapotranspiración es la cantidad de agua evaporada y transpirada por las plantas y el suelo en las condiciones reales del momento, referidas a la unidad de superficie y a un intervalo de tiempo determinado. Este fenómeno depende, por tanto, del cultivo y de las condiciones meteorológicas, así como del tipo de suelo.

4.3.3 Iluminación

La intensidad de la radiación solar, es sobre todo la característica que determina la luminosidad de un invernadero, y ésta a su vez, depende de las condiciones ambientales



(varía según la latitud y, por consiguiente, según la posición del sol durante el día), de las características de la construcción y sobre todo, del material de recubrimiento.

La radiación solar o luz natural procedente del sol está dividida en tres zonas según su longitud de onda:

- Las radiaciones ultravioletas son aquellas cuya longitud de onda está comprendida entre 0,3 y 0,4 micras. Influyen en el crecimiento normal de las plantas y son las causantes de que los plásticos de recubrimiento se deterioren.
- Las radiaciones visibles están comprendidas en la longitud de onda entre 0,4 y 0,76 micras. Influyen esencialmente en el crecimiento de la planta y de ella depende la floración y la germinación. Al paquete radioactivo que comprende las radiaciones visibles se le denomina PAR (Radiación Fotosintéticamente Activa), y es así, porque los pigmentos fotosintéticos de las plantas, llamados clorofila, absorben en esta banda de la radiación.
- Las radiaciones infrarrojas, con una longitud de onda corta comprendida entre 0,76 y 2,5 micras, son las responsables del calentamiento del suelo y de las plantas.

Las radiaciones infrarrojas de onda larga superior a 2,5 micras, son las emitidas por el suelo y la plantas durante la noche, como consecuencia de su calentamiento durante el día. Son aquéllas que deben retener en el invernadero los materiales plásticos que los cubren y no dejarlas escapar al exterior. Del comportamiento de los plásticos frente a la radiación depende la capacidad del invernadero para acumular calor.

Fenómenos relacionados con la luz

Como decíamos, de la luz dependen muchos de los procesos vitales y de desarrollo de las plantas, algunos de los cuales son:

- Fotosíntesis. Es el proceso por el cual las plantas sintetizan compuestos orgánicos esenciales para su crecimiento y desarrollo, a partir de sustancias inorgánicas en presencia de la luz solar. Desde el punto de vista químico, el paso más importante en la fotosíntesis, es la conversión del dióxido de carbono y del agua en hidratos



de carbono y oxígeno. Esta reacción no podría llevarse a cabo sin presencia de la luz.

- Fotoperiodicidad. Es un fenómeno fisiológico por el que la floración de muchas plantas se produce como respuesta a la duración y alternancia de los periodos de iluminación y oscuridad y, particularmente, a la duración del periodo oscuro. Existen plantas de día largo, de día corto y las plantas neutras o indiferentes a la duración de la luz solar.
- Fotomorfogénesis. Es la influencia de la composición espectral de la luz en el desarrollo de las plantas.
- Fototropismo. Es el fenómeno por el cual las plantas se dirigen hacia el lugar de donde procede la luz. Esto se debe a que la luz actúa sobre la formación o inhibición de auxinas vegetales, responsables del crecimiento y multiplicación celular. En la parte vegetal que está muy iluminada no se producen auxinas; en cambio, en las menos iluminadas, sí se producen. Por tanto, la parte de tallo expuesta a la luz crece menos que la situada en la sombra, razón por la cual los tallos se arquean y parecen buscar la luz.

4.3.4 Concentración de dióxido de carbono

El dióxido de carbono, también denominado óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO_2 .

El anhídrido carbónico es la sustancia que absorbe la planta del aire y que constituye la molécula básica para la elaboración de las distintas sustancias orgánicas de la planta.

El carbono y el oxígeno son elementos básicos en los vegetales; aproximadamente el 90% de la materia seca de las plantas está formada por estos dos elementos (50% de carbono y 40% de oxígeno). Estos dos elementos son sintetizados, y absorbidos por las plantas, a través de la función fotosintética.

El aire es la única fuente de dióxido de carbono para las plantas y su contenido no excede el 0,03 % (300 ppm). Este índice debe aumentarse a límites de 0,1-0,2%, cuando los demás factores de la producción vegetal sean óptimos, si se desea el aprovechamiento al



máximo de la actividad fotosintética de las plantas. Las concentraciones superiores al 0,3% resultan tóxicas para los cultivos. Obviamente, los niveles aconsejados de dióxido de carbono dependen de la especie o variedad cultivada, de la radiación solar, de la ventilación, de la temperatura y de la humedad.

Fenómenos relacionados con la concentración de dióxido de carbono

El principal fenómeno relacionado con la concentración de dióxido de carbono es la fotosíntesis, pues es la materia prima imprescindible de la función clorofílica de las plantas. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos, tanto en hortalizas como en flores.

El efecto que produce la fertilización con dióxido de carbono sobre los cultivos hortícolas, es el de aumento de la precocidad de aproximadamente un 20% y aumento de los rendimientos en un 25-30%, mejora la calidad del cultivo así como la de su cosecha. Además, se sabe que la velocidad de crecimiento de la planta decrece abruptamente cuando la concentración mínima de dióxido de carbono desciende por debajo de 300ppm y además la mayoría de los cultivos producen mucho más cuando la concentración de dióxido de carbono disponible excede de este nivel.

4.4 Control de los parámetros influyentes en la producción

4.4.1 Control de la temperatura

La temperatura es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas. Todas y cada una de las especies posee una temperatura óptima de crecimiento, que además, puede variar dependiendo de la fase de crecimiento.

Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada. Así mismo se deben aclarar los siguientes conceptos de temperaturas, que indican los valores objetivo a tener en cuenta para el buen funcionamiento del cultivo y sus limitaciones:



- Temperatura mínima letal. Aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta.
- Temperaturas máximas y mínimas biológicas. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente del cual, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc.
- Temperaturas nocturnas y diurnas. Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta.

4.4.1.1 Forma de incrementar la temperatura: Sistema de calefacción

En un invernadero sin ningún sistema de calefacción, existe la posibilidad de que la temperatura no alcance los objetivos de producción que se pretenden lograr en el cultivo. Por lo tanto, y de manera general, será necesario corregir la temperatura a fin de evitar la mínima letal, y aportar los medios técnicos necesarios para conseguir la temperatura óptima de cultivo.

La compensación de las pérdidas de calor en el invernadero se consigue mediante la instalación de un sistema de calefacción. Su utilización permite alcanzar el nivel térmico deseado en el interior de la instalación.

Esta aportación de calor artificial a la atmósfera del invernadero se puede realizar de diferentes formas. Los sistemas de calefacción se pueden dividir en:

- Sistemas de calefacción por aire caliente
- Sistemas de calefacción por agua caliente
- Sistemas de calefacción eléctricos

4.4.1.2 Forma de conservar la temperatura: Técnicas de protección

Existen una serie de medidas que permiten reducir las pérdidas de calor en un invernadero y, en consecuencia, disminuir costes en el sistema de calefacción.

Pueden citarse las siguientes medidas de aislamiento:

- Mejorar las condiciones de estanqueidad. Una falta de ajuste en la colocación del material de cobertura del invernadero, así como en el cierre de puertas y ventanas, puede dar lugar a una pérdida de temperatura por renovación del aire.



Presenta el inconveniente siguiente: si la estanqueidad es muy perfecta, puede dar lugar a un descenso del nivel de dióxido de carbono, produciendo un descenso en el rendimiento fotosintético. Puede crearse, además, una excesiva humedad dentro del invernadero, con la consiguiente incidencia de las enfermedades criptogámicas, problemas solucionables con un buen manejo de la ventilación.

- Empleo de pantallas térmicas en el interior del invernadero, que se despliegan durante la noche y que actúan como barreras de la emisión infrarroja de la longitud de onda larga emitida desde el suelo.
- Empleo de doble cubierta. Consiste en colocar por la parte interior del invernadero una lámina de plástico de poco grosor, paralela a la cubierta exterior. Entre estas dos cubiertas se forma una cámara de aire que impide que se escapen las radiaciones emitidas por el suelo y las plantas, y que conserva durante más tiempo el calor natural acumulado durante el día.

4.4.1.3 Forma de disminuir la temperatura: Acondicionamiento a altas temperaturas

Se utiliza el acondicionamiento térmico en las épocas de temperatura elevada, por dos razones básicas: para obtener beneficio del invernadero en un periodo de tiempo que ocupe todo el año, y porque las altas temperaturas hacen más difícil el desarrollo de las plantas. Para disminuir la temperatura del invernadero se pueden emplear los medios siguientes:

- Acción sobre la cubierta. Aquí tenemos los sistemas de sombreado, como el encalado y las mallas. El objetivo principal del sistema de sombreado es reducir la radiación solar que llega al invernadero y, con ello, provocar un descenso de la temperatura en el interior. Es el sistema más utilizado por ser muy fácil y sencillo de aplicar, aunque no permite una gran disminución de la temperatura.
- Refrigeración de la cubierta con agua. Algunos invernaderos tienen instalado un sistema de riego en su cubierta, de modo que es posible crear una película de agua que fluye sobre las paredes. El efecto es positivo en cuanto al control de las temperaturas máximas, y mínimo en cuanto a la limitación de la luminosidad. Este sistema presenta el inconveniente de necesitar una gran cantidad de agua.



Aunque la instalación tenga prevista la recuperación del líquido, siempre hay un gasto excesivo, ya que gran parte se pierde por evaporación.

- Ventilación. Es importante la renovación del aire dentro de un invernadero, ya que actúa sobre el clima del cultivo creado en el interior. No sólo cambia la temperatura del aire, sino que también afecta a la humedad, al oxígeno y a la concentración de dióxido de carbono. La ventilación puede ser natural o mecánica.
- Refrigeración por evaporación del agua. El principio de este tipo de refrigeración es que el agua al pasar, del estado líquido a vapor, absorbe calor del aire del invernadero, con lo que baja la temperatura. Dentro de este tipo de refrigeración tenemos los denominados Cooling System y Mist System.

4.4.2 Control de la humedad relativa

La humedad del ambiente de un invernadero depende fundamentalmente del agua que tenga el suelo y de la humedad del ambiente exterior; lógicamente también depende de la temperatura.

La evaporación del agua del suelo, junto con la transpiración de las plantas, es el origen de la humedad en el ambiente del invernadero cuando la humedad atmosférica en el exterior es baja.

4.4.2.1 Corrección del defecto de humedad en el ambiente del invernadero

Para corregir los defectos de humedad en el ambiente del invernadero, se pueden emplear los siguientes medios:

- Mantener la humedad en el suelo mediante:
 - Riegos: riegos adaptados al cultivo, teniendo en cuenta el no perjudicarlo en exceso.
 - Balsetas de agua: pequeños depósitos de agua distribuidos en el suelo del invernadero.
- Enriquecer de agua el suelo por:



- Riego por aspersión para cultivos que precisan una humedad alta. Se aplicará en las horas del día en que el invernadero presente más bajo nivel de humedad.
- Cooling system
- Mist System
- Disminuir la temperatura mediante:
 - Ventilación.
 - Remoción del aire.
 - Disminución de la luminosidad.

4.4.2.2 Corrección del exceso de humedad en el ambiente del invernadero

Los excesos de humedad son difíciles de corregir, principalmente cuando se debe a una humedad alta en el ambiente exterior, como suele ocurrir cuando hay niebla y rocío nocturno.

Los medios para disminuir el exceso de humedad son los siguientes:

- Forzando la entrada de aire seco del exterior. La ventilación cenital en invernaderos con anchura superior a cuarenta metros es muy recomendable, tanto para el control de la humedad relativa como de la temperatura.
- Evitando el exceso de humedad en el suelo con riegos, llenando canalillas o balsetas y acolchados
- Aumentando la temperatura mediante calefacción.

4.4.3 Control de la iluminación

La iluminación en un invernadero es también, como hemos visto, un factor fundamental. De una buena iluminación dependen que el invernadero sea capaz de acumular el calor necesario, así como las funciones vitales de las plantas que necesitan de la luz para poder ser realizadas, de ahí la importancia de realizar un control sobre este parámetro. No obstante, no todas las plantas muestran las mismas exigencias en iluminación para conseguir en iluminación para conseguir la mayor eficiencia fotosintética. En muchos casos, un exceso de luminosidad puede acarrear una serie de efectos negativos como, por ejemplo, una disminución de la actividad fotosintética.



4.4.3.1 Forma de aumentar la luz en el invernadero

Para corregir los defectos de luz en el ambiente del invernadero, se pueden emplear los siguientes medios:

- Orientar el invernadero de forma adecuada. Cuando no haya otra limitación, la orientación recomendable es el eje longitudinal del invernadero de este a oeste.
- Usar materiales que reduzcan al mínimo las sombras interiores
- Evitar la acumulación de polvo y agua en las paredes del invernadero, así como en la cubierta del mismo. Asimismo, usar materiales de cubierta con buena transparencia.
- Aumento del ángulo de incidencia de la radiación solar sobre las cubiertas
- Usar acolchados del suelo con plástico blanco
- Usar iluminación artificial. Es muy difícil suplir realmente las necesidades de luz durante todo el ciclo de cultivo de una planta. Además de ser complicado, no es rentable en la mayoría de los casos, ya que no sólo es alto el coste de la instalación, sino también la energía eléctrica precisa para su mantenimiento.

Por ello, la iluminación artificial se utiliza en momentos muy determinados del ciclo productivo de la planta, por ejemplo, para inducir o inhibir algunos fenómenos como la floración, la pigmentación de las hojas y las flores o el alargamiento del tallo.

4.4.3.2 Forma de disminuir la luz en el invernadero

Para corregir los excesos de luz en el ambiente del invernadero, se pueden emplear los siguientes medios:

- Empleo de pantallas de sombreo
- Blanqueo de las cubiertas
- Usar acolchados de plástico negro



4.4.4 Control de la concentración de dióxido de carbono

Ya se ha comentado la importancia de la concentración de dióxido de carbono en los cultivos en invernadero. A continuación se van a describir los métodos para controlar este parámetro.

4.4.4.1 Forma de reducir la concentración de dióxido de carbono

El exceso de dióxido de carbono en la atmósfera del invernadero será tratado mediante los sistemas de ventilación de mismo, encargados de remover el aire provocando, entre otras cosas, la dispersión del gas y del aire caliente.

En los invernaderos, además de ventilación cenital, se pueden tener ventanas laterales que junto con los sistemas de ventilación forzada se utilizarán para reducir la concentración de este gas.

4.4.4.2 Forma de aumentar la concentración de dióxido de carbono

El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con dióxido de carbono, puede ser muy interesante en muchos cultivos. A continuación se describen los sistemas de aportación de dióxido de carbono más conocidos:

- Sistema por combustión. Uno de los más conocidos es el sistema por combustión, de distintas sustancias, como alcohol, parafina, propano, petróleo, etc. En este caso la formulación de dióxido de carbono va acompañada del desprendimiento de calor, con lo que se puede, además, elevar la temperatura del invernadero. El mayor inconveniente de este sistema, es la emanación, junto al dióxido de carbono, de sustancias sulfurosas, que pueden ser fitotóxicas para las plantas.
- Sistema de tuberías. Consiste en la aportación directa de gas puro procedente de bombonas de dióxido de carbono, haciendo expandir el anhídrido carbónico líquido y regulando el caudal, a través de una válvula y el correspondiente medidor gaseoso. La distribución puede realizarse a través de tuberías de plástico perforadas. Este sistema presenta el coste más bajo de utilización y, por ello, es el más utilizado.



- Aportación directa de dióxido de carbono. Consiste en aportar dióxido de carbono a través de nieve carbónica cuyos bloques, se distribuyen a lo largo del invernadero, y poco a poco se va sublimando y, por tanto, aportando dióxido de carbono al invernadero.

5. Bases del proyecto

5.1 Situación y vía de acceso a la finca donde se ubican los invernaderos

Los invernaderos a los que nos referimos se encuentran ubicados en el término municipal de Lebrija, cuyas coordenadas geográficas son 36° 55' N, 6° 04' O, situado a una altitud de 36 metros y a 78 kilómetros de la capital de provincia, Sevilla.

El acceso a la finca se realiza por la carretera comarcal SE-6300 (A-8152).

5.2 Invernaderos

5.2.1 Estructura y dimensiones

La instalación a la que este proyecto se refiere se compone de cuatro invernaderos del tipo multicapilla, con techo curvo gótico. Este tipo de techo está diseñado para obtener mayor volumen interior, favoreciendo el control del clima interno. La forma gótica de la estructura y la inclinación de los arcos incrementa el aprovechamiento de radiación solar y a su vez disminuye el riesgo de goteo sobre el cultivo, debido al mejor desagüe de la condensación a los canalones.

Los invernaderos serán de estructura metálica, con cerramiento de la nave de policarbonato transparente. En la cubierta se dispondrán canalones, con desagüe conducido hasta el suelo mediante bajantes de PVC colocados al final de los mismos, de dimensiones adecuadas al caudal a desaguar.

Cada uno de los invernaderos estará formado por cuatro naves de 8 metros de anchura por 50 metros de longitud, resultando una superficie total bajo plástico por invernadero de 1.600m². La altura al canalón será de 4 metros y de 6,10 metros a la cumbre. Incluirán una puerta corredera doble de aproximadamente 4,00m x 2,50m provista de sistema de deslizamiento y empuñadura.



5.2.2 Equipamiento de los invernaderos

Los invernaderos dispondrán de una ventana cenital de $\frac{1}{2}$ arco continua a lo largo del techo, cuya apertura se realizará mediante un sistema de cremalleras y piñones accionado por motorreductores.

Estarán dotados también de pantallas de sombreo plegables en el interior, permitiendo un máximo de sombra del 100% de la superficie total del invernadero. La pantalla será aluminizada por las dos caras, sustentada por medio de líneas longitudinales de hilo de poliamida, tanto por arriba como por debajo de la malla, separadas cada 0,30m (abajo) y 0,60m (arriba). Esta pantalla se abrirá o cerrará de forma mecánica.

Además de esto estarán equipados con sistema de ventilación forzada, para la renovación del aire interior, mediante extractores de aire y de un sistema de calefacción, formado por calefactores de aire de tipo eléctrico.

5.3 Suministro eléctrico

El suministro eléctrico está asegurado por medio de un centro de transformación de 15.000/380-220V de la propiedad situado en el interior de la finca. La instalación transformadora fue debidamente sobredimensionada con el fin de satisfacer necesidades futuras con una potencia de 315 KVA.

La línea de alimentación desde el centro de transformación a nuestro cuadro será enterrada bajo tubo y conforme a lo indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT-2002).

5.4 Abastecimiento de agua

La finca cuenta con un embalse, que recoge aguas pluviales, de capacidad 50.000 m³ que aseguran suministro suficiente para el riego de forma localizada de las parcelas objeto del proyecto. La estanqueidad se logra en el fondo gracias a un impermeabilizado a base de arcillas y en las paredes mediante una membrana artificial. El recinto está resguardado con un cerramiento metálico.

El embalse se abastece de agua de lluvia que a través de una serie de desagües provenientes de varias direcciones que recogen el agua drenada de diferentes zonas de la



parcela. Otra fuente de abastecimiento es un pozo situado junto al embalse del cual se vierte agua al embalse en época de escasez. Se asegura un suministro continuo con el empleo de técnicas de Riego Localizado, no siendo así con el uso de técnicas de riego clásicas (riego a manta o por surcos).

5.5 Caseta de riego

La caseta de riego se encuentra a pie del embalse, a aproximadamente 3 metros del borde de éste. En su interior se albergará la instalación del cabezal de riego. El acceso a la caseta se realiza a través de un portón de 2.000x2.500 mm, tamaño más que suficiente para permitir la entrada de los elementos del cabezal.

6. Estudio hidráulico

6.1 Elección del gotero

Se emplearán goteros tipo botón de la casa Netafim pues su asequible precio y una baja sensibilidad frente a obturaciones lo hacen adecuado para la instalación que se proyecta. El gotero de botón desarrollado por Netafim se basa en el flujo turbulento que se produce a lo largo de un laberinto con amplios pasos de agua, asegurando fiabilidad, precisión y eficacia a la vez que gran uniformidad de caudal y difícil obturación. El coeficiente de variación en fabricación es el más bajo de la industria ($CV = 0,03$).

Las características del gotero a emplear son las que a continuación se exponen.

- Caudal nominal (C_n): 4 l/h.
- Presión nominal (P_n): 1 atm
- Coeficiente de variación del fabricante (CV): 3% máx. (Cat. A)

6.2 Distribución de la red de riego

La red de riego se puede dividir en tres tipos de tubería.

- La red principal o primaria que parte 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.

6.3 Tuberías laterales

Se emplearán tubos de polietileno de baja densidad (PEBD) de diámetro 10x12mm. Estos tubos deben cumplir la norma UNE-53367. Para empalmes y tomas de las tuberías terciarias se emplearán manguitos de unión y tomas injerto, respectivamente. La instalación de las tuberías laterales será superficial. Sobre estas tuberías irán colocados los goteros.

Estas tuberías partirán de las secundarias y tendrán una longitud de 15 metros. En cada invernadero tendremos 96 líneas laterales.

6.4 Tuberías secundarias

Se emplearán tubos de PVC de diámetro 54,4x63mm, de unión por encolado. Deberá cumplir la norma UNE-53112. Estas tuberías secundarias recorrerán cada invernadero alimentando a las laterales. La instalación será semienterrada, siendo superficial en el interior del invernadero y enterrada a la salida del mismo, hasta llegar a la arqueta donde se une con la primaria. Sobre estas tuberías secundarias se colocarán las electroválvulas que controlan el riego de cada invernadero.

La longitud de estas tuberías es de 68 metros.

6.5 Tubería primaria

Enlazan las tuberías secundarias, a través de una electroválvula, con el cabezal de riego. Se empleará tuberías de PVC de diámetro 117,6x125mm, de unión por encolado. Deberán cumplir la norma UNE-53112. La instalación será subterránea en su totalidad desde la salida de la caseta de riego. Tendrá dos tramos, el primero donde se unen las tuberías secundarias para los invernaderos 1 y 2, y el segundo hasta la unión con las secundarias de los invernaderos 3 y 4. La longitud total es de 90 metros.



7. Cabezal de riego

El cabezal de riego es el conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución. Los elementos de que consta y que en este apartado se describirán son los siguientes:

- El sistema de filtrado. Uno de los componentes principales del cabezal, y que 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.
- El equipo de fertirrigación. Añade fertilizantes, microelementos, fitosanitarios, etc. al agua de riego.
- Grupo de bombeo. Dotará al agua de la presión necesaria para alcanzar el punto más alejado de la red.
- Elementos sensores y captadores. Se ocuparán realizar el proceso de riego.

7.1 Sistema de filtrado

A continuación vemos los diferentes tipos de filtros que forman el sistema de filtrado

7.1.1 Filtros de arena

Consisten en tanques metálicos llenos de arena o grava tamizada de un determinado tamaño. Cuando el agua atraviesa el tanque, la arena realiza su filtrado. Se usan para retener grandes cantidades de lodo, arena fina y materia orgánica.

Dentro del cabezal vendrán situados a la entrada, a la salida del grupo de bombeo. Es importante señalar que estos filtros no sustituyen a los de malla, sino que los complementan. Los filtros de grava son muy efectivos para retener la materia orgánica, pues pueden filtrar a través de todo el espesor de arena acumulando grandes cantidades de algas antes de que sea necesaria su limpieza pues tienen una gran capacidad de acumulación de suciedad.

Se colocarán dos filtros de 36'' de la casa Regaber, colocados en paralelo. Cada filtro tendrá una capa de arena silíceo de diámetro efectivo menor de 1,041 mm, de un espesor de al menos de 50 cm.



7.1.2 Filtros de malla

Estos dispositivos suelen ser metálicos, de forma cilíndrica y llevan en su interior uno o dos cilindros perforados cubiertos por una malla. La malla puede ser de nylon o más corrientemente de acero inoxidable.

A diferencia de los filtros de grava que trabajan en profundidad, estos filtros lo hacen en superficie, por lo que pueden retener menor cantidad de contaminantes. Se sitúan a la salida de los filtros de arena.

Se usará un filtro de malla Arkal modelo AK B-4, distribuido por Regaber, que permite tener un caudal máximo de $80 \text{ m}^3/\text{h}$ con un área de filtración de 1630 cm^2 .

7.2 Equipo de fertirrigación

Describimos a continuación todos los elementos que forman parte del equipo de fertirrigación:

7.2.1 Depósitos de fertilizantes

Se emplearán tres depósitos horizontales de poliéster para almacenar los abonos líquidos para la fertirrigación de capacidad 5.000 litros cada uno.

7.2.2 Agitadores de fertilizantes

Se colocarán en la parte superior de los depósitos de fertilizantes, para permitir la homogeneización de los productos a aplicar durante la fertilización. Se emplearán agitadores fijos con soporte interno, con brida para aplicación sobre recipientes semicerrados. Con motor de 220/380 V y potencia nominal de 0,5 cV, el eje de longitud 1,5 metros será de acero inoxidable al igual que la hélice.

7.2.3 Válvulas de inyección de fertilizantes

A la salida de cada depósito se colocará una electroválvula apta para el empleo con productos químicos, sobre la que se actuará cada vez que se desee añadir fertilizante del depósito al que pertenezca. Se instalarán electroválvulas de $3/4''$ para productos



químicos, normalmente cerrada. El comando de la válvula se realizará eléctricamente a través del solenoide que incorpora.

7.2.4 Bombas inyectoras de fertilizantes

Para la aplicación de fertilizantes se emplearán bombas inyectoras con el fin de permitir un máximo grado de automatización. Se selecciona una bomba dosificadora de la casa “SODI” modelo PD64-50 capaz de entregar un caudal nominal de 50l/h.

7.2.5 Filtros para fertilizantes

A la salida de los dosificadores eléctricos se instalarán filtros de anillas para filtrar los productos de la fertilización. Se emplearán filtros de anillas de 3/4”, totalmente fabricados en plástico y resistentes a los productos químicos.

7.3 Grupo de bombeo

7.3.1 Selección de bombas

Se estima la demanda máxima de agua en $55,32\text{m}^3/\text{h}$ a una altura manométrica de 24,265 mca. Se opta por la instalación de un grupo de bombeo formado por dos bombas capaces de entregar cada una un caudal de aproximadamente $42\text{ m}^3/\text{h}$ a una altura manométrica 24,265 mca.

Seleccionamos la serie de bombas CR, del catálogo de bombas de la casa SACI, entre cuyas aplicaciones se nos indica el riego por goteo. Dentro de esta serie elegimos el modelo CR1500, capaz de entregar $45\text{ m}^3/\text{h}$ a una altura manométrica de 25,7 mca, con motor eléctrico acoplado de 2.850 rpm y potencia de 15 cV, alimentado a 400V.

Esta configuración aporta cierta flexibilidad a la instalación dada la posibilidad de utilizar una o dos de las bombas en función de la demanda de caudal. Por otro lado en caso de avería de una de las bombas, el problema que ocasionaría sería de menor envergadura que con el empleo de una sola.

7.3.2 Conjunto de aspiración

Las tomas de agua se realizan mediante válvulas de pie situadas en superficies flotantes que se encuentran en el embalse. Colocaremos dos tomas, una por cada bomba del grupo



de bombeo, para no perder la totalidad del servicio de ninguna de las bombas en caso de fallo. El agua se recogerá en un colector de tubería de hierro fundido de Ø150mm. Las válvulas de pie irán enlazadas con este colector a través de manguera flexible de PVC de Ø 150 mm. A la entrada de cada toma hacia el colector se colocará una válvula de compuerta de Ø 150 mm para el aislamiento de cada componente del conjunto de aspiración.

Finalmente el conjunto se completa con 1 metros de tubería de hierro fundido de Ø150 mm. y cono reductor de Ø 150/125 mm para cada una de las entradas a las bombas.

7.3.3 Conjunto de impulsión

El conjunto de impulsión consta de un colector que une el grupo de bombeo con el cabezal de filtrado, a través de una válvula de mariposa. A este colector confluye la salida de cada una de las bombas. Cada salida está compuesta por los siguientes elementos:

- Cono reductor Ø 125/100 mm
- Válvula mariposa Ø125mm - 10 atm
- Válvula de retención metálica de doble clapeta ø 125 mm
- Tramo de tubo acero ø 125mm
- Colector impulsión
- Válvula mariposa Ø150mm - 10 atm

7.3.4 Salida del cabezal

A la salida del cabezal de filtrado se dispondrá los siguientes elementos:

- Válvula mariposa Ø125mm - 10 atm
- Válvula de retención metálica de doble clapeta ø 125 mm

8. Sistema de control

El fin último del sistema diseñado es el control del clima y del fertirriego de los invernaderos. Como en todo sistema automatizado, se alcanza cierto nivel de complejidad por lo que entran en funcionamiento dentro de este sistema diferentes elementos de



manera que su interacción permite controlar el sistema manteniéndolo dentro del funcionamiento deseado.

Entre otras la automatización contempla la puesta en marcha y paro, en el momento preciso:

- Del grupo de bombeo
- De las electroválvulas de salida de los diferentes tanques de fertilizantes
- De los agitadores de fertilizantes
- De las bombas inyectoras de fertilizantes
- De los motores que controlan la apertura y/o cierre de la ventana cenital
- De los motores que controlan la pantalla de sombreo
- De los extractores de aire
- De los calefactores de aire

8.1 Elementos actuadores

Son aquellos elementos de la instalación que reciben la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas, extractores, etc...

8.1.1 Extractores de aire

Se colocarán diez extractores de aire por invernadero, modelo EM50, de la casa de la casa Ulma Agrícola. Las principales características de estos extractores 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



8.1.2 Calefactores de aire

Se colocarán cuatro calefactores de aire de la casa Ulma Agrícola, modelo WA-55, con una potencia calorífica de 55.000 kcal/h. Las principales 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 (m^3/h) = 3.500
- Motor de 1cV, monofásico, 230V / 50Hz
- Pres. Disp (Pa) = 90
- Peso: 117 Kg

8.1.3 Válvulas de control de zona de riego

Se usará una electroválvula, con alimentación del relé a 24Va.c., para presiones entre 1,5 y 14 bar, para caudales entre 0,06 y 46 m^3/h , con regulador de caudal, con cuerpo y tapa de nylon reforzado con fibra de vidrio, posibilidad de apertura manual actuando sobre el relé, con filtro autolimpiante, purgado externo

8.2 Elementos de regulación y control

8.2.1 Regulador RC8-620-EB

Es el principal elemento en el sistema de control de la instalación, pues es en él se aloja el programa de control creado para este proyecto. Se emplea el regulador RC8-620-EB de la casa Rotec Control. Este regulador es un equipo compacto y versátil, programable con EasyBasic, que permite controlar hasta 10 terminales RC8-TIR (lo que equivale a un total de 80 puntos E/S) a través de su propio bus RC7. Su reducido tamaño y su bajo coste lo



hacen ideal para instalaciones de control distribuido. Puede ser colocado en el mismo raíl DIN que las terminales TIR, su caja es totalmente metálica y de fácil instalación. Además, puede conectarse a un PC a través de sus líneas de bus (RC7 o RS232) y controlar el display RC7-VI-1.

La alimentación del equipo se realiza a través de las regletas señaladas con el signo 220V, donde se incluyen las dos fases y la toma a tierra. Debe conectar la tierra a una toma de tierra adecuada.

Las principales características de este equipo son:

- Una salida de 18Vdc, habitualmente utilizada para alimentar el display RC-VI
- Un conector para el bus RS232: para transferir el programa de regulación del PC al Regulador y/o realizar una monitorización mediante PC en distancias cortas (2 a 3 metros).
- Un conector para el bus RC7 para comunicación con las terminales RC8-TIR
- Un conector para el bus RC7 (BUS PC): a través de una TPC, para transferir programa al regulador y/o realizar una monitorización mediante PC en distancias largas (hasta 5 kilómetros utilizando el cable adecuado).
- Un reloj-calendario interno del que podemos leer y editar los datos según sea necesario.

Datos técnicos

Alimentación	220 V
Consumo	3 W
Rango de temperatura	-5 a 55°C
Montaje	Raíl DIN 49/01/CE
Grado protección	IP 20B
Capacidad programa	94Kb
Capacidad datos permanente	900 bytes
Velocidad de proceso	+500 inst/s
Regletas de conexión	Sección máx. 2,5mm



8.2.2 Terminal visualizadora y de introducción de datos

El interfase entre el usuario y la instalación automatizada estará soportado en gran medida por el panel de operador. A través de éste, el usuario podrá parametrizar los programas tanto de riego como de clima. Se empleará para ello la terminal visualizadora RC8-VI-EB de la casa Rotec Control.

Las principales características de esta terminal son:

- Display de 2 líneas y 16 caracteres, programable con EasyBasic.
- Teclado numérico de 16 teclas numéricas y 4 de control fabricado con cubierta de policarbonato con teclas resaltadas y protección para la pantalla de cristal líquido.
- Permite visualizar mensajes y variables, además de cambiar parámetros, datos y realizar acciones directas sobre la instalación.

En definitiva, es capaz de gestionar directamente los datos y parámetros de regulación: permite modificarlos desde pantalla y teclado (si la programación lo permite) y, posteriormente enviarlos al equipo de control al que se conecte.

Datos técnicos

Alimentación	15 a 24 VAC-DC
Consumo máximo	60mA
Rango de temperatura	-5 a 55°C
Montaje	Superficie mural o sobre raíl DIN
Grado de protección	IP 20B
Material de la caja	Plástico
Color de la caja	Blanco
Regletas de conexión	Sección máxima de 2,5mm ²

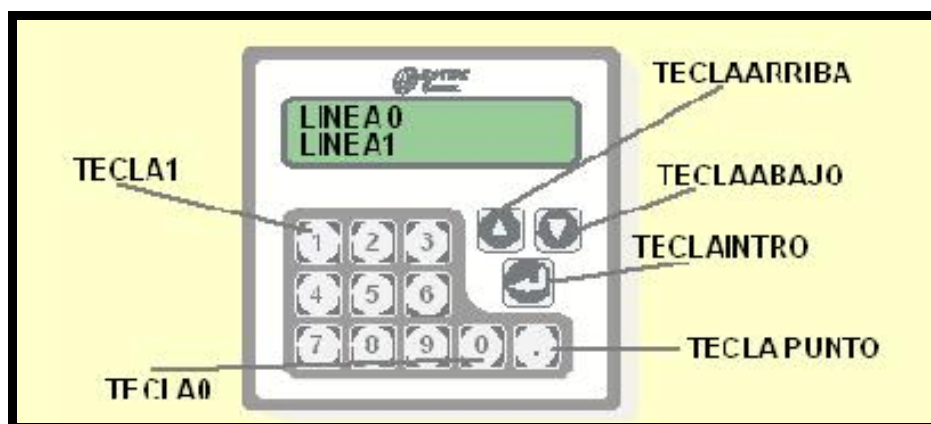


Figura: Terminal visualizadora RC8-VI-EB

8.2.3 Terminales de entrada / salida. Terminal RC8-TIR

Como terminales de campo para la adquisición de datos usaremos el terminal RC8-TIR de Rotec Control, que es un terminal modular de hasta ocho puntos de entrada y salida. Este terminal permite conectar hasta cuatro módulos de dos entradas/salidas de entre los ocho módulos existentes. Estos módulos se pueden extraer y cambiar con el terminal instalado sobre raíl DIN. Además, el terminal dispone de bus de comunicaciones RC7 con un equipo de control. Las regletas de conexión permiten una sección máxima de 2,5mm². Su caja es de ABS UL94-V0 con soporte rail DIN y la alimentación es de 220V AC y 3W.

8.2.4 Módulos de conexión al terminal RC8-TIR

Vemos ahora los diferentes módulos que podemos conectar al terminal RC8-TIR.

8.2.4.1 Módulo RC8-M-EA

Módulo de dos entradas independientes para la conexión de dispositivos que emitan una señal analógica de 0-10V, 4-20mA o una variación de resistencia de 1300 a 4500 Ohmios, para la detección de posiciones o valores.

Ejemplos de aplicación: conexión de una sonda de temperatura tipo KTY, sonda de nivel de fluidos o sonda de presión, etc.



8.2.4.2 Módulo RC8-M-EL

Módulo de dos entradas optoacopladas independientes para la conexión de dispositivos que emitan estados eléctricos de 12-24V, 110V y 220V DC o AC indistintamente con un mínimo de 10 mA. Dispone de un led indicativo que se enciende cuando la entrada está activa.

Puede configurarse a través del programa para funcionar como contador de pulsos de voltaje, incluyendo un filtraje para evitar las interferencias.

Ejemplo de aplicación: estado de funcionamiento de una máquina, motor, válvula, nivel máximo de líquidos, etc.

8.2.4.3 Módulo RC8-M-CO

Módulo de dos entradas independientes optoacopladas para la conexión de dispositivos que tengan contactos secos para contador de pulsos o entrada digital.

Estos se alimentan mediante la salida de 5V disponible sobre el módulo. La frecuencia máxima en modo contador es de 5 pulsos por segundo.

Ejemplo de aplicación: contador de agua, Luz, etc.

8.2.4.4 Módulo RC8-M-SL 8A

Módulo de dos salidas independientes a relé para la conexión de equipos eléctricos hasta 8A resistivos a 220V AC. Dispone de un contacto NA y un led indicativo que se enciende cuando la salida se activa. La salida del relé dispone de un varistor que protege contra transitorios de alto voltaje.

Ejemplo de aplicación: Marcha/Paro de un motor, cambio de estado de una válvula T/N, Paro/Marcha de un contactor, etc.

8.2.4.5 Módulo RC8-M-SL TR

Módulo de dos salidas independientes optoacopladas a transistor para la conexión de equipos eléctricos hasta 2A a 24V DC o AC indistintamente. Dispone de un fusible de protección de sobrecargas.

Ejemplo de aplicación: iluminación de bajo consumo, cerraduras de bajo voltaje, etc.



8.2.4.6 Módulo RC8-M-SL TY

Módulo de dos salidas independientes optoacopladas a triac para la conexión de dispositivos eléctricos hasta 4A a 220V DC o AC indistintamente. Dispone de un fusible de protección de sobrecargas.

Ejemplo de aplicación: iluminación, cerraduras eléctricas, control de riego, etc.

8.2.4.7 Módulo RC8-M-SAA 0-10

Módulo de dos salidas independientes analógicas aisladas para generar voltaje variable entre 0 y 10V con un máximo de 10mA de carga.

Ejemplo de aplicación: control de una válvula proporcional, control de variador de velocidad, etc.

8.2.4.8 Módulo RC8-M-SA 0-10

Módulo de dos salidas independientes ANALÓGICAS para generar voltaje variable entre 0 y 10V con un máximo de 20mA de carga.

Ejemplo de aplicación: control de una válvula proporcional, control de motores, etc.

8.3 Elementos sensores y captadores

Vemos a continuación los elementos que nos dan información del valor de las variables que queremos controlar en nuestro sistema.

8.3.1 Sonda de humedad interior

Para medir el valor de la humedad en el interior de los invernaderos, vamos a emplear sondas de humedad modelo RC-S-H de la casa Rotec Control.

Esta sonda de humedad consta de una caja de plástico de color blanco con ventilación ranurada, un circuito con los componentes necesarios para su funcionamiento y un conector tipo regleta de circuito impreso que permite la conexión del cable que la conecta con la terminal RC8-TIR para la lectura de la humedad ambiente. Incorpora un sensor humedad de Honeywell HIH-4000-002.



La conexión de la malla a tierra es para proteger la sonda contra las interferencias de radiofrecuencia y ruidos ambientales. Dicha malla en el extremo de la sonda no debe conectarse a tierra para evitar un bucle, sino en el lado de la terminal.

Requiere una alimentación externa de 12V con un consumo de 10mA. La sonda proporciona una salida de 1 a 8 V para un rango del 20% al 90% de humedad relativa.

Datos técnicos

Rango de lectura	20% HR hasta 90% HR
Tensión de salida	1 a 8 V
Alimentación	12 V
Consumo	10 mA
Montaje	Superficie o sobre caja universal
Tipo de caja	Plástico con ventilación ranurada
Entrada cables	Por la parte posterior
Color	Blanco RAL 9010

8.3.2 Sonda de temperatura interior

Para medir el valor de la temperatura en el interior de los invernaderos, vamos a emplear sondas de temperatura modelo RC-S-T de la casa Rotec Control.

Esta sonda de temperatura consta de una caja de plástico color blanco, un circuito con los componentes necesarios para su funcionamiento y un conector tipo regleta de circuito impreso que permite la conexión del cable que la conecta con la terminal RC8-TIR para la lectura de la temperatura ambiente. Incorpora un sensor de temperatura de Infineon KTY 11-6.

La conexión de la malla a tierra es para proteger la sonda contra las interferencias de radiofrecuencia y ruidos ambientales. Dicha malla en el extremo de la sonda no debe conectarse a tierra para evitar un bucle, sino en el lado de la terminal.

Datos técnicos

Rango de lectura	-50°C a 120°C
------------------	---------------



Montaje	Superficie o sobre caja universal
Tipo de caja	Plástico con ventilación ranurada
Entrada cables	Por la parte posterior
Color	Blanco RAL 9010

8.3.3 Sonda de temperatura exterior

Para medir el valor de la temperatura en el exterior de los invernaderos, vamos a emplear una sonda de humedad modelo RC-S-TE65 de la casa Rotec Control.

Esta sonda de humedad consta de una caja de plástico de color marrón oscuro, un circuito con los componentes necesarios para su funcionamiento y un conector tipo regleta de circuito impreso que permite la conexión del cable que la conecta con la terminal RC8-TIR para la lectura de la temperatura exterior. La entrada de cables se realiza por su parte posterior a través de un pasacables hermético de 8mm de diámetro.

La conexión de la malla a tierra es para proteger la sonda contra las interferencias de radiofrecuencia y ruidos ambientales. Dicha malla en el extremo de la sonda no debe conectarse a tierra para evitar un bucle, sino en el lado de la terminal.

Datos técnicos

Rango de lectura	-50 °C hasta 120°C
Montaje	Mural con entrada de cables por la parte inferior
Tipo de caja	ABS hermética
Entrada cables	Pasa cables inferior de 8mm de diámetro
Color	Marrón oscuro

8.3.4 Sonda de viento

Se empleará una sonda de viento de la casa Samcla. Esta nos permitirá detectar condiciones climatológicas no adecuadas para la apertura de la ventana cenital.

8.3.5 Sonda de lluvia

Se empleará una sonda de lluvia de la casa Samcla. Esta nos permitirá detectar condiciones climatológicas no adecuadas para la apertura de la ventana cenital.



9. Instalación eléctrica

9.1 Previsión de cargas

Resumimos a continuación las potencias requeridas en la instalación:

RECEPTOR	UDs	Punit (KW)	Cos ϕ	PT (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) 10 extractores de aire por invernadero (2) 4 calefactores de aire por invernadero

Teniendo en cuenta un coeficiente de simultaneidad de 0,7 resulta que la potencia aparente total demandada por la instalación será de 103,67 KVA con un factor de potencia de 0,83.

9.2 Línea repartidora

La línea de repartidora, que alimenta a la instalación, parte del cuadro de baja tensión situado en el centro de transformación y llega al armario de protección y control dentro de la caseta de riego.

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 con una sección de 70mm² y neutro de 35mm², enterrados en zanja en tubo de PVC de diámetro exterior 125mm.

Esta línea nos proporcionará una tensión de consumo en B.T. de 380V entre fases y 220V entre fase y neutro.



El tendido de la línea repartidora se realizará en el fondo de una zanja de acuerdo con lo indicado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Atendiendo a esta norma se abrirá una zanja de dimensiones mínimas de 0,75 m de profundidad y anchura de 0,6 m y en su interior se instalarán los cuatro conductores de la línea. Se colocará una cobertura de aviso y protección. La zanja se cubrirá con tierra de la excavación. El cable entrará en la caseta de riego por un hueco que se practicará tras el armario de protección y control.

9.3 Cableado de la instalación

Tras el estudio en la memoria de cálculo de las potencias solicitadas por los diferentes elementos de la instalación, se decidió realizar la instalación en varios circuitos que se detallan a continuación.

9.3.1 Cuadro general

En este cuadro, al que llega la línea repartidora, tendremos las líneas de los elementos situados en la caseta de riego, así como los principales elementos de control (regulador y display). De este cuadro también parten las líneas que alimentan a los cuadros secundarios ubicados en los invernaderos.

En él nos encontramos:

- Regulador RC8-620-EB
- Panel de operador
- Fuente de alimentación de 12V
- Terminales RC8-TIR
- Módulos de entradas analógicas RC8-M-EA
- Módulos de salidas lógicas RC8-M-SL
- Interruptores de protección

Tendremos las siguientes líneas:



Línea F.1: Grupo de bombeo

Se empleará para la alimentación de cada uno de los motores de las dos bombas impulsoras cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 3x16mm². El cable se tenderá desde el armario hasta la bancada de cada motor dispuesto bajo tubo de 63 mm de diámetro. El tubo se instalará bajo el suelo de la caseta de riego, y saldrá al exterior a través de un hueco practicado en el piso en las inmediaciones de cada motor.

Línea F.2: Agitadores de fertilizantes

Se empleará para la alimentación de cada uno de los motores de los tres agitadores cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 3x2,5mm². El cable se tenderá desde el armario hasta las inmediaciones de cada motor mediante montaje superficial en una canalización de tubo de 16 mm de diámetro.

Línea F.3: Inyectores de fertilizantes

Se empleará para la alimentación de cada uno de los motores de las bombas inyectoras de fertilizantes cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 3x2,5mm². El cable se tenderá desde el armario hasta la bancada de cada motor dispuesto bajo tubo de 32 mm de diámetro. El tubo se instalará bajo el suelo de la caseta de riego, y saldrá al exterior a través de un hueco practicado en el piso en las inmediaciones de cada motor.

Línea A.1: Alumbrado de la caseta de riego

Se empleará para la alimentación de las luminarias de la caseta de riego cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 2x1,5mm², en montaje superficial en una canalización de tubo de 12mm de diámetro. El circuito se accionará mediante un interruptor instalado junto al portón de acceso. Junto al interruptor de accionamiento del circuito de alumbrado se dispondrá una de las tomas de corriente.

Se colocará una caja de derivación estanca sobre el interruptor de encendido.



Línea F.4:Tomas de corriente

Se empleará para la alimentación de las tomas de corriente cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 2x2,5mm². El cable se tenderá desde el armario hasta las tomas mediante montaje superficial en una canalización de tubo de 12 mm de diámetro.

Líneas de alimentación a cuadros secundarios

Para las líneas de alimentación a los cuadros secundarios situados en los invernaderos se empleará cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 3x10mm². El cable se tenderá desde el armario hasta el cuadro eléctrico de cada invernadero dispuesto bajo tubo de 63mm de diámetro, y saldrá al exterior a través de un hueco practicado en piso en las inmediaciones de cada cuadro secundario.

9.3.2 Cuadros secundarios

Estos cuadros, ubicados en el interior de cada invernadero, alimentan a los elementos ubicados en los mismos.

En él nos encontramos:

- Fuente de alimentacion de 12V
- Terminales RC8-TIR
- Módulos de entradas analógicas RC8-M-EA
- Módulos de salidas lógicas RC8-M-SL
- Interruptores de protección

Las líneas que tenemos son:

Línea de alimentación de los extractores de aire

Se empleará para la alimentación de cada uno de los motores de los extractores de aire cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 3x4mm². El cable se tenderá desde el cuadro secundario hasta las inmediaciones de cada motor mediante montaje superficial en una canalización de tubo de 20 mm de diámetro.



Línea de alimentación de los calefactores de aire

Se empleará para la alimentación de cada uno de los motores de los extractores de aire cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 3x2,5mm². El cable se tenderá desde el cuadro secundario hasta las inmediaciones de cada motor mediante montaje superficial en una canalización de tubo de 16 mm de diámetro.

Línea de alimentación de los motores de apertura de la ventana cenital

Se empleará para la alimentación de cada uno de los motores de apertura de la ventana cenital cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 3x2,5mm². El cable se tenderá desde el cuadro secundario hasta las inmediaciones de cada motor mediante montaje superficial en una canalización de tubo de 16 mm de diámetro.

Línea de alimentación de los motores de apertura de la pantalla de sombreo

Se empleará para la alimentación de cada uno de los motores de apertura de la pantalla de sombreo cable manguera de cobre con aislamiento de 750 V (RV 450/750V) de sección 3x2,5mm². El cable se tenderá desde el cuadro secundario hasta las inmediaciones de cada motor mediante montaje superficial en una canalización de tubo de 16 mm de diámetro.

9.4 Instalación de puesta a tierra.

La puesta a tierra de la instalación atenderá a las exigencias en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tension. Se dispondrán un régimen de neutro TT que constará de las siguientes partes, que a continuación se describirán:

- Toma de tierra.
- Línea principal de tierra.
- Derivaciones de la línea principal de tierra.
- Elementos a conectar a tierra.



9.4. 1 Toma de tierra

La toma de tierra estará constituida por los elementos siguientes:

- Electrodo: compuesto por cuatro picas de tierra de acero cobrizado de 14mm de diámetro y 2m de largo dispuestas en los vértices de un rectángulo de 2,5 x 6m y enterradas a una profundidad de 0,8m junto a la caseta de riego.
- Línea de enlace con tierra: estará formada por un conductor desnudo de Cu de 50mm² de sección, que unirá el punto de puesta a tierra con el electrodo.
- Punto de puesta a tierra: El punto de puesta a tierra se dispondrá en el interior del armario de protección y control.

9.4.2 Línea principal de tierra

La línea principal de tierra estará constituida por la pletina de conexión a tierra dentro del armario de protección y mando y los bornes de la regleta de salida, dispuestos para la puesta a tierra de la instalación.

9.4.3 Derivaciones de la línea principal de tierra

Las derivaciones de la línea principal de tierra partirán desde el armario de protección y control hasta cada una de las masas de los elementos. Estos conductores se dispondrán en los tubos de alimentación a cada uno de los receptores.

9.4.4 Elementos a conectar a tierra

Se pondrán a tierra todos los elementos metálicos de la instalación: motores, armario de protección y control, etc....

9.4.5 Separación de tierras

La puesta a tierra de B.T. se encuentra separada una distancia no inferior a 35m de la puesta a tierra de protección y del neutro del centro de transformación no existe ninguna canalización metálica conductora que una lazo de tierra del C.T. con la de los elementos de B.T.

9.5 Protecciones de los circuitos



Todos los circuitos estarán protegidos de modo adecuado mediante el uso de interruptores magnetotérmicos y diferenciales. Para más detalles se puede ver los esquemas unifilares de los planos o el presupuesto.

10. Configuración del sistema

Toda la configuración del sistema se realizará a través del panel del operador RC8-VI-EB. Mediante la programación realizada para este proyecto, se permite acceder a los diferentes menús del sistema para realizar la configuración de los parámetros que queremos tener como consignas en nuestra instalación, así como establecer el tipo de funcionamiento o consultar los valores de las variables que estamos controlando.

10.1. Pantallas del sistema

Las diferentes pantallas mostradas en la terminal visualizadora se pueden clasificar atendiendo a la función que desempeñan. Nos vamos a encontrar con tres tipos:

Pantallas de menú: Se emplean para permitir la navegación por las diferentes pantallas, mostrando el nombre de las diferentes pantallas a las que podemos acceder desde la que nos encontramos, así como la tecla que nos conduce a ellas. Para la navegación a través de los diferentes menús se usará el teclado de la terminal visualizadora. Desde cualquier submenú, con la tecla denominada TECLAARRIBA, podremos retroceder al menú inmediatamente anterior, aunque no esté expresamente indicado en pantalla. Para acceder a cualquiera de los submenús indicados en pantalla, simplemente habrá que indicar el número del submenú y se accederá directamente a dicho submenú.

Tienen el siguiente aspecto:



Pantallas de configuración: permiten la introducción de datos en el sistema para su configuración. Para ello se introducirá el dato y posteriormente confirmaremos mediante la denominada TECLA INTRO. En estas pantallas se permite la configuración de los parámetros del sistema (temperatura, horarios de los riegos, etc ...)



Pantallas de información: muestran el estado de ciertos parámetros del sistema, como pueden ser la temperatura actual a la que se encuentra el invernadero o si se está regando, por ejemplo. Los valores mostrados son de sólo lectura y no podrán ser modificados por parte del usuario, sino que tendrá que acceder al menú correspondiente donde se permite la modificación de parámetros.



10.2. Menús del sistema

10.2.1 Pantalla principal

Desde la pantalla principal del sistema podremos acceder a tres menús:

1. **MODO:** Accediendo al menú MODO mediante la TECLA1 podremos elegir el modo en que queremos que el sistema funcione. En la pantalla se nos indica el modo en el que se encuentra el sistema y las opciones para establecer el modo automático o el modo manual. Cuando el sistema funciona en modo automático su comportamiento vendrá regido por los valores de las variables que previamente hemos configurado. En modo manual indicamos directamente la acción a realizar sobre el sistema.
2. **CLAVE:** Para poder realizar la configuración del sistema deberemos acceder a los submenús de configuración introduciendo una clave para que los valores de las variables sólo puedan ser modificados por aquellos que la conocen, Accediendo al submenú Clave podremos modificar dicha clave.
3. **DATOS:** Accediendo al submenú Datos podremos comprobar los valores de las variables más importantes del sistema.

10.2.2 Submenú modo

Desde este submenú, como se ha indicado con anterioridad, pondremos el sistema en modo automático o modo manual.



10.2.2.1 Modo automático

Entrando en modo automático el sistema ejecutará las siguientes subrutinas:

- Clima (): Comprueba el estado de las variables a controlar (temperatura y humedad relativa) y comparándolas con los valores consigna de las mismas ejecuta las acciones oportunas.
- Riego (): Comprueba si nos encontramos dentro de algún horario de riego, para realizar en su caso las acciones necesarias para llevar a cabo estos riegos.

En pantalla se mostrará un menú que nos permitirá acceder a la configuración de los valores consigna de temperatura y humedad relativa, o retroceder a la pantalla principal. Si accedemos al menú de configuración podremos configurar los parámetros que queremos establecer en cada uno de los invernaderos. Dentro de este menú de configuración podremos acceder independientemente a configurar el clima o los riegos.

✓ Configuración de clima

En este submenú primero elegiremos cuál es el invernadero del que queremos configurar el clima. El clima de los invernaderos se configurará introduciendo cinco valores correspondientes a los valores de temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura límite, humedad relativa mínima y humedad relativa máxima.

✓ Configuración de riegos

Para configurar los riegos se deben configurar tres parámetros:

1. Horario de riego: Se indicarán la hora de inicio y de fin del riego. El sistema permite configurar hasta cuatro riegos al día, aunque la programación permitiría realizar cuántos riegos quisiéramos. Cuando estemos dentro de un horario de riego se activará el grupo de bombeo. Mediante la programación nos aseguramos de que no se puedan configurar los horarios de modo que se solapen.
2. Zona de riego: El sistema está programado para poder realizar el riego en varias zonas a la vez. Para ello el sistema nos preguntará un valor para la variable *Zona de riego*. El valor de la zona de la zona de riego estará entre 0 y 15 contemplando



así las 16 opciones para la zona de riego que tenemos, como se puede observar en la siguiente tabla. El sistema en función de este valor abrirá o cerrará las electroválvulas situadas en cada uno de los invernaderos.

ZONA	INV 1	INV 2	INV 3	INV 4
0	OFF	OFF	OFF	OFF
1	OFF	OFF	OFF	ON
2	OFF	OFF	ON	OFF
3	OFF	OFF	ON	ON
4	OFF	ON	OFF	OFF
5	OFF	ON	OFF	ON
6	OFF	ON	ON	OFF
7	OFF	ON	ON	ON
8	ON	OFF	OFF	OFF
9	ON	OFF	OFF	ON
10	ON	OFF	ON	OFF
11	ON	OFF	ON	ON
12	ON	ON	OFF	OFF
13	ON	ON	OFF	ON
14	ON	ON	ON	OFF
15	ON	ON	ON	ON

3. Tipo de riego. El sistema permitirá añadir hasta tres fertilizantes al agua de riego. Para indicar qué fertilizantes se quieren añadir al agua de riego el sistema preguntará un valor para el *Tipo de Riego*. El valor del tipo de riego estará entre 0 y 7 contemplando así las 8 opciones para el tipo de riego que tenemos, como se puede observar en la siguiente tabla. El sistema en función de este valor activará o no los agitadores de fertilizantes, las bombas inyectoras de fertilizantes y las electroválvulas que permiten el paso de los fertilizantes al agua de riego. Esto nos



permite la posibilidad también de realizar riegos sin añadir fertilizantes, pues podemos configurar un riego en un horario cualquiera indicando el tipo de riego 0.

TIPO RIEGO	FERT 1	FERT 2	FERT 3
0	OFF	OFF	OFF
1	OFF	OFF	ON
2	OFF	ON	OFF
3	OFF	ON	ON
4	ON	OFF	OFF
5	ON	OFF	ON
6	ON	ON	OFF
7	ON	ON	ON

10.2.2.2 Modo manual

En este modo indicamos directamente la acción a realizar sobre los invernaderos. Para ello en pantalla se mostrará un menú que nos permitirá directamente realizar acciones sobre los elementos que controlan el clima (extractores, calefactores, etc...) o indicar que se produzca un riego indicando las características que queremos para el riego y llamando a la subrutina que ejecuta el riego.

10.3 Programación

La programación, como se ha indicado nos permite configurar el sistema de modo sencillo pero eficaz. El empleo de subrutinas hace que las acciones se ejecuten más rápidamente, a la vez que se gana en sencillez de comprensión del programa.

11. Resumen del Presupuesto

01 RED DE RIEGO	7.211,82 €
02 CABEZAL DE RIEGO	21.091,65 €



03 INVERNADEROS	139.623,20 €
04 INSTALACION ELECTRICA	18.274,65 €
05 PROGRAMACION	4.297,80 €

TOTAL PRESUPUESTO 190.499,12 €

Asciende el presupuesto general a la cantidad de CIENTO NOVENTA MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS Y DOCE CENTIMOS.

LUGAR, FECHA Y FIRMA

Sevilla, 2 de Septiembre de 2.008

Fdo. Fernando Prado López