

# ÍNDEX MEMÒRIA

Índex memòria .....	1
Resum.....	3
Resumen .....	3
Abstract .....	4
Agraïments .....	5
<b>Capítol 1: Introducció.....</b>	<b>7</b>
1.1. Motivacions .....	7
1.2. Objectiu de la automatització .....	7
1.3. Objectiu del SCADA.....	8
1.4. Objectiu del simulador de demostració .....	8
<b>Capítol 2: Estat de l'art.....</b>	<b>9</b>
2.1. Introducció .....	9
2.2. Equips de control .....	9
2.2.1. Unitat dosificadora múltiple .....	10
2.2.2. Tanc de mescla .....	10
2.2.3. La bomba principal .....	11
2.2.4. L'ordinador .....	11
2.2.5. Les sondes de pH i conductivitat elèctrica.....	11
2.2.6. Estructura .....	12
<b>Capítol 3: Explicació del cas.....</b>	<b>13</b>
3.1. Localització .....	13
3.2. Característiques de les instal·lacions .....	13
3.2.1. Instal·lació elèctrica.....	13
3.2.2. Altres Instal·lacions .....	13
3.2.3. Hivernacles.....	15
3.2.4. Cultius .....	16
3.2.5. Dipòsits d'aigua .....	18
3.3. Necessitats dels cultius.....	19
3.3.1. Temperatura.....	19
3.3.2. Humitat relativa .....	19
3.3.3. Llum.....	20

3.3.4.	Anhídrid carbònic (CO <sub>2</sub> ) .....	20
3.3.5.	Paràmetres a considerar en el control d'un cultiu.....	21
3.4.	Sistemes de control.....	22
3.4.1.	Sistema de ventilació .....	22
3.4.2.	Sistema de calefacció .....	23
3.4.3.	Sistemes de reg .....	25
3.5.	Sensors .....	28
3.5.1.	Sensors de temperatura.....	28
3.5.2.	Sensor d'humitat.....	31
3.5.3.	Anemòmetre.....	33
3.5.4.	Sensors de nivell .....	35
3.5.5.	Sensor de CE .....	39
3.5.6.	Sensors de mesura del contingut d'aigua al sòl .....	39
3.5.7.	Sensor de pH.....	40
<b>Capítol 4:</b>	<b>Solució escollida .....</b>	<b>41</b>
4.1.	Introducció .....	41
4.1.1.	¿Que es un PLC? .....	41
4.2.	Sistema de ventilació .....	45
4.2.1.	Obertura de finestres.....	46
4.2.2.	Tancament de finestres.....	46
4.3.	Sistema de calefacció .....	46
4.3.1.	Accionament de la calefacció .....	47
4.3.2.	Desconnexió de la calefacció.....	47
4.4.	Sistema de distribució d'aigües.....	47
4.4.1.	Dipòsit de Nitrat Potàssic.....	49
4.4.2.	Dipòsit de Fosfat Mono potàssic .....	50
4.4.3.	Dipòsit de Nitrat Magnesi .....	50
4.4.4.	Dipòsit de Nitrat Amònic .....	51
4.4.5.	Dipòsit mescla .....	52
4.4.6.	Dipòsit de reg .....	52
4.5.	Sistema de reg .....	53
<b>Capítol 5:</b>	<b>planificació .....</b>	<b>55</b>
<b>Capítol 6:</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>57</b>

## **RESUM**

Aquest projecte ens introdueix en el món agrari, explicant-nos les necessitats principals que tenen els cultius, els aspectes que es tenen en compte, també explica quins sistemes de control s'utilitzen avui en dia, tipus de sensors existents i més utilitzats.

El projecte ofereix una alternativa d'instal·lació automatitzada mitjançant PLCs, sensors i actuadors per tenir un sistema automatitzat supervisat per un sistema SCADA amb comunicació Ethernet, en una instal·lació agrària existent, fent prèviament una introducció al món dels PLCs.

El projecte ofereix també un petit simulador inspirat en la instal·lació automatitzada esmentada anteriorment amb un PLC, sensors i actuadors, que demostren el funcionament de la instal·lació supervisada en tot moment per un sistema SCADA.

## **RESUMEN**

Este proyecto nos introduce en el mundo agrario, explicándonos las necesidades principales que tienen los cultivos, los aspectos que se tienen en cuenta, también nos explica que sistemas de control se utilizan hoy en día, tipos de sensores existentes y más utilizados.

El proyecto ofrece una alternativa de instalación automatizada mediante PLCs, sensores, actuadores para tener un sistema automatizado supervisado por un sistema SCADA con comunicación Ethernet, en una instalación agraria existentes, haciendo previamente una introducción al mundo de los PLCs.

El proyecto ofrece también un pequeño simulador inspirado en la instalación automatizada nombrada anteriormente con un PLC, sensores y actuadores, que demuestra el funcionamiento de la instalación supervisada en todo momento por un sistema SCADA.

## **ABSTRACT**

This project takes us into the agrarian world, explaining the main requirements that have crops, the aspects taken into account also explains that control systems are used today, types of existing sensors and more used.

The project offers an alternative for automated installation using PLCs, sensors, actuators have an automated system by a SCADA system with Ethernet communication, in an existing agricultural facility, making a previous introduction to the world of PLCs.

Project also offers a small simulator inspired by the automated installation named above with a PLC, sensors and actuators, which shows the operation of the facility at all times supervised by a SCADA system.

## **AGRAÏMENTS**

Agraeixo la col·laboració del meu pare com a propietari dels terrenys agraris que faig referència en el projecte, ja que sense les seves explicacions d'alguns conceptes bàsics dels cultius, dels productes que s'utilitzen i dels processos que es realitzen en l'instal·lació, tot hagués sigut molt més difícil.



# CAPÍTOL 1: INTRODUCCIÓ

## 1.1. Motivacions

Avui en dia viure del món agrari esta complicat, ja que els fruits dels cultius no estan gaire ben pagats, i el marge de benefici es molt estret, el mercat esta dominat en gran part per grans empreses del sud del país que disposen de grans terrenys de cultius i unes instal·lacions mecanitzades amb sistemes molt moderns que fa que els gastos siguin mínims, redueixen la ma d'obra, la possibilitat de cultivar alguns cultius durant tot l'any i fins i tot la distribució per tot el país i tenir grans beneficis.

Per aquest motiu avui en dia és imprescindible mecanitzar les instal·lacions agràries per poder tenir beneficis, i es impensable cultivar sense tenir cap sistema mecanitzat a no ser que sigui per consum propi.

Davant la crisi que estem sotmesos actualment i la poca motivació per tirar endavant el món agrari a Catalunya, m'he proposat a fer un disseny d'instal·lació agrària mecanitzada per tenir més beneficis en el futur, amb menys treballadors i menys gastos, encara que suposi una aportació econòmica inicial.

La situació que es troba actualment la meva família, que s'han dedicat des de fa moltes generacions en el món agrari i les dificultats que esta tenint el meu pare per no tenir que deixar-ho i vendre els terrenys, m'ha motivat a fer aquest projecte de baix cost.

## 1.2. Objectiu de la automatització

L'Objectiu de l'automatització, és augmentar la productivitat i reduir els costos, això s'aconsegueix eliminant treballs pesats o perillosos, realitzar operacions de producció difícils o impossibles de portar a terme a mà, minimitzar els costos de producció reduint la mà d'obra, millorar la qualitat del producte, eliminant l'error humà i multiplicant els controls automàtics.

Poder programar cadascun dels processos que es realitzen a la instal·lació de manera exacte, precisa i paral·lela amb altres processos o la execució d'un procés darrere l'altre de manera controlada.

Tenir la possibilitat de tenir variacions dels processos depenent de variables controlades per el sistema, tenir sistemes de seguretat, que permetin al client tenir menys problemes, pèrdues econòmiques i una instal·lació més segura.

Per l'automatització de la instal·lació agrària, l'objectiu és la instal·lació, programació i realització d'un sistema automatitzat amb PLC, amb actuadors , sensors, cablejat i altres elements adequats, per controlar i realitzar els processos necessaris en la instal·lació.

Amés, com a objectiu, s'ha de realitzar un scada per tenir el control de la instal·lació en tot moment des de l'ordinador.

### 1.3. Objectiu del SCADA

L'Objectiu del scada, sistema software dissenyat per supervisar, controlar i adquirir dades de forma remota sobre dispositius de camp, és el de poder tenir un control de manera gràfica, senzilla i clara de la instal·lació, tenint la possibilitat de variar els processos i les variables de control del sistema, sense tenir que estar en la instal·lació.

El sistema scada, controlat des de l'ordinador es comunica al PLC contínuament i actualitza les variables.

### 1.4. Objectiu del simulador de demostració

Per demostrar el funcionament del sistema de control, es té com a objectiu la realització d'un simulador reduït on es puguin realitzar alguns dels processos que es realitzen en el projecte de la instal·lació agrària.

Aquest simulador també tindrà un sistema scada per controlar els processos del simulador a temps real en un ordinador.



# CAPÍTOL 2: ESTAT DE L'ART

## 2.1. Introducció

La agricultura ha progressat molt en els últims anys donant lloc a una competició per oferir productes de qualitat a un mercat cada dia més exigent. Al mateix temps es impescindible incrementar la productivitat per mantenir-se en un sector tan competitiu. Aquestes circumstàncies han induït als agricultors i empreses agrícoles a millorar considerablement les tècniques de cultiu.

El cultiu hidropònic de hortalisses es cada dia més comú, i s'està implantant tècniques de fertilització basades en solucions nutritives completes que exigeixen equips que controlen la dosificació de fertilitzants i el pH de la solució de reg.

Fa més de 30 anys van aparèixer els primers dosificadors de fertilitzants, posteriorment, els primers equips mescladors de fertilitzant compostos per instruments analògics i en els anys 80 els primers equips pel control de fertilització controlat per ordinador.

L'objectiu final de qualsevol sistema pel control del reg i fertilització consisteix en subministrar als cultius l'aigua i els fertilitzants en la quantitat i freqüència requerides, de forma que s'optimitzi l'aprofitament dels mateixos i s'evitin situacions destrés que afectaran negativament a la producció. Amés aquets equips de control disposen d'un sistema de seguretat, amb control d' alarmes i control del clima i condicions dels hivernacles.

## 2.2. Equips de control

Les plantes requereixen per créixer d'una solució nutritiva completa que contengui tots els elements essencials en les proporcions adequades i el pH de la solució te que fixar-se en el nivell òptim que permeti l'assimilació dels nutrients pel cultiu. Aquesta funció s'ha de realitzar de forma continua i precisa, de tal forma que l'aigua que arribi a les plantes tingui una composició uniforme i que correspongui amb la desitjada.

Els beneficis que es deriven de l'aplicació d'aquesta tècnica son la millora de la qualitat, increment de la producció, estalvi de l'aigua i fertilitzants, increment de la rendibilitat i respecte al medi ambient.

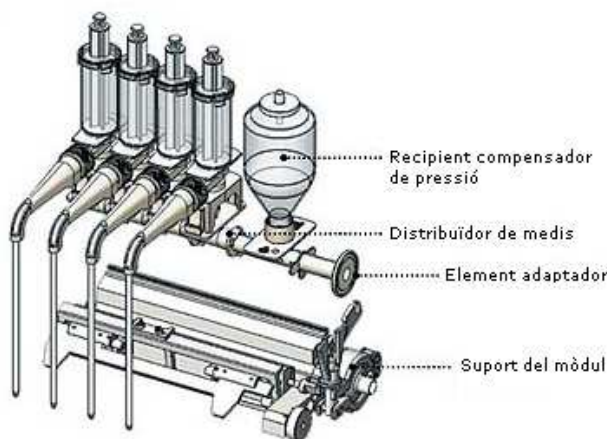
La major part dels equips es basen en la mesura de la conductivitat elèctrica per regular la dosificació de fertilitzants i amés controlant el pH per adició de un àcid o d'una base però hi ha equips que es basen en sistemes de dosificació volumètrica, mesurant el volum d'aigua i el dels fertilitzants aplicats i regulant la dosificació dels mateixos mantenint unes determinades proporcions programades.

Centrant-nos en els equips que es basen en la mesura de la conductivitat elèctrica, podem dir que es componen en termes generals de:

### 2.2.1. Unitat dosificadora múltiple

Generalment estan compostats per quatre fertilitzants més àcid, encara que pot ampliar-se fins a vuit més àcid, on es requereix la utilització de molts tipus d'adobs diferents. Aquesta unitat dosificadora múltiple injecta la solució mare procedent dels diferents tancs al tanc de mescla, a través de la obertura de les electrovàlvules.

La unitat dosificadora de fertilitzant es un element fonamental en l'equipo i s'ha d'exigir que sigui precís, senzill i robust.



**Figura 1.** Mòdul dosificador quàdruple.

([http://pdf.directindustry.es/pdf/brand/catalogo-general-2010/28307-148550-\\_277.html](http://pdf.directindustry.es/pdf/brand/catalogo-general-2010/28307-148550-_277.html))

### 2.2.2. Tanc de mescla

És on s'homogeneïtza la mescla de fertilitzants i àcid, formulant-se la solució nutritiva requerida. Quant major sigui la capacitat del tanc major serà el temps de resposta a un canvi determinat i per lo tant menor la elasticitat de l'equip.



**Figura 2.** Tanc de mescla amb motor agitador.  
(<http://www.latincomercio.com/goods/1625.html>)

### 2.2.3. La bomba principal

En el cas dels equips en els que tota l'aigua passa pel tanc de mescla serà la bomba de reg i en el cas dels equips en els que es realitza dosificació en bypass actuarà com bomba injectora de solució mare i tindrà que ser resistent a la agressió d'àcids i fertilitzants altament concentrats.

### 2.2.4. L'ordinador

Es el cervell de l'equip, on es recullen totes les lectures dels paràmetres controlats i des de on es pot controlar el funcionament de l'equip, fonamentalment ha de ser senzill de utilitzar i fiable.



**Figura 3.** Ordenador de control, MCU.  
(<http://www.horticom.com/empresas/ficha.php?idEmpresa=509&vista=2&idProducto=8940>)

### 2.2.5. Les sondes de pH i conductivitat elèctrica

Elements fonamentals en l'equip, han de tenir una resposta ràpida i precisa.

### 2.2.6. Estructura

L'estructura ha de ser compacte, que ocupi poc espai i formi un conjunt perfectament dimensionat que s'hagi testejat en fàbrica prèviament, garantint un funcionament correcte de tots els seus components.

Al mercat avui en dia podem trobar diferents equips de control com els següents:



**Figura 4.** Sistema de control de reg per cultius sense sòl, Fertimix.  
([http://www.mey-hazor.com/integrated\\_solutions.asp](http://www.mey-hazor.com/integrated_solutions.asp))



**Figura 5.** Sistema de control de reg per cultius, Nutritec.  
(<http://www.agroterra.com/p/equipos-de-fertirrigacion-sistema-nutritec-desde-murcia-80/80>)



**Figura 6.** Unitat de control de fertilització, Fertigal.  
([http://www.mey-hazor.com/integrated\\_solutions.asp](http://www.mey-hazor.com/integrated_solutions.asp))

# CAPÍTOL 3: EXPLICACIÓ DEL CAS

## 3.1. Localització

La instal·lació agrària està situada a Can Xerrac, les cinc sèries, km 549 NII, Mataró, província de Barcelona.

La instal·lació està envoltada de terrenys, destinats únicament a ús agrari.

## 3.2. Característiques de les instal·lacions

### 3.2.1. Instal·lació elèctrica

La finca, posseeix ja d'una connexió de servei elèctric contractat amb la empresa subministradora a una tensió de 230/400 V i una potència de 10 kW. La instal·lació existent està degudament legalitzada per el Departament d'Indústria i Energia de la Generalitat de Catalunya.



**Figura 7.** Quadre elèctric de la finca.  
(pròpia)

### 3.2.2. Altres Instal·lacions

La finca disposa d'un porxo d'obra, de 81 m<sup>2</sup> destinat al magatzematge de material, i en el seu interior hi ha una càmera de refrigeració de 20 m<sup>2</sup>.



**Figura 8.** *Porxo.*  
*(pròpia)*



**Figura 9.** *Càmera de refrigeració.*  
*(pròpia)*

Juntament amb el porxo, hi ha una sala de 24 m2 destinada als dipòsits de additius necessaris per els cultius i per la col·locació del quadre de comandament que realitzarem.



**Figura 10.** Dipòsits d'additius.  
(pròpia)

La finca també disposa d'una sala de 9m<sup>2</sup> on hi ha el pou.



**Figura 11.** Pou d'aigua salada.  
(pròpia)

### 3.2.3. Hivernacles

La instal·lació agrària disposa de quatre hivernacles, d'estructura metàl·lica i parets de plàstic flexible de tres capes tensat.



**Figura 12.** Hivernacles.  
(pròpia)



**Taula 1.** Superfície dels hivernacles

	Superfície (m2)
Hivernacle 1	2400
Hivernacle 2	2400
Hivernacle 3	1920
Hivernacle 4	1280
TOTAL	8000

### 3.2.4. Cultius

Des de setembre fins el març es cultiva espinacs en tots quatre hivernacles, i des d'abril fins el setembre es cultiva cogombres en els hivernacles 1 i 2, i es cultiva tomàquets en els hivernacles 3 i 4.

El tomàquet que es cultiva és el "Caramba", una varietat que es cultiva a terra i es molt utilitzada.



**Figura 13.** Tomaquera "Caramba".  
(<http://www.navarraagraria.com/n154/artoinve.pdf>)



**Figura 14.** Tomàquet "Caramba".  
(<http://www.navarraagraria.com/n154/artoinve.pdf>)

Els cogombres que es cultiva són el "llano verde", cogombre francès d'alta ramificació.





**Figura 15.** Planta del Cogombre.  
(<http://www.jardinerias.org/invasion-de-orugas-en-las-plantas-de-pepino/2197>)



**Figura 16.** Cogombre "llano verde".  
(<http://www.jardineria.pro/02-07-2010/cuidados/como-plantar-pepinos>)

Els espinacs que es cultiven son els espinacs "Viroflay", espinacs de fulles llises, gruixudes en forma oval-lanceolada i de color verd mig a verd fosc brillant.



**Figura 17.** Espinacs "Viroflay".  
(<http://www.biosfera.cat:8888/biosfera/?p=1699>)

### 3.2.5. Dipòsits d'aigua

La instal·lació disposa d'un pou d'aigua salada amb una concentració de pH de 7,5, i de EC de 3, de dos basses d'aigua de pluja amb nivell de EC totalment neutre i de pH aproximadament 6,5, on en una bassa hi caben 1,5 milions de litres, i a l'altre caben 2,5 milions de litres.

L'aigua que s'acumula en els rails del sostre dels hivernacles 1 i 2, arriba a la bassa de 1,5 milions de litres, a través de tubs de 160 mm de diàmetre, en canvi l'aigua que s'acumula en els rails del sostre dels hivernacles 3 i 4, surt dels rails mitjançant tubs de 160mm, uneix l'aigua de tots els rails a un tub de 320 mm de diàmetre i arriba a la bassa de 1,5 milions de litres.



**Figura 18.** Bassa d'aigua de pluja de 1,5 milions de litres.  
(pròpia)



**Figura 19.** Bassa d'aigua de pluja de 2,5 milions de litres.  
(pròpia)

### 3.3. Necessitats dels cultius

El desenvolupament del cultiu, en les seves diferents etapes de creixement, està condicionat per quatre factors ambientals o climàtics: la temperatura, la humitat relativa, la llum i el CO<sub>2</sub>. Per que les plantes puguin realitzar les seves funcions, és necessari mantenir aquests factors dins d'uns límits mínims i màxims, fora dels quals les plantes paren el seu metabolisme i poden arribar fins i tot a morir.

#### 3.3.1. Temperatura

Aquest és el paràmetre més important a tenir en compte en el control ambiental del hivernacle, ja que és el més influent en el creixement i desenvolupament dels cultius. Normalment la temperatura òptima pels cogombres i els tomàquets es troba entre 16-20°C per la nit i 22-30°C pel dia, i la temperatura òptima pels espinacs es troba entre 5-15°C però suporten temperatures per sota de 0°C, fins a -10°C.

Per tal de controlar la temperatura, és important conèixer les necessitats i limitacions de l'espècie cultivada. Tanmateix, cal aclarir els següents conceptes de temperatures, que indiquen els valors objectiu a tenir en compte pel bon funcionament del cultiu i les seves limitacions:

- Temperatura màxima i mínima letal: Són aquelles, per sobre o per sota de les quals es produeixen danys a la planta.
- Temperatures òptimes màximes i mínimes biològiques: Són aquelles que indiquen valors, per sobre o per sota, dels quals no es possible que la planta arribi a una determinada fase vegetativa, com la floració, la fructificació, etc.
- Temperatures nocturnes i diürnes: Són aquelles que indiquen els valors aconsellats per un correcte desenvolupament de la planta. La temperatura dins del hivernacle, variarà de manera natural segons la radiació solar, la temperatura exterior i la renovació de l'aire interior.

#### 3.3.2. Humitat relativa

La humitat és la quantitat de vapor d'aigua present a l'aire i la humitat relativa és el percentatge entre la humitat que conté l'aire i la màxima humitat que pot contenir a una determinada temperatura.

Existeix una relació inversa entre la temperatura i la humitat, diu que a elevades temperatures, augmenta la capacitat de l'aire de contenir vapor d'aigua i per tant disminueix la humitat relativa i amb temperatures baixes passa tot el contrari.

Cada espècie té una humitat ambiental ideal per desenvolupar-se en perfectes condicions i la humitat relativa de l'aire és un factor climàtic que pot modificar el rendiment final dels cultius, quan la humitat relativa és excessiva, les plantes redueixen la transpiració i disminueixen el seu creixement, pel contrari, si és molt baixa, les plantes transpiren en excés i poden arribar a deshidratar-se.

L'excés d'humitat relativa pot reduir-se mitjançant la ventilació, augmentant la temperatura i evitant l'excés d'humitat al terra del hivernacle, pel contrari, la manca d'humitat relativa pot corregir-se amb regs, omplint petits recipients o bassals d'aigua, polvoritzant aigua en l'ambient i fent baixar la temperatura.

### 3.3.3. Llum

La radiació solar és la font d'energia pel creixement i desenvolupament de les plantes i el principal factor de la bio productivitat vegetal.

Quan la lluminositat a l'interior del hivernacle augmenta, s'ha d'augmentar la temperatura, la humitat relativa i la quantitat de CO<sub>2</sub> perquè la fotosíntesis sigui màxima, pel contrari, si hi ha poca llum, poden baixar les necessitats d'altres factor i per tant afectar al correcte creixement de la planta.

Per millorar la lluminositat natural es poden utilitzar el següents mitjans:

- Materials de coberta amb bona transparència.
- Bona orientació del hivernacle per tal de captar la màxima radiació
- Estructures que redueixin al màxim les ombres interiors.
- Cobrir el terra amb plàstic blanc.
- Utilització de làmpades

### 3.3.4. Anhídrid carbònic (CO<sub>2</sub>)

L'anhídrid carbònic de l'atmosfera és la matèria primera imprescindible per la fotosíntesi i l'enriquiment de l'atmosfera del hivernacle amb CO<sub>2</sub>, és molt interessant en molts cultius, tant en hortalisses com en flors. La concentració normal de CO<sub>2</sub> en l'atmosfera és del 0,03%, aquest índex es pot augmentar a límits de 0,1-0,2%, quan els altres factors de la producció vegetal siguin òptims, si es desitja l'aprofitament al màxim de l'activitat fotosintètica de les plantes, però les concentracions superiors al 0,3% resulten tòxiques per als cultius.

A l'interior d'un hivernacle, durant el període diürn, les plantes realitzen la fotosíntesi, fixant el CO<sub>2</sub> de l'aire, això fa que, si no hi ha una bona ventilació, les concentracions de CO<sub>2</sub> vagin disminuint i això esdevingui un factor limitant de la producció. Aquest problema, normalment es sol presentar en el període hivernal, que és quan s'acostuma a tenir les finestres més tancades per tal de mantenir una temperatura de l'aire interior superior a l'exterior. En aquests casos, l'aplicació de CO<sub>2</sub>, especialment a les primeres hores del matí, per tal d'assolir les condicions òptimes pel cultiu, pot ser una alternativa interessant per augmentar la productivitat.

Els nivells aconsellats de CO<sub>2</sub> depenen de l'espècie o varietat conreada, de la radiació solar, de la ventilació, de la temperatura i de la humitat on l'òptim d'assimilació és entre els 18 i 23°C de temperatura, descendint per sobre dels 23-24° C. L'efecte que produeix la fertilització amb CO<sub>2</sub> sobre els cultius hortícoles, és el d'augmentar la precocitat aproximadament un 20% i augmentar els rendiments en un 25-30%, millorar la qualitat del cultiu i per tant la de la seva collita.

Tanmateix, no es pot parlar d'una bona activitat fotosintètica sense una òptima lluminositat, la llum és el factor limitant, i així, la taxa d'absorció de CO<sub>2</sub> és proporcional a la quantitat de llum rebuda, a més de dependre també de la pròpia concentració de CO<sub>2</sub> disponible en l'atmosfera de la planta.

Es pot dir que el període més important per a l'enriquiment carbònic és el migdia, ja que és la part del dia en què es donen les màximes condicions de lluminositat, no obstant, en els climes mediterranis es presenta sovint el problema de l'excés de temperatura, motiu que obliga a obrir finestres per renovar l'aire interior i fer baixar la temperatura. En aquestes condicions, el cost de CO<sub>2</sub> necessari per mantenir les concentracions òptimes és molt alt, per aquest motiu, només es sol aplicar la fertilització de CO<sub>2</sub> a les primeres hores del matí, quan les temperatures encara no són gaire elevades.

### 3.3.5. Paràmetres a considerar en el control d'un cultiu

- Conductivitat elèctrica.

La conductivitat elèctrica es la mesura de la capacitat que té un material per a conduir el corrent elèctric.

Les solucions nutritives contenen partícules iòniques que duen càrregues i per tant posseeixen aquesta habilitat, com més gran és la quantitat d'aquests ions dissolts en l'aigua, la conductivitat de la solució resultant és major. Per tant el mesurament de la conductivitat elèctrica d'una solució nutritiva té una relació directa amb la quantitat de materials sòlids dissociats que hi ha dissolts en ella, d'aquesta manera és pot saber la quantitat de nutrients que hi ha dissolts al aigua.

- PH.

El pH es defineix com el potencial d'hidrogen negatiu de l'activitat d'ions hidrogen.

En els cultius hidropònics, el pH és un factor molt important pel creixement de les plantes i d'aquí la importància de controlar aquest paràmetre, quan el pH no es manté al nivell adequat, la planta perd la seva capacitat d'absorbir alguns dels nutrients elementals requerits pel seu creixement. Per a cada planta hi ha un nivell adequat de pH que produeix el creixement i productivitat màxima, el pH òptim varia segons la planta i la varietat però la majoria creixen en condicions ideals amb nivells de pH entre 5,5 i 6,5, no obstant, la gran majoria de plantes sobreviuen en el rang de pH de 5.0 a 7.5.

- %drenatge

El tant per cent de drenatge, és la quantitat d'aigua drenada pel cultiu en base al total d'aigua aportada.

En els cultius hidropònics és de vital importància el control del drenatge del cultiu i el drenatge ideal és funció, principalment de la salinitat de l'aigua de reg i de l'estat fenològic del cultiu i aquest, normalment oscil·la entre el 15 % i el 50 %. Amb la quantitat d'aigua drenada, es pot saber la quantitat d'aigua que absorbeix el cultiu, i per tant, quines són les necessitats hídriques d'aquest en cada moment. Per tal que es pugui produir el drenatge, els recipients on es troben els cultius han de tenir perforacions a la seva base.

- Fertilitzants aportats

Els cultius hidropònics es nodreixen exclusivament dels nutrients aportats pels fertilitzants en la solució nutritiva ja que no disposen dels nutrients naturals del sòl, per aquest motiu, es fa de gran importància el control de la quantitat de nutrients absorbits pel cultiu. Per tal de saber la quantitat de fertilitzants que s'han d'aportar al cultiu, és realitzen mesures de la CE i el pH de l'aigua drenada, mesures de conductivitat elèctrica elevades en l'aigua drenada poden indicar un excés de fertilitzants.

## 3.4. Sistemes de control

### 3.4.1. Sistema de ventilació

La ventilació consisteix en la renovació de l'aire dintre del recinte del hivernacle, al renovar l'aire s'actua sobre la temperatura, la humitat, el contingut en CO<sub>2</sub> i l'oxigen que hi ha en l'interior del hivernacle.

La ventilació pot fer-se de dos maneres:

- Ventilació natural o passiva.

Es basa en la disposició, en les parets i en el sostre del hivernacle, d'un sistema de finestres que permetin l'aparició d'una sèrie de corrents d'aire que contribueixen a disminuir les temperatures elevades i a reduir el nivell higromètric. Les finestres poden ser zenitals si es disposen en el sostre o laterals si estan col·locades sobre les parets laterals del hivernacle.



**Figura 20.** Finestres laterals.

([http://www.infoagro.com/compraventa/oferta\\_imprimir.asp?id=850](http://www.infoagro.com/compraventa/oferta_imprimir.asp?id=850))

- Ventilació mecànica o forçada.

Els sistemes de ventilació forçada consisteixen a establir un corrent d'aire mitjançant ventiladors extractors, en el qual s'extreu aire calent del hivernacle, i el volum extret és ocupat immediatament per aire de l'atmosfera exterior. Amb aquest sistema solament es pot aconseguir una temperatura idèntica a la de l'exterior, però el seu control és més precís que el que s'assoleix amb la ventilació passiva.





**Figura 21.** Ventiladors extractors.

([http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/ventilacion\\_cultivos\\_intensivos.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/ventilacion_cultivos_intensivos.htm))

### 3.4.2. Sistema de calefacció

Els sistemes de calefacció utilitzats per aportar calor als hivernacles, bàsicament són per convecció o per conducció, on els sistemes per convecció escalfen i distribueixen l'aire interior del hivernacle i els de conducció localitzen la distribució de l'aire calent a nivell del substrat del cultiu.

Els diferents sistemes de calefacció per convecció més utilitzats es poden classificar segons utilitzin aire calenta o aigua calenta:

- Calefacció a partir d'aire calenta

Són sistemes en els quals l'element conductor de la calor és l'aire, a causa de la seva poca inèrcia, proporcionen un augment ràpid de la temperatura de l'aire, refredant-se d'igual forma al deixar d'actuar. Generen importants gradients tèrmics i pèrdues de calor a l'anar localitzats, normalment, sobre el cultiu.

Uns dels sistemes més coneguts són els generadors d'aire calenta per combustió directa i indirecta, els primers, incorporen al hivernacle tant l'aire calenta com els gasos de combustió i tenen un rendiment del 100%, en canvi, els de combustió indirecta, mitjançant un intercanviador de calor, separen els gasos de combustió i els expulsen al exterior, introduint al hivernacle únicament l'aire calenta tenint un rendiment del 80%.



**Figura 22.** Combustió indirecta, mànigues de polietilè.  
(<http://www.infoagro.com/>)



**Figura 23.** Combustió directa, canons.  
(<http://www.infoagro.com/>)

- Calefacció a partir d'aigua calenta

A banda dels generadors d'aire, un altre dels sistemes de convecció més utilitzat és el de canonades, aèries o disposades a un 10 cm sobre el cultiu, per on circula aigua calenta a altes (fins 90°C) o baixes temperatures (entre 30- 50°C) en funció del material utilitzat i la seva disposició. Aquests sistemes distribueixen la calor de manera més uniforme que els generador d'aire però tenen un cost més elevat.



**Figura 24.** Sistema d'aigua calenta per canonades de ferro.  
(<http://www.infoagro.com/>)



### 3.4.3. Sistemes de reg

Per realitzar el reg en els hivernacles podem utilitzar diversos sistemes de reg, els més utilitzats són:

- Reg amb aspersors

Aquests aspersors tenen un alcans superior a 6 metres, és a dir, tiren l'aigua 6 metres endavant, segons tinguin més o menys pressió i el tipus d'embocadura.

El aspersors els dividim en:

- Emergents: s'alcen del sol quan sobre el reg i quan para, es retrauen.
- Mòbils: s'acobla a l'extrem d'una mençera i es van punxant i van d'un costat a un altre.



**Figura 25.** Sistema de reg amb aspersors.  
(<http://www.agrensis.com/CAT/serveis.cat.html>)

- Reg amb difusors

Són semblants als aspersors però més menuts, tiren l'aigua a una distància de entre dos i cinc metres, segons la pressió i l'embocadura que utilitzem. L'alcans es pot modificar obrint o tancant un cargol que porten molts models en el cap del difusor.

Són utilitzats per a zones més estretes, per tant, el aspersors per a regar superfícies majors de 6 metres i els difusors per a superfícies menudes.



**Figura 26.** Sistema de reg amb difusors.  
(<http://nicegarden.galeon.com/productos2025218.html>)

- Reg per gota a gota

Consisteix en portar l'aigua justa al peu de cada planta, s'encarreguen d'això els goters o emissors.

Aquests poden ser:

- Integrats en la mateixa tuberia.
- De botó, que es punxen a la tuberia.

El reg per gota a gota té les següents avantatges:

- Estalviar aigua.
- El sol es manté en un nivell d'humitat constant.
- Es pot utilitzar aigua salada.
- Es poden aplicar fertilitzants dissolts i productes fitosanitaris directament a la zona radicular de les plantes.

L'inconvenient més típic és que els emissors s'embossen fàcilment, especialment per la calç de l'aigua.



**Figura 27.** Sistema de reg amb goteig.

([http://unjardipermenjarsel.blogspot.com/2009\\_06\\_01\\_archive.html](http://unjardipermenjarsel.blogspot.com/2009_06_01_archive.html))

- Reg subterrani

És un dels mètodes més moderns, utilitzat per a gespa en lloc d'aspersors i difusors en petites superfícies amb un entramat de tuberies.

Es tracta de tuberies perforades que es fiquen en el sol a una determinada profunditat, entre 5 i 50 cm, segons la planta a regar i si el sol és més arenós o argilós.

Les avantatges que presenta el reg subterrani són:

- Menys pèrdua d'aigua.
- Menys males herbes perquè la superfície es manté seca.
- Més estètica.
- Permet la utilització d'aigües residuals depurades sense mals olors.
- La duració de les tuberies és major, ja que no els hi dona el sol.

El principal inconvenient és que s'embossen degut a la calç, per tant si l'aigua a utilitzar és calcària no és recomanat utilitzar el reg subterrani.



**Figura 28.** Sistema de reg subterrani.  
([http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-95817420-manual-de-instalacion-de-riego-domiciliario-y-profesional-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-95817420-manual-de-instalacion-de-riego-domiciliario-y-profesional-_JM))

- Reg amb tuberies poroses

Distribueixen l'aigua de forma contínua per mitjà dels poros, que dona lloc a la formació d'una franja contínua d'humitat, que les fa molt indicades per al reg de cultius en línia.

Humiteixen una gran superfície i és especialment interessant en sols arenosos i poden utilitzar-se en el reg d'arbres.

Les pressions de treball són menys que la del goteig, això fa necessària la utilització de reguladors de pressió especials o microlimitadors de caudal.

Aquest sistema es poden emboscar degut a les algues i als depòsits de calç requereixen tractaments de manteniment.



**Figura 29.** Sistema de reg amb tuberies poroses.  
(<http://nicegarden.galeon.com/productos2025218.html>)

- Reg amb microaspersors

Són preferibles per a sols arenosos, van molt bé perquè cobreixen més superfície que els propis de gota a gota tradicionals.



**Figura 30.** Sistema de reg amb microaspersors.

([http://www.sabatergrup.com/recuperacion\\_de\\_lixiviados\\_de\\_riego.asp](http://www.sabatergrup.com/recuperacion_de_lixiviados_de_riego.asp))

## 3.5. Sensors

### 3.5.1. Sensors de temperatura

El sensor de temperatura s'utilitzarà per mesurar la temperatura interior del hivernacle, i aquest haurà de poder mesurar un rang de temperatures de  $-20$  a  $60^{\circ}\text{C}$  amb una exactitud de  $0,5$  a  $1^{\circ}\text{C}$  i una resolució de  $0,1^{\circ}\text{C}$ .

Actualment existeixen varies tècniques per mesurar la temperatura. Les més comuns són les següents:

- Termoparells

Un termoparell és un dispositiu format per la unió de dos metalls diferents que produeix un voltatge (efecte Seebeck), que és funció de la diferència de temperatura entre un dels extrems denominat "punt calent" i l'altre denominat "punt fred" o de referència. Aquests tipus de sensors són econòmics, intercanviables, tenen connectors estàndard i són capaços de mesurar un ampli rang de temperatures però el voltatge generat per la unió no és linealment dependent de la temperatura. La seva principal limitació és l'exactitud ja que els errors del sistema inferiors a un grau centígrad són difícils d'obtenir. Existeixen molts tipus de termoparells segons els materials amb el que estan formades les unions.



**Figura 31.** Termoparell.

(<http://www.electroindel.com/verProducto.php?codproducto=63&codcatalago=10&codmenu=8&sid=d5c4d39c8a04b54da4ec2cb1a2031300>)

- Termistors

Els termistors són semiconductors que varien el valor de la seva resistència elèctrica en funció de la temperatura. Existeixen dues classes de termistors: NTC i PTC.

1. Un Termistor NTC (Negative Temperature Coefficient) és una resistència variable el valor de la qual va decreixent a mesura que augmenta la temperatura.



**Figura 32.** Termistor NTC.

(<http://miviso1234.blogspot.com/2008/10/ptc.html>)

2. Un termistor PTC (Positive Temperature Coefficient) és una resistència variable el valor de la qual es veu augmentat a mesura que augmenta la temperatura. El termistor PTC perd les seves propietats i pot comportar-se eventualment d'una forma similar al termistor NTC si la temperatura arriba a ser massa alta.



**Figura 33.** Termistor PTC.

(<http://www.directindustry.es/prod/ge-measurement-control-solutions/termistores-ptc-7233-419917.html>)

- Sensors de temperatura resistius (RTDs)

Els detectors de temperatura resistius o RTDs, són dispositius que aprofiten l'efecte que té la temperatura en la conducció dels electrons per que, davant un augment de la temperatura, hi hagi un augment de la resistència elèctrica que presenten. Els RDTs tenen una sortida estable, són fàcils de calibrar i tenen bona precisió, però el principal inconvenient enfront als termoparells és que poden treballar en un rang de temperatures més petit i tenen un cost inicial més elevat.



**Figura 34.** Sensor de Temperatura resistiu.  
(<http://www.robodacta.com.mx/activacioncart-producto.asp?ProductoID=383&CategoriaID=27&SubCategoriaID=114>)

- Sensors de temperatura de silici (ICs)

Els sensors de temperatura ICs són els més comuns de tots per la seva utilització en equips electrònics, el seu principal avantatge és el seu baix cost i la seva sortida en voltatge linealment dependent de la temperatura, però el seu principal inconvenient és el temps de resposta i la estabilitat.



**Figura 35.** Sensor de Temperatura de silici.  
(<http://www.shoptronica.es/1658-kty11-sensor-de-temperatura.html>)

- Sensors de temperatura infrarojos

Els sensors de temperatura infrarojos mesuren la temperatura a distància detectant la quantitat de radiació electromagnètica termal emesa cap al sensor. El disseny més bàsic consta d'una lent per centrar l'energia infraroja cap un detector, que converteix l'energia en un senyal elèctric que es pot mostrar en unitats de temperatura després de ser compensat per la variació de la temperatura ambiental. Aquesta configuració facilita el càlcul de la temperatura d'un objecte llunyà sense contacte, com a tal, el termòmetre infraroig és útil per mesurar temperatures en circumstàncies on no es poden utilitzar altres tipus de sensors.



**Figura 36.** Sensor de Temperatura infrarojos.  
(<http://es.rs-online.com/web/search/searchBrowseAction.html?method=getProduct&R=0382911>)

### 3.5.2. Sensor d'humitat

El sensor d'humitat s'utilitzarà per mesurar la humitat relativa de l'interior del hivernacle i aquest haurà de poder mesurar de 0 a 100%HR amb una exactitud de  $\pm 5\%$ HR i una resolució de 1%HR.

Al mercat podem trobar diferents tipus de sensors d'humitat depenent de la tecnologia en la que es basen pel seu funcionament, cada tecnologia ofereix avantatges diferents i en la majoria dels casos, les condicions ambientals marquen la elecció d'un o un altre.

Els tipus de sensors més comuns són:

- Sensors d'humitat resistius

Els sensors d'humitat resistius mesuren el canvi d'impedància elèctrica d'un medi higroscòpic com un polímer conductiu, sal, o substrat tractat, i normalment consten d'elèctrodes de metall nobles dipositats en un substrat per tècniques de fotoresistència o elèctrodes de cable enrotllats en un plàstic o cilindre de got. Aquests sensors absorbeixen el vapor d'aigua i els grups funcionals iònics es dissocien, ocasionant un augment en la conductivitat elèctrica i per tant en la resistència.

El temps de resposta per la majoria dels sensors resistius s'estén de les 10 a 30 segons per a un canvi d'humitat relativa d'un 63% i la gamma d'impedància d'elements resistius típics varia d'1 k $\Omega$  a 100 M $\Omega$ .

En ambients residencials i comercials, l'esperança de vida d'aquest tipus de sensors és de més de 5 anys, però l'exposició a vapors químics o altres contaminants poden conduir a una fallada prematura. Un altre desavantatge d'alguns sensors resistius és la seva tendència a canviar de valor quan s'exposen a condensacions si s'utilitza una capa d'aigua soluble i per això els sensors d'humitat resistius requereixen compensació en temperatura en ambients amb fluctuacions altes ( $>10^{\circ}\text{C}$ ).

La seva petita mida, baix cost, intervariabilitat i estabilitat a llarg termini fan aquests tipus de sensors adequats per l'ús en productes de control i exhibició per aplicacions industrials, comercials i residencials.





**Figura 37.** Sensor d'humitat resistiu.

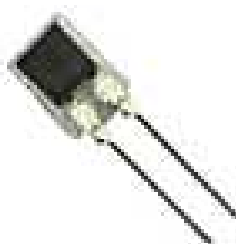
([http://www.microelectronicash.com/index.php?secc=catalogo&codigo\\_de\\_subrubro=S-HUM](http://www.microelectronicash.com/index.php?secc=catalogo&codigo_de_subrubro=S-HUM))

- Sensors d'humitat capacitius

Els sensors d'humitat capacitius consten d'un substrat en el qual una pel·lícula prima d'òxid de polímer o metall es diposita entre dos elèctrodes conductius. La superfície de detecció es cobreix amb un elèctrode de metall porós per protegir-lo de la contaminació i exposició a la condensació i el canvi incremental a la constant dielèctrica d'un sensor d'humitat capacitiu és gairebé directament proporcional a la humitat relativa de l'ambient circumdant.

Els sensors capacitius són caracteritzats per tenir un coeficient de temperatura baix, habilitat per funcionar a temperatures altes (fins a 200°C), plena recuperació de la condensació i resistència raonable a vapors químics, també dir que el seu temps de resposta s'estén de 30 a 60 segons per a un canvi d'humitat relativa d'un 63%, són de baix cost i mida petita.

Per tal d'evitar els efectes capacitius dels cables, el circuit d'acondicionament d'aquest tipus de sensors a d'estar a prop del sensor.



**Figura 38.** Sensor d'humitat capacitiu.

(<http://guarico.com.ve/?p=1632>)

- Sensors d'humitat de conductivitat tèrmics

Al contrari que els dos tipus de sensors anteriors, els sensors d'humitat de conductivitat tèrmics, mesuren la humitat absoluta quantificant la diferència entre la conductivitat tèrmica del aire sec i la de l'aire que conté el vapor d'aigua.



Els sensors d'humitat de conductivitat tèrmics (o sensors d'humitat absoluts) consten de dos termistors NTCs en un circuit de ponts on un està recollit hermèticament en nitrogen sec i l'altre està exposat a l'ambient, quan el corrent es passa a través dels termistors, l'escalfament resistiu augmenta la seva temperatura fins a més de 200°C. La calor dissipada del termistor impermeabilitzat és més gran que la del termistor exposat a causa de la diferència en la conductivitat tèrmica del vapor d'aigua en comparació amb el nitrogen sec. Com que la calor dissipada produeix temperatures operatives diferents, la diferència en resistència dels termistors és proporcional a la humitat absoluta.

En general, els sensors d'humitat absoluta proporcionen una millor resolució a temperatures de més de 200°C que els sensors resistius i capacitius i poden ser utilitats en aplicacions on aquests sensors no sobreviuen.



**Figura 39.** Sensor d'humitat de conductivitat tèrmic.  
(<http://www.ambimet.cl/equipos-cientificos/equipos/sensor-5te.html>)

### 3.5.3. Anemòmetre

Per tal de poder mesurar la velocitat del vent fora del hivernacle i així poder prendre la decisió d'obrir o tancar les finestres, s'utilitzarà un anemòmetre que anirà col·locat al sostre d'aquest per la part exterior, i aquest ha de poder mesurar en el rang de 10 a 120 km/h i tenir una exactitud mínima de  $\pm 5\%$ .

Al mercat podem trobar diferents tipus d'anemòmetres per mesurar la velocitat del vent, els més comuns són:

- Anemòmetre de cassoles

L'anemòmetre de cassoles és el més comú i econòmic de tots, està compost per un eix en orientació vertical i tres cassoles que absorbeixen i capturen el vent.

La quantitat de revolucions per segon són capturades i registrades en forma electrònica per a poder dur un registre amb tots les dades a fi que totes les mesures siguin registrades i tinguin el major caràcter de precisió possible.



**Figura 40.** Anemòmetre de cassoles.  
([http://www.bellera.org/molins/vent\\_velocitat\\_cassoles.htm](http://www.bellera.org/molins/vent_velocitat_cassoles.htm))

- Anemòmetre de filament calent

Aquest tipus, s'utilitza per mesurar els canvis sobtats de la velocitat del vent, especialment en les turbulències, i consisteix en un fil de platí o níquel escalfat elèctricament on l'acció del vent té per efecte refredar-lo i fer variar així la seva resistència, d'aquesta manera, el corrent que travessa el fil és proporcional a la velocitat del vent.



**Figura 41.** Anemòmetre de filament calent.  
(<http://es.rs-online.com/web/3270640.html>)

- Anemòmetre Làser de Doppler

Aquest anemòmetre utilitza un làser que és dividit i enviat a l'anemòmetre, la tornada del làser decau per la quantitat de molècules d'aire en el detector, on la diferència entre la radiació relativa del làser en l'anemòmetre i la tornada de radiació, són comparats per a determinar la velocitat de les molècules d'aire i per tant la velocitat del vent.

- Anemòmetre ultrasònic

Aquests anemòmetres són els que tenen un cost més elevat, utilitzen ones sonores ultrasòniques per mesurar velocitat i direcció del vent i mesuren la velocitat del vent basada en el temps de vol dels polsos ultrasònics entre parells de transductors. Les mesures des de parells de transductors es poden combinar per produir una mesura de 1, 2 o 3 dimensions, la resolució espacial és donada per la distància entre els transductors, que típicament és de 10 a 20 cm.

La manca de parts mecàniques fan que no tinguin cap mena de manteniment i siguin menys susceptibles a gelades, però el seu principal desavantatge és la distorsió del flux generat per l'estructura que dona suport als transductors, que exigeix una correcció basada en càlculs de túnel de vent per tal de minimitzar l'efecte.



**Figura 42.** Anemòmetre ultrasònic.  
(<http://ca.wikipedia.org/wiki/Anem%C3%B2metre>)

#### 3.5.4. Sensors de nivell

Per tal de saber si els dipòsits estan buits utilitzarem sensors de nivell en el mercat podem trobar diferents tipus de sensors de nivell per detectar la quantitat de líquid en un tanc, el càlcul de nivell tant pot ser continu com d'un sol punt. Els sensors de nivell continus mesuren nivell dins d'una gamma especificada i s'utilitzen per saber la quantitat exacta de líquid en un cert lloc i els sensors de nivell de punt només mesuren un nivell específic, generalment s'utilitzen per detectar alarmes de nivell alt o alarmes de nivell baix.

Els tipus de sensors més comuns són:

- Sensor de nivell magnètic amb flotador

Els sensors de nivell magnètic amb flotador, són sensors de nivell a un sol punt, el seu principi de funcionament implica l'obertura o tancament d'un interruptor mitjançant làmines magnètiques. En aquests tipus de sensor, la commutació succeeix quan un imant permanent segellat dins el flotador puja o cau respecte el nivell de control deixant passar o no (depenent de l'estat inicial) una certa corrent d'entrada, aquest operen bé en una gran varietat de líquids, incloent-hi els corrosius, són de dimensions reduïdes i els més econòmics de tots.



**Figura 43.** Sensors de nivell magnètic amb flotador.  
(<http://www.medicionycontrol.com.co/instrumentacion/nivel/flotador/multiple.html>)

- Sensor de nivell pneumàtic

De la mateixa manera que els sensors de nivell amb flotador, els sensors de nivell pneumàtics són de detecció a un sol punt i el seu ús és indicat en llocs on existeixen condicions perilloses, on no hi ha electricitat o el seu ús és restringit i en aplicacions que impliquen fang pesat o adob semi líquid.

Aquests sensors tenen un interruptor intern que s'activa amb la compressió d'una columna d'aire contra un diafragma i són adequats per líquids altament viscosos com greix.



**Figura 44.** Sensors de nivell pneumàtic.

([http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/Trabajos%202005/Nivel\\_Liquido/pag7.htm](http://www.industriaynegocios.cl/Academicos/AlexanderBorger/Docts%20Docencia/Seminario%20de%20Aut/trabajos/Trabajos%202005/Nivel_Liquido/pag7.htm))

- Sensor de nivell conductiu (amb elèctrodes)

Els sensors de nivell conductius són ideals per controlar nivell a un sol punt d'una àmplia gamma de líquids conductius com aigua i estan especialment recomanats per líquids altament corrosius com la sosa càustica, el sulfamat, l'àcid nítric, el clorur fèrric o líquids similars.

El funcionament d'aquests tipus de sensors consisteix a mesurar de manera continua la conductivitat del líquid i al detectar un canvi bruscat d'aquesta significarà que el nivell de líquid està per sota del punt de control del sensor.



**Figura 45.** Sensors de nivell conductiu.

([http://www.vega.com/es/Interruptores\\_de\\_nivel\\_Conductivo\\_VEGAKON66.htm](http://www.vega.com/es/Interruptores_de_nivel_Conductivo_VEGAKON66.htm))

- Sensor de nivell ultrasònic

Els sensors de nivell ultrasònics són ideals per la detecció de nivell sense contacte de líquids altament viscosos com oli pesat, greix, làtex, i adobs semi líquids així com la majoria de sòlids com ciment, sorra, fibra o arròs. Els sensors emeten ones acústiques a alta freqüència (20 kHz a 200 kHz) que es reflecteixen i són detectades pel propi transductor que emet.

Les turbulència, l'escuma, les boirines químiques (vapors) i els canvis a la concentració del material, poden afectar la resposta del sensor ultrasònic, el muntatge és molt important per assegurar que les ones sonores es reflecteixin perpendicularment al propi sensor. Altrament, la desalineació fins i tot lleugera del sensor en relació amb el material de procés redueix la quantitat d'ona sonora detectada pel transductor i per tant degrada la precisió en la detecció del nivell. Aquests tipus de sensors tenen un cost relativament elevat i poden ser utilitzats tant per la detecció de nivell continu com a un sol punt.



**Figura 46.** Sensors de nivell ultrasònic.

(<http://www.madisonco.com/madison/espanol/level/madisonic.htm>)

- Sensor de nivell de radar

Els sensors de nivell de radar són ideals per ambients humits, vaporosos i polsegosos així com en aplicacions en que les temperatures varien sovint, aquest sensor penetra les capes de temperatura i vapor que poden provocar problemes per altres tècniques com ultrasònic.

Els sensors de radar bàsicament utilitzen dues tècniques: Time Domain Reflectometry (TDR) que és una mesura de temps de vol dividit per la velocitat de la llum, similar als sensors de nivell ultrasònics i sistemes de Doppler que empen tècniques de FMCW (Frequency Modulated Continuous-wave). El gran desavantatge d'aquests sensors és el seu elevat cost.



**Figura 47.** Sensors de nivell de radar.

(<http://www.madisonco.com/madison/espanol/level/radar.htm>)

- Sensors de Nivell de Cadena Resistius

Els sensors de nivell de cadena resistius són similars als sensors de nivell de flotador magnètics ja que tenen un imant segellat dins d'un flotador, però en aquest cas, el flotador es mou amunt i avall d'una barra (de la mateixa llargària que el dipòsit) que conté interruptors i resistències espaiats als seu llarg. Quan els interruptors estan tancats, les resistències és sumen i es converteixen en corrent o senyals de voltatge que són proporcionals al nivell del líquid. El cost d'aquests sensors és elevat.

- Sensor de Nivell de Pressió Hidrostàtic

Els sensors de nivell de pressió hidrostàtics poden ser submergibles o muntables externament i són adequats per mesurar el nivell de líquids corrosius i/o en dipòsits profunds, en el mercat existeixen sensors des de 10mbar fins a 1000bar.

Com que aquests sensors mesuren pressió i aquesta és creixent amb la profunditat i a més els pesos específics de líquids són diferents, el sensor s'ha de calibrar específicament per a cada aplicació, a més a més, les variacions grans de temperatura provoquen canvis de pes específic i aquest fet s'hauria de considerar en la conversió de pressió a nivell.



**Figura 48.** Sensors de nivell de pressió hidrostàtic.

(<http://www.directindustry.es/prod/madison-company/sensores-de-nivel-hidrostaticos-11780-513199.html>)

### 3.5.5. Sensor de CE

El sensor de CE s'utilitzarà per conèixer la conductivitat elèctrica de l'aigua drenada pel cultiu hidropònic per tal de saber la quantitat de sals (nutrients) que hi han dissoltes en ella i aquest haurà de poder mesurar de 0 a 10mS/cm amb una resolució de 50  $\mu$ S/cm.

Al mercat podem trobar diferents tipus de sensors per mesurar la conductivitat elèctrica de solucions líquides, els més comuns són:

- Sensors inductius

Els sensors inductius estan formats per un cèl·lula consistent en dues bobines, una transmissora i una altra receptora, ambdues bobines es munten una al costat de l'altra i la zona de les bobines es submergeix en el líquid i aquest passa a través dels forats de les mateixes.

Per tal de poder mesurar la conductivitat elèctrica del líquid, s'ha d'aplicar una tensió alterna sinusoidal a la bobina transmissora, això produeix un corrent en el fluid proporcional a la seva conductivitat i al mateix temps, aquest corrent induïx una tensió en la bobina receptora. La conductivitat es determina mesurant aquesta segona tensió i coneixent la constant de la cèl·lula i al no existir contaminació ni polarització d'elèctrodes, la lectura és més fiable i precisa.

Aquests tipus de sensor es solen utilitzar per llegir valors de conductivitat elèctrica alts.

- Sensors de contacte amb elèctrodes

Els sensors de contacte estan formats per una cel·la consistent en una parella d'elèctrodes, per tal de poder mesurar la conductivitat elèctrica de la solució, els dos elèctrodes s'han de submergir al fluid i aplicar un tensió alterna en un d'ells, això produeix un corrent en el fluid proporcional a la seva conductivitat. Mesurant aquest corrent a la sortida de l'altre elèctrode i aplicant la llei d'Ohm s'obté el valor de la conductivitat elèctrica de la solució.

Els sensors de contacte poden estar formats per 2 o 4 elèctrodes augmentant en aquest últim cas la precisió de la mesura, però normalment s'utilitzen per mesurar valors de conductivitat baixos/mitjos i el seu cost és inferior als sensors inductius.

### 3.5.6. Sensors de mesura del contingut d'aigua al sòl

El sensor Sbib mesura la humitat, la conductivitat elèctrica i la temperatura del sòl.



**Figura 49.** *Sensor Sbib.*  
([http://www.eeza.csic.es/eeza/i\\_sbib.aspx](http://www.eeza.csic.es/eeza/i_sbib.aspx))

### 3.5.7. *Sensor de pH*

La gran majoria de sistemes de fertirrigació (reg i fertilització) es basen en el control de la conductivitat elèctrica i del pH per regular la dosificació de fertilitzants pel reg.



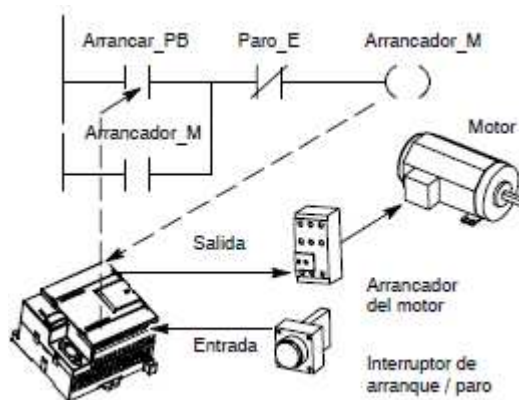
**Figura 50.** *Sensor de pH.*  
(<http://www.industriaaldia.com/catalogo/automatizacion04.asp>)



# CAPÍTOL 4: SOLUCIÓ ESCOLLIDA

## 4.1. Introducció

Donat que els equips que s'utilitzen avui en dia son molt cars, tant en la compra dels equips, com la instal·lació dels mateixos en mans de empreses del sector i davant de la possibilitat de no tenir un sistema que el client coneix-hi al cent per cent el funcionament de cadascun dels equips, i la programació dels mateixos pugui resultar difícil, em proposo a trobar una solució basada en un sistema amb PLC, amb sensors d'entrada i actuadors que facin possible tots els processos que es volen realitzar.



**Figura 51.** PLC amb actuadors i sensors.  
(manual PLC S7 SIEMENS)

Tant per el que fa al control dels sistemes de ventilació, dels sistemes de calefacció, dels sistemes de distribució d'aigües, i dels sistemes de reg, cada sistema tindrà els seu hardware i material necessaris, juntament amb la programació prèvia del PLC per el seu correcte funcionament.

### 4.1.1. ¿Que es un PLC?

Un PLC (Controlador Lògic Programable) és un dispositiu electrònic d'estat sòlid que pot controlar un procés o una màquina i que té la capacitat de ser programat o re programat ràpidament segons la demanda de la aplicació.

Va ser inventat per substituir els circuits seqüencials basats en relés que eren necessaris per el control de les màquines i funciona monitoritzant les seves entrades, i depenent del seu estat, activant i desactivant les seves sortides.

L'usuari introdueix al PLC un programa, usualment via Software, el que ocasiona que el PLC es comporti de la manera desitjada.



**Figura 52.** Aspecte d'un PLC.  
(manual PLC S7 SIEMENS)

- Breu historia dels PLC

Els PLCs van ser introduïts per primera vegada a finals de 1960. La raó principal per introduir aquest dispositiu va ser la de eliminar el gran cost que representava reemplaçar els sistemes de control basats en lògica de relés.

En el 1968, una empresa consultora anomenada Bedford Associates (Bedford, MA) va dissenyar per la General Motors un dispositiu de control que van anomenar Controlador Digital Modular (Modular Digital Controller, MODICON) 084. Altres companyies al mateix temps van proposar esquemes de control basats en computadors, un dels quals es va basar en el PDP-8. El MODICON 084 va representar el primer PLC en el món dins de la producció comercial.

La raó principal que va impulsar aquest nou tipus de control va ser que quan canviaven els requeriments de producció, també ho feia el sistema de control, i això es tornava costos sobre tot quan els canvis eren freqüents. També, com els relés son elements mecànics, tenien un període de vida limitat i amés requerien de un estricte programa de manteniment. Igualment, la resolució de problemes en la lògica de control era molt dificultosa sobretot quan estaven involucrats una gran quantitat de relés i els panells de control de les màquines incloïen cada cop més funcions que si s'utilitzava lògica a relés, aquests inclourien centenars d'ells, lo que provocava una dificultat en el cablejat dels panells.

Aquests nous controladors també tenien que ser fàcils de programar pels enginyers de planta i de manteniment, el temps de vida tenia que ser llarg i els canvis en la programació de les funcions devia ser fàcilment realitzable.

També, els nous controladors devien tenir qualitats per resistir als ambients industrials, la resposta a aquets plantejaments era utilitzar tècniques de programació que l'hi fossin familiars als tècnics de plantes (diagrames de contacte: LADDER) i a la vegada reemplaçar els relés electromecànics por uns que fossin d'estat sòlid.

A mitjans dels 70 la tecnologia dominant en els PLCs eren les màquines sequenciadors d'estats i els bit-Slice based CPU. El AMD 2901 y 2903 eren bastant populars en els PLCs de Allen Bradley i en els de MODICON. Els microprocessadors convencionals els hi faltava la potencia per satisfer els requeriments de lògica en tots els PLCs excepte en els més petits. Segons com els microprocessadors convencionals evolucionaven, es van anant construint PLCs cada cop més grans i potents.

Les possibilitats de comunicació comencen a aparèixer aproximadament en el 1973, el primer va ser el ModBus de MODICON. Els PLCs poden a partir d'aquí comunicar-se amb altres PLCs distants i intercanviar amb ells dades de les màquines controlades. Igualment es poden utilitzar per enviar i rebre voltatges variables que permet entrar al món analògic.

La falta de estandardització acoblada amb els continus canvis tecnològics van fer que la comunicació entre els PLCs fos amb infinitat de xarxes i protocols incompatibles.

En els 80 es va veure l'intent per estandarditzar les comunicacions amb el Protocol de Automatització de la Manufactura de la General Motors (MAP). En aquest temps també es va reduir el volum dels PLCs i es van fer programables mitjançant la programació simbòlica des de computadores personals, PCs en comptes de mantenir els terminals de programació dedicats a programadors "handheld".

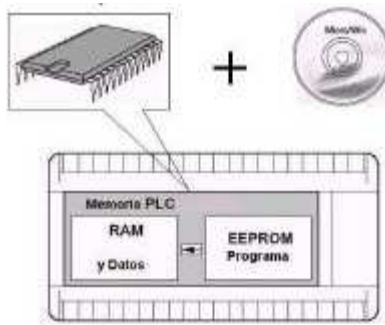
Avui en dia, el PLC més petit en el món es de la mida d'un simple relé de control. En els 90 es va veure una gradual reducció en la introducció de nous protocols, i en la modernització de les capes físiques d'alguns dels més populars protocols que van sobreviure a la dècada dels 80.

L'últim estàndard (IEC 1131-3) ha tractat d'unificar els llenguatges de programació dels PLCs sota un únic estàndard internacional. Actualment hi ha PLCs que són programables en diagrames de Blocs de Funcions, Llista de instruccions, "C++" i text estructurat, Diagrama de Contactes (LADDER) i GRAFCET al mateix temps.

- Característiques dels PLCs.

1. Tenen memòria volàtil i no volàtil:

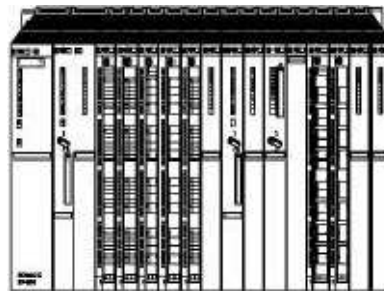
Tant el programa d'aplicació escrit per l'usuari com les dades internes del PLC, normalment es guarden en una RAM (memòria volàtil), el que permet tenir un accés més ràpid a les instruccions de programa i a les dades internes de registres, comptadors, temporitzadors, bits interns, etc. També, una vegada que s'ha depurat el programa d'aplicació, els PLCs permeten l'opció de guardar el programa en memòries tipus EEPROM (no volàtils) per poder recuperar el mateix en el cas d'un tall molt prolongat d'energia que ocasiona una pèrdua de dades de la RAM.



**Figura 53.** Tipus de memòria d'un PLC.  
(manual PLC S7 SIEMENS)

2. Capacitat modular d'entrades / sortides:

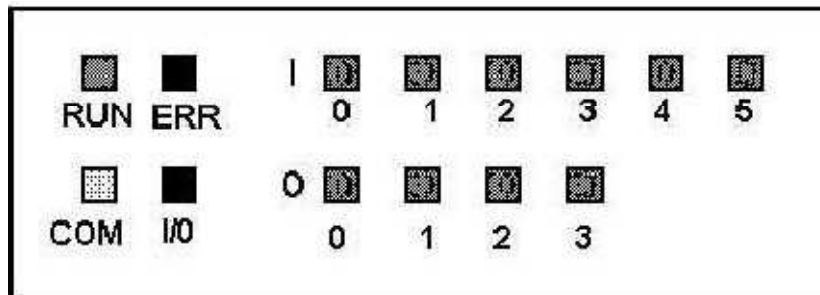
Això permet la combinació de diferents nivells i tipus de senyal d'entrada, així com també de sortides per diferents tipus de carga. Igualment si l'aplicació creix, i es requereix major número d'entrades / sortides, casi sense cap problema els PLCs poden adequar-se al nou requeriment.



**Figura 54.** Capacitat modular dels PLCs.  
(manual PLC S7 SIEMENS)

3. Auto diagnòstic d'errors:

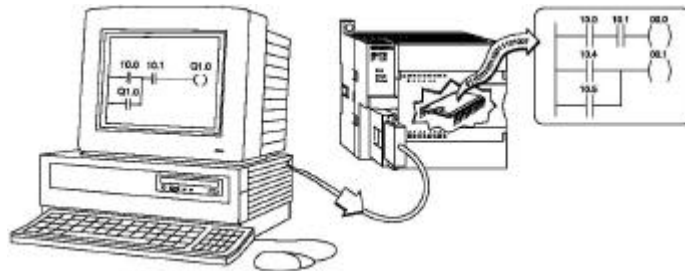
El PLC monitoritza el funcionament del seu CPU, memòria i circuit de interfases d'entrada i de sortida, i igualment monitoritza el correcte funcionament del programa d'aplicació. En tots dos casos ho senyalitza mitjançant LEDs en la seva cara frontal. Òbviament aquesta capacitat es de gran utilitat per efectes de manteniment i correcció d'errors.



**Figura 55.** Visualitzador dels estats del PLC.  
(manual PLC S7 SIEMENS)

#### 4. Programació de la lògica de control:

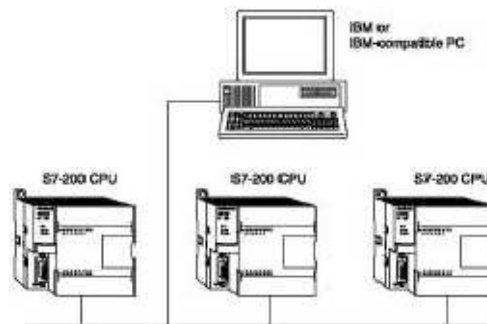
Això permet la fàcil adaptació als canvis en la lògica d'operació de les màquines i processos.



**Figura 56.** Lògica programada.  
(manual PLC S7 SIEMENS)

#### 5. Capacitat per generar informes i comunicar-se amb altres sistemes:

Amb aquesta facilitat es poden integrar interfases d'explotació home-màquina, traient al sistema major quantitat d'informació. Igualment els PLCs poden participar en xarxes de dades comunicant-se amb altres PLCs per formar sistemes de control distribuïts, o integrant-se a les xarxes administratives de la producció.



**Figura 57.** Capacitat de comunicació.  
(manual PLC S7 SIEMENS)

## 4.2. Sistema de ventilació

El sistema de ventilació que he escollit per la meva instal·lació, és la ventilació natural o passiva, basada en finestres laterals motoritzades mitjançant un motor que fa girar una barra i amb una cremallera fa obrir la finestra o tancar-la fins el final de carrera d'obertura o tancada. En el cas del cultiu d'espinaçs els plàstics del sostre es treuen, ja que necessita temperatures més baixes i no necessita cap sistema de ventilació.



**Figura 58.** Barra i cremallera  
(pròpia)

Un cop vistes les diferents tecnologies per mesurar la temperatura es pot dir que la que més s'adapta als requeriments de l'aplicació és el sensor de temperatura de tipus termistors ja que és de baix cost i proporciona una sortida proporcional a la temperatura en resistència i voltatge respectivament.

#### 4.2.1. Obertura de finestres

En el cas del cultiu de cogombres i tomàquets, les finestres s'obren sempre que la temperatura a l'interior del hivernacle supera els 30°C sempre i quan l'anemòmetre no detecta que fa un vent superior a 80 km/h, ja que si s'obren les finestres en aquestes condicions, el vent pot trencar els plàstics de les finestres.

Per la seva senzillesa de funcionament i detecció de la velocitat del vent i pel seu baix cost, s'utilitzarà un anemòmetre de cassoletes.

El motor es pararà en el moment que les finestres estiguin totalment obertes, per tant quan detecta el final de carrera d'obertura.

#### 4.2.2. Tancament de finestres

En el cas del cultiu de cogombres i tomàquets, les finestres es tanquen sempre que la temperatura a l'interior del hivernacle és inferior als 22°C o quan l'anemòmetre detecta que fa un vent superior a 80 km/h.

El motor es pararà en el moment que les finestres estiguin totalment tancades, per tant quan detecta el final de carrera de tancada.

### 4.3. Sistema de calefacció

El sistema de calefacció que he escollit per la meva instal·lació, és la calefacció a partir d'aire calent de combustió directe un calefactor elèctric i amb la ajuda de ventiladors a la meitat dels hivernacles ajuden a dispersar l'aire calent.

Aquest sistema s'utilitza en el cas dels cogombres i els tomàquets, però en el cas dels espinacs no s'utilitza ja que són capaços de suportar temperatures de -10°C i l'hivernacle està obert.



**Figura 59. Ventiladors**  
([http://www.rufepa.com/accesorios\\_de\\_cultivo.htm](http://www.rufepa.com/accesorios_de_cultivo.htm))

En aquest sistema farem servir sensor de temperatura de tipus termistors, com en el sistema de ventilació, ja que és de baix cost i proporciona una sortida proporcional a la temperatura en resistència i voltatge respectivament.

#### *4.3.1. Accionament de la calefacció*

En el cas del cultiu de cogombres i tomàquets, la calefacció s'accionarà quan la temperatura a l'interior del hivernacle és inferior als 16°C.

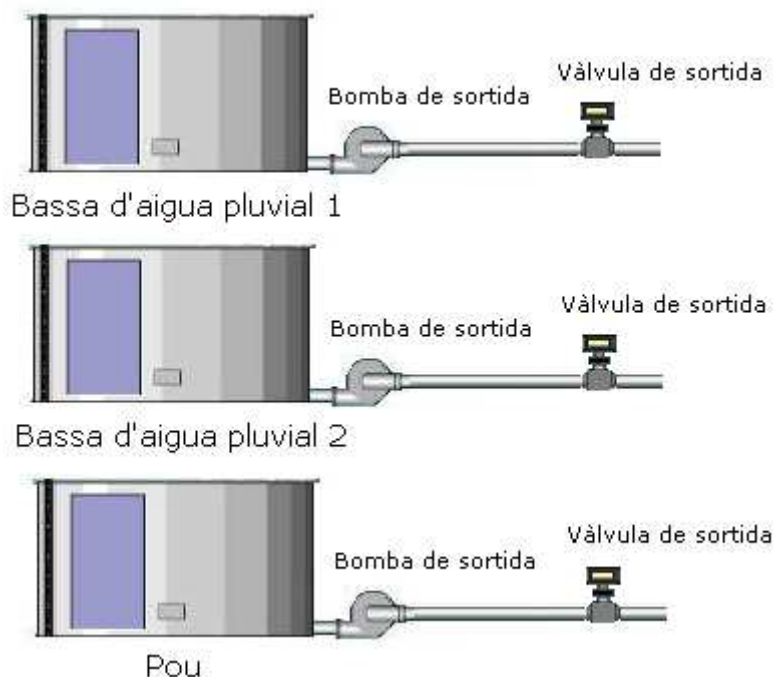
#### *4.3.2. Desconnexió de la calefacció*

En el cas del cultiu de cogombres i tomàquets, la calefacció es desconnectarà quan la temperatura a l'interior del hivernacle és superior als 20°C.

### **4.4. Sistema de distribució d'aigües**

Com he comentat anteriorment la instal·lació consta d'un pou d'aigua de mar i amés de dues basses, una de 1,5 Milions de litres i l'altre de 2,5 Milions de litres, per tant disposarem d'una bomba i vàlvules de sortida a cadascun d'aquets llocs, en primer lloc es recollirà en la bassa de 1,5 Milions de litres i en el moment que detecti un nivell baix a la bassa, l'aigua utilitzada serà la de la bassa de 2,5 Milions de litres.

Un cop vistes les tècniques més comuns existents per mesurar el nivell de líquid d'un dipòsit o tanc i tenint en compte les necessitats del nostre sistema s'optarà per utilitzar sensors de nivell de pressió hidrostàtic. S'ha escollit aquesta opció per la que els dipòsits d'aigua són de gran profunditat i gran quantitat d'aigua.



**Figura 60.** Esquema de les basses i el pou.  
(pròpia)

En el sistema de distribució d'aigües disposem de 4 dipòsits de 700 litres de capacitat, on hi haurà el dipòsit de Nitrat Potàssic, el dipòsit de Fosfat Mono potàssic, el dipòsit de Nitrat Magnesi, el dipòsit de Nitrat Amònic, en la sala de dipòsits disposarem d'una vàlvula d'entrada d'aigua del pou, una altra vàlvula d'entrada de la bassa d'aigua de pluja.

En tots els dipòsits de 700 litres, es a dir, els dipòsits d'additius, disposaran d'un sensor d'humitat al nivell baix del dipòsit, que comportarà que s'iniciï el procés d'omplir el dipòsit provinent del pou, fins que detecti el sensor col·locat al nivell alt del dipòsit també disposaran de vàlvules d'entrada d'aigua i de sortida.

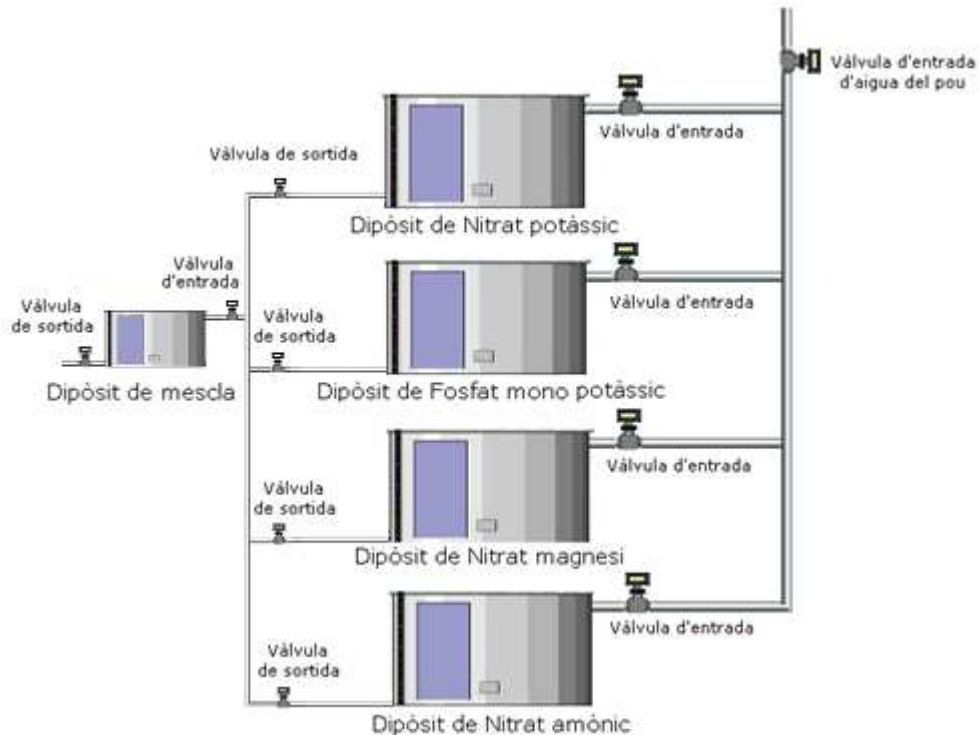
En els dipòsits d'additius s'optarà per utilitzar sensors de nivell magnètic amb flotador. s'ha escollit aquesta opció per la seva senzillesa i sobretot pel seu baix cost (molt per sota que la resta).

Un cop els dipòsits estiguin plens a la espera d'introduir els additius solubles, s'encendra un llum vermell, quan s'introdueixi els additius es podrà posar en verd manualment o mitjançant el sistema scada, ja que sense aquesta confirmació no es podran executar els processos posteriors.

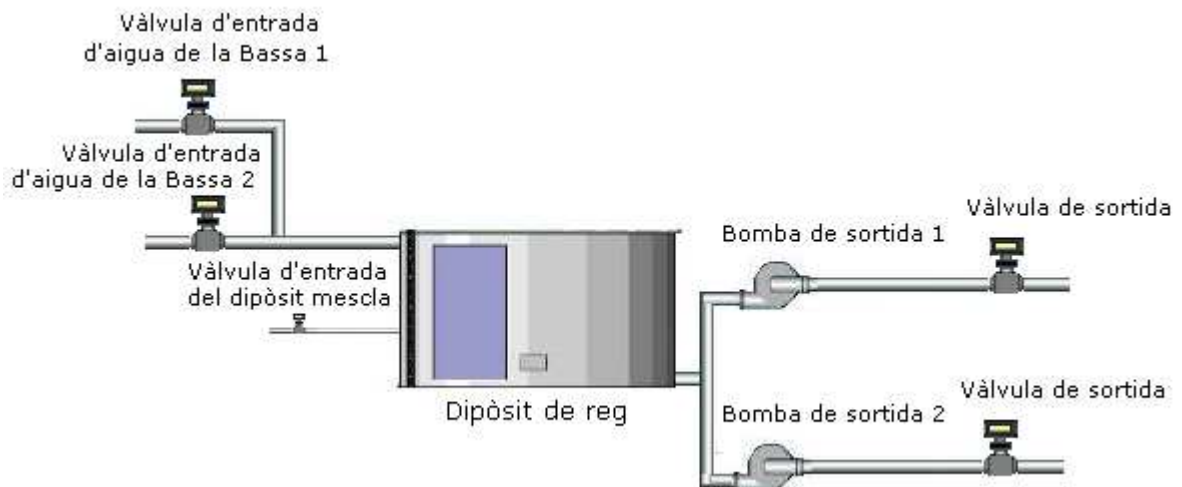
Disposem també d'un dipòsit mescla de 10 litres, on s'explica més endavant, que també disposa de sensors de nivell baix i nivell alt, aquest dipòsit servirà per fer la barreja dels additius per tenir les proporcions d'additius abans d'iniciar el reg.

Amés disposem d'un dipòsit de 1000 litres de capacitat, que serà el dipòsit de reg, que explicarem més endavant, que s'utilitzarà cada cop que s'iniciï el procés de reg.





**Figura 61.** Esquema dels dipòsits d'additius i mescla.  
(pròpia)



**Figura 62.** Esquema del dipòsit de reg.  
(pròpia)

#### 4.4.1. Dipòsit de Nitrat Potàssic

El potassi és un dels microelements que necessitem per l'agricultura. És el responsable del metabolisme d'obtenció dels hidrats de carboni i dels olis. Per tant les produccions de cultius rics en sucres i olis (patates, remolatxa sucrera, vinya, fruiters, oliveres, gira-sol, etc.) dependran molt (però no exclusivament) de la quantitat de potassi assimilable que tinguin al sòl.

Si bé les sals potàssiques es dediquen en un 90% a l'agricultura, també tenen altres aplicacions importants, indústria del vidre, saboneria, pirotècnia, explosius, etc.

Químicament, les sals potàssiques i les sòdiques tenen comportaments molt semblants, en general es prefereixen les sòdiques, més barates. Però en determinades aplicacions les sòdiques no serveixen i aleshores és quan es fan servir les potàssiques.

El dipòsit de Nitrat potàssic hi ha 10 kg de Nitrat potàssic cristal·lí soluble per cada 100 litres d'aigua.

#### *4.4.2. Dipòsit de Fosfat Mono potàssic*

Fertilitzant formulat com a cristalls de color blanc, que aporta fòsfor i potassi. Especialment recomanat per a hortalisses de sembrat directa i trasplantament, i horts de fruites en general sota sistemes de reg tecnificat.

El fòsfor es un component essencial de tots els enzims involucrats en el transport d'energia produïda en els diferents processos metabòlics de la planta. Participa en los processos de fosforilació, fotosíntesis, respiració i en la síntesis i la descomposició dels carbohidrats, proteïnes i grasses.

Es un component essencial de la membrana cel·lular, fomenta el enraïgament i la macolla dels cultius de cereals. Intervé en la floració i accelera la maduració dels fruits, facilita la assimilació del nitrogen, i és important per la formació de flors, espigues, fruits i llavors.

El potassi actua a nivell del procés de la fotosíntesi, en la translocació de fotosíntesi, síntesis de proteïnes, activació de enzims claus per varies funcions bioquímiques, millora la nodulació de les lleguminoses, etc.

Així mateix, una bona nutrició potàssica augmenta la resistència a condicions adverses com sequies o presència de malalties. Les deficiències de potassi no sols poden determinar pèrdues de rendiment, sinó també poden afectar la qualitat dels productes cultivats.

El dipòsit de Fosfat Mono potàssic hi ha 3 kg de Fosfat Mono potàssic soluble per cada 100 litres d'aigua.

#### *4.4.3. Dipòsit de Nitrat Magnesi*

El Nitrat Magnesi es un fertilitzant granulat i de alta concentració de magnesi i nitrogen, aquest últim present en la forma nítrica, ideal tant per el reg com per tractaments foliars.

El magnesi es un element essencial per el creixement de les plantes, és el únic element mineral que constitueix la clorofil·la, és activador específic de molts enzims implicats en el metabolisme dels carbohidrats, del nitrogen, de la síntesi proteica i de la síntesi de les grasses.

El nitrogen és l'element base per el augment en el desenvolupament i en la producció de les plantes, és absorbit des de l'arrel majoritàriament en forma nítrica i utilitzat en la síntesi de la clorofil·la, dels aminoàcids, de les substancies proteiques, dels enzims i del ADN.

Gracies a la presència simultània i equilibrada de magnesi i nitrogen nítric, pot ser considerat un adob de rapit efecte, la cuota nítrica estimula el desenvolupament vegetatiu i, simultàniament, la absorció del magnesi, millorant el creixement, el desenvolupament i la coloració de la vegetació, reduint la incidència de les fisiopaties de la deficiència de magnesi.

Serveix, per lo tant, para intervenir ràpidament, cada cop que es desitgi dona a la planta un estímul de creixement a les parts verdes (fulles i fruits) donant una coloració verda brillant.

A nivell d'aplicació, s'aconsella tractaments repetits durant el cicle de creixement complet sobre tot combinats amb altres fertilitzants hidrosolubles amb baixa concentració de nitrogen.

El dipòsit de Nitrat Magnesi hi ha 3 kg de Nitrat Magnesi soluble per cada 100 litres d'aigua.

#### 4.4.4. Dipòsit de Nitrat Amònic

El nitrat amònic, pel seu gran contingut en nitrogen (33,5%), i tot en forma amoniacal i nítrica, és un adob ideal per l'agricultura, s'ha de dir que és molt bo, però que no se'n ha d'abusar. Si l'apliquem en quantitats superiors al que poden assimilar les plantes, (aquí també hi compta la velocitat d'absorció per les plantes), serà rentat per l'aigua de pluja o rec i arrossegat cap a les capes freàtiques. En contra del que es diu, el nitrat en sí no significaria cap perill per la salut, però en part es reduirà a nitrit, i aquest sí que és perillós, doncs ens donarà les nitrosamines i altres compostos perillosos.

D'aquí ve el gran problema de l'anomenada contaminació de les aigües per nitrats. Si hi afegim que els purins que es tiren al camp ja porten nitrats, l'aportació total pot ser massa gran.

S'han d'estudiar bé les dosis. A Alemanya la Llei ja preveu uns màxims per hectàrea de conreu. Aquí encara no.

Fetes aquestes consideracions, direm que el nitrat amònic és un adob molt interessant, a part d'altres aplicacions, com la fabricació d'explosius, etc. Ara ens interessa estudiar-ne una mica dues característiques específiques.

El nitrat amònic és un gran comburent (oxidant, fort contingut d'oxigen, i molt reactiu). Això el fa particularment perillós. És l'únic adob amb legislació especial per la seva perillositat.

S'ha de manipular amb molt de compte. L'altra característica que ens interessa avui és que és un producte obtingut a partir de gasos (nitrogen, oxigen, vapor d'aigua) amb intermedis gasosos o líquids (amoníac, àcid nítric), però que com a producte final cal presentar-lo en forma de sòlid, la més fàcilment manipulable pel pagès. I un producte sòlid ha de complir una sèrie de condicions especials en la seva presentació. No haurem de respondre únicament de la seva composició química, sinó també d'una sèrie de propietats físiques que garanteixin la facilitat de la seva manipulació. A títol d'exemple, aplicable en general a tots els productes sòlids:

- Granulometria determinada (entre 1 a 4 mm).
- Màxima uniformitat possible del gra.
- Duresa del gra que permeti manipulació i magatzematge
- Absència de pols
- Higroscopicitat baixa
- No agrumollable, no compactable, etc.

- Fluïdesa (facilitat de buidar sitges, sacs, etc.)

Tot això obligarà a tractaments complementaris de la fabricació pròpiament dita.

El dipòsit de Nitrat Amònic hi ha 3 kg de Nitrat Amònic soluble per cada 100 litres d'aigua.

#### *4.4.5. Dipòsit mescla*

El dipòsit mescla a diferència dels dipòsits d'additius, que depenen de si està buit o ple, el dipòsit mescla també depèn de les proporcions d'additius.

En primer lloc quan el dipòsit de mescla està buit, sempre que els dipòsits d'additius estiguin plens i amb la confirmació que s'ha introduït els additius solubles, s'encendra el bufador que farà arribar aire als dipòsits d'additius i provocarà bombolleig per barrejar-se.

S'obrirà la vàlvula d'entrada del dipòsit mescla i el de sortida del dipòsit de nitrat potàssic, fins que el dipòsit mescla estigui un 55% ple, aproximadament en uns 5,5 litres, llavors es tancarà la vàlvula del dipòsit de nitrat potàssic.

A continuació s'obrirà la vàlvula del dipòsit de nitrat mono potàssic per omplir-se un 20% més, fins aproximadament uns 7,5 litres i es tancarà, després s'obrirà la vàlvula del dipòsit de nitrat amònic per omplir-se un 15% més fins aproximadament uns 9 litres, i es tancarà.

Finalment s'obrirà la vàlvula del dipòsit de nitrat magnesi per omplir el dipòsit mescla totalment, i es tancarà la vàlvula juntament em la vàlvula d'entrada del dipòsit mescla, i el bufador s'apegarà.

Tots aquest procés estarà controlat per sensors de nivell conductiu (amb elèctrodes).

#### *4.4.6. Dipòsit de reg*

El dipòsit de reg que s'accionarà cada cop que s'hagi de regar algun cultiu, en primer lloc si el dipòsit mescla està ple, s'obrirà la vàlvula de sortida del mateix perquè tots els additius entrin al dipòsit de reg, un cop es detecti que el dipòsit de mescla està buit, es tancaran tan la vàlvula de sortida del mateix i la vàlvula d'entrada del dipòsit mescla al de reg.

A continuació, s'encendra la bomba de la bassa d'aigua pluvial més petita, i s'obrirà la vàlvula de sortida, s'omplirà el dipòsit de reg fins que el sensor de conductivitat elèctrica, prèviament calibrat detecti que hi ha un nivell de CE de 2,8 i es pararan les bombes i les vàlvules es tancaran.

S'encendra la bomba 1, més potent, en cas de regar espinacs per aspersors, o la bomba 2, en cas de regar els tomàquets i cogombres, en aquest cas a gota a gota.

El procés no finalitzarà fins que detecti que el dipòsit està buit, que apagarà les bombes i tancarà les vàlvules.

Per la mesura de la conductivitat elèctrica de l'aigua drenada del cultiu hidropònic s'utilitzarà un sensor de contacte amb 2 elèctrodes ja que aquest és el que més s'adapta als nostres requeriments; valors de conductivitat baixos i baix cost.

En els dipòsits de reg s'optarà com en els dipòsits d'additius per utilitzar sensors de nivell magnètic amb flotador.

## 4.5. Sistema de reg

### 4.5.1. Reg dels cogombres i tomàquets

Els cogombres i els tomàquets necessiten com a mínim dos regs al dia, amb un dipòsit de reg es suficient per cada hivernacle, cada cop que es necessiti regar, però per si de cas utilitzarem un sensor d'humitat en el sol dels hivernacles per si la terra esta molt seca degut a les altes temperatures, accionar un reg addicional.

Aquest reg es realitzarà a les 9 del mati i a les 18 hores, mitjançant el gota a gota amb uns tubs de 16 mm de diàmetre i forats a cada 0,38 m, on hi haurà una planta de cogombres, amb una pressió de 2 kg.

Al iniciar-se el reg, s'encendra la bomba 2, i s'obrirà la vàlvula de sortida, juntament em la vàlvula del hivernacle que es regarà, fins que el dipòsit de reg es buidi.

Per mesurar la humitat relativa es poden descartar els sensors de conductivitat tèrmica ja que aquests mesuren la humitat absoluta, i els sensors resistius, per les seves característiques són els més apropiats.

### 4.5.2. Reg dels espinacs

Els espinacs necessiten una humitat constant i per això utilitzarem un sensor d'humitat en el sol dels hivernacles per si la terra esta molt seca degut a la falta de pluja, s'accionarà el reg. Es necessitarà un dipòsit de reg per cada zona de reg, que en els hivernacles 1, 2 i 3 hi ha 5 zones, cadascuna amb sensors d'humitats al sol, i al hivernacle 4, 4 zones de reg.

Aquest reg es realitzarà cada cop que el sensor detecti falta d'humitat, mitjançant aspersors amb uns tubs de 45 mm de diàmetre i forats a cada metre, amb una pressió de 3 kg. Hi haurà prioritats, és a dir en primer lloc el sistema controlarà el primer hivernacle, si la primera zona esta humida passarà a la segona, i així successivament, després farà el mateix en el hivernacle 2, 3 i 4, per evitar que els regs es solapin.

Al iniciar-se el reg, s'encendra la bomba 2, i s'obrirà la vàlvula de sortida, juntament em la vàlvula del hivernacle que es regarà, fins que el dipòsit de reg es buidi.

Com hem utilitzat per el reg de cogombres i tomàquets, s'utilitzaran els sensors resistius.

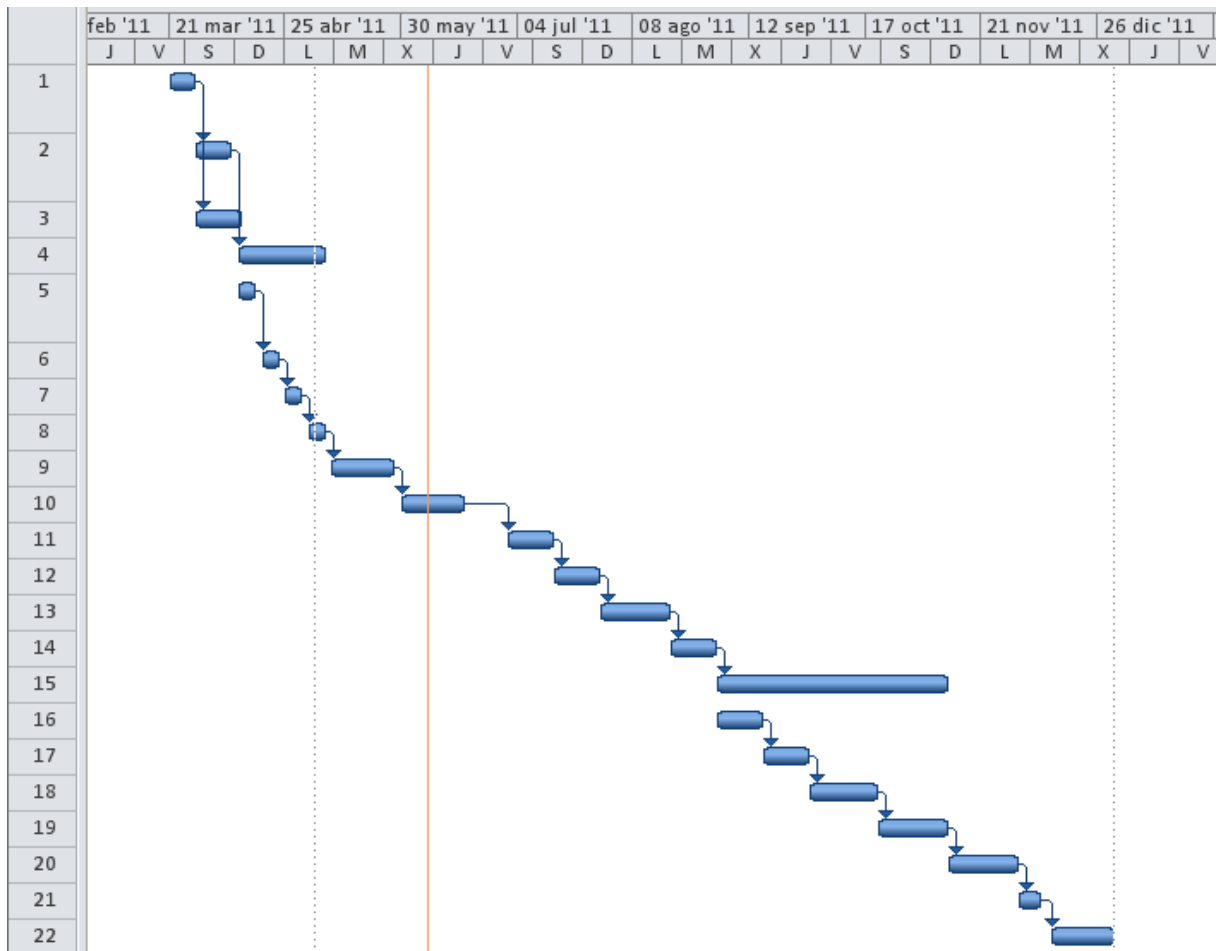


# CAPÍTOL 5: PLANIFICACIÓ

A continuació es disposarà a la planificació realitzada per executar el PFC1 i el pla d'execució del PFC2 en els diagrames de Gantt corresponents realitzats amb el programa especialitzat Microsoft Project.

	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		Definició objectius i objecte PFC	6 días	lun 21/03/11	lun 28/03/11	
2		Motivacions i justificacions	9 días	mar 29/03/11	vie 08/04/11	1
3		Estat de l'art	10 días	mar 29/03/11	lun 11/04/11	1
4		Explicació del cas	20 días	lun 11/04/11	vie 06/05/11	2
5		Característiques de les instal·lacions	5 días	lun 11/04/11	vie 15/04/11	
6		Necessitats dels cultius	5 días	lun 18/04/11	vie 22/04/11	5
7		Sistemes de control	5 días	lun 25/04/11	vie 29/04/11	6
8		Sensors	5 días	lun 02/05/11	vie 06/05/11	7
9		Solució escollida	15 días	lun 09/05/11	vie 27/05/11	8
10		Memoria	15 días	lun 30/05/11	vie 17/06/11	9
11		Hardware	10 días	vie 01/07/11	jue 14/07/11	10
12		Software	10 días	vie 15/07/11	jue 28/07/11	11
13		SCADA	15 días	vie 29/07/11	jue 18/08/11	12
14		Planols	10 días	vie 19/08/11	jue 01/09/11	13
15		Simulador	50 días	vie 02/09/11	jue 10/11/11	14
16		Hardware simulador	10 días	vie 02/09/11	jue 15/09/11	
17		Software simulador	10 días	vie 16/09/11	jue 29/09/11	16
18		SCADA simulador	15 días	vie 30/09/11	jue 20/10/11	17
19		Muntatge simulador	15 días	vie 21/10/11	jue 10/11/11	18
20		Pressupost	15 días	vie 11/11/11	jue 01/12/11	19
21		Conclusions	5 días	vie 02/12/11	jue 08/12/11	20
22		Memoria	15 días	lun 12/12/11	vie 30/12/11	21

**Figura 63.** Planificació PFC.  
(pròpia)



**Figura 64.** Diagrama de Gantt de la planificació PFC. (pròpia)



# **CAPÍTOL 6:**

# **BIBLIOGRAFIA**

- [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm)
- [http://www.fecyt.es/especiales/cultivos\\_hidroponicos/index.htm](http://www.fecyt.es/especiales/cultivos_hidroponicos/index.htm)
- <http://articulos.infojardin.com/jardin/abonos-organicos-minerales-liquidados.htm>
- <http://www.insemur.com/instalaciones%20baja%20tension.htm>
- <http://www.fertilizando.com/articulos/Sistemas%20Mecanicos%20usados%20en%20la%20Inyeccion%20de%20Fertilizante.asp>
- <http://www.horticom.com/fitech1/amarhuen.html>
- [http://www.elriego.com/informa\\_te/materiales\\_riego/indice.htm](http://www.elriego.com/informa_te/materiales_riego/indice.htm)
- <http://www.automation.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/Pages/Default.aspx>
- [http://www.inia.cl/codesser/docs/Equipos\\_de\\_filtraje\\_fertilizacion\\_control\\_y\\_automatizacion\\_en\\_riego\\_localizado.pdf](http://www.inia.cl/codesser/docs/Equipos_de_filtraje_fertilizacion_control_y_automatizacion_en_riego_localizado.pdf)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Anemometer#Velocity\\_anemometers](http://en.wikipedia.org/wiki/Anemometer#Velocity_anemometers)
- <http://www.sensoragri.com/home.php>
- <http://agrarias.tripod.com/invernaderos.htm>