



Universidad  
Zaragoza



e s c u e l a  
p o l i t é c n i c a  
s u p e r i o r  
d e h u e s c a

## TRABAJO FIN DE GRADO

# INSTALACIÓN DE INVERNADEROS PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS FUERA DE ESTACIÓN EN CULTIVO HIDROPÓNICO EN GARRAPINILLOS (ZARAGOZA)

## 1. MEMORIA

AUTOR:	IGNACIO PEMÁN POZA
TITULACIÓN:	GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL
DIRECTORES:	JOAQUÍN AIBAR LETE JAVIER GARCÍA RAMOS
CENTRO:	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR (HUESCA)
FECHA:	DICIEMBRE DE 2015

## ÍNDICE

1. Antecedentes y objetivo .....	1
2. Justificación del cultivo hidropónico y material elegido .....	2
3. Calidad del agua .....	5
4. Estudio climático .....	5
5. Cultivos a implantar .....	8
6. Solución nutritiva .....	13
7. Necesidades hídricas .....	15
8. Distribución de riegos y drenajes producidos .....	16
9. Necesidades de mano de obra .....	18
10. Estudio geotécnico .....	21
11. Balsa de riego .....	21
12. Justificación del cálculo estructural .....	22
13. Instalaciones del invernadero .....	26
14. Instalaciones de la nave .....	29
15. Gestión de residuos.....	32
16. Resumen presupuesto .....	33
17. Estudio económico .....	34

## 1. Antecedentes y objetivo

El presente proyecto tiene como objetivo la determinación de las características técnicas, constructivas y presupuestarias de la instalación de una explotación para la producción forzada de hortalizas en cultivo hidropónico con fines comerciales. Dicha explotación se encuentra en las parcelas 63, 178, 179, 180, 181, 184 y 185 del polígono 163 en las afueras de Garrapinillos, Zaragoza. La superficie total de la que se dispone es de 3,1 hectáreas. Se accede mediante el Camino de Casa Berdejo el cual comunica con la Carretera del Aeropuerto de Zaragoza (N-125). El Canal Imperial de Aragón se encuentra muy próximo, proviniendo de éste el agua de riego de la zona. Actualmente el campo es empleado para cultivos de regadío (maíz, alfalfa, cereales). Mediante este proyecto se consigue intensificar la producción en esta superficie.

La producción irá destinada al abastecimiento directamente tanto de los minoristas de la zona como a Mercazaragoza. La proximidad a la ciudad de Zaragoza hace más fácil la comercialización del producto.

Se pretende también lograr el título de Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, especialidad Explotaciones Agropecuarias, en la Escuela Politécnica Superior de Huesca, por parte del alumno Ignacio Pemán Poza, con N.I.F. 72990165-X.

La característica general del proyecto es la instalación de tres invernaderos, con una total de 12960 m<sup>2</sup> cubiertos, para la producción de hortalizas fuera de estación mediante el sistema de cultivo hidropónico. Esta es una técnica especial de producción de hortalizas cuya característica principal es el cultivo fuera del suelo utilizando un sustrato en contenedores, a los que se va añadiendo paulatinamente una solución nutritiva (macronutrientes + micronutrientes disueltos en el agua) acorde a las necesidades específicas de cada cultivo en cada momento.

Se opta por esta técnica especial de cultivo debido a la exigencia de mercado, tanto en fechas como en calidad, para acceder a unos buenos precios de venta. También con este método se consiguen mayores producciones que en cultivo tradicional, pues las plantas alcanzan con este cultivo el máximo biológico y pueden expresar todo su potencial al no tener ningún parámetro limitante. Los cultivos en invernadero representaron en su momento un gran avance en la agricultura. Los cultivos “sin suelo” son un paso más en el avance hacia la modificación tecnológica para conseguir una mayor calidad, uniformidad y cantidad de productos.

Existen multitud de sistemas de cultivo sin suelo, y en este caso se escoge el cultivo hidropónico en sacos de perlita B-12 con aporte de solución nutritiva por aporte de irrigación superficial discontinua y con recuperación de los drenajes de riego, mediante un sistema de canalización instalado bajo los sacos. Dicho material estará contenido en lo que se conoce como Unidad de Cultivo (UC). Cada una tendrá 1,2 metros de longitud.

Las instalaciones que deberá albergar la explotación para llevar a cabo este proyecto constan de tres invernaderos de 48 m de ancho por 90 m de largo (4320 m<sup>2</sup> cada uno). Las UC se colocarán paralelamente al eje longitudinal del invernadero, dejando 1,5 metros entre líneas, de tal manera que hay 31 líneas de cultivo por invernadero. En cada extremo del invernadero

se dejan 1,8 m de pasillo, de forma que cada línea tiene un total de 86,4 m de longitud, con un total de 72 UC por línea. Con estos márgenes, la superficie cultivada es de 4018 m<sup>2</sup>.

Una vez colocadas las UC en su sitio definitivo se procederá a realizar los agujeros en las balas, en cuyo interior se emplazarán los cultivos definitivos. Los agujeros se realizarán a 20 cm del borde y a 40 cm entre plántulas. Así quedarán los cultivos establecidos a un marco de plantación de 1.5 x 0.4 m, para los cultivos de fruto y a un marco de 0,75 x 0.4 m y doble línea para los de hoja. La vida útil de estos sacos está estimada en tres años de cultivo.

En los invernaderos se implantarán al principio los cultivos hortícolas: tomate de primavera, pimiento verde, judía verde, pepino, calabacín, lechuga, acelga y borraja. Si bien con el paso de las campañas, la mayor adaptación y menor problemática de determinados cultivos pueda optar a variaciones en los porcentajes de superficie iniciales destinadas a estos cultivos o a la inclusión en la lista de otros nuevos. Por ello todos los invernaderos estarán diseñados para hacer frente en un futuro a un monocultivo de tomate, tomando éste como referencia de diseño, pues es el más exigente.

Los invernaderos dispondrán de ventilación lateral y cenital, pantalla térmica, red de drenajes, malla anti-insectos/anti-trip y sistema de riego. Este último está diseñado a base de riego por goteo y cabezal para la inyección de los abonos.

A su vez se construirá un edificio de servicios tipo nave agrícola almacén, con pórticos metálicos. Albergará la oficina (también se usará como sala de atención al cliente), vestuarios, almacén para los productos necesarios en la explotación, la sala técnica y dos cámaras frigoríficas para poder guardar productos recolectados en espera de su posterior comercialización. Las dimensiones de la misma serán de 32 x 20 con una superficie construida de 640 m<sup>2</sup>, teniendo una altura de pilar de 6 metros y una altura a cumbrera de 7 metros.

Además se ha de construir una balsa para la disponibilidad continua de agua, con una capacidad suficiente para almacenar el agua de riego durante 4 semanas en el período más desfavorable, siendo agosto el mes con mayores requerimientos hídricos.

La balsa excavada contará con una altura (h) de 3 metros, una superficie menor de 27,5x27,5 (A=756 m<sup>2</sup>), una superficie mayor de 30,5x30,5 (B=930 m<sup>2</sup>) y una superficie intermedia de 29x29 (Bm=841 m<sup>2</sup>). Los 4 laterales tendrán forma trapezoidal. De esta manera tendrá V=2525 m<sup>3</sup> de capacidad, satisfaciendo las necesidades requeridas.

## 2. Justificación del cultivo hidropónico y material elegido

Por cultivo sin suelo, se entiende cualquier sistema que no emplea el suelo para su desarrollo, pudiéndose cultivar en una solución nutritiva, o sobre cualquier sustrato con adición de solución nutriente.

El término sustrato se aplica en horticultura a todo material distinto del suelo autóctono, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por lo tanto, un papel

de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. Entre los diferentes criterios de clasificación de los sustratos, merece ser destacado el que se basa en las propiedades de los materiales:

- 1) Químicamente inertes (no actúan sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico, C.I.C): arena granítica o silicea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, vermiculita, etc.
- 2) Químicamente activos (actúan sobre la C.I.C): turbas rubias y negras, corteza de pino, materiales ligno-celulosos, etc.

Las características que ha de reunir un sustrato para utilizarse en un cultivo sin suelo son:

#### - PROPIEDADES FÍSICAS

- a) Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- b) Suficiente suministro de aire que evite la asfixia radicular.
- c) Distribución del tamaño de las partículas que mantengan las condiciones antes mencionadas.
- d) Elevada porosidad (30-40 %).
- e) Estructura estable, que impida la contracción o expansión del medio.

#### - PROPIEDADES QUÍMICAS

- a) Baja o apreciable C.I.C, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- b) Nivel mínimo de salinidad.
- c) Elevada capacidad tampón, capacidad de mantener constante el pH.
- d) Mínima velocidad de descomposición.

#### - OTRAS PROPIEDADES

- a) Libre de semillas de malas hierbas, nematodos y otros patógenos, y sustancias fitotóxicas.
- b) Reproductividad y disponibilidad.
- c) Bajo coste.
- d) Fácil de mezclar.
- e) Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- f) Resistencia a cambios físicos, químicos y ambientales.

La elección del material que se va a emplear como soporte para los cultivos, determinará el manejo posterior necesario en la explotación. Hay que tener unos cuantos parámetros en consideración:

- La disponibilidad del mismo.
- La finalidad de la producción.
- Su coste.
- Sus propiedades.
- La experiencia en su utilización.
- Su impacto ambiental.

El material elegido será perlita B-12 con las siguientes características:

- Se trata de un silicato aluminico de origen volcánico.
- Alto contenido en aire (3,83 l/saco) sin compactarse.
- Alto contenido en agua fácilmente asimilable y agua de reserva (5,59 L/saco) y bajo contenido en agua difícilmente asimilable (0,4 L/saco).
- Óptima relación aire/agua.
- Facilidad de instalación.
- Material inerte, homogéneo y estable.
- Producto nacional, lo que disminuye los costes de transporte.
- Gran capacidad de amortiguación frente a errores.
- Peso ligero (5 kg/saco).

La unidad de cultivo de perlita B-12 tendrá las siguientes características:

- Tipo de contenedor: saco.
  - Plástico coextrusionado de 800 galgas de espesor.
  - Blanco por su cara exterior.
  - Negro en la interior.
- Longitud: 120 cm.
- Diámetro: 22 cm.
- Volumen: 40 l.
- Peso: 5 kg / saco.
- Agua útil:
  - Agua fácilmente disponible: 33 %.
  - Agua de reserva: 7 %.
  - Total agua útil: 16 l/ saco.

El terreno está nivelado con trailla láser con pendiente 1:1000, con lo que se aprovechará esta pendiente para poder evacuar lixiviados de los sacos de perlita. Será cubierto además con cubre-suelo opaco de polipropileno blanco opaco para evitar la proliferación de malas hierbas; se opta por este color para mantener una mayor iluminación durante el periodo de otoño-invierno.

### 3. Calidad del agua

Se han mirado los datos correspondientes a la estación que tiene la Configuración Hidrográfica del Ebro en el Canal Imperial de Aragón a su paso por Zaragoza en agosto del 2015, puesto que la acequia que nutre la finca está alimentada directamente por este canal.

Se observa que el único inconveniente que presenta el agua de riego para su uso en hidroponía es el pH, que por otra parte resulta bastante lógico y fácil de solucionar. Toda la bibliografía consultada coincide en que una buena disolución utilizable en un cultivo hidropónico tiene que tener el pH ajustado en torno a valores comprendidos en el intervalo 5.5-6.5.

El análisis del agua de riego da un valor de 8,3, debido a la presencia de iones bicarbonatados. La forma de bajar el pH del agua de riego consiste en eliminar este ión, y ello se consigue con la adición de algún ácido. Los bicarbonatos son neutralizados por los ácidos mol a mol. Por lo tanto conociendo la concentración del ión bicarbonato en el agua de riego se obtendrá la cantidad de ácido a añadir al agua para que su pH se quede en torno a 5,5-6.

Se dejarán 0,5 mmol/l de bicarbonato sin neutralizar para evitar llegar al punto de inflexión de la curva de neutralización y que cualquier pequeño error en la dosis de ácido agregado repercuta en una acidificación excesiva de la disolución. De esta forma el pH final quedará en valores en torno a 5,8.

Los ácidos que se utilizan para la neutralización del ión bicarbonato serán ácido nítrico y ácido fosfórico, que además aportarán elementos nutritivos esenciales para los cultivos.

El agua no causará ningún problema sobre el desarrollo de los cultivos ni sobre el suelo de la parcela, ya que reúne todos los requisitos mínimos de calidad. Se puede decir que el agua del Canal Imperial de Aragón en el punto estudiado es óptima para el riego.

### 4. Estudio climático

La construcción de los invernaderos se va a realizar en una parcela situada a apenas 1 km de la estación meteorológica del aeropuerto de Zaragoza. Por ello este estudio climático se va a realizar con datos de dicha estación. Se encuentra a una altitud de 263 metros y las coordenadas son: latitud 41º 39' 38" N y longitud 1º 0' 15" O.

Se ha realizado un estudio del clima de la zona de implantación del presente proyecto por ser uno de los parámetros de mayor importancia, tanto para el diseño de las características del mismo, como para redactar las órdenes de trabajo y manejo del mismo. Para obtener los valores medios, se han empleado los datos de una serie de 30 años (1981-2010).

El clima existente puede describirse como mediterráneo continental semidesértico, propio de la depresión del Ebro, siendo esta situación totalmente determinante. En esta zona se producen unas temperaturas extremas, de tal forma que los inviernos son muy fríos, siendo normal las heladas y las nieblas, mientras que los veranos son muy cálidos, llegando incluso a

los 40 °C en los meses de julio y agosto, sin duda, los meses más cálidos. Las precipitaciones son bastante escasas siendo los meses más húmedos mayo y octubre. Debido a esta situación orográfica se producen nieblas durante los meses de invierno. También hay que destacar el cierzo, viento del noroeste (debido a la orientación del valle) que sopla de media durante 353 días al año.

Tem. máx. absoluta (°C)	44.5 (07 jul 2015)
Tem. media de las máx. más alta (°C)	35.8 (jul 2015)
Tem. media de las mín. más baja (°C)	-3.0 (feb 1956)
Tem. media más alta (°C)	28.2 (jul 2015)
Tem. media más baja (°C)	1.5 (feb 1956)
Tem. mín. absoluta (°C)	-11.4 (05 feb 1963)

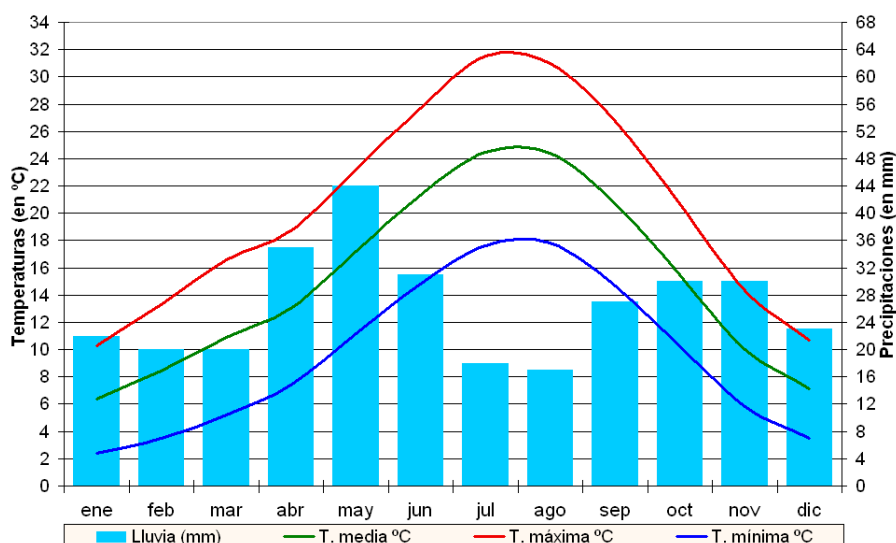
**Tabla 1. Temperaturas históricas en el Aeropuerto de Zaragoza**

La pluviometría de la zona tiene su máximo estacional en primavera, con un segundo máximo relativo en otoño, siendo el periodo más seco el verano. La temperatura media anual esta en los 15°C, y la duración del periodo libre de heladas es de siete meses. El déficit hídrico se extiende, en el periodo estival durante varios meses.

Máx. núm. de días de lluvia en el mes	21 (oct 1993)
Máx. núm. de días de nieve en el mes	7 (ene 1941)
Máx. núm. de días de tormenta en el mes	10 (jul 2013)
Prec. máx. en un día (l/m2)	97.3 (18 nov 1945)
Prec. mensual más alta (l/m2)	175.9 (abr 1942)
Prec. mensual más baja (l/m2)	0.0 (mar 1997)

**Tabla 2. Precipitaciones históricas en el Aeropuerto de Zaragoza**

En el siguiente gráfico se puede observar todo lo citado anteriormente, y la relación entre temperaturas y precipitaciones a lo largo del año.



**Tabla 3. Relación temperaturas y precipitaciones a lo largo del año en el Aeropuerto de Zaragoza**



La Evapotranspiración anual (calculada según el modelo de Thornthwaite) está en los 1200 mm. Para el cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) han sido necesarios los datos de ETo, señalados en la siguiente tabla.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic
Eto (mm/d)	0,8	1,6	2,8	3,8	4,9	6,4	7,3	6,5	4,3	2,7	1,3	0,7

**Tabla 4. Evapotranspiración diaria según el mes en el Aeropuerto de Zaragoza**

Los vientos dominantes son el cierzo, en dirección noreste-sureste, básicamente invernal, y el bochorno en dirección sureste-noreste, estival. La orografía de la zona hace que su incidencia sea heterogénea.

Teniendo en cuenta la clasificación agroecológica de Papadakis (1960) y, según los datos climáticos del MAPA (2005), se cataloga la zona de Garrapinillos como:

Inviernos avena cálido (Av), veranos maíz (M<sup>2</sup>), régimen de temperatura continental cálido (CO) y régimen de humedad mediterráneo húmedo (ME) o mediterráneo seco (Me).

Utilizando los datos climáticos disponibles (MAPA 2005), obtenemos las siguientes fórmulas climáticas de Papadakis para Garrapinillos:

Formula: AvM<sup>2</sup>COMe

Clasificación: Mediterráneo continental.

Los valores del Índice de Turc, reflejan que en secano la productividad oscila entre las 3 y las 15 toneladas de materia seca por hectárea y año, mientras que en regadío se producen entre 20 y 27 toneladas de materia seca por hectárea y año.

Índice de Turc para Garrapinillos:

CA secano: 11,3

CA regadío: 47,8

## 5. Cultivos a implantar

Se opta por cultivar hortalizas que se consuman en la zona, debido al destino de los productos. Las especies que inicialmente se van a cultivar son:

- Cultivos aprovechables por su fruto
  - Tomate → “*Solanum lycopersicum* L.”
  - Judía verde → “*Phaseolus vulgaris* L.”
  - Pepino → “*Cucumis sativus* L.”
  - Pimiento verde → “*Capsicum annum* L.”
  - Calabacín → “*Cucurbita pepo* L.”
- Cultivos aprovechables por sus hojas
  - Lechuga → “*Lactuca sativa* L.”
  - Borraja → “*Borago officinalis* L.”
  - Acelga → “*Beta vulgaris var. cicla* L.”

Inicialmente se hará el siguiente ciclo de rotación, si bien con el paso de campañas, la obtención de rendimientos, la mayor adaptación y menor problemática de determinados cultivos, se pueda optar por cultivar los mejor adaptados.

También habrá que tener en cuenta la demanda del mercado que podrá modificar el calendario.

Se llevará a cabo la siguiente rotación de cultivos.

INVERNADERO 1											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CHUGA	TOMATE					JUDÍA VERDE					LE

INVERNADERO 2											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
RRAJA	PIMIENTO VERDE					PEPINO					BO

INVERNADERO 3											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CELGA	CALABACÍN					TOMATE					A

**Tabla 5. Rotación de cultivos en los 3 invernaderos**

- **TOMATE.** Para el cultivo en primavera se ha elegido la variedad Gran Sol (74-673 RZ) de la casa comercial Rijk Zwaan. Híbrido de crecimiento indeterminado. Tomate para recolección en Pintón. Planta vigorosa con buena cobertura foliar. Fruto achatado de calibre GG (82-102mm)-GGG (>102mm) y marcado cuello verde. Muy buena firmeza y conservación. Buen comportamiento tanto en ciclos cortos como en ciclo largo. Gran precocidad con 3 kg/m<sup>2</sup> a los 39 días del comienzo de recolección. Tiene un peso medio inicial de en torno a 200 g/fruto,

siendo el peso medio al final de la recolección de casi 250 g/fruto. La producción final es de en torno 12 kg/m<sup>2</sup>.

En cuanto al cultivo de otoño, se ha elegido la variedad Dulzura de la casa comercial Clause. Según un estudio del IVIA, es la mejor variedad para cultivos de otoño en los que interesa que la recolección sea lo más precoz posible. Es el más precoz con algo más de 4 kg/m<sup>2</sup> a los 39 días del comienzo de recolección. Tiene un peso medio inicial algo mayor de 200 g/fruto, siendo el peso medio al final de la recolección de casi 250 g/fruto. La producción final es de en torno 9 kg/m<sup>2</sup>, aunque lo más probable es que no se note dicha diferencia puesto que lo importante son las fases iniciales ya que en la fase final será arrancado (al haber 3 cultivos). Se supondrá 12 kg/m<sup>2</sup>.

**CONTROL AMBIENTAL.** Cuando la temperatura exceda de los 25°C se producirá la apertura de las ventanas cenitales, acompañado de las laterales para provocar el efecto chimenea dentro del invernadero, siempre y cuando la velocidad del viento no supere los 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta.

Necesidades de temperatura 25°C por el día y 15°C por la noche. Humedad relativa alrededor del 70%.

**MARCO DE PLANTACIÓN.** Marco de 1,5 m entre líneas y 0,4 m entre plantas. Densidad de 1,67 plantas/m<sup>2</sup>. Se comprará el plantero preparado.

**RECOLECCIÓN.** Como los tomates son para destinos cercanos en el espacio, los frutos deben recolectarse cuando empiezan a tomar color anaranjado. La recolección se hará manualmente. El rendimiento aproximado será de 12 kg/m<sup>2</sup> por lo que al tener una superficie útil de 4018 m<sup>2</sup> se podrá obtener un rendimiento de 48.000 kg. Lo normal es recolectar en torno a 80 kg/hora, por lo que las necesidades de mano de obra para la recolección van a ser de 600 horas.

- **JUDIA VERDE.** Se ha elegido la variedad Buenos Aires Roja de Ramiro Arnedo. Tiene un aspecto algo distinto, diferenciándola en el mercado. Posee una gran calidad, excelente sabor y muy tierna. Es buena para cultivos en invernaderos. La planta es vigorosa y rústica y las hojas son de tamaño medio. Las vainas rectas son carnosas de 18-20 cm de longitud con una anchura de 2 cm. Es una variedad precoz, interesante en esta explotación puesto que hay 3 cultivos por año.

**CONTROL AMBIENTAL.** Cuando la temperatura exceda de 28°C se producirá la apertura de las ventanas cenitales en los dos módulos centrales y laterales en los otros dos, siempre y cuando la velocidad del viento no exceda de 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta. Necesidades de humedad relativa en torno al 65%.

**MARCO DE PLANTACIÓN.** El marco de plantación que se utilizará será de 0,4 m en la línea y 1,5 m entre líneas, obteniendo una densidad de plantación de 1,67 plantas/m<sup>2</sup> (3 plantas por unidad de cultivo). Se comprará el plantero preparado.

**RECOLECCIÓN.** La recolección es la labor más costosa en cultivo de judía, siendo de gran importancia el momento fisiológico de recolección. Se hará manualmente y de dos a tres veces

por semana. El rendimiento aproximado va a ser de 6 kg /m<sup>2</sup> por lo que al tener una superficie útil de 4018 m<sup>2</sup> se podrá obtener un rendimiento de 24.108 kg.

El rendimiento de un operario en recolección de judía verde es de media en torno a 9,5 Kg/h. Por lo que las necesidades de mano de obra para la recolección de judía serán de 2540 horas.

- **PEPINO**. Como el destino del producto son consumidores locales, se va a elegir una variedad tradicional mejor que una híbrida. Se escoge la Gazver F1 de Fito. Variedad adaptada al otoño. Además, por los motivos explicados anteriormente, nos favorece puesto que es una variedad con gran precocidad. Es vigorosa y de escaso follaje. Su floración es predominantemente femenina. El fruto es medio largo, verde oscuro y con espinas.

**CONTROL AMBIENTAL**. Cuando la temperatura exceda de 25°C se producirá la apertura de las ventanas cenitales en los cuatro módulos centrales y laterales en los otros dos, siempre y cuando la velocidad del viento no exceda de 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta. La humedad relativa óptima es en torno a 70%.

**MARCO DE PLANTACION**. Se utilizará un marco de plantación de 0,4 m entre plantas por fila y 1,5 m entre líneas. Con esto se conseguirá una densidad de plantación de 1,67 plantas /m<sup>2</sup>, 3 plantas por unidad de cultivo. Se comprará el plantero preparado.

**RECOLECCIÓN**. La recolección se hará manualmente y dos veces por semana. Se realizará por la mañana, con cuidado de evitar todo tipo de golpes y rozaduras que provocarían el desarrollo de podredumbres, que afectarían a su calidad. El rendimiento aproximado va a ser de 14 Kg/m<sup>2</sup> por lo que al tener una superficie útil de 4018 m<sup>2</sup> se podrá obtener un rendimiento de 56250 Kg. Un operario puede recoger de media 200 kg/h, por lo que las necesidades de mano de obra para la recolección del pepino serán de 280 horas.

- **PIMIENTO VERDE**. Se escoge la variedad Rigoletto F1 de Ramiro Arnedo. Es una variedad para cultivo en invernaderos, muy precoz para aquellos trasplantes realizados en primavera. Planta de vigor medio, de fácil cuaje en las primeras cruces del tallo. Fruto largo de 22-25 cm, y con pared fina y superficie rugosa, acabado en morros. Pared de color verde oscuro y brillante.

**CONTROL AMBIENTAL**. Cuando la temperatura exceda de 30° C, se producirá la apertura de las ventanas cenitales en los dos módulos centrales y laterales en los otros dos, siempre y cuando la velocidad del viento no exceda de 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta. Humedad relativa del 60%.

**MARCO DE PLANTACION**. Se utilizará un marco de plantación de 0.4 m entre plantas por fila y 1.5 m entre líneas. Con esto se conseguirá una densidad de plantación de 1.67 plantas /m<sup>2</sup>, 3 plantas por unidad de cultivo. Se comprará el plantero preparado.

**RECOLECCIÓN**. Se realizará a mano, cortando el rabo por el nudo que pega el tallo. El corte debe ser limpio y sin roturas, cuando se considere que el fruto tiene un tamaño considerable. Es aconsejable hacer la recogida por las mañanas. El intervalo de tiempo que mediará entre una recogida y la siguiente será de una semana. El rendimiento aproximado va a ser de 15

kg/m<sup>2</sup>, por lo que al tener una superficie útil de 4018 m<sup>2</sup> se podrá obtener un rendimiento de 60270 kg. Un operario entrenado puede llegar a recolectar 80 kg/h, por lo que las necesidades de mano de obra serán de 755 horas.

- **CALABACÍN**. Se escoge la variedad Zaino F1 de Ramiro Arnedo. Para cultivos de primavera en invernadero, a partir de febrero. Planta de vigor medio con entrenudos cortos. Frutos de color verde muy oscuro con la piel muy lisa, moteado casi imperceptible y cicatriz pestilar pequeña. Buena conservación post-cosecha.

CONTROL AMBIENTAL. Cuando la temperatura exceda de 30° C, se producirá la apertura de las ventanas cenitales en los dos módulos centrales y laterales en los otros dos, siempre y cuando la velocidad del viento no exceda de 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta. Humedad relativa del 70%.

MARCO DE PLANTACION. Se utilizará un marco de plantación de 0.4 m entre plantas por fila y 1.5 m entre líneas. Con esto se conseguirá una densidad de plantación de 1.67 plantas /m<sup>2</sup>, 3 plantas por unidad de cultivo. Se comprará el plantero preparado.

RECOLECCIÓN. Se hará manualmente y tres veces por semana. Se realizará por la mañana, con cuidado de evitar todo tipo de golpes y rozaduras que provocarían el desarrollo de podredumbres, que afectarían a su calidad. El rendimiento aproximado va a ser de 12 Kg/m<sup>2</sup> por lo que al tener una superficie útil de 4018 m<sup>2</sup> se podrá obtener un rendimiento de 48210 Kg. Un operario puede recoger de media 200 kg/h, por lo que las necesidades de mano de obra para la recolección del calabacín serán de 240 horas.

- **LECHUGA**. Se escoge la variedad Matinale de la casa comercial Vilmorín. Es la batavia del frío para todas las zonas Indicada para cultivos de invernadero en ciclo de otoño y, sobre todo, de invierno. Planta voluminosa y compacta de base cónica. Hojas gruesas, rústicas, resistentes a la rotura, muy abullonadas y de bordes dentados. Pella grande, densa y semi-abierta que no forma cogollo ni en ciclos muy fríos. Adaptada al mercado fresco y a la cuarta gama gracias a su rusticidad, su uniformidad y la longitud de sus hojas. Ciclo de desarrollo rápido, incluso en los meses más fríos (precocidad). Ofrece siempre un alto nivel de hojas procesables y una excelente conservación en post-recolección. Alta resistencia a *Bremia lactucae* BI 1-25.

CONTROL CLIMÁTICO. Cuando la temperatura exceda de 25°C se producirá la apertura de las ventanas cenitales en los dos módulos centrales y laterales en los otros dos, siempre y cuando la velocidad del viento no exceda de 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta. En principio esta situación no debería darse demasiadas veces puesto que se va a cultivar en los meses más fríos. Humedad relativa en torno al 70%.

MARCO DE PLANTACIÓN. El marco de plantación para la lechuga será de 0.4 m dentro de la línea y 1.5 m entre líneas, haciendo líneas pareadas dentro de la línea de cultivo (6 plantas por unidad de cultivo), con lo que da una densidad de plantación de 3.4 plantas/m<sup>2</sup>. Se comprará el plantero preparado.

RECOLECCIÓN. Se realizará manualmente. Las raíces deben cortarse a ras de las últimas hojas, con un corte limpio. La recolección en febrero se realizará por la tarde. La recolección se realizará antes de que lleguen a subirse a flor. El rendimiento aproximado, para el marco de plantación elegido, va a ser de 3 kg/m<sup>2</sup> por lo que al tener una superficie útil de 4018 m<sup>2</sup> se podrá obtener un rendimiento de 12054 kg, con un peso 0.5-1 kg por lechuga según variedad. Un operario puede recolectar 175 kg/h por lo que las necesidades de mano de obra para la recolección de lechuga serán de 70 horas.

- **BORRAJA**. Se elegirá la variedad Movera de Ramiro Arnedo. Planta de unos 50-60 cm de altura, con hojas alargadas de color verde claro. El tallo es grueso y carnoso, hueco, verde intenso como las hojas que son simples, alternas, sin estípulas, oblongas u ovals y cubiertas, como toda la planta, por pelos o tricomas que, en algunos genotipos, sobre todo al aire libre, pueden constituir auténticos pinchos. Los peciolos, o parte aprovechable desde el punto de vista culinario de la planta son más o menos largos, y en algunos genotipos alados. Ausencia de peciolos alados y un alto porcentaje de peciolos sobre el peso total de la planta. Los peciolos de 40-50 cm de largo y 1,5 cm de ancho, son muy tiernos y sabrosos.

CONTROL CLIMÁTICO. Cuando la temperatura exceda de 25°C se producirá la apertura de las ventanas cenitales en los dos módulos centrales y laterales en los otros dos, siempre y cuando la velocidad del viento no exceda de 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta. En principio esta situación no debería darse demasiadas veces puesto que se va a cultivar en los meses más fríos. Humedad relativa en torno al 70%.

MARCO DE PLANTACIÓN. Será de 0.4 m dentro de la línea y 1.5 m entre líneas, haciendo líneas pareadas dentro de la línea de cultivo (6 plantas por unidad de cultivo), con lo que da una densidad de plantación de 3.4 plantas/m<sup>2</sup>. Se comprará el plantero preparado.

RECOLECCIÓN. La producción puede oscilar entre los 7-12 kg/m<sup>2</sup>. Se estima un rendimiento de 10 kg/m<sup>2</sup>. Con una superficie útil de 4018 m<sup>2</sup>, se obtendrá un rendimiento por ciclo de 40180 kg. Sabiendo que un operario recolecta alrededor de 300 kg/hora, las necesidades horarias de mano de obra ascienden a 134 horas.

- **ACELGA**. Se elegirá la variedad de acelga verde de penca ancha blanca de Ramiro Arnedo. Se ha optado por esta variedad porque es una tradicional de la zona. Variedad de pencas blancas muy anchas y carnosas, hojas de color verde oscuro, de abullonado grueso y marcado.

CONTROL CLIMÁTICO. Cuando la temperatura exceda de 25°C se producirá la apertura de las ventanas cenitales en los dos módulos centrales y laterales en los otros dos, siempre y cuando la velocidad del viento no exceda de 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta. En principio esta situación no debería darse demasiadas veces puesto que se va a cultivar en los meses más fríos. Humedad relativa en torno al 70%.

MARCO DE PLANTACIÓN. Será de 0.4 m dentro de la línea y 1.5 m entre líneas, haciendo líneas pareadas dentro de la línea de cultivo (6 plantas por unidad de cultivo), con lo que da una densidad de plantación de 3.4 plantas/m<sup>2</sup>. Se comprará el plantero preparado.

RECOLECCIÓN. La producción puede oscilar entre los 7-12 kg/m<sup>2</sup>. Se estima un rendimiento de 10 kg/m<sup>2</sup>. Con una superficie útil de 4018 m<sup>2</sup>, se obtendrá un rendimiento por ciclo de 40180 kg. Sabiendo que un operario recolecta alrededor de 300 kg/hora, las necesidades horarias de mano de obra ascienden a 134 horas.

## 6. Solución nutritiva

En la técnica de la solución nutritiva todos los elementos esenciales se suministran a las plantas disolviendo las sales fertilizantes en agua para preparar la solución de nutrientes. La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un elevado número de factores.

Las diferentes sales fertilizantes que se pueden usar para la solución de nutrientes tienen a la vez diferente solubilidad. La solubilidad es la medida de la concentración de sal que permanece en solución cuando se disuelve ésta en agua; si una sal tiene baja solubilidad, solamente una pequeña cantidad de ésta se disolverá en el agua. En la preparación de fertilizantes líquidos las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser tomadas por las plantas.

El coste de un fertilizante en particular deberá de considerarse según se vaya a utilizar; en general deberá usarse lo que normalmente se denomina como grado técnico, el coste es a veces más grande que una calidad agrícola, pero la solubilidad es mucho mayor. Una calidad pobre contendrá siempre gran cantidad de materia inerte (arcilla, partículas de limo), la cual puede formar una capa sobre la zona radicular.

En general puede decirse que una solución nutritiva para cultivo hidropónico debe aportar el 90% del nitrógeno en forma nítrica y el 10% restante en forma amoniacal, concentrado en momentos de elevada fotosíntesis y para una rápida corrección de carencia de este mineral. Cuando se sobrepasa cierto valor máximo (40%) del nitrógeno en la forma amoniacal, a veces se produce toxicidad y muerte de las raíces.

La secuencia metodología que se seguirá para realizar las soluciones nutritivas que se aplicarán en los diferentes cultivos a realizar en los invernaderos serán las siguientes:

- 1) Solución nutritiva tipo para cada cultivo.
- 2) Ajuste del pH.
- 3) Cálculo de las disoluciones para cada cultivo.
- 4) Ajuste de microelementos en p.p.m. (será el mismo para todos los cultivos).
- 5) Cálculo de la conductividad final de la solución nutritiva.

Las soluciones de partida para los diferentes cultivos, expresadas las concentraciones iónicas en mmol/l, son las siguientes:

	Aniones mmol/l			Cationes mmol/l			
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
<b>Tomate</b>	12	1,5	2	0,5	7	3,75	1
<b>Judía verde</b>	12	1,25	1,15	1	5,5	3,2	1,25
<b>Pepino</b>	16	1,25	1,35	1,25	8	4	1,35
<b>Pimiento verde</b>	13	1,5	2	0,5	7,5	3,5	1,25
<b>Calabacín</b>	12	1,5	1,21	0,5	7	3	2
<b>Lechuga</b>	19	2	1,2	1,25	11	4,5	1
<b>Borraja</b>	19	2	1,2	1,25	11	4,5	1
<b>Acelga</b>	19	2	1,2	1,25	11	4,5	1

**Tabla 6. Soluciones de partida para los distintos cultivos**

Una vez tomada la decisión de la solución nutritiva a utilizar, conocidos los datos analíticos del agua de riego y ajustado el pH de la misma, el siguiente paso que se realizará para la correcta realización de los cálculos de la solución nutritiva a incorporar a los cultivos es determinar las cantidades de abonos comerciales necesarios para que las concentraciones de los elementos nutritivos en la solución final sean las previstas.

Se tendrá que tener en cuenta la compatibilidad de los diferentes abonos comerciales para la preparación de las disoluciones concentradas.

Se necesita un tanque donde realizar la disolución madre concentrada y una bomba de inyección proporcional. La duda es cuántas veces se puede concentrar una disolución. Esto depende del número de tanques de los que se disponga.

Si se usan dos tanques se puede llegar a concentrarla de 100 a 200 veces, con el consiguiente ahorro en mano de obra, pero habrá que tener cuidado con los fertilizantes que se ponen en cada tanque. Cuando en el cabezal de riego se dispone de al menos dos tanques y su correspondiente sistema de inyección o dosificación proporcional, la labor del manejo de la fertirrigación se facilita en gran medida.

En relación a la compatibilidad de los fertilizantes el problema más importante a resolver es la tendencia a la precipitación del Ca<sup>2+</sup> con la presencia de los iones carbonatos, sulfatos y fosfatos. Por ello la regla a este respecto, es que no se deben utilizar en la mezcla de fertirrigación concentrada aquellos fertilizantes que introduzcan los iones sulfatos con los que cotransporten el calcio.

Se utilizarán los siguientes fertilizantes que están albergados en diferentes tanques:



FERTILIZANTE	TANQUE A	TANQUE B	ÁCIDO
Ácido nítrico (L)			74,36
Nitrato amónico (Kg)	43,58		
Nitrato potásico (Kg)	94,395	94,395	
Nitrato cálcico (Kg)	347,41		
Nitrato de magnesio (Kg)	80,87		
Fosfato potásico (Kg)		142,59	
Sulfato magnésico (Kg)		96,56	
Sulfato potásico (Kg)		187,57	
FE-EDTA (quelatado)		15,9	
Mn-EDTA (quelatado)	6,9		
Zn-EDTA (quelatado)	14,2		
Cu-EDTA (quelatado)	5,8		
B-EDTA (quelatado)	14,4		
Mo-EDTA (quelatado)	4,4		

Tabla 7. Cantidad de cada fertilizante empleado y distribución en los tanques

Para el ajuste de los microelementos se utilizarán complejos minerales, para los diferentes cultivos y los diferentes estados fenológicos de las plantas.

## 7. Necesidades hídricas

El agua cumple una serie de funciones básicas en la vida de las plantas, constituyendo hasta el 95% de su peso fresco. El agua disuelve diversas sustancias y es el vehículo de transporte de los nutrientes en las plantas. Mediante la turgencia celular, proporciona rigidez y da forma a diversos órganos vegetales. Es necesaria para la fotosíntesis y participa en numerosas reacciones químicas del metabolismo vegetal.

Para el cálculo de las necesidades hídricas será esencial tanto el estado fenológico de la planta como las condiciones externas. El  $K_c$  variará según el estado fenológico mientras que la  $E_{To}$  lo hará según la climatología.

En cuanto a la  $E_{To}$ , se cogen los valores del anejo 3 "Estudio climático". Se define la evapotranspiración potencial como la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, en crecimiento activo, sombreando totalmente el suelo y bien provista de agua.

El  $K_c$  es un coeficiente que depende del cultivo y del estado en el que se encuentra. Los valores empleados para este estudio son de la FAO. Algunos de los cultivos van a ser arrancados antes de llegar al final de su ciclo por cuestiones económicas. Es por ello que algunos valores de  $K_c$  al final del ciclo no bajan hasta sus mínimos.

En un primer momento se calculan los litros necesarios al día por cada UC, teniendo en cuenta que cada uno abarca una superficie de  $1,8 \text{ m}^2$  (los sacos son de  $1,2 \text{ m}$  y están las filas a  $1,5 \text{ m}$  entre sí). Después ya se calcula el volumen necesario al día para toda la superficie del invernadero ( $4320 \text{ m}^2$ ). Por último, se calcula el aporte hídrico necesario a final de cada mes.

En la siguiente tabla resumen, se pueden apreciar las necesidades hídricas de cada cultivo, y las necesidades hídricas de la explotación cada mes.

<b>m<sup>3</sup></b>	<b>Invernadero 1</b>	<b>Invernadero 2</b>	<b>Invernadero 3</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Enero</b>	200,45	200,45	200,45	601,34
<b>Febrero</b>	62,21	62,21	51,84	176,26
<b>Marzo</b>	299,98	299,98	337,48	937,44
<b>Abril</b>	541,73	492,48	492,48	1526,69
<b>Mayo</b>	787,45	721,83	590,59	2099,87
<b>Junio</b>	995,33	456,19	248,83	1700,35
<b>Julio</b>	236,52	586,57	782,09	1605,18
<b>Agosto</b>	673,92	673,92	926,64	<b>2274,48</b>
<b>Septiembre</b>	633,44	575,86	691,03	1900,32
<b>Octubre</b>	384,91	349,92	419,90	1154,74
<b>Noviembre</b>	84,24	75,82	92,66	252,72
<b>Diciembre</b>	131,24	131,24	131,24	393,72
<b>TOTAL</b>	5031,42	4626,46	4965,24	<b>14623,11</b>

**Tabla 8. Necesidades de agua según invernadero y mes**

Las necesidades hídricas de la explotación van a ser de  $14.623,11 \text{ m}^3$  en un año con unas condiciones estándar. Se ha de ir llevando un seguimiento exhaustivo durante el cultivo, e ir ajustando dichos aportes a las necesidades reales.

El mes con mayores necesidades es agosto con  $2.274,48 \text{ m}^3$ . Julio tiene un Eto mayor pero al encontrarse los cultivos en fase inicial, tienen aún menores necesidades hídricas.

## 8. Distribución de riegos y drenajes producidos

El control de riego tiene por objeto mantener la disponibilidad de agua, aire y nutrientes dentro de unos intervalos adecuados para el desarrollo de la planta.

El momento de aplicación del riego está determinado por el momento en el que la disponibilidad de agua alcanza un mínimo fijado previamente.

La cantidad de agua que se debe aportar en cada riego está determinada por la diferencia entre el contenido hídrico en el momento de aplicar el riego y el deseado para después del riego. En hidropónico, además de reponer la reserva máxima de agua, hemos de aportar un excedente para drenaje.

Para obtener datos acerca de las necesidades de agua de cada riego, número de riegos por día, necesidades hídricas totales para cada cultivo y necesidades de agua en el periodo más probable de corte de suministro de agua para poder dimensionar la balsa, se ha diseñado un programa de riegos.

En este caso la solución nutritiva asimilable del saco es del 40%, por ello el agua útil en la UC son 16 litros. Se pretende llegar al nivel de agotamiento del 5%, lo que conlleva que el siguiente riego habrá que darlo cuando en la UC se hayan consumido 0,8 l. La dotación de riego será esa cantidad más el drenaje correspondiente. Se está trabajando con un drenaje de 25%, por ello será de 0,2 l. La dotación final será 1 l. Teniendo 3 goteros por UC de caudal 3 l/h, se obtiene que se debe regar durante 6,7 minutos.

A. Volumen de la unidad de cultivo	40 l
B. Agua útil de la unidad de cultivo	16 l
C. Nivel de agotamiento del agua en la UC (5% B)	0,8 l
D. Porcentaje de drenaje (25% de C)	0,2 l
E. Aporte de agua en cada riego (C+D)	1 l
F. Caudal de los goteros	3 l/h
G. Número de goteros por UC	3
H. Caudal unitario de la UC (F*G)	9 l/h
I. Duración de cada riego (60 * E/H)	6,7 minutos

Se elije regar con una dotación constante de agua y una frecuencia variable. Se ha calculado ya el caudal aportado en cada riego: 1 litro. Ahora falta saber la frecuencia con que se aportará esta dotación.

Dados los volúmenes de sustrato que se instalan, la cantidad de agua almacenada no suele cubrir las necesidades hídricas de un día. Esto obliga a dar varios riegos durante la jornada. Por otro lado las necesidades de los cultivos pueden variar de forma importante de un día para otro y dentro de un mismo día tienden a concentrarse en el mediodía solar. Muy condicionado por el coeficiente de cultivo.

El valor de la evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc), es calculado a través del enfoque del coeficiente del cultivo, donde los efectos de las condiciones del tiempo atmosférico son incorporados en la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), y las características del cultivo son incorporadas en el coeficiente de cultivo (Kc).

$$ETc = Kc * ETo$$

Las frecuencias de riego pueden automatizarse mediante la instalación de algún dispositivo que cuantifique, directa o indirectamente, el agua que la planta necesita.

J. Necesidades netas de agua por m <sup>2</sup> /día (ETo*Kc)	ETc
K. Necesidades de drenaje por m <sup>2</sup> /día (20% de J)	0,2 ETc
L. Necesidades totales por m <sup>2</sup> /día (J+K)	1,2 ETc
M. Coeficiente de uniformidad del sistema de riego	0,95

N. Necesidades reales por m <sup>2</sup> /día (L/M)	1,26 ETc
O. Superficie de cultivo por UC	1,8 m <sup>2</sup>
P. Agua por día y UC (M*O)	2,27 ETc
Q. Número de riegos por día (P/E)	2,27 ETc

Como la dotación de riego es constante y el porcentaje de drenaje también (25%), se puede obtener el volumen de drenaje que se debe recoger por unidad de riego para que la programación de riego sea correcta.

$$\begin{aligned} \text{Volumen de drenaje por cada invernadero y riego} &= V (\text{por cada UC}) * UC * 0,25 \\ &1 * 2232 * 0,25 = 558 \text{ litros} \end{aligned}$$

Se instalará a la salida de cada invernadero un depósito para poder albergar dichos drenajes. Tendrá un volumen de 1,8 m<sup>3</sup>. Se hace de estas dimensiones por si pudiera ocurrir algún fallo, para que por lo menos pudiera albergar el volumen de 3 drenajes.

Para comprobar que todo funciona según lo esperado, se colocarán 2 sensores formando un circuito en los depósitos. Uno de ellos estará en el fondo del depósito y otro a una altura de 55,8 centímetros. Si no se aporta la suficiente agua por cualquier motivo, el circuito que forman los electros quedará abierto, y esta información será recibida por el programador que mandará una nueva señal de riego hasta que el volumen de drenaje sea el requerido.

Una vez que se llega a ese volumen, el circuito se cierra y el programador procederá a cortar el riego en primer lugar. Posteriormente los drenajes serán bombeados a la balsa.

## 9. Necesidades de mano de obra

Hay que tener en cuenta tanto el trabajo a realizar en oficina, como el del invernadero, como el del procesado de los alimentos en el interior de la nave. Se calcularán en este anejo las horas necesarias de trabajos en invernadero, así como las de la nave.

Las principales labores a realizar en el invernadero serán las que se deriven del trabajo diario:

- Trasplante de las plantas.
- Acondicionamiento de los cultivos (poda, tratamientos, entutorados ...).
- Recolección.
- Limpieza restos de cultivo.

A continuación se estimarán los trabajos a realizar a lo largo del año en el invernadero.

MES	1ª QUINCENA	2ª QUINCENA
Enero	Atado lechuga Atado acelga	Recolección lechuga Recolección borraja Recolección acelga
Febrero	Limpieza de los 3 invernaderos	Trasplante tomate Trasplante pimiento verde Trasplante calabacín
Marzo	Mantenimiento tomate Mantenimiento pimiento verde Mantenimiento calabacín Revisión instalaciones invernadero	Mantenimiento tomate Mantenimiento pimiento verde Mantenimiento calabacín
Abril	Mantenimiento tomate Mantenimiento pimiento verde Mantenimiento calabacín Inicio recolección calabacín	Mantenimiento tomate Mantenimiento pimiento verde Mantenimiento calabacín Inicio recolección tomate Inicio recolección pimiento verde Recolección calabacín
Mayo	Mantenimiento tomate Mantenimiento pimiento verde Mantenimiento calabacín Recolección tomate Recolección pimiento verde Recolección calabacín	Mantenimiento tomate Mantenimiento pimiento verde Mantenimiento calabacín Recolección tomate Recolección pimiento verde Recolección calabacín
Junio	Limpieza invernadero 3 – calabacín Mantenimiento tomate Mantenimiento pimiento verde Recolección tomate Recolección pimiento verde	Limpieza invernadero 2 – pimiento verde Trasplante tomate otoño Mantenimiento tomate Recolección tomate
Julio	Limpieza invernadero 1 – tomate Trasplante pepino Mantenimiento tomate	Trasplante judía verde Mantenimiento pepino Mantenimiento tomate
Agosto	Mantenimiento judía verde Mantenimiento pepino Mantenimiento tomate	Mantenimiento judía verde Mantenimiento pepino Mantenimiento tomate Inicio recolección tomate
Septiembre	Mantenimiento judía verde Mantenimiento pepino Mantenimiento tomate Inicio recolección judía verde Inicio recolección pepino Recolección tomate	Mantenimiento judía verde Mantenimiento pepino Mantenimiento tomate Recolección judía verde Recolección pepino Recolección tomate
Octubre	Mantenimiento judía verde Mantenimiento pepino Mantenimiento tomate Recolección judía verde Recolección pepino Recolección tomate	Mantenimiento judía verde Mantenimiento pepino Mantenimiento tomate Recolección judía verde Recolección pepino Recolección tomate

MES	1ª QUINCENA	2ª QUINCENA
Noviembre	Mantenimiento judía verde Mantenimiento pepino Mantenimiento tomate Recolección judía verde Recolección pepino Recolección tomate	Limpieza de los 3 invernaderos
Diciembre	Trasplante lechuga Trasplante borraja Trasplante acelga	Revisión instalaciones invernadero (goteros, drenajes, mallas ventilación...)

**Tabla 9. Labores a realizar en el invernadero a lo largo del año**

En la nave se recibirá el producto de los invernaderos y se procesará. Toda la verdura será limpiada y clasificada, pero no toda será embalada puesto que habrá parte que se venderá sin envolver.

Se considera que un operario puede manipular 400 kg/hora de las hortalizas de hoja, mientras que manipularán unos 600 kg/h en aquellas hortalizas de fruto.

Una vez que se tienen todas las horas necesarias para realizar todas las labores de la explotación, se pasará a calcular los operarios que serán necesarios en cada mes.

Mes	Horas invernaderos	Horas nave	Horas totales	Jornales	Operarios
Enero	439	230,9	669,9	84	4
Febrero	393		393	49	2
Marzo	355		355	44	2
Abril	676	78,6	754,6	94	4
Mayo	1015	123,7	1138,7	142	7
Junio	913	58,4	971,4	121	6
Julio	426		426	53	3
Agosto	265	13,3	278,3	35	2
Septiembre	1493	80,3	1573,3	197	9
Octubre	1493	80,3	1573,3	197	9
Noviembre	1071	40,1	1111,1	139	6
Diciembre	309		309	39	2

**Tabla 10. Operarios necesarios cada mes**

Habrá un Director de la explotación, que será el encargado tanto de las relaciones comerciales como de la planificación de las labores a realizar.

Será necesario tener dos operarios en la plantilla fija, mientras que en las épocas con mayor trabajo habrá que contratar más para llegar a todas las labores necesarias.

## 10. Estudio geotécnico

Según la EHE-08 el promotor deberá realizar un Estudio Geotécnico del terreno que encargará a un Laboratorio competente. Este estudio es obligatorio en proyectos en los que se realizan obras de hormigón estructural. Debido a la cimentación necesaria, la actividad propuesta cumple con esta premisa. Asimismo, el conocimiento de las características resistentes del terreno nos proporciona elementos de juicio para determinar la idoneidad de las estructuras proyectadas.

Se han detallado los condicionantes que deben cumplir el estudio geotécnico para las estructuras de edificación del presente proyecto. Al tratarse de un proyecto fin de grado con objetos académicos, no se puede abordar la realización práctica del estudio geotécnico debido a su elevado coste económico.

Una vez iniciada la obra y las excavaciones, a la vista del terreno excavado, y para la situación precisa de los elementos de cimentación, el Director de Obra apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características geotécnicas del terreno.

## 11. Balsa de riego

La parcela se riega actualmente a turnos. El agua es suministrada mediante una acequia que llega desde el Canal Imperial de Aragón cada dos semanas. La parcela se encuentra a menos de 500 metros del Canal, por lo que fallos en el suministro de agua son muy poco probables. Sin embargo se opta por la construcción de un embalse.

Se construirá con una capacidad suficiente para almacenar el agua de riego durante cuatro semanas en el período más desfavorable. Tiene la gran ventaja de que asegura la disponibilidad de agua aún en caso de que hubiera algún fallo en el suministro. Agosto es el mes con mayores requerimientos hídricos. Por lo tanto el embalse cubrirá dichas necesidades, un volumen de 2.275 m<sup>3</sup>.

Se va a construir una balsa excavada en el terreno, con una pendiente de los taludes interiores de 26,57º (2:1). Tendrá en su fondo una pequeña inclinación para facilitar el acceso a la totalidad del agua. Será también su sistema de vaciado total. Para su impermeabilización se utilizarán láminas de PVC flexible.

A los 2275 m<sup>3</sup>, se le ha de añadir un 10% de margen. Esto es debido a que se debe dejar una distancia entre el nivel máximo de agua y el borde del embalse, el resguardo, así como tener en cuenta las pérdidas por evaporación. Si se añade este margen, se obtiene un volumen a excavar de 2502,5 m<sup>3</sup>.

El llenado se realizará por descarga directa, abriendo la compuerta de la acequia. Por una posible emergencia o para realizar labores de limpieza y reparación, se utilizará la bomba del equipo de riego con descarga a la propia acequia.

El embalse contará con una altura (h) de 3 metros, una superficie menor de 27,5x27,5 (756 m<sup>2</sup>) y una superficie mayor de 30,5x30,5 (930 m<sup>2</sup>). Los 4 laterales tendrán forma trapezoidal. De esta manera tendrá V=2525 m<sup>3</sup> de capacidad, satisfaciendo las necesidades requeridas.

Una vez realizada la excavación y reforzados los taludes del embalse, se depositará una capa de arena fina de 5 cm de altura, en los taludes y en la base para evitar puntos cortantes. A continuación, se colocarán bandas de PVC cubriendo toda la superficie excavada, y sobrepasando 1 metro la base mayor. Una vez dispuesta la lámina impermeabilizante sobre el terreno, se cubrirá éste con una capa de 5 cm de arena fina, y posteriormente una capa de 5 cm de grava para evitar que el film se degrade con los rayos solares.

Alrededor del embalse, se dispondrá una valla de protección para evitar accidentes por caída al mismo. Estará situada a una distancia de 2,5 metros al borde superior de la balsa. Será de tela metálica y estará fijada mediante alambres a cuatro postes de acero galvanizado de 2 metros de altura y 4 centímetros de diámetro, uno en cada esquina.

Tendrá una puerta que permita el acceso para la limpieza y la solución de averías. Además, en el interior de la balsa se colocará una cuerda en sus extremos, que servirá de salvavidas en caso de caída de personas a su interior.

## 12. Justificación del cálculo estructural

Todos los cálculos se han realizado con los programas informáticos Metal 3D y Generador de Pórticos perteneciente a la familia de software CYPE 2015.

### - NAVE

Se lleva a cabo su construcción con el fin de disponer de distintos servicios. Se contará con cámaras de refrigeración para los productos, oficina (también se usará como sala de atención al cliente), vestuarios, almacén para los productos necesarios en la explotación y el cuarto técnico. Cuenta con las siguientes características:

- Dimensiones de 32 metros de largo por 20 de luz, dando un total de 640 m<sup>2</sup> de planta.
- Hay una separación entre pórticos de 8 metros, de tal manera que se tienen 5 pórticos.
- Pórtico simétrico a 2 aguas.
- Altura del pilar: 6 metros.
- Altura cumbre: 7 metros.
- Cerramiento de cubierta de panel sándwich de 50 mm espesor con pendiente 10%.
- Cerramiento de fachada de panel sándwich de 50 mm espesor.
- Peso del cerramiento en cubierta y lateral: 0,12 kN/m<sup>2</sup>.
- Correas de cubierta cada 1,5 m → CF-250x4
- Correas laterales cada 2 m → CF-275x4
- Cruces de San Andrés para reforzar la estructura, en esquinas en los laterales de diámetro 20, y en los extremos de la cubierta de diámetro 16



La superficie construida de la nave será de 640 m<sup>2</sup>, pero la superficie útil de 609 m<sup>2</sup>. La distribución de los compartimentos en el interior será la siguiente:

- Oficina que también se usará como sala de atención al cliente. Superficie de 26 m<sup>2</sup>. Cuenta con una salita pequeña en una esquina para archivo de documentos. 2,5 m<sup>2</sup>.
- Dos vestuarios, uno masculino y uno femenino. Cada uno con 21 m<sup>2</sup>. Cuentan con 3 lavabos, 2 WC, 2 duchas y taquillas.
- Almacén de productos necesarios en toda la explotación. Superficie de 81 m<sup>2</sup>.
- Cuarto técnico para la ubicación de los depósitos y demás elementos del cabezal. 22 m<sup>2</sup>.
- Dos cámaras frigoríficas de 19 m<sup>2</sup> cada una. Situadas en la cara nor-este para una menor exposición al sol. Servirán para almacenar los productos de los invernaderos hasta su venta.
- El área central tendrá 393 m<sup>2</sup>. Será para carga y descarga y también para la zona de procesado de los productos. Además se podrá utilizar como garaje de vehículos y de maquinaria agrícola.

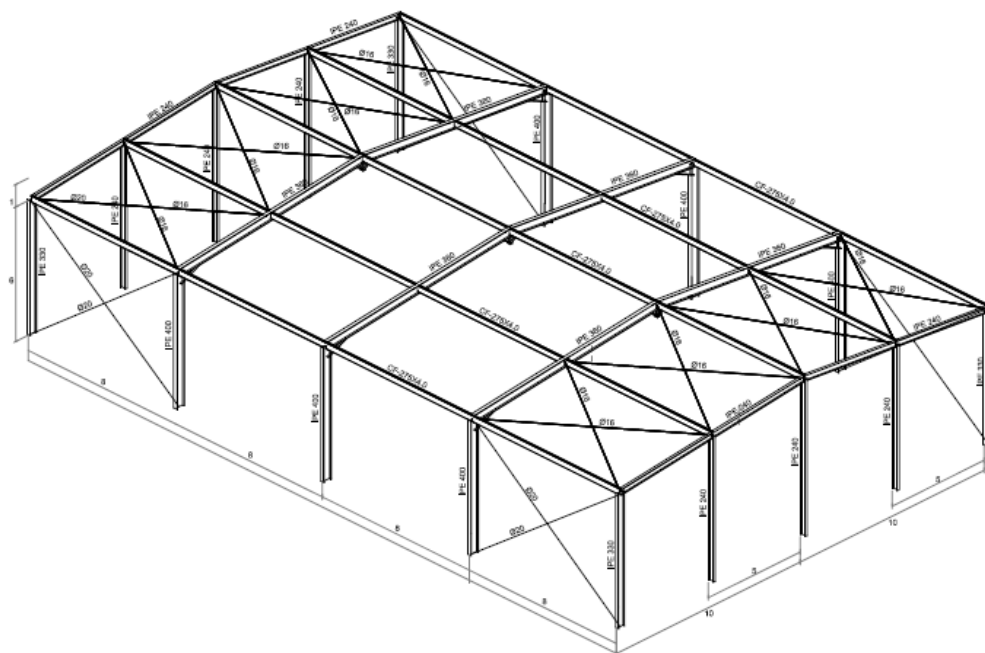
La nave estará compuesta por pórticos de estructura metálica y a dos aguas, con los siguientes materiales utilizados:

PÓRTICO HASTIAL		ESTRUCTURAS SECUNDARIAS	
Dintel	IPE - 240	Correas de cubierta	CF - 250x4
Pilares esquina	IPE - 330	Correas laterales	CF - 275x4
Pilares intermedios	IPE - 240	Cruces de San Andrés cubierta	Ø 16
		Cruces de San Andrés laterales	Ø 20

PÓRTICO INTERMEDIO	
Dintel	IPE - 360
Pilares laterales	IPE - 400

Tabla 11. Materiales utilizados en la nave



Toda la nave estará cerrada por un panel sándwich, formado por panel exterior de chapa perfilada nervada de acero prelacado de 0,6 mm de espesor y 30 mm de altura de cresta. Tendrá aislamiento de panel rígido de lana de roca volcánica, no revestido, de 40 mm de espesor y soporte interior de bandeja de chapa nervada de acero prelacado de 1 mm de espesor.

En oficina y vestuarios se añadirá un forjado a 2,55 metros de altura. Estará formado por una losa de placas alveolares de hormigón pretensado, de canto 15 + 5 cm. Apoyará directamente en los muros de los distintos compartimentos, como se puede apreciar en planos.

La cubierta de la nave, es una cubierta inclinada de paneles de acero con aislamiento incorporado, de 50 mm de espesor.

En el exterior se construirá una estructura para la cobertura de cuatro plazas de aparcamiento. La cubierta estará formada por una chapa de acero galvanizado de 0,8 mm de espesor, fijada a correa estructural. Dicha chapa estará algo inclinada, con altura mínima en el extremo que está sujeta de 2,1 metros y altura máxima de 2,6 metros. La longitud aprovechable bajo la cobertura será de 4,5 metros.

La cimentación está compuesta por zapatas unidas mediante vigas de atado. Las zapatas son de acero recubiertas por hormigón HA-25/B/40/IIa. Las vigas de atado son de sección cuadrada, de 40 centímetros cada lado, formadas por acero y recubiertas por hormigón HA-25/B/20/IIa.

#### **- INVERNADERO**

Un invernadero es una superficie cubierta y abrigada, artificialmente, con materiales transparentes con el objetivo de crear el efecto invernadero. Es decir, que se permita el paso hacia el interior de la radiación lumínica y la infrarroja de onda corta y evitar que se escape la radiación infrarroja de onda larga, que es en la que emiten los cuerpos.

Todo esto tiene el objetivo tanto de acelerar los cultivos de estación como de permitir el cultivo de fuera de estación.

El volumen interior del invernadero permite el desarrollo de los cultivos en todo su ciclo vegetativo.

Las ventajas del empleo de invernaderos son:

- Precocidad en los frutos.
- Aumento de la calidad y del rendimiento.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejora del control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.
- Evitar riesgos catastróficos por efectos meteoros.
- Mejor planificación en las labores a realizar, sin depender de la meteorología.

Inconvenientes:

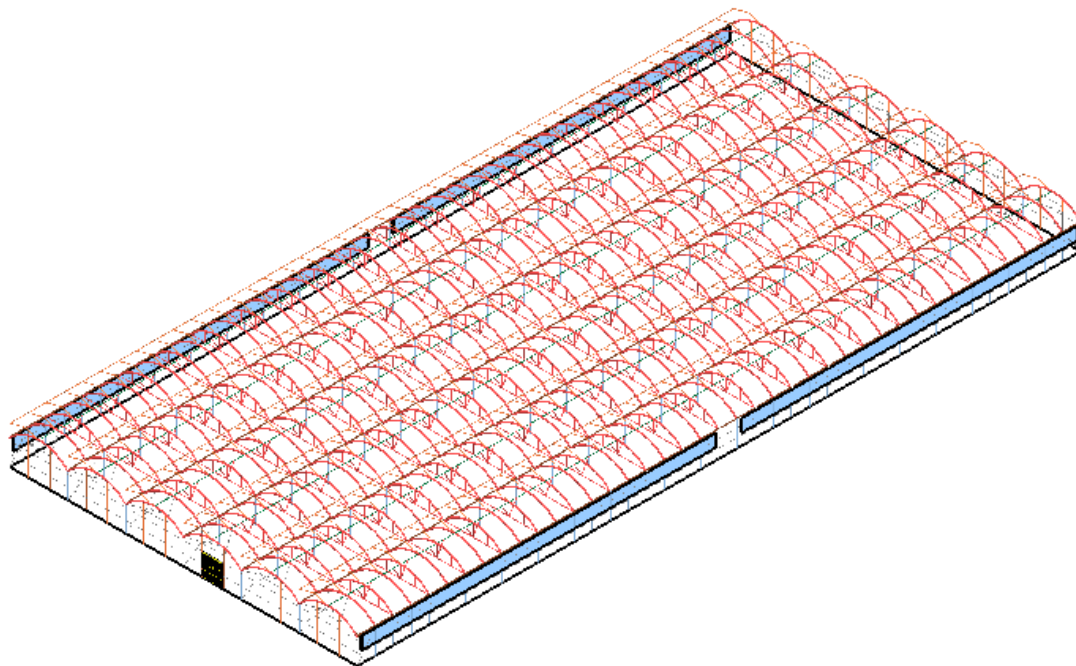
- Alta inversión inicial.
- Alto coste de operación.
- Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

La explotación va a contar con tres invernaderos de iguales dimensiones. Serán de 48 metros de ancho (seis módulos de 8 metros) y 90 metros de largo, haciendo un total de 4320 m<sup>2</sup> cada uno. Por lo tanto en total se tendrán 12960 m<sup>2</sup> bajo invernadero.

Se va a utilizar un invernadero de la casa comercial ULMA agrícola, concretamente, el modelo multicapilla curvo M-8. Gracias a las descripciones realizadas en el catálogo de este grupo se pueden detallar las distintas características de estos invernaderos.

Los invernaderos contarán con las siguientes instalaciones: ventilación (lateral y cenital), pantalla térmica, riego y drenajes.

Estos invernaderos cumplen con la normativa Europea de diseño y montaje vigente UNE EN 13031-1. En la siguiente imagen se puede observar como será cada invernadero.



## 13. Instalaciones del invernadero

### - VENTILACIÓN

La ventilación natural es el procedimiento más utilizado. Se basa en el fenómeno de la convección natural por el que el aire más caliente, con menor densidad, asciende dejando lugar para que el aire más frío, y por ello más denso, ocupe las partes bajas. Contará con ventilación tanto cenital como lateral.

La ventilación cenital es de medio arco, en la cual la ventana tiene el punto de giro en el cenit, y cubre desde el centro de la nave hasta el canalón. Se admite que una ventana cenital de una determinada superficie, resulta a efectos de aireación hasta ocho veces más efectiva que otra situada lateralmente de igual superficie.

La ventilación lateral cuenta con ventanas en las que la apertura se realiza mediante un sistema de enrollamiento del film plástico sobre una barra continua, y guiada cada 5 metros. La ventana dispone en sus extremos de cortavientos para evitar la entrada de viento en caso de cierre de la ventana.

Tiene un inconveniente, puesto que es una entrada para los virus. Se solucionará con la instalación de mallas para insectos o trips.

### - PANTALLA TÉRMICA

La malla térmica, es una tela de fibras entretrejidas cuya función es la de controlar la luz, la temperatura y la humedad interior del invernadero. Estas fibras son de aluminio y de polietileno (en caso de pantallas de sombreado y ahorro de energía) y de fibras de aluminio y espacios libres entre cintas (en caso de pantallas de sombreado).

Las fibras de aluminio (resistentes a la corrosión), sirven para reflejar la radiación solar y las fibras de polietileno (resistentes a los rayos UVA), para impedir escapar el calor irradiado o por convección, ahorrando de esta manera mucha energía.

### - RIEGO

Se elige para el presente proyecto el riego localizado de alta frecuencia a goteo, ya que este sistema de riego nos permite depositar la dosis necesaria en cada momento, localizada en los contenedores de sustrato. El equipo completo de riego contará con los siguientes elementos:

- Cabezal de riego. Ubicado en una sala de la nave.
  - o Sistema de filtrado. Importante para que no se obturen los goteros.
  - o Equipo de fertirrigación. Constituido por los instrumentos encargados de la inyección y dosificación de los productos químicos en las tuberías de riego y los depósitos de fertilizantes, que deben resistir la presión de la red.
  - o Grupo de bombeo. Conjunto de motobombas encargado de impulsar el agua desde la balsa hasta los invernaderos. Se calculará la potencia requerida.

- Red de distribución. Conjunto de tuberías y automatismos que unen el cabezal de riego con los goteros.
  - o Equipo de automatización.
  - o Tubería de impulsión. Es la que parte de la balsa, y une la balsa con la secundaria.
  - o Tubería secundaria. Recorre las instalaciones, llegando hasta la terciaria.
  - o Tubería terciaria. Se introduce en el invernadero desde la secundaria, alimentando el lateral de riego. Perpendicular a las portagoteros.
  - o Laterales de riego. Son los que portan los goteros.
  - o Goteros. Dispositivos que controlan la salida del agua. Tendrán un caudal nominal de 3 l/h y una presión máxima de trabajo de 2 bar.
- Red de recogida de drenajes. En ella concurren los drenajes de las distintas Unidades de Cultivo, llegando hasta el depósito ubicado al final del invernadero.

En las instalaciones de riego localizado se busca la uniformidad de aplicación a cada planta. Sin embargo, muchas veces aun utilizando goteros autocompensantes, la dosis aportada se ve influenciada por las condiciones de utilización, más aún utilizando régimen hidropónico, en el cual en periodo estival no es raro realizar más de veinte riegos al día. El sistema elegido para homogeneizar las dosis y no crear diferencias dentro de las distintas filas de cultivo de los invernaderos, es la elección de un gotero con principio de funcionamiento antidrenante.

El gotero interrumpe su descarga cuando está sometido a una presión igual o menor a un determinado valor denominado presión de cierre: En torno a 0.2 Kg/cm<sup>2</sup>. La emisión de caudal sólo comienza una vez alcanzada la presión de apertura: En torno 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

Ventajas que presenta regar con estos goteros:

- El valor de la presión de apertura de los goteros permite que el inicio de la aplicación de la disolución nutritiva por parte de cada emisor, sólo se realice dentro del rango de autocompensación. Así, la uniformidad se consigue desde el principio del riego.
- Evita la descarga de los tramos de la tubería una vez finalizado el riego.
- Reduce el caudal máximo alcanzable en el comienzo del riego, disminuyendo la probabilidad de los fenómenos de cavitación.

Se dimensionará la red para poder regar un invernadero entero a la vez. Cada invernadero cuenta con 31 líneas de cultivo, y cada línea tiene 86,4 metros de largo. De esta forma se tienen 216 goteros por línea y 6696 goteros en el invernadero completo.

El cabezal de riego es el elemento central de la instalación de riego, en él se controla la fertilización y el aporte hídrico, además de los tratamientos necesarios. Para diseñar la cabeza del sistema de riego se tendrá en cuenta el caudal máximo (40.176 l/h) y la energía máxima (33,8 m.c.a.).

En este apartado se van a enumerar los componentes que forman la cabeza del sistema de riego, destacando las características más importantes de cada uno.

- Filtros de arena.
- Equipo de fertilización.
- Filtros de malla.
- Contador.
- Automatización del riego.

Tal vez el mayor problema de los RLAF sea el de las obturaciones. Los pequeños diámetros de los emisores y las bajas velocidades del agua facilitan la formación de obturaciones. Éstas pueden ser debidas a partículas minerales (arena, limo, arcilla), partículas orgánicas (algas, bacterias, restos vegetales o animales) o precipitados químicos.

Los filtros de malla son el elemento mínimo imprescindible de un sistema de filtrado. En el caso de que se instalen además filtros de arena, éste debe ir primero y después el de malla.

La potencia mínima recomendable obtenida para el motor es de 7,5 kW.

A continuación se muestra un resumen de las tuberías utilizadas en la explotación.

TUBERÍA	Q (l/h)	CANTIDAD	LONGITUD (m)	MATERIAL	DN	PN	P inicio (mca)
Impulsión	40176	1	15	PVC	140	6	33,8
Secundaria	40176	1	185	PVC	125	6	23,93
Terciaria	40176	3	45	PE 32	90	4	22,49
Lateral riego	648	93	86,4	PE 32	25	4	20,98

**Tabla 12. Tuberías para la instalación de riego**

#### **- RED DE DRENAJES**

La canalización permite la evacuación de los drenajes. Recorre longitudinalmente los invernaderos y los conduce hasta un depósito de 1,8 m<sup>3</sup> que hay al final de cada uno, donde hay instalada una bomba sumergible que se activará mediante sensores de nivel y elevará el drenaje hasta la balsa. Con esto se conseguirá un ahorro de fertilizantes y una menor lixiviación de nitratos y fosfatos. La devolución del agua drenada a la balsa se realiza con sistema “ducha” o fuente, favoreciendo la aireación de la solución nutritiva, previniendo así posibles problemas de asfixia radicular por una disminución de la concentración de oxígeno en el agua de riego.

Para canalizar el agua hasta dichos depósitos, se debe instalar una red de recogida de drenajes. El material será suministrado por la empresa Hydroponic Systems. Se opta por el sistema patentado de esta empresa como se muestra en anejos. Bajo las UC se pondrán canales de polipropileno de 0,7 mm con un peso de 640 g/m<sup>2</sup>, los cuales irán elevados para que el agua discorra mejor y exista una mejor aireación. Tienen 6,2 cm de altura en los laterales y 23 cm de ancho.

### - MALLA ANTI-INSECTOS/ANTI-TRIP

El incremento de regulaciones medio ambientales, restricción en el uso de insecticidas, la aparición de resistencias, normas de higiene y salud... hace que las mallas anti insectos sea una solución eficaz y práctica. Los insectos son portadores de gran cantidad de virus y enfermedades a los cultivos.

## 14. Instalaciones de la nave

### - INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para la iluminación se ha optado por lámparas LED. Inicialmente requieren una inversión mayor, pero a largo plazo son más rentables. Se utilizarán para el interior pantalla estanca con tubos, campana con bombilla y panel, mientras que para el exterior farola con bombilla.

A continuación se muestran las iluminaciones en los distintos puntos del interior de la nave.

ZONA	tipo	cantidad	potencia (W)
Cámara frigorífica 1	Tubo	2	36
Cámara frigorífica 2	Tubo	2	36
Vestuario 1	Tubo	3	54
Vestuario 2	Tubo	3	54
Zona central	Bombilla	10	800
Almacén	Tubo	20	360
Cuarto técnico	Bombilla	4	72
Zona de procesado	Bombilla	8	640
Oficina	Panel	4	288

**Tabla 13. Iluminaciones interiores**

A continuación se muestra la tabla con la iluminación en el exterior de la nave.

ZONA	$\phi_t$	$\phi_u$	tipo	cantidad	potencia (W)
Exterior	29478	5600	Farola	5	300

**Tabla 14. Iluminación exterior**

Una vez determinadas las tomas de corriente, las tomas de fuerza y las luminarias necesarias, es posible definir la potencia total para satisfacer tales necesidades. Sumando todas ellas se obtiene una potencia total de 51.025 W. Es complicado que todo esté funcionando a la vez. Se considerará un coeficiente de simultaneidad alto, del 80%, puesto que aquellas tomas que requieren mayor potencia, son empleadas frecuentemente. La primera potencia normalizada que cumple es de 43,65 kW en trifásico y será de 63 A. Suministro en BT entre fases 400 V y entre fase y neutro 230 V.

### **- FONTANERÍA**

La instalación de fontanería tiene la misión de abastecer de agua fría y ACS a los dos vestuarios. Para ello la instalación parte de un depósito de 1000 l en el cuarto técnico. Se ha dimensionado cumpliendo con la UNE 149201 "Abastecimiento de agua". En esta sala además del depósito estará el grupo de presión. De ella partirá la instalación en polietileno reticulado de la forma que aparece en los planos.

Se instala un equipo de bombeo, compuesto, como mínimo, de dos bombas de iguales prestaciones y funcionamiento alterno, montadas en paralelo. Se instalará un grupo de presión que tiene una potencia entre los dos motores de 880 W.

### **- SANEAMIENTO**

Se aplicará para la instalación de evacuación de aguas residuales y pluviales en los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE-DB-HS.5. Contará con los siguientes componentes: canalones, bajantes, arquetas y colectores.

Para las aguas residuales, el diámetro menor instalado será de 125 mm. Se amplía a 160 mm de diámetro al 2% en el momento en el que se une a otra tubería de 120 mm. En cada unión se colocarán arquetas. Esta instalación realizada en PVC, se puede observar mejor en planos.

Para las aguas pluviales, en primer lugar se instalarán los canalones de PVC con un diámetro de 125 mm. Una vez que el agua pasa el sumidero no se instalarán de manera inmediata las bajantes. Se opta por poner nuevos canalones de diámetro 125, de manera que se lleva el agua hasta donde se encuentra el sumidero central para instalar una sola bajante por lado de la nave. De esta manera saldrá más económico y el manejo del agua será más sencillo. Éstas bajantes serán también de DN 125. Las arquetas serán de 50x50, encontrándose comunicadas entre sí mediante una red de tuberías colectoras sanitarias de PVC. Constituyen la red de saneamiento de aguas pluviales y se evacuarán a la balsa. Se van a elegir colectores con pendiente del 2%. El primer colector será de DN 125, y cuando se una con el segundo la tubería será de diámetro 200 mm.

### **- CÁMARAS FRIGORÍFICAS**

No se puede correr el riesgo de que se pierda parte de la producción porque se estropee el producto una vez recolectado. Nos podemos encontrar con problemas de comercialización y que el producto tenga que estar en la nave más tiempo del pensado inicialmente; por ello se construirán dos cámaras frigoríficas para conservar la producción hasta dos semanas.

La temperatura mínima de conservación será para los cultivos de hoja 1-2°C, mientras que en los frutos será de 7°C y una HR>90%.

A continuación se presentan los resultados del balance térmico que ha servido para el dimensionamiento de los componentes de dichas cámaras:



Kcal /h (Frig/h)	CÁMARA 1	CÁMARA 2
Cámara	336,36	321,14
Enfriamiento	7837	7837
Carga	760,83	760,83
Renovaciones	124,42	124,42
Infiltraciones	784	784
Recirculación	338,09	338,09
Diversas	375,53	375,53
TOTAL	10556,23	10541,01
	12,28 kW	12,26 kW

**Tabla 15. Necesidades energéticas de las cámaras frigoríficas**

Componentes de las cámaras frigoríficas:

- 2 evaporadores con un rango de capacidad nominal de 8840-13260 W trabajando a temperaturas superiores a 0°C.
- Compresor capaz de proporcionar 25780 W a una temperatura de evaporación superior a 0°C.
- Condensador con capacidad de 35,6 kW para  $\Delta t = 7^{\circ}\text{C}$ .

#### **- ZONA DE PROCESADO**

Para darle valor añadido al producto, se envasará una vez recolectado. De esta manera puede transcurrir más tiempo hasta que éste sea consumido. Está situada en el centro de la misma nave, como se puede observar en planos.

Con todos los productos se ha de hacer una primera selección (eliminar los podridos, los que estén en mal estado,...). Para los productos de hoja además habrá que eliminar las hojas externas, la tierra, parte del tallo,... mientras que en los productos de fruto habrá que hacer una pequeña clasificación antes del envasado según tamaño, color... La selección se hará manualmente, en una mesa situada antes de la máquina envolvente, mientras que el cepillado se hará incorporando unos cepillos a dicha máquina para los productos necesarios.

Se escoge una máquina envolvente Flow Pack. Son máquinas automáticas de envasado horizontal de alta producción, que utilizan una sola bobina de film para la realización de la envuelta mediante tres soldaduras, dos transversales y una longitudinal.

#### **- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

Toda edificación destinada al ejercicio de actividades industriales, ha de poseer una serie de equipos e instalaciones que, en caso de producirse alguna situación de peligro para los trabajadores, ésta sea eliminada en el menor tiempo posible y sin que se produzcan daños personales. En este sentido, es de aplicación al presente Proyecto, el Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra Incendios en Establecimientos Industriales (R.S.C.I.E.I.).

Las actividades de prevención del incendio tendrán como finalidad limitar la presencia del riesgo de fuego, y las circunstancias que puedan desencadenar el incendio. Las actividades de respuesta al incendio tendrán como finalidad controlar o luchar contra el incendio para extinguirlo, minimizando los daños o pérdidas que pueda generar.

La protección frente al incendio puede ser tanto activa, que persigue extinguir el incendio (extintores), como pasiva, cuyo objetivo es minimizar las causas del incendio (resistencia de los elementos estructurales al fuego).

En planos se puede observar la distribución de estos elementos en la nave.

## 15. Gestión de residuos

El objetivo es establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

Además de los requisitos exigidos por la legislación sobre residuos, el productor de residuos de construcción y demolición deberá incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, y además hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán.

Para poder organizar y optimizar la gestión de residuos es imprescindible realizar una aproximación sobre la cantidad y naturaleza de los materiales sobrantes que se van a generar. Éstos se pueden ver en el cuadro siguiente.

Material	CIMENTACIÓN		CERRAMIENTOS		ACABADOS		TOTAL (kg)
	Volumen	Peso	Volumen	Peso	Volumen	Peso	
Madera	0,0575	51,75	0,345	310,5	0,7245	652,05	1014,3
Hormigón	0,4255	1063,75	-	-	-	-	1063,75
Metal (Acero)	0,253	1986,05	0,115	902,75	0,414	3249,9	6138,7
Papel y cartón	0,0575	25,875	0,805	362,25	1,5525	698,625	1086,75
Plásticos	0,3565	320,85	0,46	414	1,3455	1210,95	1945,8
Cerámica	-	-	9,66	1932	4,14	828	2760
Yeso	-	-	-	-	2,07	4802,4	4802,4
<b>TOTAL (kg)</b>		<b>3448,275</b>		<b>3921,5</b>		<b>11441,925</b>	<b>18811,7</b>

Tabla 16. Residuos generados en la construcción

La construcción de la nave generará de forma aproximada 18,81 toneladas. Teniendo en cuenta que también se han de construir tres invernaderos, se redondeará esta cifra a 20 toneladas. Para minimizar este impacto que se produciría contra el medio ambiente, los residuos serán retirados por un gestor autorizado, teniendo en cuenta la distancia mínima de este a la obra, para su posterior tratamiento y valorización.

## 16. Resumen presupuesto

El resumen general del presupuesto, ordenado por capítulos, se extrae del programa presto, mostrándose a continuación:

### RESUMEN DE PRESUPUESTO

Instalación de invernaderos en hidropónico en Garrapinillos

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	Movimiento de tierras.....	19.678,51	2,89
2	Cimentaciones.....	34.290,76	5,04
3	Estructura nave.....	26.996,29	3,96
4	Cerramientos, tabiques y carpintería.....	109.894,31	16,14
5	Instalación eléctrica.....	18.042,31	2,65
6	Instalación fontanería.....	5.951,02	0,87
7	Instalación saneamiento.....	2.696,01	0,40
8	Protección contra incendios.....	364,09	0,05
9	Cámaras frigoríficas.....	27.172,20	3,99
10	Zona de procesado.....	16.512,00	2,42
11	Instalación riego.....	24.600,94	3,61
12	Invernaderos.....	341.400,00	50,14
13	Drenajes.....	34.382,21	5,05
14	Balsa.....	12.302,88	1,81
15	Estudio de seguridad y salud.....	6.633,48	0,97
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>680.916,01</b>	
	13,00% Gastos generales.....	88.519,08	
	6,00% Beneficio industrial.....	40.864,96	
SUMA DE G. G. y B.I.		129.374,04	
	21,00% I.V.A.....	170.160,91	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>980.450,96</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>980.450,96</b>	

Ascende el presupuesto general a la expresada cantidad de NOVECIENTOS OCHENTA MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

, a 10 de diciembre de 2015.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA

## 17. Estudio económico

En la explotación habrá que realizar una inversión necesaria de 810.290,05 €.

Se ha hecho un resumen de pagos y cobros ordinarios, en los que se refleja:

- Pagos ordinarios. 153.910 €
- Cobros ordinarios. 259.800 €

La vida útil se estima en 25 años.

Se solicitará un préstamo de 300.000 €, de cuota constante a 10 años con interés del 6%.

Se contará con una subvención de 100.000 €, de los cuales 40.000 € son debido a joven agricultor, y los otros 60.000 € por la modernización de la explotación.

Con estos datos se obtienen los siguientes resultados:

- Valor Actual Neto (VAN), al ser mayor que 0 indica que la inversión es viable (VAN=554,869)
- Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) indica que la inversión es rentable, ya que la rentabilidad del esfuerzo inversor es de un 16,03%
- PayBack es de 10 años, indicando que a los 10 años se rentabiliza la inversión.

Actualmente, con los datos introducidos inicialmente, la explotación es rentable.

Además, se ha estudiado la rentabilidad para precios un 10% mayores y para precios un 10% menores. En ambos casos la explotación sigue siendo rentable.

Este Trabajo Final de Grado contará con los siguientes documentos:

1. Memoria
2. Planos
3. Pliego de condiciones
4. Presupuesto
5. Estudio de seguridad y salud

- Anejos

1. Justificación del cultivo hidropónico
2. Análisis del agua
3. Estudio climático
4. Cultivos a implantar
5. Solución nutritiva
6. Necesidades de riego
7. Necesidades de mano de obra
8. Estudio geotécnico
9. Balsa de riego
10. Justificación del cálculo estructural
11. Instalaciones del invernadero
12. Instalaciones de la nave
13. Gestión de residuos
14. Estudio económico

Huesca, Diciembre de 2015

El Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

Fdo.: Ignacio Pemán Poza