



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



UNIVERSIDAD
DE ZARAGOZA

PROYECTO FIN DE CARRERA

“DISEÑO DE DOS INVERNADEROS DE PRODUCCIÓN
HORTÍCOLA Y SALA DE PROCESADO EN LA LOCALIDAD
DE FRAGA (HUESCA)”

ANEJOS A LA MEMORIA

AUTOR: **ALEJANDRO PENA PUÉRTOLAS**

ENSEÑANZA: **INGENIERÍA TÉCNICA AGRÍCOLA**

DIRECTOR/ES: **JOAQUÍN AIBAR LETE**

FECHA: **HUESCA, JUNIO de 2015**

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

ANEJO 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

INDICE

1.- SITUACIÓN ACTUAL DE LA PARCELA.....	2
2.- OBJETO DEL PROYECTO	3

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

1. SITUACION ACTUAL DE LA PARCELA

Se redacta el presente proyecto “Instalación de invernaderos para producción de hortalizas en el término municipal de Fraga (Huesca)”, por encargo del propietario de la finca, de tal forma que los documentos que integran el proyecto sirvan de base para la ejecución de la instalación proyectada.

La finca se sitúa en el polígono 9 parcela 8, que se encuentran actualmente declaradas de regadío de “pleno derecho”. La parcela cuenta con una toma de agua procedente directamente del canal de Aragón y Cataluña, la cual pertenece a la Comunidad de Regantes de Aragón y Cataluña. Además, la parcela posee una conexión a una línea eléctrica de baja tensión dispuesta a la entrada de parcela. Dicha parcela posee una superficie de 12 Ha y se encuentra situada a una latitud de 41° 30' 40.79" N y a una longitud de 0° 23' 11.37" E.

En esta finca, al igual que en sus colindantes pertenecientes al paraje Mas del Carnicer, se ha ido cultivando durante estos años cereales de invierno y alfalfa. El promotor pretende seguir creciendo en la producción de hortalizas, negocio en el que está inmerso hace algunos años, con cultivo tradicional en la zona mediante fertirrigación.

- Accesos

Para acceder a la parcela, se pueden usar dos vías distintas. La primera, accediendo directamente por la autovía A-2, dirección Lérida, a la altura del km 119. O por la carretera nacional N-2 en dirección Lérida, en un desvío a la altura del km 438. Ambos desvíos llevarán a la carretera de servicio de la Comunidad de regantes del canal de Aragón y Cataluña.

Se pretende con este presente proyecto solucionar un problema común a otros hortelanos locales, que no es otro que la estacionalidad de sus cultivos, intentando con este sistema de cultivo forzado el llenar el calendario de cultivos y no perder de esta manera cuota de mercado, tanto por estacionalidad como por calidades de los cultivos al aire libre.

La zona pertenece al sistema de la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Catalunya. El agua que abastece esta finca proviene del embalse de Santa Ana a través del Canal del Aragón y Cataluña.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como objetivo la determinación de las características técnicas, constructivas y presupuestarias acerca de la instalación de una explotación para la producción forzada de hortalizas fuera de temporada con fines comerciales. La producción irá destinada tanto al abastecimiento de minoristas de la zona como a la venta directa a las mercas cercanas de Lérida y Zaragoza.

Se instalarán dos invernaderos, ambos de 4800 m² de superficie cada uno, para la producción de hortalizas fuera de estación mediante el sistema de cultivo con solución nutritiva o cultivo hidropónico, cuyas principales características son el cultivo en un medio distinto del suelo fértil con aporte de una solución nutritiva acorde a las necesidades específicas de cada cultivo en cada momento y la climatización. Se ha optado por esta técnica especial de cultivo debido a que la creciente competitividad de las industrias hortofrutícolas obliga a los productores agrícolas a introducir en los mercados productos de mayor calidad y a conseguir una mayor productividad de sus explotaciones.

Las instalaciones que deberá albergar la explotación para llevar a cabo este proyecto constan de dos invernaderos que cubren una superficie aproximada de 9600 m². En estos invernaderos se implantarán, en un principio, los cultivos hortícolas de tomate, pimiento, judía verde, lechuga y borraja, si bien estos pueden cambiar con el paso de las campañas en función del mercado.

Los dos invernaderos de producción comercial estarán controlados climáticamente y dispondrán de sistema de calefacción y ventilación lateral y cenital.

La forma de aplicar la solución nutritiva será mediante su inyección a tuberías de agua a presión con goteros como emisores. El agua sobrante irá a parar a los drenajes que la devolverán a un equipo que analizará su conductividad y el pH, con el fin de recircularla de la manera más segura posible.

A su vez se construirá una nave de servicios construida con estructura de acero y basándose en el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación. Dicha nave albergará la oficina, aseos y vestuarios, un cuarto donde se situará el cabezal de riego, dos pequeñas cámaras frigoríficas, y una línea de selección y envasado de los productos obtenidos en la explotación.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

El abastecimiento de agua para la alimentación de la nave y para el sistema de riego procede de la balsa situada en la parcela. Esta balsa, con capacidad para 13.000 m³ dará abasto a las necesidades de la explotación.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

ANEJO 2. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO SIN SUELO

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- GENERALIDADES	3
3.- CLASIFICACIÓN.....	4
4.- CULTIVOS CON SUELO – CULTIVOS SIN SUELO.....	6
5.- VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS CULTIVOS CON Y SIN SUELO	7
6.- CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS CERRADOS.....	13
7.- GENERALIDADES DEL SISTEMA ELEGIDO	17

1. INTRODUCCIÓN

La creciente competitividad comercial de horticultura de los países en desarrollo obliga, a todos los productores agrícolas, a concurrir en los mercados con más calidad de productos y a conseguir una mayor productividad de sus explotaciones. Este tipo de mejoras sólo pueden conseguirse con los cambios tecnológicos necesarios que afecten tanto a la calidad de la semilla como a la mejora de las técnicas de cultivo y al sistema general de producción.

Los cultivos hidropónicos representan otra filosofía de producción que puede modificar parcial o totalmente los sistemas de cultivo imperantes en los momentos presentes. Con un sentido menos restrictivo, los cultivos sobre sustratos inertes, que no participan directamente con sus componentes químicos en el proceso de alimentación de la planta, representan ciertas ventajas sobre el propio cultivo hidropónico, al tiempo que significan una extensión de esa nueva filosofía que se señalaba. Los resultados de múltiples experiencias desarrolladas señalan que las modificaciones tecnológicas para conseguir una mayor calidad, uniformidad y cantidad de productos, deben de pasar por el cambio tecnológico que supone la adaptación a los cultivos "sin suelo" o sobre sustratos inertes.



Tomate en hidroponía

2. GENERALIDADES

Resulta usual el empleo del término hidropónico como sinónimo de cultivos en sustratos; sin embargo, el cultivo hidropónico es por definición el cultivo en agua. Para evitar confusión vamos a aceptar la siguiente definición: "El cultivo en sustrato es el cultivo de especies vegetales en un medio aislado del suelo (Ctifl, 1984)".

Los sustratos utilizados en esta práctica de cultivo suelen ser muy variados, tanto en sus características físicas y químicas como en su volumen.

Los sistemas de cultivo sin suelo se pueden clasificar en dos categorías:

- Con solución perdida
- Con solución recirculante.

En la primera categoría las plantas se cultivan sobre un sustrato (lana de roca, perlita, o fibra de coco principalmente), a las que se aporta una solución de fertilizantes mediante riegos intermitentes. El sustrato mantiene entre cada riego una reserva de solución nutritiva y el exceso se drena y no es recuperado.

Todos los cultivos en agua pertenecen a la segunda categoría; las plantas aquí cultivadas, son alimentadas continuamente con una solución fertilizante que circula en circuito cerrado, no siendo indispensable el disponer de un sustrato en el caso del N.F.T. (Técnica de cultivo con flujo laminar con nutrientes).

En los sistemas con solución perdida, la cantidad de fertilizantes aportados es superior a las necesidades del cultivo. Este exceso de fertilizantes hay que evacuarlo fuera del invernadero. La cantidad de solución nutritiva (fertilizantes más iones del agua de riego) drenada es función del sistema de cultivo, de la época del año y de las características de explotación.

3. CLASIFICACIÓN

Las clasificaciones de los cultivos sin suelo se realiza en general atendiendo a unos criterios básicos, y dentro de ellos a una serie de modificaciones de los mismos, y cuya aplicación genera las diferentes clasificaciones; estos criterios son:

- El medio físico donde crece la raíz de la planta que cultivamos.
- La forma de suministro de la solución nutritiva.
- La forma, en su caso, de aireación de la solución nutritiva.
- La existencia o no de reciclado o recuperación de la solución.

Son varias las clasificaciones de cultivos sin suelo que se han publicado basándose en los criterios anteriormente citados. A continuación se describen una de ellas:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Clasificación de Ulises Durany (1984)

HIDROPONÍA PROPIAMENTE DICHA	Cultivo en medio exclusivamente líquido.	Las plantas sumergen su aparato radical en la solución nutritiva y son sustentadas con sistemas diversos según la especie.	La solución nutritiva atravesia el sustrato de arriba abajo, por percolación. Poc inigacifu	Por irrigación superficial discontinua.	Con recuperación de la solución nutritiva.
	Cultivo en sustrato sólido, inerte y poroso.			Por irrigación superficial continua	Sin recuperación de la solución nutritiva
					Con recuperación de la solución nutritiva
					Sin recuperación de la solución nutritiva
				Por esparcimiento en su superficie de sales seguido de irrigación con agua.	
			La solución nutritiva atravesia el sustrato de abajo a arriba, por subirrigación	Por subirrigación propiamente dicha	Con recuperación de solución nutritiva
				Por circulación profunda a nivel constante	
SEMIHIDROPONÍA	Cultivo en sustrato sólido, inerte y poroso.	El sustrato esta mezclado a pequeñas cantidades de turba u otros materiales que absorben la solución nutritiva.		La solución nutritiva es suministrada con uno de los métodos arriba mencionados.	
		El sustrato está mezclado con materiales sintéticos (resinas) intercambiadoras de iones saturados oportunamente de los elementos nutritivos necesarios, antes de la actuación del cultivo.		Suministro de sólo agua	

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

En rojo se puede observar el método que se llevará a cabo en la explotación, en sustrato inerte con recuperación de la solución nutritiva en la balsa de riego.

4. CULTIVOS CON SUELO-CULTIVOS SIN SUELO

Los cultivos "sin suelo" se están imponiendo cada vez más frente a los de suelo en los invernaderos, y esto es cierto cuando de invernaderos más avanzados y con mejor equipamiento se trata. Si esto sucede siendo los "sin suelo" sistemas más caros y exigentes en manejo, indudablemente las expectativas de producción en cantidad, calidad o seguridad deben de ser mayores. Pero, ¿a qué es debido esto? Veamos la razón principal que justifica tales expectativas.

Una planta tiene unas características fisiológicas propias cualquiera que sea el medio de cultivo utilizado. Si los resultados productivos mejoran es porque la planta encuentra condiciones más favorables para el ejercicio de sus funciones. Su potencial máximo viene condicionado por su dotación genética y el aproximarse más o menos a este máximo teórico dependerá de una serie de condicionantes o factores de producción que podríamos expresar por $P=f(X_i)$, siendo X_i los distintos factores que intervienen en forma de variables independientes o ligadas; este conjunto puede a su vez agruparse, en forma un tanto teórica, en varios subconjuntos, tales como: factores ambientales (T^a , HR, etc.), culturales (entutorados, podas, etc.), sanitarios (plagas y enfermedades) y finalmente, de rizosfera (T^a , aireación, agua del sustrato, etc.).

Un sistema de cultivo con o sin suelo tiene prácticamente en común todos los factores de producción, a excepción de la rizosfera que presenta grandes diferencias, y es aquí donde hay que buscar la explicación al diferencial productivo. Los carbohidratos de fotosíntesis los utiliza la planta para generar elementos plásticos (tejidos y órganos) o energéticos (azúcares, almidón, etc.) que o bien quedan en reserva o por oxidación (respiración) proporcionan la energía necesaria a sus funciones vitales.

En hidroponía la planta encuentra en óptimas condiciones los elementos que

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

necesita (agua, nutrientes, oxígeno, etc.) y los toma con un ahorro energético notable respecto al suelo, en donde se encuentran en peores condiciones. Esto supone que un mayor porcentaje de carbohidratos se destinan en este caso a fines productivos.

Este diferencial productivo expectante puede ser potenciado o disminuido, anulado o aún invertido, según el nivel de control ejercido sobre el resto de los factores productivos, lo que explica el éxito o fracaso de la hidroponía según el entorno de aplicaciones existente.

5. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS CULTIVOS CON Y SIN SUELO

Los aspectos comparativos entre ambos sistemas deben hacerse en el ámbito de los cultivos protegidos de tecnología avanzada. Fuera de este entorno, las condiciones son tan diferentes, que no tendría sentido comparación alguna. Veamos ahora las principales ventajas de los cultivos sin suelo respecto a los de suelo, para examinar posteriormente los inconvenientes.

-Ventajas:

. Sanitarias:

Debido al proceso de fabricación (altas temperaturas) los sustratos artificiales vienen ya esterilizados. En los naturales no se da esta circunstancia, aunque, en general, provienen de zonas alejadas de las áreas de cultivo, por lo cual el riesgo de contaminación suele ser bajo. En el suelo, por contra, el riesgo de contaminación es acumulativo, por lo que a la larga serán imprescindibles las desinfecciones, caras e imperfectas, que en todo caso son más favorables en los sustratos por sus características de homogeneidad, estructura y volumen.

La propagación de la infección es más rápida en el suelo que en la mayoría de los sistemas sin suelo, que emplean unidades de cultivo aisladas (sacos, planchas, etc.), aunque en los sistemas de circulación cerrada sucederá lo contrario.

La sustitución periódica de los sustratos y su aislamiento del suelo es sin duda la

mejor solución en la lucha contra los patógenos de raíz.

. Homogeneidad:

En cualquier sustrato es condición indispensable, mientras que en el suelo, en el mejor de los casos, nunca es completa, estando influenciada por sus dimensiones, composición, prácticas de cultivo, etc.

La homogeneidad es una ventaja notable en el cultivo, ya que supone una simplificación y abaratamiento en riego, abonado, desinfección, etc. y una regularidad en la plantación que se traduce en un aumento significativo de la producción, a la vez que un ahorro en prácticas culturales.

. Agua:

El aporte de agua en los cultivos sin suelo es de forma continua (sistemas cerrados) y en riegos de alta frecuencia, manteniendo un equilibrio aire/agua casi constante. En el suelo no es posible este tratamiento y el equilibrio aire/agua sufre grandes alteraciones entre riegos, así como las fuerzas de retención de agua, que llegan a ser notablemente superiores que en los sustratos, lo que supone una mayor dificultad y gasto de energía para la planta.

El control de la salinidad de la solución a nivel de la raíz es mucho más fácil en los "sin suelo", lo que posibilita el uso de aguas mediocres con aceptables resultados productivos, si bien a costa de un mayor consumo de agua y abonos. En el suelo la salinización es más lenta pero acumulativa, lo que a medio plazo ocasionaría problemas de difícil solución.

. Nutrición:

El ajuste de la solución estática, en equilibrio y concentraciones de nutrientes considerados como esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, es fácil en los sistemas "sin suelo", y aún más si se trata de sustratos inertes. En el suelo, aunque teóricamente factible, es en la práctica complicado y lento, debiéndonos conformar la mayoría de las veces, con aproximaciones más o menos ajustadas al equilibrio buscado.

. Temperatura:

La temperatura de la raíz no siempre es la apropiada, lo que hace aconsejable algún tipo de intervención y ajuste. Aumentarla siempre es posible calentando la rizosfera, pero la calefacción en un sustrato es más fácil y barata que en el suelo. Sus características de reducido volumen, disposición y homogeneidad permiten métodos sencillos (solución caliente, agua a baja temperatura, etc.). En el suelo, o no es posible su aplicación, o resulta más costosa y complicada.

Cuando el problema es de exceso de temperatura, la solución es más difícil y sólo los sistemas de circulación cerrada permiten una actuación directa, enfriando por algún método (torre de enfriamiento, bomba de calor, etc.) la solución nutritiva. Para suelo y sistemas abiertos sólo cabe actuar indirectamente mejorando la temperatura ambiente (cooling-system, etc.).

. Cultivo:

Las labores culturales comunes (podas, entutorados, etc.) se simplifican y abaratan en los "sin suelo" debido a su mayor uniformidad. Las preparatorias son también favorables a los "sin suelo" ya que, o bien se suprimen (laboreo, abonados de fondo, etc.), o se simplifican y disminuyen (desinfección, tratamientos herbicidas). Esta reducción de labores y mayor sencillez de las restantes se traduce, no sólo en coste económico, sino en ahorro de tiempo a la hora de la sustitución de los cultivos.

. Precocidad:

Las condiciones de control en los "sin suelo" favorecen el proceso de fructificación, que se traduce en un adelanto de la entrada en producción. Es difícil cuantificar esta precocidad, que depende también de condiciones medio ambientales, varietales, etc., pero en la práctica son usuales adelantos de varios días hasta semanas, según especies contempladas.

. Calidad de fruto:

Puesto que la homogeneidad es la característica predominante de los "sin suelo", la calidad comercial de su producción es mayor, debido a la superior uniformidad de sus caracteres (tamaño, color, escriturados, etc.). En cuanto al sabor, las cualidades

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

gustativas han sido postergadas frente a las aparentes como práctica comercial en uso, aunque recientemente empiezan los mercados a ser más exigentes en este aspecto, tal vez como carácter selectivo ante la sobreoferta existente en la mayoría de los productos.

Tradicionalmente se han considerado los frutos de aire libre, y más aún los de secano de plena estación, como muy superiores en sabor a los extratempranos y protegidos. Esto es debido a una concentración menor de azúcar y sólidos disueltos en los frutos de invernadero. La razón es doble. En el invernadero las condiciones más favorables de agua y fertilizantes permiten una mayor producción, pero al disfrutar las plantas de menos luz (cubierta protectora y época de producción) hay menos carbohidratos a disposición del fruto, y este sale más acuoso y menos azucarado.

La genética también tiene parte de culpa al ejercer una presión selectiva, principalmente sobre la producción, prescindiendo del sabor. La solución ante este problema pasa por:

- a) Selección de nuevas variedades en que prime el sabor sobre la producción.
- b) Empleo de materiales de cubierta de mayor trasmitancia y/o desplazamiento de producciones a días largos.
- c) Restringir la toma de agua por la planta aumentando la concentración salina (mayor C.E.).

Las dos primeras soluciones suponen un cambio drástico de objetivos que habría que tener la voluntad de adoptar. La tercera tiene mayor posibilidad y empíricamente es suficientemente conocida la mejor calidad de los frutos cultivados con aguas salinas (tomates, melones, sandías, etc.), aunque esto es a costa de una disminución de producción y calibres.

En los cultivos sin suelo se puede subir la solución estática hasta determinados niveles de C.E. actuando sobre la C.E. de la solución de aporte y sobre el porcentaje de drenaje.

Manteniendo estos niveles a determinado valor se puede conseguir una notable mejora de calidad gustativa sacrificando muy poco o nada la producción, ya que la

planta consume relativamente poca energía adicional en la toma de agua al mantener bajas las fuerzas de retención (tensión superficial) y constante la presión osmótica (C.E. constante). Esto supone la posibilidad de mejorar la calidad sin un excesivo coste en reducción de cosecha.

.Potencial productivo:

Ya se ha visto que en hidroponía el menor consumo de energía por la planta es la principal razón que explica su mayor productividad. Si además tenemos en cuenta otros factores como: mayor uniformidad, menor contaminación, precocidad, etc., suponen en conjunto un notable incremento del potencial productivo, en comparación al de los cultivos desarrollados en suelo en similares condiciones.

. Seguridad:

Por sus condiciones de partida (medio no contaminado), así como por el control minucioso y completo con que se sigue la fase de cultivo, la probabilidad de alcanzar los objetivos de producción es mucho más alta en los cultivos sin suelo que en los de suelo en donde es más fácil incurrir en desviaciones nutricionales o problemas patológicos imprevistos.

-Desventajas:

.Sanitarias:

En los "sin suelo" las condiciones de la rizosfera son mucho más favorables a la raíz, pero también lo son a sus patógenos. Esto supone que cuando un inóculo penetra en la unidad de cultivo, su propagación se ve favorecida por el medio acuoso y la colonización es muy rápida. Hongos como *Pythium* u *Oidium*, que en plantas adultas en suelo generalmente no tienen incidencia, en los cultivos sin suelo pueden llegar a ser problemas importantes.

.Agua:

El suelo tiene mayor volumen y un comportamiento hídrico más vulgar, lo que permite mayores desviaciones en el riego sin efectos negativos importantes. La precisión de los equipos de riego no se necesita tan ajustada y el manejo puede ser más

relajado y cómodo.

Ante una emergencia, el empleo de aguas salinas en corto espacio de tiempo es menos perjudicial en el suelo, en donde su poder tampón es importante y la salinización es más lenta.

El consumo de agua en suelo puede ser menor que en "sin suelo", ya que en algunos casos puede llevarse el cultivo con drenaje cero claramente todo el ciclo y lavar las sales acumuladas al final del cultivo por un riego abundante o de forma natural si coincide con periodos de lluvia.

. Nutrición:

También en este aspecto el poder tampón del suelo permite un cierto relajamiento.

Parte de los nutrientes se incorporan al suelo como abonado de fondo en una sola vez y el resto de forma fraccionada o en el riego. Las exigencias, como se ve, son menores que en los "sin suelo" en que hay que aportar todos los fertilizantes de forma continuada (solución nutritiva).

. Temperatura:

La mayor inercia térmica del suelo impide acusadas oscilaciones de temperatura en la raíz, lo que evita, generalmente, que se alcancen niveles peligrosos en situaciones extremas. En los sustratos la inercia es mucho menor y las oscilaciones diarias más amplias.

. Costes:

El coste de los cultivos sin suelo es generalmente superior a los de suelo. El ahorro en labores preparatorias y de cultivo respecto al suelo es sobrepasado ampliamente por el coste de los sustratos. El consumo de agua hemos visto que puede ser menor en el suelo, y en cuanto a los fertilizantes, en los "sin suelo" se utilizan más puros y por tanto más caros, además del consumo extra que supone el drenaje de lavado de sales.

. Infraestructuras:

Los equipos necesarios para el manejo de los cultivos sin suelo deben ser más precisos y sofisticados que para los de suelo y por tanto más caros de adquisición,

instalación y mantenimiento.

. Contaminación:

Los residuos sólidos constituidos por la retirada de ciertos sustratos artificiales, lana de roca y fibra de vidrio principalmente, ocasionan un serio problema ya que no son degradables y tampoco pueden incorporarse al terreno. La evacuación de drenajes, principalmente en los sistemas abiertos, también pueden ocasionar problemas de contaminación de acuíferos cuando los cultivos se concentran en áreas de cierta superficie; claro que con los cultivos de suelo puede ocurrir algo parecido, pero la opinión pública es más tolerante con éstos, al considerarlos más naturales y tradicionales que los "sin suelo".

Para paliar los efectos contaminantes, en la explotación se ha elegido como sustrato la perlita que, previamente desinfectada no contamina el suelo, consiguiendo un aumento en los suelos cultivados de la porosidad.

. Riesgo:

La falta de inercia de los sistemas "sin suelo" los hace muy vulnerables ante cualquier fallo o error en el manejo. Aunque la fiabilidad de las instalaciones y automatismos actuales es alta, no se puede descartar totalmente alguna avería que tendría consecuencias mucho más graves que en el suelo.

6. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS CERRADOS

Como hemos comentado anteriormente los sistemas cerrados son aquellos en los que la solución nutritiva que se aplica en exceso al cultivo y no es absorbida por éste, se recoge y acumula para ser nuevamente utilizada en el riego. Antes de esto, como es lógico, debe ser analizada su CE y pH para poder ser mezclada con agua exterior y fertilizantes para reponer el consumo ejercido por la planta y obtener así la solución nutritiva deseada.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

La ventaja que presentan los sistemas cerrados frente a los abiertos es que permiten ahorrar agua y fertilizantes y evitar que éstos sean eliminados al medio. De este modo, es posible reducir la contaminación de los acuíferos subterráneos provocada por la lixiviación de los drenajes y la de las aguas superficiales por vertido a ellas.

Es de esperar que la Unión Europea, siguiendo las líneas de actuación de los países más desarrollados, legisle próximamente en contra de los sistemas abiertos, lo cual llevará hacia los sistemas cerrados. Por ello aunque todavía hay muy pocas explotaciones comerciales en nuestra zona que reutilicen el drenaje, el interés en el tema es máximo a nivel de investigación.

En los sistemas cerrados no todo son ventajas, de forma que la solución sobrante puede venir contaminada por algún patógeno desde un foco inicial y, al reutilizarse, la infección puede extenderse rápidamente vía solución nutritiva a todo el cultivo, por lo que en pocos días es posible perder una plantación entera.

Este hecho ha provocado que en países como Holanda se hayan probado y se empleen en explotaciones comerciales distintos sistemas de desinfección del drenaje que eviten dichos daños sobre el cultivo. Sin embargo, no está claro qué método de desinfección es el más adecuado, e incluso si son necesarios, en nuestra explotación la desinfección la llevaremos a cabo mediante lámparas ultravioletas.

Por otro lado, la reutilización íntegra de la solución sobrante exige el empleo de aguas de muy buena calidad ya que, de lo contrario, aquellos iones que se encuentran en una concentración superior a la capacidad absorción del cultivo, se acumularán de forma progresiva, llegando un momento en el que la concentración sea tan elevada que obligue a eliminar ese drenaje y a comenzar nuevamente el proceso de recirculación.

Existen básicamente dos tipos fundamentales de sistemas cerrados. Por un lado, aquellos que utilizan algún sustrato para el desarrollo de las raíces del cultivo y, por otro, aquellos que no utilizan ningún sustrato o también llamados hidropónicos puros.

Los sistemas cerrados con sustrato los podemos dividir a su vez en tres grupos. En primer lugar tenemos sistemas que funcionan por inundación periódica del sustrato (flujo)

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

y en los que posteriormente se realiza la recogida de los sobrantes (reflujo): éste es el caso de las bancadas de grava. En segundo lugar se encuentran aquellos sistemas en los que se realiza un aporte de solución nutritiva y una recirculación continua o intermitente de muy alta frecuencia, ya que se utiliza un sustrato con una capacidad de retención de agua muy pequeña pero con elevada aireación, como pueden ser la grava o la arena. Por último, están los propios sistemas cerrados en los que se recoge y almacena el drenaje para reusarlo posteriormente en la preparación de una nueva solución nutritiva de aporte al cultivo; éste es el sistema que se ha impuesto en Holanda y puede utilizar cualquiera de los sustratos habitualmente empleados (lana de roca, perlita, fibra de coco etc). Este último sistema es el que vamos a llevar a cabo en nuestra explotación.

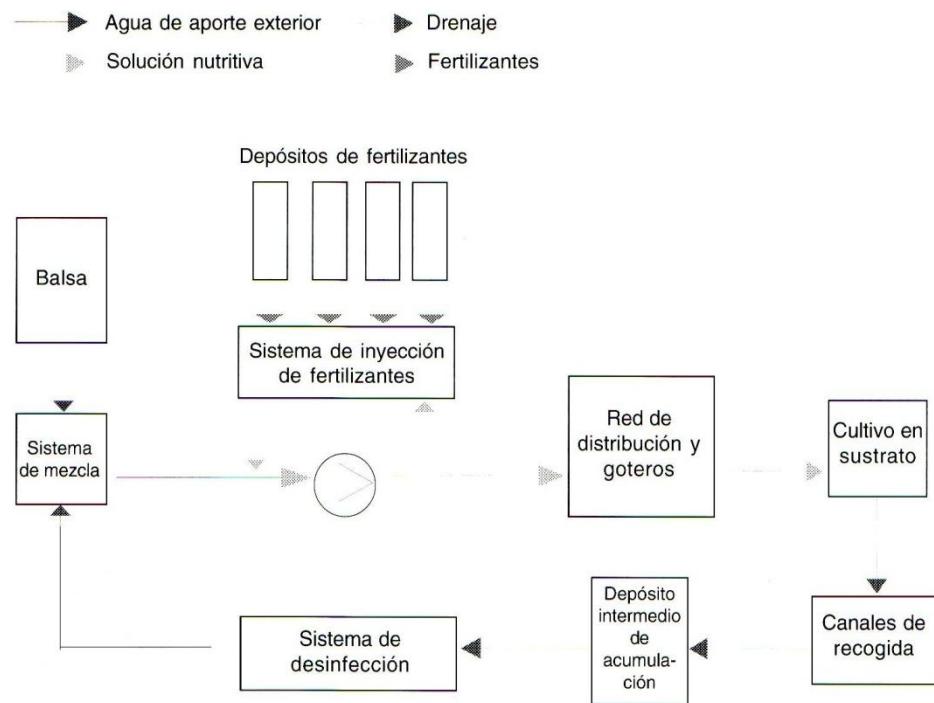
A continuación vamos a estudiar las características de los sistemas cerrados más usados y que pueden tener más posibilidades.

-SISTEMAS CERRADOS CON SUSTRATO

Como hemos visto en el apartado anterior, dentro de los sistemas cerrados con sustrato podemos distinguir varias modalidades. No obstante, en la actualidad la más utilizada es la tercera, es decir, el sistema cerrado con sustrato, y reúso del drenaje, ya que ha sido la mejor aceptada en Holanda.

Un sistema cerrado con sustrato y reúso del drenaje es en esencia lo mismo que otro abierto, pero de forma que el sustrato se encuentra sobre algún tipo de canal, el cual se encarga de recoger el drenaje y llevarlo por gravedad hasta el final de la línea de cultivo y, desde ahí hasta un depósito de acumulación a través de una tubería. Desde este depósito es trasvasado a través del sistema de desinfección hasta otro donde tiene lugar la acumulación final en espera de ser mezclado con agua exterior y fertilizantes y obtener así la solución nutritiva, que es nuevamente aportada al cultivo. A continuación se presenta un esquema que muestra lo explicado anteriormente y que es el sistema que se adopta en la explotación.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”



La mezcla del agua de aporte exterior y el drenaje se puede realizar en un depósito al que se añaden unos volúmenes determinados de los mismos en función del porcentaje de drenaje al que se esté funcionando. Estos volúmenes pueden establecerse mediante la colocación en el depósito de sondas de nivel a una altura adecuada.

También se puede llevar a cabo mediante una válvula motorizada que permita el paso de una mayor o menor cantidad de drenaje para que, en su mezcla con el agua de aporte exterior, se alcance un determinado valor de conductividad eléctrica, el cual se habrá previamente establecido en función del porcentaje de drenaje que se pretende recircular.

La bomba de impulsión es la que se encarga de aspirar la mezcla formada por el drenaje y el agua de aporte exterior, haciéndola pasar por el sistema de inyección de fertilizantes y, una vez obtenida la solución nutritiva final, impulsándola a los goteros a la presión necesaria.

El sistema de inyección de fertilizantes tiene por objeto mezclar, de forma homogénea, los fertilizantes de aporte exterior con el agua de riego. Este sistema puede

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

utilizar tanque de mezclas o inyección directa, y a su vez la incorporación de las soluciones madre se puede hacer con venturis o con bombas inyectoras.

Las tuberías de distribución se encargan de llevar la solución nutritiva final desde el cabezal de riego hasta el cultivo. Deben estar dimensionadas en función del caudal y la presión del agua que vaya a circular por ellas. Los goteros deben ser autocompensantes y antidrenantes en caso de que el terreno tenga cierta pendiente.

Los canales de recogida del drenaje conducen a éste desde el sustrato de cultivo hasta el depósito intermedio de acumulación. Debe tratarse de un sistema barato para que resulte asequible al agricultor. Las bandejas metálicas suelen ser costosas y es necesario acudir a algún soporte de polipropileno o poliestireno expandido cubierto por una lámina de plástico.

El depósito intermedio de acumulación del drenaje no debe ser de gran capacidad ya que únicamente sirve para acumular un cierto volumen de agua, de forma que sea suficiente para hacerlo pasar a través del equipo de desinfección.

Existen varios sistemas de desinfección del drenaje (radiación ultravioleta, por calor, ozonización y filtración lenta en arena). Es conveniente su instalación para reducir el riesgo de un ataque generalizado a las raíces del cultivo por parte de alguna especie fitopatógena.

Por último, el depósito de acumulación final del drenaje es el que va a almacenar éste hasta que se vuelva a utilizar en mezcla con el agua de aporte exterior. Debe tener un volumen suficiente como para contener el drenaje que se va a producir en un día con el fin de obtener una mezcla homogénea de éste.

Como puede observarse la instalación para reúso del drenaje es un tanto compleja y requiere de varias bombas y conexiones eléctricas que deben estar perfectamente ajustadas para conseguir el trasiego adecuado del agua y que ésta no desborde en ningún punto.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Todas las instalaciones y aparatos que se han ido citando a lo largo de este apartado se pueden ver de forma más concreta en el anexo “Instalaciones del invernadero”, donde se explica entre otras cosas la instalación de riego, drenajes, filtros y sistema de desinfección.

7. GENERALIDADES DEL SISTEMA ELEGIDO.

En el presente proyecto el sistema elegido es un cultivo hidropónico en sacos de perlita B-12, con unas dimensiones de 120cm de largo y 22cm de diámetro, con una capacidad de retención de agua del 25% en volumen. La alimentación será a través del sistema de riego, dotando a cada planta de un gotero autocompensante y antidrenante de 2.3 L/h.

La inyección de los abonos irá en la cabecera de la red de riego en la tubería secundaria mediante las bombas dosificadoras de abono, como se puede ver en los planos y el anexo, diseño de los invernaderos que albergan los cálculos y el diseño de la red de riego.

La recogida de los drenajes de riego es la parte final de este sistema cerrado, aprovechando los mismos para su posterior uso en el siguiente riego.

ANEJO 3. CULTIVOS A IMPLANTAR

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	2
2.- TOMATE.....	3
3.- PIMIENTO.....	9
4.- JUDIA VERDE.....	13
5.- LECHUGA.....	17
6.- BORRAJA.....	18
7.- PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	21

1. INTRODUCCIÓN

La producción obtenida en esta explotación irá destinada al abastecimiento de minoristas de la comarca y los núcleos de población de Lérida y Zaragoza principalmente, siendo por tanto importante disponer de los datos sobre consumo de verduras y hortalizas. Por no poder disponer de datos de consumo más cercanos a nosotros, se opta por valorar los datos de consumo a nivel nacional para poder escoger unas alternativas de cultivo que se adapten lo mejor posible a los cultivos más consumidos, siempre y cuando sea posible su cultivo en sustrato. Las especies que inicialmente se van a cultivar son:

Hortalizas aprovechables por sus frutos o vainas:

Tomate (*Solanum lycopersicum L.*)

Pimiento (*Capsicum annuum L. var. annuum*)

Judía verde (*Phaseolus vulgaris L.*)

Hortalizas aprovechables por sus hojas o peciolos:

Lechuga (*Lactuca sativus L.*)

Borraja (*Borago officinalis 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 y los precios de mercado, se pueda optar por cultivar los mejor adaptados para ambos invernaderos.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
INV. 1	GA				TOMATE PRIMAVERA				JUDÍA VERDE			LECHU-
INV. 2			BORRAJA			PIMIENTO LAMUYO CICLO LARGO				BORRAJA		

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

A pesar de ser fechas orientativas, los ciclos de plantación y recolección serán más concretamente los siguientes:

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
GA 31	1	TOMATE	20	PRIMAVERA	11	JUDIA 12	25	VERDE	21	LECHU-	
2	BORRAJA	16	15	PIMENTO	1	LAMUYO	C. LARGO	16	15	BORRAJA	28



FASE DE CRECIMIENTO



FASE DE RECOLECCION

2.- TOMATE *Lycopersicum esculentum L.*

2.1.- ELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

Los criterios de elección que se tendrán en cuenta en todas las variedades son los siguientes:

- Características de la variedad comercial: vigor de la planta, precocidad, características del fruto, resistencias a enfermedades.
- Mercado de destino.
- Estructura de invernadero.
- Adaptación al sustrato
- Clima
- Calidad del agua de riego

El cultivar elegido es:

GRAN SOL (74-673 RZ)

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. Recomendado para cultivos de primavera en el norte de España y para ciclos de otoño en la zona sur, con trasplantes de Agosto a Octubre y de Diciembre a Abril.

De excelente calibre, con una gran producción (15 kg/m^2), y un rendimiento comercial total de $13,5 \text{ kg/m}^2$. Su característica más relevante según estudios es su gran precocidad con 3kg/m^2 a los 39 días del comienzo de recolección. (Ensayos de cultivares de tomate de invernadero para mercado en fresco en el valle del Ebro. P.Bruna Lavilla, M.Gutiérrez López. 2008)

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Otros factores a tener en cuenta es que sus frutos pueden tener un excesivo calibre comercial (>102mm) que se controlará con un manejo adecuado tanto en la poda de formación como en la densidad de plantación para obtener la máxima cantidad de fruto comercializable.



Alta resistencia (HR) a:

ToMV:0-2

TSWV (virus del bronceado del tomate)

Ff: A-E (Cladosporium)/Fol:0,1(Fusarium)

Sbl (mancha gris de la hoja del tomate)

Va:0(*Verticillium albo atrum*)

Vd:0 (*Verticillium dahliae*)

Resistencia intermedia (IR) a:

TYLCV (virus del rizado amarillo del tomate)

Ma (*Meloidogyne arenaria*)

Mi(*Meloidogyne incognita*)

Mj(*Meloidogyne javanica*)

2.2. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS

2.2.1. TEMPERATURAS DE CULTIVO

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30° C durante el día y entre 10 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan a la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La temperatura letal se produce entre 0 y 2°C.

La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas.

No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos.

Fases de cultivo	Temperaturas (°C)		
	Óptima	Mínima	Máxima
Germinación	20-25	13	30
Crecimiento	20-30 (día)	10	35
	10-17 (noche)		
Floración-fructificación	25-28 (día)	15	30
	18-20 (noche)		

2.2.2.- Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre un 60 % y un 80 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

2.2.3.- Luminosidad

Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta.

En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad. No tendremos problemas de este tipo porque nuestro cultivo será de primavera.

2.2.4.- Control climático

Cuando la temperatura excede 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

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Cuando la temperatura baje de los 10°C se activará la calefacción, que consiste en la distribución de aire caliente producido por un generador, y será conducido a través de unas mangas de plástico de 50 cm de diámetro que recorren en la longitud del invernadero.

La activación de la calefacción se limitará por la humedad relativa, la cual impedirá el funcionamiento de ésta por debajo de valores del 40%. Para no contribuir a una excesiva resecación del ambiente.

2.3.- LABORES CULTURALES

2.3.1.- Marco de plantación

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta. Se realizará un marco de 1.5 m entre líneas y 0.6 m en la línea quedando pasillos amplios para realizar las labores. Con este marco se conseguirá una densidad de plantación de 1.11 plantas/m², con 2 plantas por unidad de cultivo, siendo la longitud de cada saco de perlita de 120 cm.

2.3.2.- Poda de formación

Con la poda o desbrote se intenta encauzar el desarrollo de la vegetación según las conveniencias del cultivador.

Con esta operación se limita el número de tallos guías y, por tanto, la cantidad de fruto por planta, en compensación de una mayor precocidad y de otras ventajas que hacen imprescindible el empleo de esta práctica en los cultivos de tomate en invernadero.

El destallado o poda consiste en dejar uno o varios tallos como guías y eliminar todos los brotes que salen en las axilas de las hojas de esos tallos guías; también se cortan todos los brotes "chupones" que salen de la base de la planta y que, por su fuerte desarrollo vegetativo, suelen quedar sin fructificar.

Según se va desarrollando la planta, se van podando los brotes hijos; es necesario que estos brotes cuando se eliminan no tengan un desarrollo mayor de 4 a 6 centímetros de longitud.

En el cultivo de tomate el número de tallos que se deben dejar en la planta es función de los factores siguientes:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Marco de plantación; cuánto más amplio, más posibilidades de dejar más tallos guías.
 - Precocidad que se pretenda; a menos tallos guías, mayor precocidad.
 - Variedad que se cultive.
 - Época climática que se realice el cultivo; en tiempo húmedo no conviene demasiada vegetación.

Se realizará una poda a dos tallos.

2.3.3.- Entutorado

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados, recolección, etc.).

La sujetación se realizará con hilo de polipropileno (rafia) que cuelga verticalmente de la parte superior del invernadero, sujeto de un extremo a la zona basal de la planta (liado o sujeto mediante anillas) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (1,8-2,4 m sobre el suelo). Por cada uno de los tallos guías que se hayan dejado a la planta, se tiene que atar una cuerda o tutor. Conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando al hilo tutor mediante anillas, hasta que la planta alcance el entramado de alambre en que se sujetan las cuerdas.

2.3.4.- Pinzamiento

Consiste en la eliminación de las yemas o brotes terminales de los tallos guías. Con esta operación y una poda metódica y racional se limita la cantidad de fruto que se desea recolectar, pero, al mismo tiempo, se disminuye el ciclo vegetativo y, por consiguiente, se obtiene una cosecha más precoz; también se consigue un aumento en el tamaño de los frutos al disminuir su número.

Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (cada 10-15 días) para evitar la pérdida de biomasa fotosintética activa y la realización de heridas. Esta labor podrá ser o no realizada según convenga al encargado del invernadero.

2.3.5.- Deshojado

Cuando el follaje es muy intenso conviene hacer una poda de hojas; con ello se aumenta la iluminación y se mejora la aireación, consiguiendo:

- Mayor floración y mayor cuaje de frutos.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Mejor calidad de la cosecha.
- Mejor control de plagas y enfermedades.

Esta limpieza debe hacerse con algunas hojas de las que están por debajo del primer racimo de frutos, que quedan sin recolectar en la planta, contando a partir del suelo. Deben eliminarse aquellas hojas envejecidas o enfermas que dificultan la aireación e iluminación.

Esta labor se realizará si lo determina el encargado del invernadero.

2.3.6.- Eliminación de flores y frutos defectuosos

Todas las flores anormales que se prevea van a dar origen a un fruto defectuoso, deben ser eliminadas inmediatamente. De la misma forma se hará con todos los frutos que se vean deformes; deben cortarse recién formados. Estos frutos anormales suelen salir en la guía principal de la inflorescencia o racimo de tomates y ser "chupones" que no dejan desarrollar normalmente a los restantes frutos del racimo mientras ellos se están formando.

2.3.7.- Recolección

Los frutos no deben cortarse de la planta si no están maduros fisiológicamente; el fruto está en estas condiciones cuando al cortarlo, aunque el color sea verde, el fruto sigue su proceso de maduración y cambia a color rojo. Este estado es detectable cuando el tomate pierde el color verde brillante y comienza a decolorarse en amarillo pálido, así como en la zona basal comienza el envero, alcanzando un tono rojizo. En el supuesto de que el fruto se recolectara verde, sin haber llegado a esa madurez fisiológica, no llegará a tomar coloración roja.

Se reconoce que se inicia esta maduración porque el ápice del fruto toma un color amarillento alimonado y toda la superficie de la piel inicia un brillo característico.

Será recomendable recolectar todos los días o cuando más tarde cada tercer día, el momento más conveniente para recolectar es por la mañana, antes de que el fruto haya tomado determinada temperatura; si se corta el fruto caliente se acelera la maduración durante el proceso de comercialización, pudiendo llegar a aparecer ablandamiento y pudriciones.

Los frutos, después de ser recolectados, serán trasladados a lugar fresco y no expuestos al calor del invernadero o del sol. Los frutos enfermos y defectuosos deben cortarse de la planta y recogerlos para apartarlos del cultivo.

La recolección se hará manual, puesto que no hay máquinas que puedan hacer una labor en cultivo de tomate en fresco. Se dispondrá de unos carros con cuatro ruedas con una cabida de dos cajas, y se empujarán por las líneas de tomates echando a su vez todo el tomate maduro que se encuentre en la planta.

Las cajas de recolección no deberán tener más de 15 kilos de fruto y nunca deberán llenarse hasta arriba.

La recolección se hará manualmente. El rendimiento aproximado va a ser de 15 Kg/m² por lo que al tener una superficie útil de 4.800 m² se podrá obtener un rendimiento aproximado de 72.000 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 900 horas.

3.- PIMIENTO ROJO (*Capsicum annuum L. var. annuum*).

ELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

En los invernaderos se cultivaran pimientos de fruto dulce tipo Lamuyo:

Variedad híbrida Fragata F1 (35-604), de Rijz Zwaan. Variedad de pimiento Lamuyo Rojo. Es una planta de vigor medio-alto y entrenudo largo, de fácil cuaje y muy productivo. Buen comportamiento frente al Cracking. Frutos de calibre grande, de buena consistencia y color. Recomendado para trasplantes de primavera y verano al aire libre y en invernadero según zonas.

Presenta alta resistencia a:

TMV (Virus del mosaico del tabaco),

ToMV(virus del mosaico del tomate)

PMMoV (virus del moteado atenuado del pimiento)

Presenta resistencia intermedia a:

TSWV (virus del bronceado del tomate)

3.1. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS

3.1.1.- Temperatura

Es una planta exigente en temperatura, más que el tomate, pero se ha adoptado una variedad algo menos sensible al frío. Temperaturas críticas para el pimiento:

FASES DEL CULTIVO	TEMPERATURA (°C)		
	OPTIMA	MINIMA	MAXIMA
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración y fructificación	26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos.

La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 10 y 15 °C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc.

Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos.

3.1.2.- Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre el 50 % Y el 70 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados.

3.1.3.- Luminosidad

Es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración.

No habrá problemas de este tipo porque será cultivo de primavera.

3.1.4.- Control climático

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.

Cuando la temperatura baje de los 7° C se activará la calefacción. La activación de la calefacción se limitará por la humedad relativa; cuando ésta sea inferior al 40% no se calefactará para no contribuir a resecer aún más el ambiente, aunque este caso sea poco probable.

3.2. LABORES CULTURALES

3.2.1.- Marco de plantación

El marco de plantación en cultivo de pimiento es algo variable, dependiendo de la construcción del invernadero, del tipo de riego y de la ideal para el agricultor.

Se va a utilizar un marco de plantación de 0.4 m dentro de la línea y 1.5 m entre líneas. Con esto se conseguirá una densidad de plantación de 1.75 plantas/m², 3 plantas por unidad de cultivo, con pasillos amplios que permitan realizar sin problemas las labores culturales y más recepción de luz en las plantas.

3.2.2.- Poda de formación

Una vez la planta ha partido y los tallos tienen desde la cruz una longitud de 20 cm aproximadamente se realizará la primera poda consistente en dejar los tres tallos principales o guías más fuertes. Este método prima los calibres más grandes además de mejorar la uniformidad a lo largo de la campaña. A una altura de la cruz de 25-30 cm se irán podando los tallos laterales que van saliendo, dejando la flor y la hoja que sale junto a ella y así sucesivamente hasta el final del cultivo.

Con la poda se conseguirá:

- Más luz y por lo tanto color es más uniforme.
- El fruto más uniforme y mejor formado.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Tratamientos fitosanitarios más eficaces, mejor penetración del producto.
- La mano de obra de la recolección es más rápida y por lo tanto más barata.
- Enfermedades criptogámicas afectan menos a la planta podada.

3.2.3. - Entutorado

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, sobre todo en invernadero, ya que los tejidos son más tiernos, la planta alcanza más altura y el peso de los frutos es mayor.

Se procederá a una formación, consistente en tutorar los tallos principales que se han dejado en la poda por hilos verticales que se van liando a medida que crece la planta.

3.2.4.- Destallado

A lo largo del ciclo de cultivo se irán eliminando los tallos interiores para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación, así como el paso de la luz y la ventilación de la planta. Esta práctica se realizará si el encargado lo considera conveniente.

3.2.5.- Deshojado

Con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos. Esta práctica se realizará si el encargado del invernadero lo considera conveniente.

3.2.6.- Aclareo de frutos

La mayoría de las variedades de pimiento, suelen florecer una o varias flores en la cruz o primera ramificación por encima del fuste de la planta, que dan lugar a frutos de gran volumen. Es aconsejable cortar las flores o frutos recién cuajados que se forman en la cruz.

En el caso de que la planta tuviera demasiado desarrollo vegetativo y se temiera que la floración y cuaje de los frutos fuera a ser deficiente, no conviene hacer aclareo de esos primeros frutos de la cruz, con el fin de equilibrar la relación planta- fruto.

Si en alguna rama cuajan bastantes frutos, puede ser interesante hacer algún aclareo, en beneficio de la calidad y el tamaño de los restantes frutos que se recolectarán en el futuro.

3.2.7.- Recolección

El corte en rojo se hace cuando el color verde o morado no sobrepasa el 10% del total, normalmente se cortan con el color rojo completo. La recolección se realizará a mano, cortando el rabo por el nudo que pega el tallo. El corte debe ser limpio y sin roturas.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

No es conveniente recolectar pimientos cuando haya rocío. Es aconsejable hacer la recogida por las mañanas, después de que haya desaparecido el rocío.

Los frutos enfermos deben ser retirados de la planta y del suelo. El intervalo de tiempo que mediará entre una recogida y la siguiente será de una semana.

El rendimiento aproximado va a ser de 15,7 kg/m², por lo que al tener una superficie útil de 4800 m² se podrá obtener un rendimiento de 75.360 kg.

Esta variedad utilizada no solo es muy productiva, sino que también es muy precoz, alcanzando los 9,9 kg/m² en la primera recolección (ITG Agrícola. “Pimiento tipo Lamuyo en hidroponía”, Aguado, del Castillo y Uribarri. 2006).

Un operario entrenado puede llegar a recolectar 80 Kg/h, por lo que las necesidades de mano de obra serán de 942 horas.

4. JUDÍA VERDE (*Phaseolus vulgaris* L.)

4.1. ELECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

Se va a cultivar en el invernadero judía verde de enrame y de la variedad Helda, que es una variedad apta para el cultivo en invernadero, de crecimiento vigoroso y de gran productividad. Las vainas son de color verde medio de 20-22cm de longitud y 2-2.3 cm de anchura y sin hilo. Es resistente al virus del mosaico común de la judía (BCMV).

También se baraja la posibilidad de parte del cultivo realizarlo con variedades muy apreciadas en el entorno como son las del tipo Perona, todo dependerá de las exigencias del consumidor. Estando el periodo de máximo valor en el mes de agosto, en el cual no es viable una producción al aire libre en la zona por las altas temperaturas, la baja humedad relativa y últimamente por ataques severos en este ciclo de ácaros.

4.2. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS

4.2.1- Temperatura

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Los rangos de temperatura para la judía en diversas fases son:

FASES DEL CULTIVO	TEMPERATURA
T ambiente óptima de	20-30°C
T mínima de germinación	10°C
T óptima durante el día	21-28 °C
T óptima durante la noche	16-18 °C
T máxima biológica	35-37 °C
T mínima biológica	10-14°C
T mínima letal	0-2 °C
T óptima de polinización	15-25 °C

Cuando la temperatura oscila entre 12-15 °C la vegetación es poco vigorosa y por debajo de 15°C la mayoría de los frutos quedan en forma de "ganchillo". Por encima de los 30 °C también aparecen deformaciones en las vainas y se produce el aborto de flores.

4.2.2.- Humedad

La humedad relativa óptima del aire en el invernadero durante la primera fase de cultivo es del 60 % al 65 %, Y posteriormente oscila entre el 65 % Y el 75 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad.

4.2.3.- Luminosidad

Es una planta de día corto, aunque en las condiciones de invernadero no le afecta la duración del día. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es aquélla, siempre que la humedad relativa sea adecuada.

4.2.4.- Control climático

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

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.

Cuando la temperatura baje de los 7°C se activará la calefacción. La activación de la calefacción se limitará por la humedad relativa; cuando esta sea inferior al 40% no se calefactará para no contribuir a resecer aún más el ambiente, aunque este caso sea poco probable.

4.3. LABORES CULTURALES

4.3.1.- 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 1.7 plantas/m² (3 plantas por unidad de cultivo).

4.3.2.- Entutorado

Es una práctica imprescindible en la judía de enrame para permitir el crecimiento vertical y la formación de una pared de vegetación homogénea. Se colocará la rafia que se sujetará por un extremo al tallo y por el otro al emparrillado del invernadero. Colocando un tutor más entre cada par de plantas, aumenta la uniformidad de la masa foliar, mejorando la calidad y la producción.

Aunque los tallos por su volubilidad son capaces de enrollarse en los tutores que se colocan, al principio de la vegetación conviene ayudarlos a enrollarse a esos tutores, teniendo en cuenta la forma natural que tienen de hacerlo (contrario a las agujas del reloj).

4.3.3.- Deshojado

Se realiza cuando se prolonga el período de recolección, eliminando las hojas más viejas, siempre y cuando el cultivo esté bien formado, con abundante masa foliar y ya se haya recolectado una parte importante ($1,5-2,5 \text{ kg/m}^2$). Esta práctica mejora la calidad y cantidad de la producción y disminuye el riesgo de enfermedades, al mejorar la ventilación y facilitar el alcance de los tratamientos fitosanitarios. Esta práctica sólo será realizada si el encargado del invernadero lo considera oportuno.

4.3.4.- Recolección

La recolección es la labor más costosa en cultivo de judía, siendo de gran importancia el momento fisiológico de recolección.

Si las vainas de judía se recolectan antes de haber alcanzado su tamaño normal, la producción bruta no disminuye por el hecho de ser más pequeños los frutos, sino que, incluso, puede ser superior, ya que florecen en mayor cantidad al descargar a la planta del desgaste de reservas que hacen las semillas que empiezan a desarrollar en las vainas que se recolectan más tarde.

Cuando las vainas de judía se recolectan pasadas de madurez comercial pierden bastante valor, al tener peor calidad por formarse fibras y hebras.

La recolección debe hacerse cuando no haya rocío y debe evitarse en las horas de más calor. Se recolectarán en cestas o cubos que luego se vacían en cajones; inmediatamente después de ser recolectadas se llevarán a lugar fresco y sombreado.

La recolección se hará manualmente y de 2 a 3 veces por semana.

El rendimiento aproximado va a ser de 6 Kg /m^2 por lo que al tener una superficie útil de 4800 m^2 se podrá obtener un rendimiento de 28.800 Kg .

El rendimiento de un operario en recolección de judía verde parte de los $4-5 \text{ Kg/h}$ al principio de la producción, puede llegar a $13-14 \text{ Kg / h}$ en las recolectas máximas y quedando la media en torno a $9,5 \text{ Kg/h}$. Por lo que las necesidades de mano de obra para la recolección de judía serán de 3031 horas.

4.-LECHUGA. *Lactuca sativa* L. var. *Crispa*

4.1. ELECCIÓN VARIETAL

Botánicamente, dentro de la especie *Lactuca sativus* L. se distinguen cuatro variedades botánicas, de estas cuatro variedades, solo se va a cultivar una, que es la más apropiada para la época de frío invernal:

Lactuca sativa L. var *Crispa* L.: corresponde a las lechugas de cabeza, Great Lakes o Batavias. Este tipo forma numerosas hojas rizadas de borde irregularmente recortado (cresco); las externas se disponen abiertamente y las más nuevas e internas forman un cogollo o grumo central compacto, llamado cabeza. Posee textura mantecosa; las lechugas de este tipo son de mayor tamaño, pudiendo llegar a pesar más de 1 kg, y presentan un período de siembra a cosecha de alrededor de 90 días.

4.2.- EXIGENCIAS CLIMÁTICAS

4.2.1.- Temperatura

Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas. Como temperatura máxima tendría los 30 °C y como mínima puede soportar temperaturas de hasta -6 °C. La lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche.

Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia.

4.2.2.- Humedad

La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%.

4.2.3.- Luminosidad

La lechuga es una planta que no necesita demasiada luminosidad, ya que si se excede puede llegar a crecer demasiado y sus hojas no se hacen apetecibles para el consumo.

4.2.4.- Control climático

Cuando la temperatura excede de 25°C se producirá la apertura de las ventanas cenitales en los dos módulos centrales y laterales, siempre y cuando la velocidad del viento no exceda de 5 m/s, para prevenir daños en la estructura con la ventilación abierta.

Cuando la temperatura baje de 1°C se activará la calefacción. La activación de la calefacción se limitará por la humedad relativa; cuando esta sea inferior al 40% no se

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

calefactará para no contribuir a resecar aún más el ambiente, aunque este caso sea poco probable.

4.3.- LABORES CULTURALES

4.3.1.- 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/m².

4.3.2.- Blanqueado

Al llegar a la época de la recolección se cubrirán las plantas con cubetas o se atarán para que las hojas se blanqueen, en las demás no es necesario.

4.3.3.- Recolección

La recolección se realizará manualmente. Las raíces deben cortarse a ras de las últimas hojas, con un corte limpio. La recolección en enero se realizará por la tarde.

La recolección se realizará escalonadamente antes de que lleguen a subirse a flor. El rendimiento aproximado, para el marco de plantación elegido, va a ser de 3 kg/m² por lo que al tener una superficie útil de 2560 m² se podrá obtener un rendimiento de 7.680 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 44 horas.

5.-BORRAJA. *Borago officinalis* L.

5.1. Elección del material vegetal

La variedad de borraja a elegir es la variedad Movera. Presentaba una notable resistencia a la subida a flor primaveral, además de ausencia de peciolos alados y un alto porcentaje de peciolos sobre el peso total de la planta.

5.1.2. Características de cultivo

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Se trata de una planta herbácea anual, con una potente raíz pivotante y que puede alcanzar una altura de 60 cm a 1 m. El tallo es grueso y carnoso, hueco, verde intenso como las hojas que son simples, alternas, sin estípulas, oblongas u ovales 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.

5.2. EXIGENCIAS CLIMÁTICAS

5.2.1. Temperaturas

Se hiela por debajo de -7°C, detiene su desarrollo por debajo de 8-10°C y por encima de 30-35°C, sus temperaturas optimas de crecimiento están alrededor de 16-22°C.

	Cerrado(°C)	Optimo(°C)	Ventilación(°C)
Día luminoso	16	18-22	22
Día nublado	14	18	20
Manejo nocturno	8	-	12

5.2.2. Humedad

Humedad relativa próxima al 80%. Bajando por las noches al 60%.

5.2.3 control climático

Cuando la temperatura excede 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.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Cuando la temperatura baje de 1°C se activará la calefacción. La activación de la calefacción se limitará por la humedad relativa; cuando esta sea inferior al 40% no se calefactará para no contribuir a resecer aún más el ambiente.

5.3. LABORES CULTURALES.

5.3.1. Marco de plantación.

Las plantas se dispondrán en las líneas de cultivo establecidas, a una distancia de 30 cm entre plantas en líneas pareadas, separadas 0,4m y estando separadas, por tanto entre pasillos a una distancia de 1,1 m con la siguiente línea.

La plantación se realizará cuando las plantas tengan un desarrollo de 4-5 hojas.

Es una especie con buena resistencia al frío, pero ya a temperaturas por debajo de los 3°C bajo cero se produce una separación de la epidermis del pecíolo, lo que la inutiliza para el consumo.

5.3.2. Fechas de cultivo

Las siembras pueden comenzar a principios de agosto. Las siembras realizadas a partir del 10 de octubre, y hasta la segunda quincena de enero, corren el riesgo de subida a flor, lo que impide su comercialización; el uso de la variedad Movera, permite cultivos que se extiendan a los meses de diciembre, enero, febrero y marzo debido a su resistencia a subida a flor.

En siembras de agosto a octubre, la recolección se escalona de octubre a febrero, con un ciclo de cultivo de 80 a 115 días.

Al producir nuestro propio producto envasado, podemos permitirnos la opción de cosecha tras 80 días de cultivo y posterior siembra de otro nuevo cultivo de borraja para evitar los tiempos muertos entre la última cosecha de borraja y la siguiente.

La producción puede oscilar entre los 7-12 kg/m². Se pretende obtener 10,4 kg/m² en nuestra explotación.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Con un rendimiento de 10,4 kg/m², para 2 ciclos y una superficie útil de 2560 m², se obtendrá un rendimiento por ciclo de 26.624 kg/ciclo, es decir, 53.248 kg cada año.

Sabiendo que un operario recolecta alrededor de 300 kg/hora, las necesidades horarias de mano de obra ascienden a 178 horas.

5.3.3. Manejo del invernadero

Se deberán conseguir temperaturas suaves para el arranque del cultivo. Se darán riegos cortos, especialmente durante las horas centrales. Y la humedad oscilará alrededor del 80%.

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.

Cuando la temperatura baje de 1°C se activará la calefacción. La activación de la calefacción se limitará por la humedad relativa; cuando esta sea inferior al 40% no se calefactará para no contribuir a resecer aún más el ambiente.

7. PLAGAS Y ENFERMEDADES

A lo largo del ciclo productivo de cualquier cultivo, pueden aparecer plagas y enfermedades que afecten a su desarrollo. En un invernadero, el riesgo de que un cultivo se vea afectado por la aparición de alguna plaga o enfermedad disminuye por las barreras físicas, pero no desaparece.

Las principales plagas de invernadero, que pueden afectar a los cultivos propuestos son:

Trialeudores vaporariorum

Tiene varias generaciones al año, según climatología, ya que su desarrollo es continuo. Realiza la puesta en el envés de las hojas, en círculos o dispersa.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Esta plaga es muy polífaga, tanto de hortícolas (lechuga, tomate, etc.) y ornamentales, como de otras (tabaco, algodón, arbustos y herbáceas espontáneas).



Las ninfas como adultos se alimentan de la savia de la planta, pudiendo provocar desecamiento foliar, además de inducir al desarrollo de hongos como la negrilla; al inyectar saliva pueden producir manchas cloróticas y transmitir bacterias y virus como: mosaico de la patata, amarilleo del melón, etc.

El insecto debe ser controlado mediante manejo integrado con fitosanitarios como imidaclorpid o piretroides y agentes biológicos como el himenóptero Encarsia formosa o Amblyseius cucumeris...

Pulgones

Se desarrollan en primavera-verano, aunque como en el interior del invernadero se da una temperatura suave puede estar presente todo el año. Se disemina con facilidad.

Afectan sobre todo al género Rosae, aunque también lechuga, tomate, alcachofa, berenjena...

El mayor peligro es la cantidad de virus que puede transmitir, además de causar mal desarrollo y distorsión de brotes.



Pueden aparecer distintas especies como *Macrosiphum Euphorbiae*, *Aphis fabae*, *Aphis gossypii*...

Será preciso un seguimiento de las poblaciones por medio de trampeo. No será necesario ningún tratamiento químico hasta que los niveles de plaga no superen el umbral económico de daños, aunque en caso de ser necesario podrá tratarse con pirimicarb, Tau fluvalinato, Lambda cihalotrin, entre otros.

El control de esta plaga puede hacerse también mediante un control biológico utilizando algunos de sus parásitos y depredadores naturales como pueden ser *Aphidius colemani* (himenóptero parásito), *Chrysopa carnea* (neuróptero depredador), *Adalia bipunctata* (coleóptero depredador), *Episyrphus balteatus* (díptero depredador) y *Orius leavigatus* (hemíptero depredador).

Trips

Se puede multiplicar sobre más de 150 especies botánicas y alcanza niveles de plaga en muchas hortícolas. Es muy polífaga, y en invernaderos se puede dar durante todo el año. Producen daños directos como necrosis y malformación de órganos en las plantas (hojas, frutos...), aunque los de mayor importancia son los indirectos ya que las picaduras pueden ser puntos de infección de algunos hongos (género *Botrytis*) y virus (virus del bronzeado del tomate).

Para el seguimiento de esta plaga se utilizarán placas cromáticas azules. *Orius leavigatus* (hemíptero depredador) es capaz de controlar biológicamente las poblaciones de trips; además, en caso necesario, se realizarán tratamientos químicos con acrinatrin.



Helicoverpa armigera

Muy polífaga: tomate, pimiento, lechuga, escarola, etc.

La oruga es activa tanto de día como de noche. El adulto es muy activo, se desplaza distancias (varios miles de kilómetros) a gran altura. De 3 a 4 generaciones al año.

Los frutos pueden quedar parcialmente dañados (tomate) muestran agujeros de entrada de las orugas. Las heces que deja en el fruto pueden fermentar y dejarlos inservibles.

En tomate deben iniciarse los tratamientos cuando se tengan al menos dos racimos cuajados y se observe algún fruto picado.



Puede seguirse el vuelo de los adultos con trampas de feromonas sexuales. Cuando las capturas en las trampas de seguimiento sean muy altas no deben descuidarse los tratamientos que habrán de realizarse cada 10-14 días, según el producto elegido de los siguientes: *Bacillus thuringiensis*, abamectina, lambda cihalotrin... Los tratamientos deben efectuarse cuando las larvas son pequeñas.

Esta especie desarrolla rápidamente resistencia a los productos químicos, por lo que puede utilizarse la lucha biológica con parásitos como *Apanteles*, *Tricogramma cordubensis*.

Minadores de hoja

Podemos distinguir distintas especies, entre las más importantes están *Liriomyza trifolii* y *Liriomyza huidobrensis*.

Esta plaga es polífaga de hortícolas, entre las cuales están la judía, tomate, lechuga...

Los adultos se alimentan de la savia que sale de las heridas que ellos mismos causan en la epidermis de las hojas. Las larvas neonatas excavan una galería prefiriendo los tejidos gruesos de la parte alta de la hoja. El ciclo puede durar unas tres



“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

semanas, mientras que las generaciones al año dependerán de las condiciones ambientales en el interior del invernadero.

Las picaduras y galerías deprecian considerablemente el precio del producto, además de producir plantas más pequeñas por la reducción de superficie fotosintética. Los daños son más graves en plantas jóvenes.

A modo preventivo, deben eliminarse restos de cosechas y malas hierbas. En invernaderos pueden encontrarse en restos de plásticos y mallas. Se debe realizar el seguimiento de sus poblaciones con trampas pegajosas amarillas. En plantaciones que fuesen fuertemente atacadas por este insecto se recomienda realizar una labor profunda para enterrar las pupas.

La acción de los depredadores naturales es insuficiente para controlarla, al contrario de lo que sucede con otras plagas de estos mismos cultivos. Deben realizarse tratamientos fitosanitarios de inmediato, procurando mojar bien toda la superficie de la planta. Materias activas eficaces contra los minadores son: cipermetrina y abamectina.

Respecto al control biológico, *Diglyphus isaea* y *Dacnusa sibirica* son los parásitos más importantes, pero su uso está condicionado al nivel de población del insecto, fenología del cultivo, tasa de parasitismo natural, etc.

Tuta absoluta

La polilla del tomate, *Tuta absoluta*, es un pequeño lepidóptero de la familia Gelechidae. Tiene un elevado potencial reproductivo pudiendo alcanzar de 10 a 12 generaciones al año y presenta un ciclo biológico de 29-38 días.

Adultos: de hábitos nocturnos. Tiene una envergadura alar de hasta 11 mm.

Huevos: puestos en forma individual en el haz o envés de hojas jóvenes o medianamente maduras. La hembra puede llegar a depositar a lo largo de su vida un número medio de 260 huevos.

Larvas: El tamaño varía de 1,6 hasta 8 mm de longitud. Una vez que la larva emerge, comienza a caminar, rompe la epidermis y se introduce en la hoja consumiéndola.

Papas: las larvas próximas a pupar cesan la alimentación y comienzan a tejer un capullo.

Daños:

El huésped principal de la plaga es el tomate, seguido de la berenjena y la patata, así como el tabaco. Plaga muy prolífica y con gran capacidad de dispersión. Ataca la planta en todos los estados de desarrollo, en preferencia las yemas apicales, frutos verdes. En tomate provoca diferentes tipos de daños, siendo en hojas donde se encuentra el mayor número de lesiones, en forma de galerías. Deja la epidermis intacta y se



“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

alimenta del mesófilo de la hoja. Los daños de mayor importancia se producen en frutos.

Detección y seguimiento:

Colocar de 3 a 4 trampas “Delta” por hectárea de cultivo

-Captura masiva:

Colocar de 20 a 40 trampas por hectárea de cultivo

Complementar la captura masiva con los tratamientos fitosanitarios recomendados por los técnicos del Servicio de Sanidad Vegetal.

-Medidas profilácticas:

Tratar inicialmente con determinados Bacillus

Sacar frutos u hojas afectados por la plaga destruyéndolos

Aislar las plantaciones en invernaderos

Colletotrichum spp.

Las antracnoses de las hortalizas son provocadas por hongos pertenecientes a la familia de las polystigmatales. Este es un hongo ascomiceto, polífago preferentemente de judía, guisante...Este hongo frecuentemente disemina sus esporas a través de semilla y restos vegetales, con lo que deberemos tener especial cuidado en la compra de semilla certificada.

Las manchas de antracnosis por lo general están bien delimitadas. Sobre frutos o tallos presentan formas redondeadas u ovales, pero sobre las hojas se extienden por las nervaduras y adquieren forma cuadrículada o de rombo.



Foto: Romero

En ambos casos se recubre de puntos rosas o de color crema, eventualmente concluyentes: los acérvulos.

Se tomarán medidas culturales como la ventilación, analizar la semilla que entra... y en caso necesario se aplicarán tratamientos químicos con cobre o tratamientos biológicos con Trichoderma.

Phytophthora capsici

Comúnmente llamado tristeza del pimiento. Es un hongo oomiceto que puede suponer un gran peligro en el cultivo del pimiento principalmente. Las zoosporas de *Phytophthora* son transportadas por el agua de riego, la cual puede estar también contaminada por los residuos arrojados a acequias.

La podredumbre del cuello provocada por *Phytophthora* es de aspecto húmedo y de progresión rápida, de modo que las plantas atacadas, por lo general, mueren sin remisión.

Se llevarán a cabo medidas culturales como utilización de plántulas y sustratos sanos, evitar regar con agua portadora de la enfermedad y, en su caso, tratarla con productos adecuados, realizar rotaciones con otros hortícolas...

Es difícil que se dé en el invernadero pero si se da se pueden tomar medidas preventivas como la desinfección de plántulas o tratamientos curativos mediante aplicaciones de metalaxil por ejemplo.

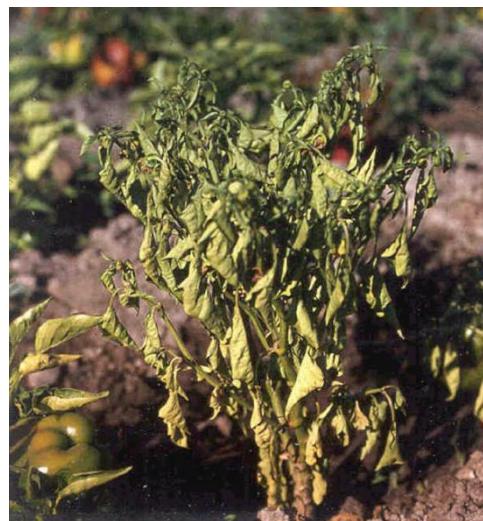
Bremia lactucae

Vulgarmente llamado Mildiu de la lechuga o Molinero. Ataca en especial a la lechuga.

Es un hongo oomiceto que utiliza el suelo y las semillas para diseminar sus esporas.

Bremia se muestra bajo el aspecto de un vello de color blanco y polvoriento en el envés de las hojas, que se corresponde con una mancha de color verde claro, y más tarde amarillento en el haz, cuyo centro puede necrosarse rápidamente, depreciando nuestro producto.

Procuraremos cultivar especies de lechuga tolerantes a este hongo y solo combatiremos con lucha química utilizando azoxistrobin o difenoconazol en casos necesarios.



Leveillula taurica

Vulgarmente llamado Oidio, ataca a la judía, al tomate y a las lechugas. Es un ascomiceto y se transmite mediante el agua. Con la presencia de esta enfermedad detectaremos manchas blancas algodonosas en el haz de las hojas que impedirán la fotosíntesis, esto repercutirá en la disminución del rendimiento, del tamaño del fruto y de la fotosíntesis, aumentando además la respiración.



En la medida de lo posible controlaremos de forma adecuada la ventilación del invernadero y utilizaremos variedades resistentes, en caso de ser necesario utilizaremos azufre para la eliminación del inóculo secundario.

Entyloma ssp.

Este hongo es un basidiomicetos que pertenece a los carbones y es una enfermedad foliar considerada como menor.

Se manifiesta por medio de manchas blanquecinas bajo las hojas. Se disemina por el aire. Se utilizará semilla certificada que junto a la elección varietal con resistencias genéticas a dicha enfermedad serán las principales labores culturales a llevar a cabo.

El control químico se llevará a cabo mediante azufre o con la materia activa miclobutanol, mientras que como métodos biológicos se pueden usar las pseudomonas.



“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Alternaria ssp.

Provoca graves lesiones en los tallos, que pueden afectar a plántulas y plantas jóvenes hasta provocar su muerte por chancreo de cuello. En los frutos origina la aparición de chancros negros y huecos en la axila del cáliz con total depreciación del producto.

La diseminación de las esporas es por medio de los restos vegetales y el agua libre (sobre todo lluvia), ambos dos condicionantes que se dan con dificultad en el invernadero.

Además de la utilización de semilla certificada se pueden usar productos fungicidas.



Alternaria leafspot on cantaloupe.
Courtesy Harold Kaufman, TAES - 1995

Traqueomicosis

Verticiliosis y Fusariosis son dos tipos de traqueomicosis provocadas en las plantas hortícolas por dos deuteromicetos de géneros distintos como son *Verticillium* y *Fusarium*, respectivamente.

Estos diseminan sus esporas por medio del suelo y semilla. Dos síntomas inconfundibles son la traqueomicosis producida en la planta (perdida de turgencia, marchitez...) y el síndrome del lápiz que consiste en la perdida de sección del tallo a la altura del cuello de la raíz.



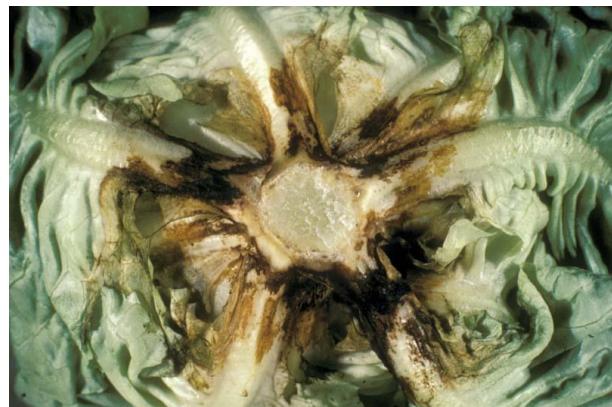
Son enfermedades difíciles de ver en cultivo con sustrato, ya que o la enfermedad viene con la semilla o no puede darse.

Phytiun

Es un oomiceto polífago de hortícolas que presenta los mismos síntomas y las mismas de penetración que los dos hongos descritos anteriormente.

Necrosa el cuello de la planta y ésta pierde la capacidad de soportar el peso, perdiendo así la producción.

Además de las pérdidas de rendimiento por insectos y hongos podemos tener problemas con bacterias



y virus, si bien los síntomas son difíciles de diagnosticar no son menos los tratamientos.

Existen numerosas especies de bacterias que atacan a las plantas. La sintomatología que producen es diversa, en general, podredumbres húmedas que despiden mal olor y manchas de distinta tipología. Los géneros más importantes son Xanthomonas y Erwinia. Los métodos de control a seguir son preventivos:

- Comprar plantas sanas.
- Mantenerlas fuertes y en buen estado nutricional.
- Que no se produzcan heridas por donde puedan entrar las bacterias (poda, rotura de ramas, grietas por el frío, provocadas por insectos, etc.).
- Recortar y eliminar los tallos y hojas afectadas o si es necesario, la planta entera.

En cuanto a las virosis los síntomas son muy diversos y difíciles de diagnosticar, ya que se confunden con otras patologías y trastornos. La determinación precisa es de laboratorio. Entre las virosis más importantes en hortícolas se encuentran el TSWV, el CMV, el TMV, el ToMV, el PMMV y el TYLCV

Algunos síntomas son:

- Deformaciones y enrollamientos en sus hojas.
- Punteaduras amarillentas conocidas con el nombre de mosaicos.
- No tienen un crecimiento normal, quedando raquílicas. En otras se presentan abundantes brotaciones axilares.

Las virosis en vegetales no se pueden curar, por tanto, sólo podemos prevenir.

- Compra plantas libres de virus.
- Los Pulgones, la Mosca blanca y las herramientas de trabajo suelen ser los principales elementos de transmisión de los virus. Trata la Moca blanca y Pulgones con los tratamientos específicos para ellos y limpia bien después de podar las herramientas de corte.
- No cojas esquejes o injertos de plantas enfermas porque presentarán siempre la enfermedad.
- Elimina las plantas enfermas quemándolas.

CONCLUSIÓN

En primer lugar en la explotación se tomarán medidas preventivas tales como la utilización de planta procedente de vivero profesional con trazabilidad y libro de tratamientos fitosanitarios y plantas con resistencias genéticas a virus en la medida de lo posible. Así como la adaptación de la explotación a la aparición de nuevas variedades hibridas y tendencias o modas comerciales.

En caso de ser necesario el control de alguna población en nuestros invernaderos, se tratará solo si alcanzamos el umbral económico de daños correspondiente a esa plaga o

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

enfermedad; preferiblemente será un control biológico, basado en la introducción de un parásito o depredador en la dinámica poblacional de nuestros invernaderos, el cual será capaz de controlar los niveles de plaga y de llegar a un equilibrio, evitando así un vacío ecológico.

Se aplicarán las medidas preventivas oportunas para evitar tanto la entrada como la salida tanto de parásitos beneficiosos como perjudiciales.

Adoptamos este tipo de control ya que es ideal en cuanto a la inexistencia de residuos químicos en el producto recolectado; este tema tiene una gran influencia actualmente en el mercado de hortícolas, por lo que merece poner especial atención.

ANEJO 4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1. MATERIALES DE CUBIERTA.....	2
2. TIPO DE INVERNADERO.....	8
3. ORIENTACION DEL INVERNADERO.....	11
4. SOMBREO.....	12
5. MANTA TÉRMICA.....	13
6. SISTEMA DE RIEGO.....	13
7. SUELO DEL INVERNADERO.....	14
8. SUSTRATOS.....	14
9. MAQUINARIA.....	17
10. RESIDUOS.....	17

1.MATERIALES DE CUBIERTA DEL INVERNADERO

1.1.Introducción

Para realizar el invernadero se pueden emplear diversos materiales de cobertura que se pueden clasificar en tres grupos: vidrio, plásticos en placas rígidas (PVC, poliéster con fibra de vidrio, policarbonato) y plásticos flexibles (polietileno, PVC, copolímero EVA).

1.2. Materiales

1.2.1. Vidrio

Este material se emplea en zonas de clima muy frío o en cultivos con grandes requerimientos térmicos.

El vidrio empleado es el vidrio impreso, que está pulido por una parte y por la otra está rugoso esta cara rugosa quedará hacia el interior y la cara lisa hacia el exterior. Así recibirá por la parte exterior casi todas las radiaciones luminosas y luego se difundirán en todas las direcciones al salir por la cara rugosa. El vidrio presenta una transmisión óptica alrededor del 90% del visible y solo transmite el 1% del infrarrojo de onda larga, muy importante para evitar la pérdida de calor por la noche. Y también evita el paso de los rayos ultravioleta por lo que en el caso de producción de plantas de vivero puede producir problemas al sacarlas al exterior y recibir rayos UV.

Resistente la degradación por la radiación UV manteniendo sus propiedades iniciales a lo largo de su vida que se estima alrededor de los 25 años. Aunque el vidrio tiene una alta vulnerabilidad a los impactos, especialmente zonas con altas posibilidades de granizo. Otro inconveniente es elevada densidad que es de 2400 kg/m^3 y al emplearse habitualmente un espesor de 3mm tenemos un peso de $7,2 \text{ kg/m}^2$ por lo que necesitaremos una estructura más resistente para soportar este peso. Además el vidrio es un producto caro que puede estar alrededor de 35 €/m^2 .

1.2.2. Plásticos en placas rígidas

Los plásticos presentados en placa rígida son el policloruro de vinilo, polimetacrilato de metilo, poliéster con fibra de vidrio y policarbonato. Que a continuación vamos a describir.

1.2.2.1. PVC (policloruro de vinilo)

Se presenta en placas lisas u onduladas con espesores entre 0,8 y 1,5 mm.

Posee una transmisión de la luz visible del 80% y solo permite pasar el 3% del infrarrojo de onda larga. Posee un coeficiente térmico con cielo despejado de $6,6 \text{ kcal/(h·m}^2\text{·}^\circ\text{C)}$. Para mejorar su comportamiento se añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV.

Resiste bien los impactos evitando roturas, aunque posee el inconveniente de fijar bastante el polvo en su superficie por lo que pierden transmisión de la luz visible. Posee debido a esto una vida de 10 años al ir perdiendo propiedades.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Posee una densidad de 1400 kg/m³ y considerando el espesor habitual de 0,8mm presenta un peso de 1,12 kg/m² y el precio está alrededor de 20 €/m².

1.2.2.2. Polimetacrilato de metilo (PMM)

Es un material acrílico. Es un material ligero con una densidad de 1.180 kg/m³ presenta buena resistencia mecánica y estabilidad. Existen dos tipos de polimetacrilato de metilo: incoloro y blanco translúcido; ambos se fabrican en forma de placa celular.

La transparencia está alrededor del 90%, por lo que deja pasar casi todos los rayos UV y su poder de difusión es casi nulo. Tiene una gran opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo dejando pasar solo el 2%. Posee un coeficiente de transmisión térmica con cielo despejado de 5,6 kcal/(h·m²·°C).

La resistencia a la rotura es siete veces superior a la del cristal a igualdad de espesores. Posee un elevado coste, y un elevado peso, al tener una densidad de 1180 kg/m³ y considerando el espesor habitual de 4 mm presenta un peso de 4,72 kg/m², por lo que precisa estructuras fuerte teniendo un invernadero muy caro. Además es fácil de rallar el material con cualquier instrumento aunque tiene una vida útil de 20 años.

1.2.2.3. Poliéster con fibra de vidrio

Está fabricado con poliésteres insaturados y reforzados con fibras minerales u orgánicas. Éstas proporcionan resistencia mecánica y mejoran la difusión de la luz.

La propiedad principal del poliéster es la de tener un gran poder de difusión de la luz, creando en el interior del invernadero una iluminación uniforme, transmite alrededor del

75% de la luz visible. Posee una transmisión del infrarrojo de onda larga del 4% y un coeficiente de transmisión térmica con cielo de 7,2 kcal/(h·m²·°C). No permite el paso de los rayos ultravioleta pudiendo producir problemas de las plantas al sacarlas debido al shock ultravioleta.

Las placas de poliéster se ven afectadas por la radiación UV que produce en ellas cambios de color, que acaba adquiriendo tonalidad marrón. Además el con los otros agentes climáticos se va erosionando la capa superficial provocando oscurecimiento y pérdida de transparencia por lo que se debe sustituir el material, la vida útil aproximada de este material es de 10 años. Pero puede alargarse algo la vida mediante el uso de capas de gel o resinas que les protegen de los agentes atmosféricos.

Su flexibilidad permite que pueda ser adaptada a las estructuras curvas a las cuales se sujetan fácilmente por tornillos que se atraviesan.

Las placas de poliéster se suelen fabricar en anchuras de 1,20 metros, por la longitud que se precise, y 1-3 mm de espesor. Lo más habitual es de 1,2 mm de espesor, y con una densidad de 1180 Kg/m³ presenta un peso de 1,8 Kg/m², y con un precio alrededor de 32 €/m².

1.2.2.4. Policarbonato (PC)

El policarbonato es un polímero termoplástico con buena resistencia al impacto. La presentación de este material es en planchas alveolares, que consta de 2 ó 3 paredes paralelas unidades transversalmente por paredes del mismo material. El grosor de las placas, que se puede encontrar en el mercado es de 4 a 16 mm. Es ligero, teniendo una

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

densidad de 250 Kg/m³ y se suele emplear un espesor de 4mm por lo que tendremos un peso de 1 Kg/m², y un precio aproximado de 27 €/m².

Esta placa está protegida, por la parte que se expone al exterior, por una película que protege de los rayos UV al resto del material para evitar su degradación. Aunque también se fabrican sin protección, no se recomienda emplearlo en la cubierta.

Los productos que lleven la protección en la parte exterior, para no dejar pasar a las radiaciones UV pueden provocar problemas al poner la planta expuesta a esta radiación.

El policarbonato celular tiene una transmisión del 5% a las radiaciones de longitud de onda larga, y transmiten la luz visible en un 80%. Y tiene un coeficiente de transmisión térmica con cielo despejado de 4 Kcal/(h·m²·°C).

Las múltiples paredes de que consta la placa, forman una cámara de aire dentro de los canales internos que hacen aumentar el poder aislante en un porcentaje muy elevado, respecto al mismo material en placa sencilla.

Estas placas pueden adaptarse en frío a estructuras con perfiles curvos de radio suave.

También pueden llevar un tratamiento anticondensación y antigoteo, que permiten el deslizamiento de las gotas de agua, sin que llueva sobre el cultivo.

La duración de las placas de policarbonato celular está garantizada por los fabricantes en 10 años.

1.2.3. Plásticos flexibles

Los plásticos flexibles que vamos a estudiar a continuación son los siguientes: polietileno, policloruro de vinilo y copolímero Etil-Acetato de vinilo.

1.2.3.1. Polietileno

Es el plástico flexible más empleado actualmente para forzado de cultivos en invernaderos, túneles y acolchado. Esto se debe principalmente a su bajo precio, a sus buenas propiedades mecánicas, y a la facilidad para incorporar aditivos que mejoran sus prestaciones.

Atendiendo a su densidad los PE se clasifican en:

- Baja densidad: < 930 kg/m³.
- Media densidad: 930 – 940 kg/m³.
- Alta densidad: > 940 kg/m³.

Para el cerramiento de invernaderos se utiliza sólo el de baja densidad. Una de las características del PE es que su alargamiento en el punto de rotura es cercano al 500 %.

El PE se degrada por la radiación UV y el oxígeno, por lo que la exposición permanente a la intemperie provoca su rotura al perder las propiedades mecánicas. El PE no se oscurece como sucede en otros compuestos y debido a su gran transparencia es el material más usado en estas instalaciones.

Para evitar esto es común añadir en el proceso de fabricación del PE diversas sustancias:

- Absorbentes de radiación UV (derivados de benzotriazoles y benzofenona).
- Secuestradores de radicales libres.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Desactivadores (sales orgánicas de níquel).
- Estabilizantes (Hindered Amines Light Stabilizers).

La transparencia del PE está comprendida entre el 70-85%. El PE se desgarra con facilidad. Es el material plástico que menos densidad tiene con 930 Kg/m^3 . Se suele emplear el de 800 galgas, 0,2 mm, por lo que tiene un peso de $0,186 \text{ Kg/m}^2$.

En el mercado existen tres tipos de polietileno:

a) Polietileno Normal.

Presenta muy poca opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo; es permeable en un 70% a las radiaciones de longitud de onda larga que emiten el suelo y las plantas.

En el PE transparente normal se forma una lámina de agua, que aunque tiene inconvenientes para los cultivos, retiene un poco el calor que emiten las plantas y el suelo durante la noche. Y debido al efecto de los rayos UV se degrada con facilidad por lo que dura alrededor de 1 año.

b) Polietileno Normal De Larga Duración

Este tipo de PE tiene unas características idénticas al PE normal, a excepción de su duración, que es bastante mayor, debido a los antioxidantes e inhibidores que lleva en su composición.

La duración de este tipo de plástico es de 2 a 3 años, según la luminosidad y el régimen de viento al que se esté expuesta la lámina.

c) Polietileno Térmico De Larga Duración

El PE transparente térmico es un plástico que tiene la propiedad de dificultar mucho el paso de las radiaciones nocturnas (tiene una permeabilidad del 18% a las radiaciones longitud de onda larga en grosores de 800 galgas). Posee un coeficiente de transmisión térmica medida con cielo despejado de $8 \text{ kcal}/(\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$. Esto permite a los invernaderos cubiertos con este material que se anule casi en su totalidad la inversión térmica y que las temperaturas mínimas absolutas sean de unos 2 ó 3 °C más elevadas a las registradas en cubiertas de PE normal.

El PE transparente térmico, por los aditivos que se emplean en su fabricación, tienen un gran poder de difusión de la luz, que en algunas marcas comerciales puede llegar al 55% de la radiación lumínosa que atraviesa la lámina de plástico; también, por la misma razón de los aditivos añadidos, tienen un buen efecto antigoteo. Este tipo de polietileno de 800 galgas tiene un precio de $0,92 \text{ €/m}^2$.

1.2.3.2.PVC

Es un material rígido que mediante plastificantes se consigue transformar en flexible. Las láminas están limitadas a un ancho de 2 m, llegando hasta 8 m mediante sucesivas soldaduras. Su densidad es de $1250 - 1500 \text{ kg/m}^3$, y considerando el espesor

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

más habitual que es de 0,2 mm tenemos un peso de 0,26 kg/m². Su resistencia al rasgado es muy baja, por lo que requiere de estructuras poco agresivas que mantengan bien sujeta la película. También se le añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV.

Transmite la luz visible en porcentajes alrededor del 85%, pero con baja dispersión. Su elevada electricidad estática hace que el polvo se adhiera fácilmente, restándole transmisividad. Su elevado contenido en cloro le proporciona un buen efecto barrera al infrarrojo de onda larga, con un porcentaje de transmisión del 15%. Posee un coeficiente de transmisión térmica medida con cielo despejado de 7,6 kcal/(h·m²·°C).

El PVC envejece más lentamente que el PE; la degradación o envejecimiento del PVC se traduce en pérdidas de transparencia, coloración de la lámina y fragilidad a la rotura. Esta degradación es debida a cambios químicos producidos por el calor y la luz en presencia del oxígeno; también se debe a que el plastificante se disuelve. Hay algunos microorganismos que viven a expensas de los carbonos de los plastificantes.

La duración de estos materiales depende del tipo de plastificante empleado en su fabricación y la clase de PVC; se estima su duración en 2 años. Y el precio de este material oscila alrededor de 1,05 €/m².

1.2.3.3. Copolímero Etil-Aacetato de vinilo (EVA)

Actualmente se están fabricando los copolímeros de etileno y acetato de vinilo (EVA). La proporción usual en AV para agricultura oscila entre el 6 % y el 18 %. Un mayor contenido en AV aumenta su opacidad al infrarrojo de onda larga pero disminuye su resistencia mecánica. Esta formulación mejora las propiedades físicas del polietileno incluyendo su resistencia a la ruptura en bajas temperaturas y al rasgado.

Su transparencia a la luz visible cuando el material es nuevo es más alta que la del polietileno térmico alcanzando valores del 90%, la opacidad a las radiaciones térmicas depende del contenido de acetato de vinilo y del espesor, por ejemplo para el más habitual con un espesor de 0,2mm y un 12% de AV tenemos un transmisión del infrarrojo del 20%. Posee un coeficiente de transmisión térmica medida con cielo despejado de 7,8 kcal/(h·m²·°C).

Resulta más caro que el polietileno térmico alcanzando un precio aproximado de 1,12€/m². Pero es de similar peso, fijándonos en el más habitual de 0,2mm de espesor y sabiendo que la densidad es de 940 Kg/m³ podemos ver que tiene un peso de 0,188Kg/m².

De entre los films plásticos es el que presenta una mayor resistencia a los UV. Los problemas más importantes que presentan los copolímeros EVA son su excesiva plasticidad (cuando se estiran no se recuperan), gran adherencia al polvo lo que puede provocar reducciones de hasta un 15 % en transmisividad a la radiación solar. Son difíciles de lavar debido a su alta carga electrostática.

Respecto a la duración de la lámina como cubierta de invernadero es de 2 o 3 años para los grosores de 800 galgas y de 1 año para los grosores de 400 galgas. En las láminas de

copolímero EVA con un alto contenido de acetato de vinilo (AV), son los recomendables para cubierta de invernadero en lugares geográficos con excesiva

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

luminosidad y temperaturas elevadas, por las grandes dilataciones que sufre este material, que luego da lugar a bolsas de agua de lluvia y la rotura por el viento, provocando la rotura del material.

1.3.Elección

Teniendo en cuenta las características térmicas, de transmisión de la luz, resistencia y económicas, se decide emplear PE térmico de larga duración.

1.3.1. Material para la cubierta

Se decide el empleo de un material plástico flexible, concretamente el polietileno térmico de larga duración, debido a su ligereza, solo 0,186 Kg/m². Lo que evita tener que poner estructuras que soporten grandes pesos, necesarias en materiales muy pesados (vidrio, polimetacrilato de metilo). Además al ser ligero se facilita su colocación. También facilita la colocación su flexibilidad y su adaptabilidad a las cubiertas con curvatura. Del mismo modo es importante que todos poseen un precio bajo, alrededor de 0,92 €/m², para que la sustitución sea más barata. Ésta sería a los 3 años debida al deterioro del material o por roturas producidas por los impactos del granizo.

El polietileno térmico de larga duración es de los tres materiales analizados el más barato y de los que más duración posee. Asimismo es el que mayor dilatación permite pudiendo soportar mejor las dilataciones o los impactos ligeros.

De los tres materiales estudiados el polietileno es el que tiene una menor transmisión de

luz visible. Sin embargo es el único que no presenta el inconveniente de la acumulación

de polvo, debido a la adherencia de éste, por lo que a lo largo de los tres años tiene una

transmisión igual o superior a los otros. En cuanto a la transmisión del infrarrojo de

onda larga el polietileno térmico de larga duración posee el menor valor de los tres con

un 13%. Y posee un coeficiente de transmisión térmica de 8 Kcal/(h·m²·°C), más elevada que los otros materiales.

2.TIPO DE INVERNADERO

Existen distintos tipos de invernaderos que se pueden clasificar de diversas maneras ya sea por su perfil externo por su fijación y movilidad, por el material de cubierta, por el material de la estructura, etc.

2.1.Clasificación por la forma

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Nos vamos a fijar primero en la forma, el perfil externo del invernadero. Según esto nos podemos encontrar:

2.1.1. Invernadero tipo parral

Es de techo plano, con una estructura vertical formada por soportes verticales en los pilares interiores, colocados con marcos de distribución 2x4, 2x2 y 3x4 m por lo que tenemos una gran cantidad de postes. Los pilares perimetrales están inclinados hacia el exterior con un ángulo de 30° respecto a la vertical. A estos se anclan unos cables que a su vez se sujetan al suelo, (vientos). La cubierta está formada además de por el plástico por una doble capa de malla de alambre.

Este tipo de invernaderos es de uso habitual en la zona de Almería. Debido al bajo coste de instalación que tienen, que presentan una gran uniformidad lumínica y se adaptan fácilmente a cualquier geometría de parcela. Pero presentan diversos problemas como la mala ventilación, que no desaguan bien al ser planos creándose bolsas de agua y rompiéndose, siendo adecuado para zonas poco lluviosas como Almería y no como nuestra zona.

2.1.2. Invernadero tipo túnel

Es una estructura formada por arcos separados entre sí. Es una estructura sencilla y que puede tener dos tipos diferenciados según la forma del arco: el tipo “español” y el tipo “francés”. Diferenciados éstos en que el español posee arcos semicilíndricos desde el suelo, mientras que el francés tiene una primera parte abajo vertical para luego volverse semicircular permitiendo así un manejo más cómodo de la zona próxima a los laterales.

Este tipo de invernadero permite que pase fácilmente la luz al tener pocos elementos estructurales, es estanco al agua y suele tener para la ventilación aberturas en ambos frontales y entre algunos arcos abriendo el solape de las láminas plásticas que lo cubren.

2.1.3. Invernadero tipo capilla

Es una estructura de nave a una o dos aguas. Presenta las ventajas de la facilidad para colocar cualquier plástico en la cubierta, pueden ponerse ventanas laterales y cenitales consiguiendo una gran superficie de ventilación, evacua fácilmente el agua y tiene un mantenimiento sencillo.

Puede haber distintos tipos de capillas: los de techo recto, los de techo curvo y los góticos que presenta un techo curvo acabado en un pico más marcado. Son bastante similares entre sí aunque los de techo curvo tienen mejor transmisión de la luz, conservando como los otros dos un buen desague para evitar embalsamientos.

2.1.4. Invernadero tipo diente de sierra

Está formado por la unión de dos o más naves a un agua. Poseen un canalón en la unión de ambas naves, que es el punto más débil de esta estructura, al recibir una gran carga en momentos puntuales. Este invernadero es uno de los que mejor ventilación poseen al emplear una ventilación cenital en cada diente de sierra, consiguiendo así eliminar el exceso de calor fácilmente sin necesidad de empleo de otros mecanismos.

2.1.5. Invernadero de tipo multicapilla

Es una estructura de invernadero generada mediante el solape de varias capillas.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Consiguiendo así reducir la superficie en contacto con el exterior (a través de la que podemos perder calor). Además son estructuras de una luz que oscila entre los 6 y los

9 metros, dándonos gran facilidad de trabajo en el interior al no tener soportes muy juntos que nos impidan las labores.

En este tipo de invernaderos las ventilaciones son cenitales, además de poder tener frontales y laterales. Estas últimas en las naves más extremas del conjunto. Todos estos tipos de ventilaciones permiten ser automatizados.

También nos permite este tipo de invernadero colocar cosas colgadas del techo como carros de riego, sensores, mallas de sombreo, ventiladores y calefactores entre otras cosas.

2.1.6. Elección

El invernadero de multicapilla es uno de los más adecuados para la zona de ubicación del proyecto y para las necesidades de uso. Ya que nos permite un mejor control del clima interior del invernadero, además de facilidad para el trabajo en su interior. Y por esto entre otros motivos es por lo que se decide que el invernadero a realizar será un multicapilla de techo curvo con las naves y la longitud necesaria para abastecer el volumen de las plantas a producir. Además pensando en el futuro del proyecto el invernadero de tipo multicapilla, al estar construido de forma modular, se pueden adosar más naves a las existentes, lo que nos permite facilidad de expansión.

2.2. Clasificación por la estructura

Una vez seleccionada la forma del invernadero, se pasa a decidir la estructura, la cual debe reunir las siguientes características:

- Ligera y resistente
- De materiales económicos y de fácil conservación
- Susceptibles de poder ser ampliadas
- Que ocupen poca superficie
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

Los materiales estructurales más habituales son: madera, hierro, aluminio, acero galvanizado y hormigón armado. También es habitual encontrar mezclas de varios materiales en la estructura.

A continuación se presentan algunas características de los diferentes materiales empleados en las estructuras de los invernaderos:

2.2.1. Estructuras de madera

Este tipo de estructura se emplea en zonas donde se puede obtener madera a buen precio, la madera que se emplee debe de estar descorteizada y tratada para evitar el envejecimiento y la pudrición.

Para esta estructura se pueden emplear dos presentaciones de la madera ya sea como rollizo o como paralelepípedo. Se suele poner una altura de cumbre de 3-3,5 metros. Y las correas como máximo deben de tener 4 m debido al alabeo que sufren con el paso del tiempo. Y la separación entre postes debe de estar entre 3 y 4 m. Y no se suelen poner adosados en batería además de que no se puede hacer el techo curvo.

2.2.2. Estructuras de hormigón

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Estas estructuras son interesantes por su resistencia y longevidad, soportan bien grandes pesos ya sea por el tipo de cubierta empleándose en ocasiones para los invernaderos de cristal y empleados en zonas con una exposición fuerte a agentes climáticos que provoquen grandes cargas, como zonas nevadas importantes o de viento fuerte.

Con este tipo de estructura se construyen invernaderos de líneas rectas, de tipo capilla, similar a lo que se había decidido anteriormente aunque el techo de estos no sería curvo.

Estas estructuras además pueden ser mixtas combinando el hormigón el los pilares con madera o metal en la cubierta.

2.2.3. Estructuras metálicas

Estas estructuras son bastante habituales. Con este material se pueden conseguir estructuras curvas como se había decidido realizar el invernadero. Se pueden tener grandes luces gracias al empleo de cerchas en la estructura, consiguiendo así más luz en el interior del invernadero al reducirse las estructuras que nos pueden provocar sombreo. Por estos motivos nos interesa el empleo de este tipo de estructura.

Estas estructuras pueden estar formadas por barras cuadrangulares y por barras cilíndricas; pueden estar hechas de hierro o de acero en ambos casos galvanizados.

2.2.4. Elección del material de estructura

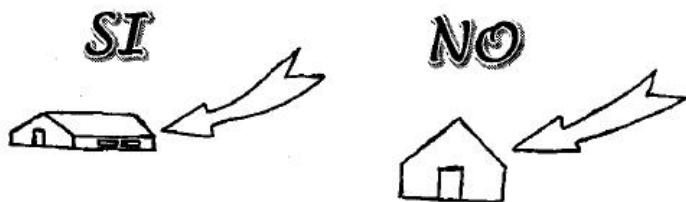
De estos tipos de estructuras se decide que se construirá el invernadero de tipo multicapilla de techo curvo con estructura de metal, la más adecuada a nuestras necesidades.

3. ORIENTACIÓN DEL INVERNADERO

Hay tres motivos principales para decidir la orientación del invernadero: la iluminación, el viento y la forma de la parcela.

La orientación del invernadero hará que los rayos solares penetren en mayor o menor grado. Para la buena iluminación del invernadero conviene orientarlo en dirección este-oeste, es decir, el lado más largo del invernadero lleva esta dirección y por tanto mira hacia el sur. De esta manera los rayos de sol pueden penetrar bien cuando más necesarios son, en invierno. Esto, además supondrá un ahorro de calefacción.

El viento sirve para renovar el aire del invernadero pero si es muy fuerte puede causar daños tanto en el material de cubierta como en la estructura. Por ello debemos intentar tener una mínima exposición a los vientos predominantes. Lo ideal es que el invernadero presente la menor resistencia posible, esto se lograría orientando el invernadero con su lado más largo en la misma dirección que el viento (como se indica en el esquema) o si no puede ser así en diagonal a este. Otra opción es la colocación de un cortavientos que proteja nuestro invernadero aunque nos puede provocar sombreo según la distancia al invernadero y la altura del mismo.



En nuestro caso debemos adaptar la orientación del invernadero a la parcela, ésta es

oeste ligeramente inclinada al suroeste. Como los vientos predominantes son dirección

oeste tendremos el invernadero en una orientación próxima a lo más adecuado. Recibe

el viento en la dirección correcta y el lateral largo del invernadero al estar orientado

ligeramente al sureste.

4. SOMBREO

En las épocas cálidas dentro del invernadero se alcanzan altas temperaturas. Por eso se trata de evitar que suba mucho la temperatura tanto con la ventilación del mismo, enfriándolo con sistemas basados en la evaporación del agua (como el cooling-sistem) o mediante el sombreo del interior del invernadero. Este sombreo suele realizarse de dos formas: mediante el encalado y mediante pantallas térmicas y de sombreo.

El encalado se basa en pintar de blanco la cubierta del invernadero para que se reflejen los rayos de sol hacia el exterior. Esto evita que entren en el invernadero y provoquen un aumento excesivo de la temperatura.

Este sistema nos permite evitar que se alcancen altas temperaturas en el interior del invernadero con un gasto de material bajo. Aunque implica tener que pintar todos los años y después limpiarlo si no lo limpian bien las lluvias otoñales. Esto implica gastar cada año en material para pintar y en mano de obra. Además este sistema no permite quitarlo y ponerlo según la iluminación del día, por lo que si se dan varios días nublados llegaría poca iluminación a las plantas y podríamos tener problemas de ahilamiento en éstas al tratar de buscar la luz.

El otro sistema, el empleo de pantallas térmicas y de sombreo es más caro (alrededor de 10€/m²); aunque dura varios años y no requiere mano de obra cada año. Además tiene la ventaja de que se abre y se cierra automáticamente según la iluminación que le llega a unos sensores fotosensibles que se instalan en el invernadero pudiendo permanecer abierto las primeras horas de la mañana cuando la intensidad de la iluminación es baja y cerrarse al incidir más la luz.

Además este sistema también sirve para evitar que se escape tanta radiación infrarroja de onda larga por las noches en la época fría, consiguiendo que la temperatura no baje tanto en el invierno ayudando al material de cubierta en su función de mantener el calor.

Por lo que este sistema tiene una doble función protegiéndonos en las dos épocas más extremas tanto la fría como la cálida.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Esta doble función se consigue gracias a su doble composición, al estar formada por cintas de aluminio y fibras de poliéster que crean una mezcla que hace variar la protección frente al frío o el calor en función de la proporción de cada uno.

Por todo lo anteriormente citado la elección más adecuada para el invernadero sería la colocación de pantallas térmicas y de sombreo.

5. MANTA TÉRMICA

Para evitar la pérdida de calor por parte de las plantas en forma de infrarrojo de onda larga se pueden emplear además de la cubierta de invernadero y de la pantalla térmica, mantas térmicas. Esta manta hecha de polipropileno permite mantener el calor y así ahorrar calefacción. Esta es muy ligera (17 gr/m^2) y de un precio reducido de $0,17\text{€}/\text{m}^2$.

De anchuras y longitudes variables pudiendo adaptarse a nuestras necesidades. Permite el paso del agua por lo que se podría regar sobre ella.

Se considerará esta manta como un sistema de apoyo para mantener la temperatura óptima, consiguiéndose un ahorro de energía.

6. SISTEMA DE RIEGO

Hay diversos sistemas para aportar agua dentro del invernadero. El primero que podríamos considerar para estas instalaciones es el tren de riego suspendido, es el más rentable si la instalación es larga ya que con un tren se puede abarcar toda una nave del invernadero, permite el manejo del invernadero sin tener elementos entremedio ya que se pliega en un extremo de este sin tener objetos fijos como otros sistemas de riego.

Además permite el riego de zonas concretas teniendo una alta uniformidad de riego difícil de conseguir con otros sistemas si se quiere sectorizar el riego. Del mismo modo tiene un mantenimiento sencillo y rápido al tener que revisar sólo, las boquillas del tren que son muy pocas en comparación con las necesarias para otros sistemas.

La distribución del agua de riego mediante una red de distribución de goteros procedentes de redes de tuberías permite hacer un cálculo de un programa de riego correcto, basado en frecuencias y tiempos de riego adecuando los caudales y tiempos de riego a las necesidades puntuales de las plantas, basados en parámetros climáticos tales como radiación incidente, humedad relativa ambiental, temperaturas y evapotranspiración de la propia planta. Supone un ahorro importante de agua y una eficiente distribución de los fertilizantes, permitiendo, además el uso de aguas de peor calidad.

Aunque ligeramente más caro que el sistema de tren de riego, evitaremos enfermedades aéreas que pueden ser producidas por el primer sistema, pero sin embargo, podemos encontrar problemas radiculares en la planta debido al riego localizado como hongos, bacterias, o problemas de salinidad.

7. SUELO DEL INVERNADERO

Como se ha decidido cultivar sobre sacos de perlita, el suelo del invernadero solo tiene la función de soporte físico. Existen tres opciones: suelo desnudo y compactado, aplicar una solera de hormigón o colocar una malla antihierba.

Si se deja el suelo desnudo (lo más barato) y la opción con mejor drenaje. Pero podemos tener problemas al ser muy fácil que germinen malas hierbas, al tener agua de la sobrante del riego y buenas condiciones de temperatura.

Poner una solera de hormigón de poco grosor es otra opción más cara que dejar el suelo desnudo (alrededor de 7,5 €/m²). Pero que evitaría la salida de cualquier mala hierba, evitaría barro en el suelo con un manejo más cómodo de las bandejas. Aunque con mal drenaje.

El uso de malla antihierba es más caro que dejar el suelo desnudo pero más barato que el suelo de hormigón ya que una malla negra cuesta 0,72€/m². La malla evita que salgan las plantas una vez germinadas ya que no permite que pasen y no les llega la luz evitando que se desarrollen. La malla permite el drenaje del agua sobrante del riego, pero se crea barro por debajo de la misma aunque se puede trabajar por encima de la misma. Aunque esta malla puede rasgarse o romperse debido al uso.

La elección de la malla antihierba es la que elimina el problema de las malas hierbas de forma más barata. Siendo la mejor solución para poner en el suelo del invernadero.

8. SUSTRATOS

-Lana de roca: obtenida por fundición de 60% de diabasa, 20% de piedra caliza y 20 % de carbón de coque, que se introduce en un horno a una temperatura de 1600°C. se le añaden estabilizantes y mojantes; tras ser comprimida, se convierte tablas, tacos y bloques aptos para el cultivo.

Propiedades físicas:

Densidad aparente: 0,08 g/cm³

Porosidad total: 96%

CRAD: 30%

Capacidad de aireación: 35-40%

Aqua de reserva: 0,9%

Más del 95% del agua retenida, es fácilmente asimilable, pero como contrapunto, no tiene prácticamente agua de reserva ni agua difícilmente disponible, con lo que la planta puede disponer de casi la totalidad del agua retenida en el sustrato con gran facilidad. Su estabilidad mecánica es baja y su duración limitada.

-Perlita: se obtiene como consecuencia de un tratamiento térmico a una temperatura entre 1000 y 1200°C sobre una roca silícea volcánica del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1,5 y 6mm, según el tamaño varían diversas características pero están alrededor de los siguientes valores: una densidad baja (inferior a 0,143 g/cm³). Posee una capacidad de retención de agua hasta cinco veces su peso, una elevada porosidad, su capacidad de intercambio catiónico es casi nula (entre 1,5 y 2,5 meq/100g), su pH está entre 7 y 7,5, puede ser corregido.

Porosidad total: 85,9%

Densidad aparente: 0,143 g/cm³

Aqua fácilmente disponible: 24,6%

Aqua de reserva: 7%

Aqua difícilmente disponible: 25,2%

Aqua total disponible: 31,6%

Material inerte que no se descompone ni biológica ni químicamente. Al ser un silicato de aluminio, empleando soluciones nutritivas con pH inferior a 5, se puede producir una solubilización del aluminio y provocar fitotoxicidad. Tiene muy baja capacidad tampon.

- Fibra de coco: procedente de desechos de la industria de coco. Material ligero con porosidad total muy elevada, por encima del 93%. Presenta cantidades aceptables de agua fácilmente disponible y está bien aireado. Se contrae cuando se deja secar (Abad et al, 1997).

Posee un bajo poder tampón.

Propiedad	Fibra de Coco	
	Intervalo	Mediana
Indice de grosor (%) ^a	11-66	34
Densidad aparente (g/cm ³)	0,020-0,094	0,059
Espacio poroso total (%vol.)	93,8-98,7	96,1
Capacidad de aireación (% vol.)	22,2-90,5	44,9
Agua fácilmente disponible (% vol.)	0,7-36,8	19,9
Agua de reserva (% vol.)	0,1-7,8	3,5
Capacidad de retención de agua (ml/l sustrato)	110-797	523
Contracción (% vol.)	n.d.-28	14
pH (pasta saturada)	4,76-6,25	5,71
Conductividad eléctrica (extracto de saturación, dS/m)	0,39-6,77	3,52
Capacidad de intercambio cationico (m.e./100 g)	31-97	61
Materia orgánica total (%)	88,6-95,7	93,8
Relación C/N	74-194	132
Elementos asimilables: (ppm extracto de saturación)		
N-NO ₃ ⁻	n.d.-1,7	0,21
N-NH ₄ ⁺	n.d.-1,8	0,14
P	7,4-104	41
K ⁺	115-2.343	956
Ca ⁺⁺	6,9-114	26
Mg ⁺⁺	2,6-59	20
Cl ⁻	27-2.242	1.085
SO ₄ ²⁻	2,5-314	23
Na ⁺	25-294	137

^aTurba Sphagnum rubia finlandesa débilmente descompuesta.

^b% en peso de partículas con $\phi > 1$ mm.

^cNo detectable.

Tabla 5. Propiedades físicas, físico-químicas y químicas de trece muestras de fibra de coco c

-Vermiculita: se obtiene por la exfoliación de un tipo de micas sometido a temperaturas superiores a los 800°C. Su densidad aparente es de 90 a 140 Kg/m³, y con un tamaño entre 5 y 10 mm. Puede retener 350litros de agua por metro cubico. Posee una elevada capacidad de intercambio catiónico (80-120meq/l). Posee un pH entre 7 y 7,2.

-Arcilla expandida: se obtiene tras el tratamiento de nódulos arcillosos a más de 100°C, formándose con forma de bolas de corteza dura y un diámetro entre 2 y 10 mm. La densidad es de 400 Kg/m³ con una baja capacidad de retención del agua. Su capacidad de intercambio catiónico es casi nula entre 2 y 5 meq/l. Y su pH está entre 5 y 7. Y tiene un precio de 42,40€/m³.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

-Poliestireno expandido: es un plástico troceado en bolas de 4 a 12 mm y de color blanco. Posee una densidad baja (inferior a 50 Kg/m³) y con baja capacidad de retención del agua y con un pH algo superior a 6. Y un precio de 52€/m³.

Comparando los materiales podemos observar que el más adecuado debido a sus características es la perlita que cumple las necesidades que se le exige al material.

9. MAQUINARIA

Para el manejo de la explotación se requieren realizar diversas actividades que se pueden hacer manualmente o mediante maquinaria específica para éstas. Actualmente la mano de obra es cara y observando el volumen de producción de la explotación supondría un coste elevado, además de la necesidad de contratar una gran cantidad de personal eventual en las épocas de máxima recolección.

Además para ciertos procesos productivos es necesario el empleo de máquinas como es el almacenamiento de la producción. Para el cual será necesario una cámara que refrigere el producto para evitar el deterioro del mismo y el mantenimiento así de sus características organolépticas y sanitarias entre otras. Ya que una pérdida tras la recolección nos implicará una gran pérdida de producción.

En caso de no encontrar un productor de plantón con las características que nosotros exigimos, podríamos considerar la instalación de una cámara de germinación ya que esta parte del proceso es clave.

La cámara proporciona las condiciones para que las semillas germinen uniformemente; consiste en una sala en la que se introducen las bandejas sembradas. En el interior se mantiene una temperatura y humedad constante, consiguiendo así la germinación de las semillas y la emergencia de la mayoría de las plántulas en poco tiempo.

10. RESIDUOS

Debido al proceso productivo se generan residuos. De estos los principales en este proceso son:

- los plásticos que conforman el invernadero
- el sustrato

-Los plásticos que forman el invernadero se deterioran principalmente por el efecto de los rayos ultravioleta. Esto provoca que la vida útil del polietileno térmico de larga duración sea sólo de 3 años. La empresa encargada de sustituir los plásticos viejos por nuevos, se encarga también de llevar los viejos a una empresa especializada en su tratamiento, tras un acuerdo económico.

-Los sacos de perlita, tras emplearse para el cultivo y considerando los beneficios que un sustrato inerte da al agricultor, el inconveniente que tiene por no ser biodegradable, se puede solucionar al reutilizarla como enmienda del suelo una vez terminada su vida útil. De esta forma, se puede disminuir el impacto ambiental por acumulación de este sustrato ya que su incorporación al suelo no afecta la producción del cultivo y mejora la textura del suelo. Habrá que tener en cuenta que al ser una

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

possible fuente de inóculo de posibles enfermedades para otros cultivos, se recomienda una desinfección con hipoclorito sódico (Miguel Urrestarazu, 2005).

-Los restos vegetales se llevarán a una parcela del promotor donde se compostará para darle un uso como enmienda orgánica; en cualquier caso, habrá que valorar si sale más rentable la aplicación como enmienda, o la quema de los residuos debido a los componentes plásticos que se han utilizado para el entutorado de la planta y la dificultad en la separación de unos y otros

ANEJO 5. NECESIDADES AMBIENTALES DE LOS CULTIVOS

ÍNDICE

1. NECESIDADES AMBIENTALES

1.2. TOMATE.....	2
1.3. PIMIENTO.....	4
1.4. LECHUGA.....	5
1.5. BORRAJA.....	6
1.6. JUDÍA VERDE.....	7

1. NECESIDADES AMBIENTALES

En este apartado se va a tratar cultivo a cultivo sus exigencias respecto de las distintas variables climáticas, y tomar las decisiones de manejo de los invernaderos, pues será este apartado definitivo para obtener una producción satisfactoria.

1.2. EL TOMATE

1.2.1 Temperatura

TEMPERATURA °C				
ETAPA DE CRECIMIENTO	ÓPTIMA DE DÍA	ÓP TIMA NOCHE	MÍNIMA	MÁXIMA
Crecimiento vegetativo	25	16	10	35
Floración y fructificación	25	16	12	35

La temperatura media mensual, ideal para obtener buena producción en este cultivo, debe estar comprendida entre 16° y 27°C; con temperaturas medias mensuales más elevadas o más bajas que éstas, la planta de tomate no desarrolla bien su vegetación y puede perjudicarse seriamente si esas temperaturas se extreman demasiado.

La actividad vegetativa se paraliza con temperatura inferior a 8-10°C durante más de veinticuatro horas (Tesi,2001); es decir, por la noche puede hacer una temperatura de 4° a 5°C, sin que se paralice la actividad vegetativa, aunque quede algo disminuida cuando las temperaturas diurnas sean óptimas.

Con temperatura superior a 35°C, si la humedad relativa es baja, se pueden deshidratar las plantas; con esas mismas temperaturas altas y una humedad relativa elevada no se deshidratan las plantas, pero si están en floración se dificulta bastante la fecundación.

Con temperatura menor de 0° C la planta de tomate corre grave peligro de helarse; con 2° a 3 °C bajo cero, durante mas de dos o tres horas, la planta se hiela y no se recupera; en la congelación vegetal influye bastante el estado vegetativo de la planta, así como la humedad atmosférica.

En los periodos de floración es interesante que las temperaturas mínimas no sean menores de 12°C y las máximas no pasen de 25°C; fuera de este rango de temperaturas, la fecundación de las flores es defectuosa o nula.

La maduración del fruto de tomate está muy influenciada por la temperatura, no solamente en la precocidad, sino también en el color que toma el fruto; cuando la temperatura oscila alrededor de 10°C, los frutos no toman color rojo, tomando tonalidades amarillas-anaranjadas; en verano, con temperatura superior a 30°C el fruto en la maduración toma color amarillo.

La temperatura del suelo es óptima cuando se sitúa entre 20° a 25°C: es mínima cuando está por debajo de 12°C y es máxima cuando pasa de 34°C.

El tomate precisa una integral térmica de 3000 a 4500 horas grado.

1.2.2. Humedad

La humedad relativa influye considerablemente en el desarrollo vegetativo de la planta; es un vegetal al que no conviene exceso de humedad en el ambiente del invernadero. Su óptimo está comprendido en torno al 55-60%; por encima de estos valores el cultivo está expuesto a la infección de algunas enfermedades producidas por hongos y a que la fecundación de las flores no se realice con normalidad, abortando parte de ellas.

Cuando la humedad ambiental es baja, se realiza mal la fecundación por falta de fijación del polen en el estigma de la flor. Con humedad excesiva, el polen se compacta y no cae en el estigma, produciendo fallos de frutos por falta de fecundación.

Una humedad excesiva, tanto en el suelo como en la atmósfera, en el momento de la fecundación, origina agrietamientos del fruto.

Cuando varía sensiblemente la temperatura ambiental, con las consecuentes variaciones bruscas en la evaporación, puede agrietarse el fruto. También se da este rajado de los frutos cuando a un periodo de sequía se realiza un riego abundante.

Será labor pues del invernaderista el buen manejo de esta variable climática con un uso correcto del programador.

1.3. EL PIMIENTO

1.3.1. Temperatura

El pimiento es una planta exigente en temperatura.

TEMPERATURA °C				
ETAPA DE CRECIMIENTO	ÓPTIMA DE DÍA	ÓPTIMA NOCHE	MÍNIMA	MÁXIMA
Crecimiento vegetativo	20-25	16-18	15	32
Floración y fructificación	26-28	18-20	18	35

Los saltos térmicos ocasionan desequilibrios vegetativos. La actividad vegetativa se paraliza con temperatura inferior a 10-12°C durante más de veinticuatro horas (Tesi,2001).

La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (10-15°C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías:

- Pétalos curvados y sin desarrollar
- Formación de múltiples ovarios, que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal
- Acortamiento de estambres y de pistilo
- Engrosamiento de ovario y pistilo
- Fusión de anteras, etc.

Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos.

1.3.2. Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre el 65-70%. Durante el periodo de crecimiento, puede llegar al 70 % o mayor; durante la fase de floración y cuajado, la humedad debe oscilar entre el 50 y el 70 %. (Tesi,2001)

Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de las flores y de frutos recién cuajados.

1.4. LA LECHUGA

1.4.1. Temperatura

La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche.

Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas mínimas de de hasta -6 °C.

Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia.

1.4.2. Humedad relativa

El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve.

La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan.

1.5. BORRAJA

1.5.1. Temperatura

La temperatura óptima de germinación oscila entre 20-22°C, con una humedad relativa alrededor del 75%. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 16-22°C por el día y 5-8°C por la noche (ITG Agrícola, Navarra), pues la borraja necesita de diferencia de temperaturas entre el día y la noche.

Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta -3 °C.

TEMPERATURA			
	Cerrado (°C)	Óptimo(°C)	Ventilación(°C)
Día luminoso	16	18-22	22
Día nublado	14	18	20
Manejo nocturno	8	-	12

Aunque soporta bien las bajas temperaturas, se aconseja en época de heladas la protección con una manta térmica.

1.5.2. Humedad relativa

Tras el trasplante, hay que favorecer el enraizamiento. Se manejará el invernadero, evitando temperaturas extremas, intentando conseguir temperaturas suaves.

La humedad relativa, oscilará alrededor del 75-80%.

Se evitará la desecación del taco, dando para ello, riegos cortos, sobre todo, en las horas centrales del día y del atardecer.

1.6. LA JUDIA VERDE

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto.

Es planta de clima húmedo y suave, dando las mejores producciones en climas cálidos.

1.6.1. Temperatura

Temperaturas críticas para judía en las distintas fases de desarrollo

Temperatura óptima del suelo	15-20°C
Temperatura óptima de germinación	20-30°C
Temperatura mínima de germinación	10°C
Temperatura óptima durante el día	21-28°C
Temperatura óptima durante la noche	16-18°C
Temperatura máxima biológica	35-37°C
Temperatura mínima biológica	10-14°C
Temperatura mínima letal	0-2°C
Temperatura óptima de polinización	15-25°C

Cuando la temperatura oscila entre 12-15°C la vegetación es poco vigorosa y por debajo de 15°C la mayoría de los frutos quedan en forma de “ganchillo”.

Por encima de los 30°C también aparecen deformaciones en las vainas y se produce el aborto de flores.

La planta no florece con temperaturas por debajo de 12-13° C, ni por encima de 35° C. Los óvulos fallan por debajo de 12° C y no son viables por debajo de 8° C.

1.6.2. Humedad relativa

La humedad relativa óptima del aire en el invernadero durante la primera fase de cultivo es del 60% al 65%, y posteriormente oscila entre el 65% y el 75%.

Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad.

ANEJO 6. ESTUDIO CLIMÁTICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCION.....	2
2. ESTUDIO CLIMÁTICO.....	3
 2.1. TEMPERATURAS.....	3
 2.2. VIENTOS.....	7
 2.3. INSOLACIÓN.....	9
 2.4. PRECIPITACIÓN.....	10
 2.5. HUMEDAD RELATIVA.....	11
 2.6. EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	13

1. INTRODUCCIÓN

Capital de la comarca del Bajo Cinca, Fraga se sitúa en el extremo sureste de la provincia de Huesca, en el último tramo del valle del Cinca próximo ya el río a su unión con el Segre. Con 118 m. de alt., Fraga tiene un clima mediterráneo-continental con temperaturas medias anuales de 14,7° y medias de precipitación de 348 mm., recogidos en primavera y, sobre todo, en otoño.

El estudio climático se ha realizado de acuerdo con los datos obtenidos en la estación meteorológica de la Oficina del Regante, cuyas coordenadas son: LAT: 41° 59' 45"N LONG: 0° 5' 35" E, y una altitud de 125 m sobre el nivel del mar. Distando en línea recta en menos de cinco kilómetros.

Las dos características más relevantes de la climatología de la comarca son la continentalidad y la escasez de lluvias. La continentalidad se manifiesta por unas temperaturas medias en invierno inferiores a 5°C con mínimas absolutas de los -5 y hasta -10,8 °C (2008). En verano por el contrario durante los meses más cálidos es frecuente encontrarse con temperaturas medias superiores a los 30 °C y con máximas absolutas de 44,4 °C (2012).

Sin embargo, esta climatología es favorable para la producción frutícola con menores riesgos de heladas que las zonas adyacentes de Lérida aun cuando se producen frecuentes 'heladas tardías de primavera' además de provocar una mayor precocidad en las producciones con las favorables rentas subsiguientes.

En relación con la escasez de lluvias, el nivel de precipitaciones oscila entre los 300 y 400 mm anuales distribuidos además muy irregularmente en el periodo anual con máximos en otoño y primavera y por lo tanto con prolongados meses de sequía. La fuerte evapotranspiración de la zona provoca déficits hídricos en los cultivos y por lo tanto rentabilidades nulas en las zonas de secano donde existen además pocas alternativas de cultivos.

Teniendo en cuenta la clasificación agro ecológica de Papadakis (1960) y, según los datos climáticos del MAPA (2005), se cataloga la zona de Fraga como una zona climática de tipo:

- *Mediterráneo continental*: Se caracteriza por inviernos *avena fresco* (av), veranos *arroz* (O), régimen de temperatura *continental calido / semicálido* (CO/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 Fraga:

Formula: avOCO/CoMe

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Clasificación: Mediterráneo continental.

Los valores del Indice 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.

Indice de Turc para Fraga:

Secano: 13.6

Regadío: 45.5

2. ESTUDIO CLIMÁTICO

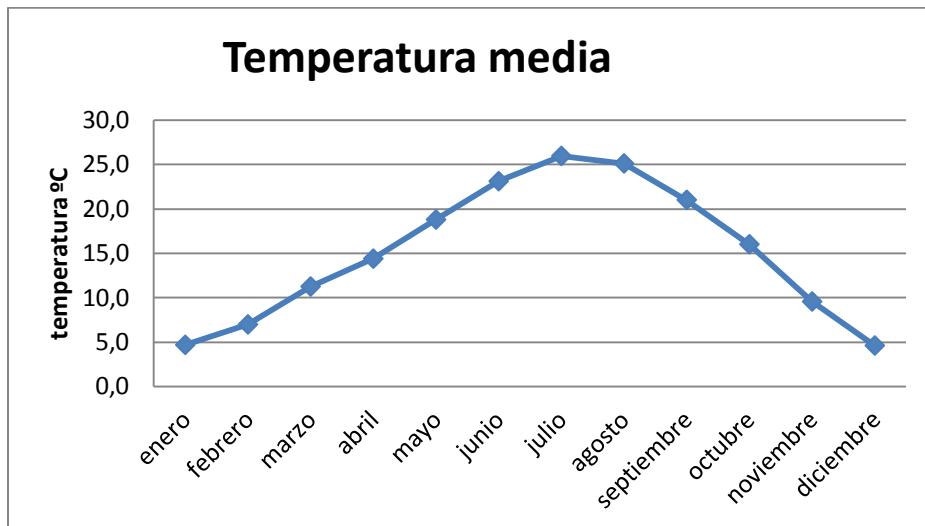
2.1. Temperaturas

La evolución anual de la temperatura pone de manifiesto los rasgos continentales de la comarca, reflejados en inviernos y veranos de larga duración separados por una primavera y un otoño mucho más cortos. El frío invernal y el fuerte calor estival prevalecen durante gran parte del año, reflejo de la gran inercia térmica que domina en las zonas interiores, donde llegan con dificultad las masas de aire húmedas oceánicas. El invierno suele durar desde mediados de noviembre a marzo. Las heladas pueden llegar hasta finales de abril, las “heladas de San Jorge”. La primavera llega hasta mayo, el verano hasta octubre y el otoño tan solo dura mes y medio. En este anexo se analizan las temperaturas de los últimos 14 años (1999-2013).

2.1.1. Temperaturas medias mensuales

Se analizan las temperaturas medias mensuales de todos los años de estudio mes a mes obteniendo una temperatura media para cada mes que se observan en la figura 1. Podemos observar que las temperaturas medias en los meses fríos están por debajo de 10° C, siendo estos meses los meses de Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”



2.1.1. Temperaturas máximas medias

En la figura 2 se muestra la media de las temperaturas máximas absolutas. Podemos observar que en los meses cálidos se llegan a alcanzar temperaturas entre 35 y 40°C y que en los meses fríos las máximas no superan los 20°C.

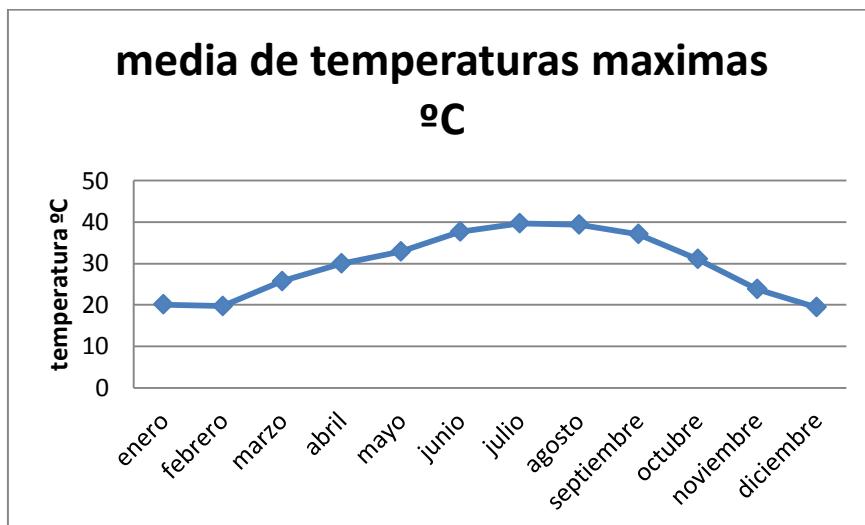


Figura2. Media de temperaturas máximas de Fraga (Huesca).

2.1.2. Temperaturas mínimas media

En la figura 3 se muestra los datos de las medias de las temperaturas mínimas absolutas de cada mes y podemos observar que en los meses fríos se llegan a alcanzar medias de entre -5 y -10°C. Y en los meses cálidos no supera los 10°C, aunque, la desviación entre los valores mínimos es mucho mayor que el de las máximas y las medias, especialmente notorio en Agosto, siendo así, las mínimas de un año a otro en un mismo mes varían mucho.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

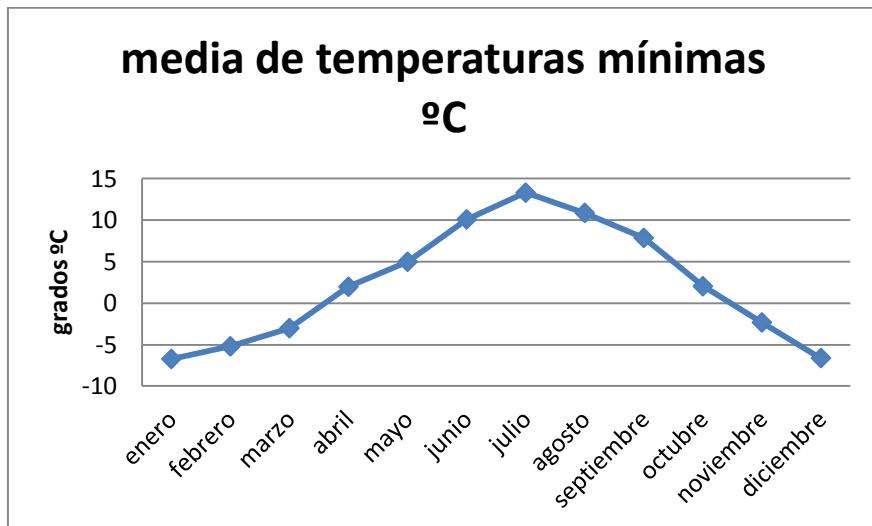


Figura 3. Temperaturas mínimas medias mensuales de Fraga

2.1.1. Diferencia de máximas y mínimas

En la figura 4 se puede ver las diferencias de temperaturas que se presentan a lo largo del año entre las máximas y mínimas de un mismo mes, llegando a haber una diferencia dentro del mismo mes de hasta 30°C en el mes de Agosto. Y se puede ver que en los meses fríos de Enero, Febrero, Noviembre y Diciembre la diferencia entre las máximas es menor.

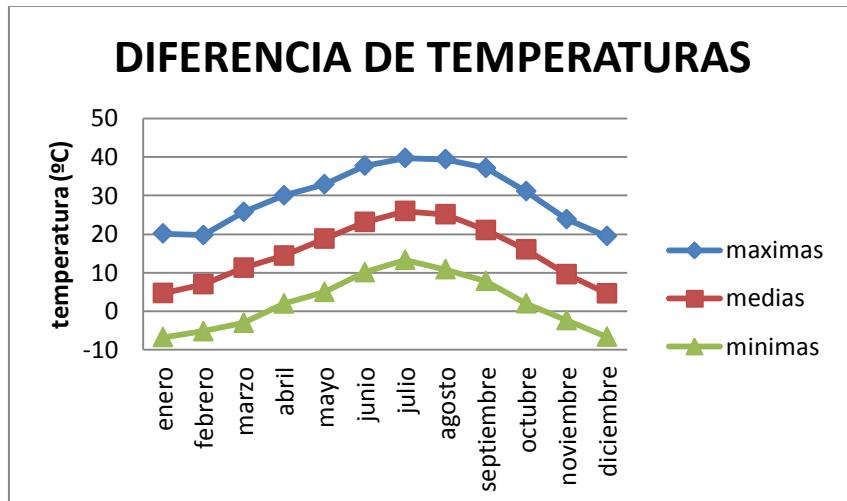


Figura 4. Diferencia de temperaturas máximas, medias y mínimas

2.1.2. Temperaturas extremas

En este apartado se observan los valores extremos de los últimos 14 años. La temperatura mínima absoluta en estos años ha sido de -10,2°C el 7 de enero de 2007. La temperatura máxima absoluta en los años de estudio ha sido 44,4°C el 10 de agosto de 2012.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Los valores mínimos de temperaturas corresponden a los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero; mientras que los valores máximos corresponden a los meses de Junio, Julio y Agosto. Se calcula la temperatura mínima de base, como la temperatura mínima a la que se llega al menos 5 veces en el periodo de tiempo del estudio climático. Con los datos de temperaturas mínimas absolutas diarias. Esto se realiza para cada mes.

ENERO							
Temperaturas	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4
Frecuencias		2	1	4	7	7	11
Temperatura mínima de base (ENERO) = -6°C							
FEBRERO							
Temperaturas	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4
Frecuencias	1	4	2	2	3	4	7
Temperatura mínima de base (FEBRERO) = - 4°C							
MARZO							
Temperaturas	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
Frecuencias	1	1	4	7	10	12	31
Temperatura mínima de base (MARZO) = -3°C							
ABRIL							
Temperaturas	-1	0	1	2	3		
Frecuencias	1	4	6	10	26		
Temperatura mínima de base (ABRIL) = 1°C							
MAYO							
Temperaturas	0	1	2	3	4	5	6
Frecuencias	-	-	3	3	5	10	10
Temperatura mínima de base (MAYO) = 4 °C							
JUNIO							
Temperaturas	3	4	5	6	7	8	9
Frecuencias				2	3	7	13
Temperatura mínima de base (JUNIO) = 8 °C							
JULIO							
Temperaturas	8	9	10	11	12	13	14
Frecuencias	2	6	7	9	9	19	25
Temperatura mínima de base (JULIO) =9°C							
AGOSTO							
Temperaturas	8	9	10	11	12	13	14
Frecuencias	1	3	6	12	14	12	28
Temperatura mínima de base (AGOSTO) =10 °C							

SEPTIEMBRE							
Temperaturas	5	6	7	8	9	10	11
Frecuencias	3	4	6	7	17	25	34
	Temperatura mínima de base (SEPTIEMBRE) = 7°C						
OCTUBRE							
Temperaturas	-1	0	1	2	3	4	5
Frecuencias	1	4	4	7	7	12	9
	Temperatura mínima de base (OCTUBRE) = 2 °C						
NOVIEMBRE							
Temperaturas	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
Frecuencias	3	2	4	6	14	34	21
	Temperatura mínima de base (NOVIEMBRE) =-2 °C						
DICIEMBRE							
Temperaturas	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3
Frecuencias	1	1	4	9	11	14	18
	Temperatura mínima de base (DICIEMBRE) = -6 °C						

2.1. Viento

El viento más frecuente e intenso es el cierzo, de dirección NW-SE, impuesto por la topografía del valle del Ebro, aunque en origen puede tener componente oeste, noroeste y norte en función de las configuraciones barométricas que lo provocan. Se debe considerar también, la dirección este y este-sureste que, marcan también direcciones a considerar en la distribución de los invernaderos.

El viento se estudia tanto por su velocidad como por su dirección. Se tienen datos de las velocidades medias diarias y de las velocidades máximas diarias además de las direcciones de estas dos.

2.1.1. Velocidades medias

Las velocidades medias están alrededor de 1m/s; que principalmente se presentan en dirección Oeste y Este-Sureste como se puede observar en la figura 5. En ésta, se representan 8 direcciones, y el porcentaje de veces que se ha repetido esa dirección o direcciones próximas a ésta, respecto al total de días del estudio:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

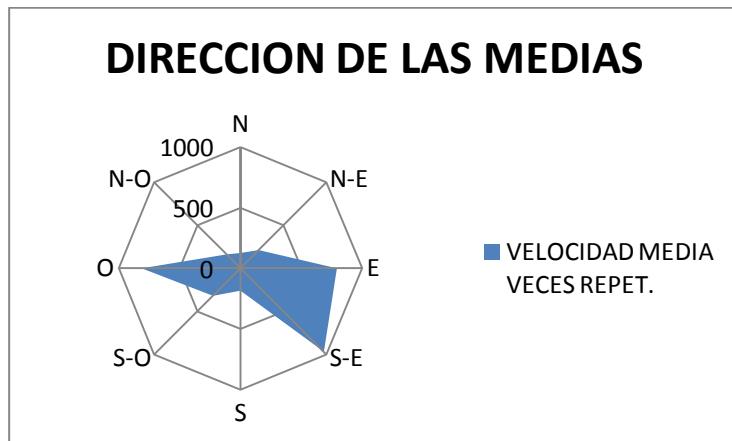


Figura 5. Dirección de los vientos de valor medio en Fraga (Huesca). Período 1999-2013

2.1.1. Velocidades máximas

La velocidad máxima registrada en todos los años de estudio alcanzó 16,5 m/s (5/1/2012), y la media de las velocidades máximas se sitúa alrededor de los 5 m/s, teniendo principalmente dirección oeste y también, aunque en menor medida las direcciones suroeste y este-sureste (figura 6).

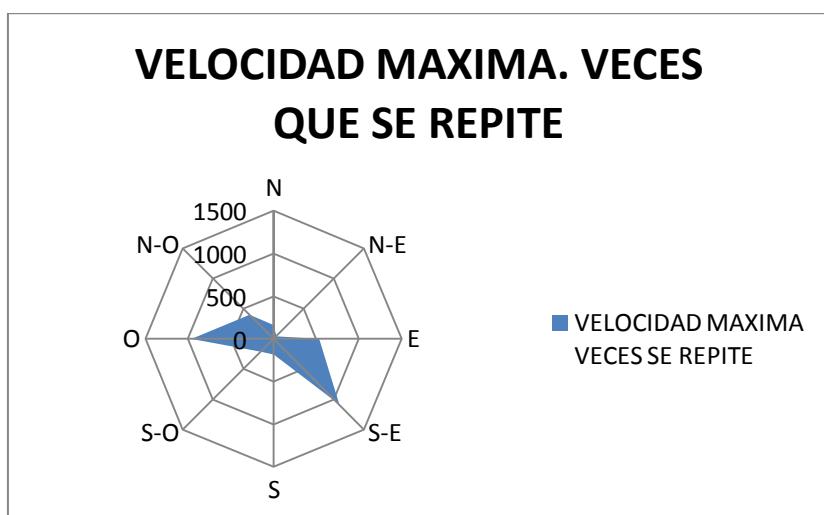


Figura 6. Dirección de los vientos de valor máximo en Fraga. Período 1999-2013

Conocer la dirección predominante del viento nos servirá para buscar la orientación óptima del invernadero aunque también se ve influenciada por la luz y por la parcela a la que nos tenemos que adaptar. Todo esto se analiza en el apartado de orientación del invernadero en el anexo estudio de alternativas.

2.2. Insolación

En este apartado se ve la insolación que recibe la zona en función de las épocas del año. Para ello se mira la radiación solar global media diaria, la radiación neta y las horas de insolación.

2.2.1. Radiación solar global media diaria

La radiación solar se mide como la cantidad de radiación que alcanza un plano horizontal. En la figura 7 se observa que la radiación solar global media diaria alcanza los valores mínimos en los meses más fríos (enero, febrero, noviembre y diciembre), y alcanza los máximos en los meses más cálidos (junio y julio), donde en los años de estudio ha llegado a alcanzar un máximo de 31,3 MJ/m² día, (20/6/2010).

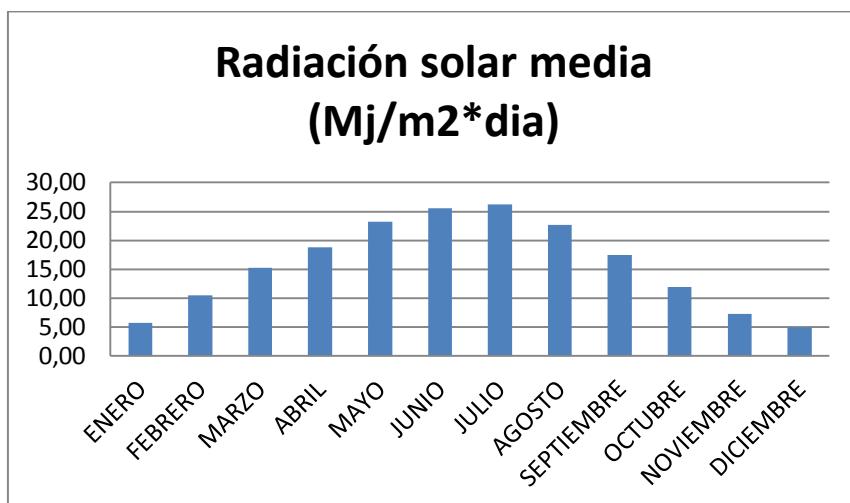


Figura 7. Radiación solar media. Fraga.1999-2013

2.2.2. Radiación neta

La radiación neta, es la diferencia entre la radiación entrante y saliente tanto de longitudes de onda corta y larga. El valor es normalmente positivo durante el día y negativo durante la noche. El valor diario es casi siempre positivo durante 24 horas, excepto en condiciones extremas en las altas latitudes.

En la figura 8 se ve que los valores mínimos se presentan en los meses de enero, noviembre y diciembre. Y los máximos en junio y julio alcanzando un máximo histórico de 17 MJ/m² día (5/7/2010).

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

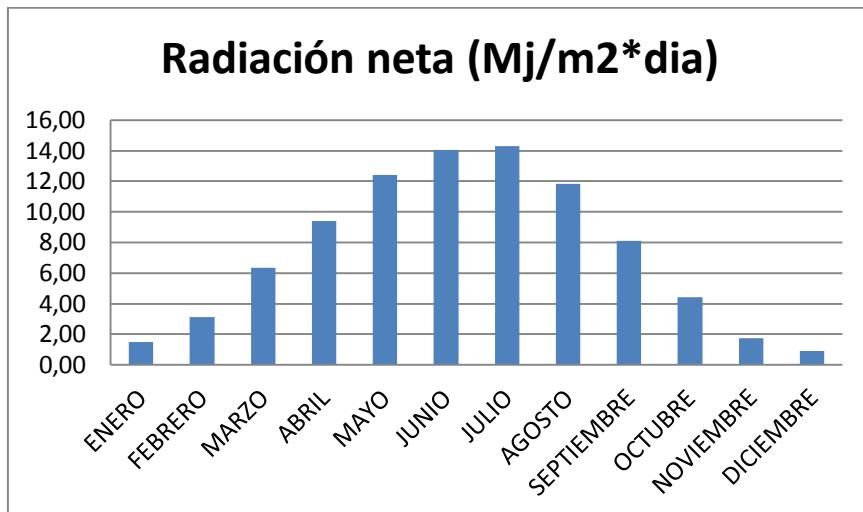


Figura 8. Radiación neta. Fraga. (1999-2013)

2.2.3. Horas de insolación

Las horas de insolación que recibe la zona se representan mes a mes en la figura 9, y alcanzaron un valor máximo de 14 horas de insolación.

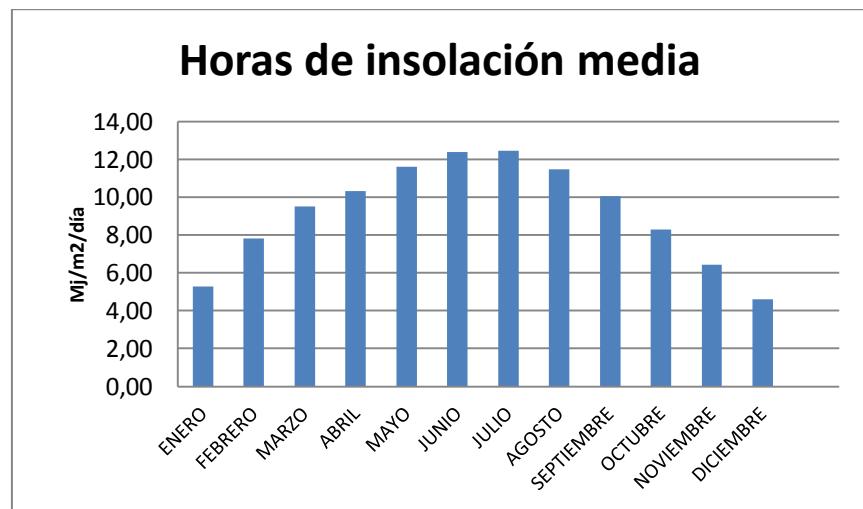


Figura 9. Horas de insolación diaria en Fraga (Huesca). Período 1999 a 2013

La información de la insolación nos servirá para calcular el calor que se acumula en el interior del invernadero, debido a los rayos de sol que penetran en éste y que crean con los plásticos el efecto invernadero.

2.2. Precipitación

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

La comarca del Bajo Cinca se encuentra en una zona de sombra de lluvia, por efecto "foehn" de las masas de aire atlántico que abordan el Pirineo desde el norte. Esto hace que el aire que alcanza la depresión del Ebro sea cálido, tenga escasa humedad relativa y en consecuencia vea muy reducidas las posibilidades de precipitación. Por el contrario, es alta la capacidad evaporante que induce un fuerte estrés veraniego a la vegetación. En verano, las precipitaciones pueden tener fuerte intensidad y corta duración, en compañía de granizo, derivadas de nubes de evolución vertical diurna.

2.2.1. Precipitación media

El valor medio anual de la serie estudiada es de 285,87 mm, las lluvias además de escasas, son irregulares dependiendo de la fuerza con que alcanzan a Fraga las borrascas atlánticas y mediterráneas así como las tormentas estivales, cuyas fuertes lluvias, en pocas horas, pueden incrementar significativamente el total anual. En la figura 10 se observan las dos épocas lluviosas de esta zona que son las estaciones de primavera y otoño, alcanzando el pico primaveral en el mes de abril y el pico de otoño en octubre, alcanzando ambos valores entre 30 y 45 mm/mes. También se puede observar que la época seca es principalmente la estación de verano con su pico en julio rondando valores de 12mm/mes.

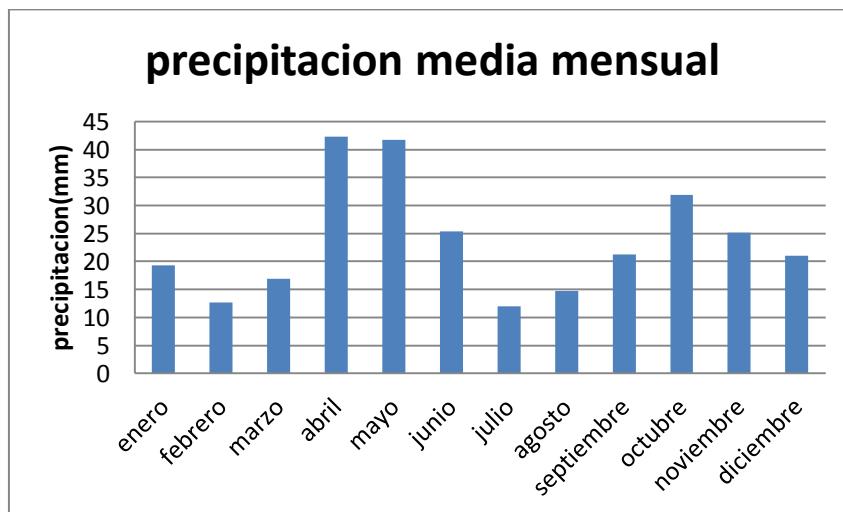


Figura 10.Precipitacion media mensual en Fraga (Huesca). Periodo 1999-2013

2.2.2. Precipitación extrema

A lo largo de los años de estudio climático se ha dado una precipitación máxima diaria de 50,4mm/día (16/11/2009). El valor medio de la máxima precipitación diaria anual obtenida ha sido de 31,2mm/día.

No conocemos la duración exacta de la precipitación, y por tanto su intensidad. Por lo que, para poder realizar el diseño de los sistemas de saneamiento, tendremos que

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

estimar ese dato mediante el periodo de retorno de la precipitación y la intensidad máxima a la que se enfrentará la instalación.

2.3. Humedad relativa

La atmósfera oscense es seca en verano, con una humedad relativa media de un 53% en julio. Este valor alcanza un 81% entre diciembre y enero. La humedad relativa media anual está por encima del 66,2%. Un aspecto directamente relacionado con la humedad atmosférica, e interesante a la hora de analizar las aportaciones de humedad al suelo, son las nieblas típicas del invierno oscense y de la depresión del Ebro. Con periodos de persistentes nieblas en los meses de noviembre, diciembre y enero.

En la figura 11 podemos observar que la época húmeda son los meses de enero, febrero, marzo, abril, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Los meses menos húmedos que son los meses de verano, alcanzando el valor más bajo medio en junio, julio y agosto. El valor mínimo fue de 10,2% el 1 de febrero de 2005.

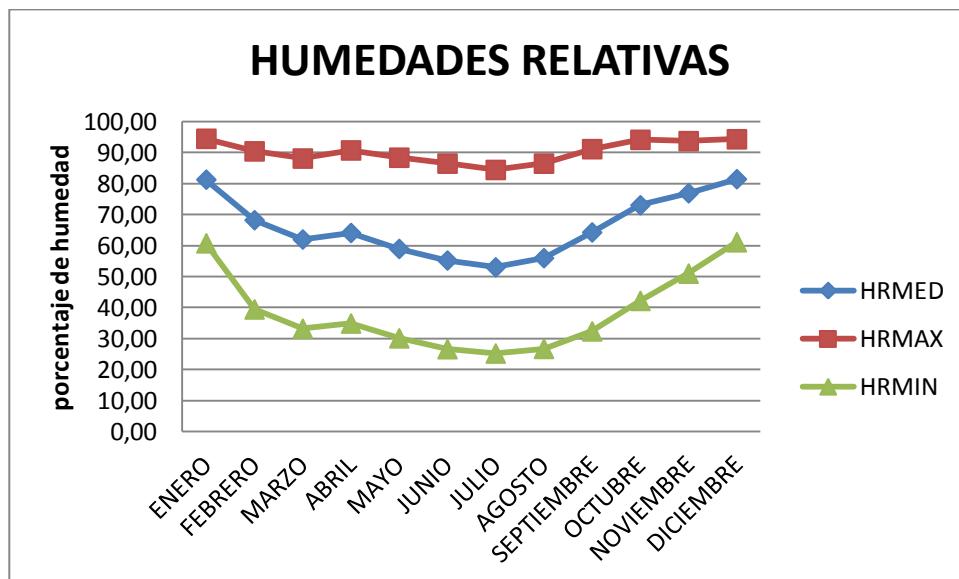


Figura 11.Humedad relativa media, máxima y mínima de Fraga (Huesca).2004-2013

2.4. Evapotranspiración

La evapotranspiración anual en la zona tiene altos valores debidos a la alta temperatura, fuerte viento y baja humedad relativa. Los valores superan claramente a las precipitaciones anuales.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Para el cálculo de la evapotranspiración se multiplica la evapotranspiración de referencia (ET_0) y un coeficiente propio del cultivo (K_c).

La ET_0 es la evapotranspiración de un cultivo hipotético de 12 cm de altura, una resistencia aparente de la cubierta vegetal de 70 s/m y un albedo de 0,23, de porte similar al de una gramínea pratense cubriendo total y uniformemente el suelo, libre de enfermedades y bien provisto de agua y nutrientes (Allen et al., 1998).

Este proyecto se basa en la construcción de dos invernaderos donde las condiciones climáticas estarán controladas y serán distintas del exterior, por lo que el uso de la evapotranspiración de referencia obtenida de los datos de la estación meteorológica no se adecuará a la situación de estudio. Por esto se deberá de calcular una evapotranspiración de referencia que se asemeje más a la que se da en el interior de un invernadero.

Así pues se opta por utilizar el método de Hargreaves para cálculo de la ET_0 , ya que éste se basa en la temperatura, que es un parámetro controlado en el invernadero, y de la radiación. Se emplea este método pero introduciendo un coeficiente, que afecta sobre la radiación extraterrestre debido a la transmisión de ésta por parte del material de cobertura del invernadero, que no permite el paso de toda la radiación. Se empleará la formula escrita a continuación según el estudio “Evaluación de la ecuación FAO Penman-Monteith para la estimación de la evapotranspiración de referencia en un invernadero de clima mediterráneo” (Fernández M.D. et al., 2008).

$$ET_0 = 0,0023 \cdot Ra \cdot \tau \cdot (T_{max} - T_{min})^{1/2} \cdot (T + 17,8)$$

Donde:

- Ra: es la radiación extraterrestre (media mensual) (mm/día)
- τ : es el coeficiente de la transmisividad del invernadero (0,85)
- T_{max} : temperatura máxima del aire del invernadero (máxima de óptimas, sin superar 30°C).
- T_{min} : temperatura mínima del aire del invernadero (mínima de óptimas)
- T: temperatura media del aire del invernadero (media óptimas)

invernadero 1 tomate, judía verde y lechuga	Meses	T.max (°C)	T.min (°C)	T.med (°C)	Ra(MJ/m ² ·dia)	Eto (mm/mes)
	enero	18	7	12,5	6,33	38,52
	febrero	25	12	18,5	10,04	71,96
	marzo	25	12	18,5	14,71	116,69
	abril	25	12	18,5	18,99	145,76
	mayo	25	12	18,5	22,13	175,56
	junio	25	12	18,5	25,31	194,29
	julio	25	16	20,5	26,26	182,83
	agosto	25	16	20,5	23,40	162,95
	septiembre	25	16	20,5	18,04	121,60
	octubre	25	16	20,5	12,57	87,51
	noviembre	25	16	20,5	7,74	52,19
	diciembre	18	7	12,5	5,41	32,96

Tabla 1. Evapotranspiración de referencia según Hargreaves (ET_0), radiación extraterrestre (Ra) y temperaturas máxima (T_{max}), mínima (T_{min}) y media (T_{med}) previstas dentro del invernadero.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

invernadero 2. pimiento y borraja	Meses	T.max	T.min	T.med	Ra(MJ/m²*día)	Eto (mm/mes)
	enero	22	8	15	6,33	47,04
	febrero	25	8	16,5	10,04	86,09
	marzo	25	15	20	14,71	106,57
	abril	25	15	20	18,99	137,56
	mayo	25	15	20	22,13	160,34
	junio	25	15	20	25,31	183,36
	julio	25	15	20	26,26	190,20
	agosto	25	15	20	23,40	169,52
	septiembre	25	15	20	18,04	130,72
	octubre	25	15	20	12,57	91,04
	noviembre	25	8	16,5	7,74	66,38
	diciembre	22	8	15	5,41	40,25

Tabla 2. Evapotranspiración de referencia según Hargreaves (ET0), radiación extraterrestre (Ra) y temperaturas máxima (Tmáx), mínima (Tmín) y media (Tmed) previstas dentro del invernadero.

ANEJO 7. NECESIDADES DE MANO DE OBRA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. LABORES A REALIZAR.....	2
3. MANO DE OBRA.....	6

1. INTRODUCCION

Se intentará hacer una estimación aproximada de la mano de obra que se necesitará, tanto fija, como en menor medida, eventual.

2. LABORES A REALIZAR

Las principales labores a realizar serán las que se deriven del trabajo diario en la explotación:

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

Para hacerse una idea de las labores, se seguirá el plan de cultivo establecido en el anexo 3 cultivos a implantar.

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
INV. 1	GA 31	1	TOMATE	20	PRIMAVERA	11	JUDIA 12	25	VERDE	22	LECHU-	21
INV. 2	2	BORRAJA	15	16	PIMENTO	11	LAMUYO	C. LARGO	16	BORRAJA 15		28

FASE DE CRECIMIENTO

FASE DE RECOLECCIÓN

MES	1 ^a QUINCENA	2 ^a QUINCENA
Enero	mantenimiento de lechuga, trasplante de borraja	recolección, limpieza y envasado de lechuga, limpieza de restos de cultivo y preparación del cultivo de tomate
Febrero	trasplante de tomate, mantenimiento general, inventario	mantenimiento de tomate, entutorado y podas
Marzo	recolección de borraja, limpieza de restos de cultivo, preparación del cultivo de pimiento y mantenimiento de	trasplante de pimiento, mantenimiento de tomate

tomate		
Abril	mantenimiento de tomate, entutorado y podas de pimiento	comienzo de la recolección de tomate, mantenimiento de pimiento
Mayo	recolección de tomate, mantenimiento de pimiento	recolección de tomate, mantenimiento de pimiento
Junio	comienzo recolección de pimiento y recolección de tomate	recolección de tomate y pimiento
Julio	Fin de recolecciones de tomate, limpieza restos y preparación para el siguiente cultivo, recolección de pimiento.	trasplante y guiado de judía verde, recolección de pimiento
Agosto	mantenimiento de judía verde, recolección de pimiento	recolecciones de pimiento, comienzo recolección de judía verde
Septiembre	recolección de judía verde y de pimiento	recolección de judía verde y de pimiento
Octubre	recolección de judía verde y de pimiento, limpieza de restos de cultivo y preparación para el cultivo de borraja	trasplante de borraja, recolección de judía verde
Noviembre	Últimas recolecciones de judía verde, arranque , mantenimiento de borraja	limpieza de restos de cultivo y preparación para cultivo de lechuga, mantenimiento de borraja
Diciembre	mantenimiento de lechuga y borraja	comienzo recolección de borraja, limpieza de restos de cultivo y preparación para el siguiente ciclo de borraja, mantenimiento de lechuga

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

De todas estas labores, primero se va a estimar el porcentaje de tiempo que necesita cada labor con respecto a las demás. Se considera que si solo hubiera una sola labor ocuparía el 100% del tiempo para realizarla, pero como hay más, ocupan el siguiente porcentaje de tiempo (es una estimación).

Transplante	10%
Acondicionamiento	15%
Recolección	60%
Limpieza restos cultivos	10%
Otras	5%

Estas labores se van a resumir en el cuadro siguiente para que se vea la simultaneidad de las labores, y así poder determinar la mano de obra fija y la eventual que habrá que contratar.

La limpieza de los restos de cultivo se hará al finalizar la recolección de un cultivo y antes de comenzar el siguiente cultivo.

Durante todo el año hay tareas continuas que realizar.

Como la recolección es la tarea que ocupa más tiempo en los trabajos del invernadero, se va a estimar el tiempo que necesita esta tarea, y con este tiempo se determinará los restantes, ya que antes se ha estimado el porcentaje de tiempo que ocupan el resto de las actividades en relación a la recolección.

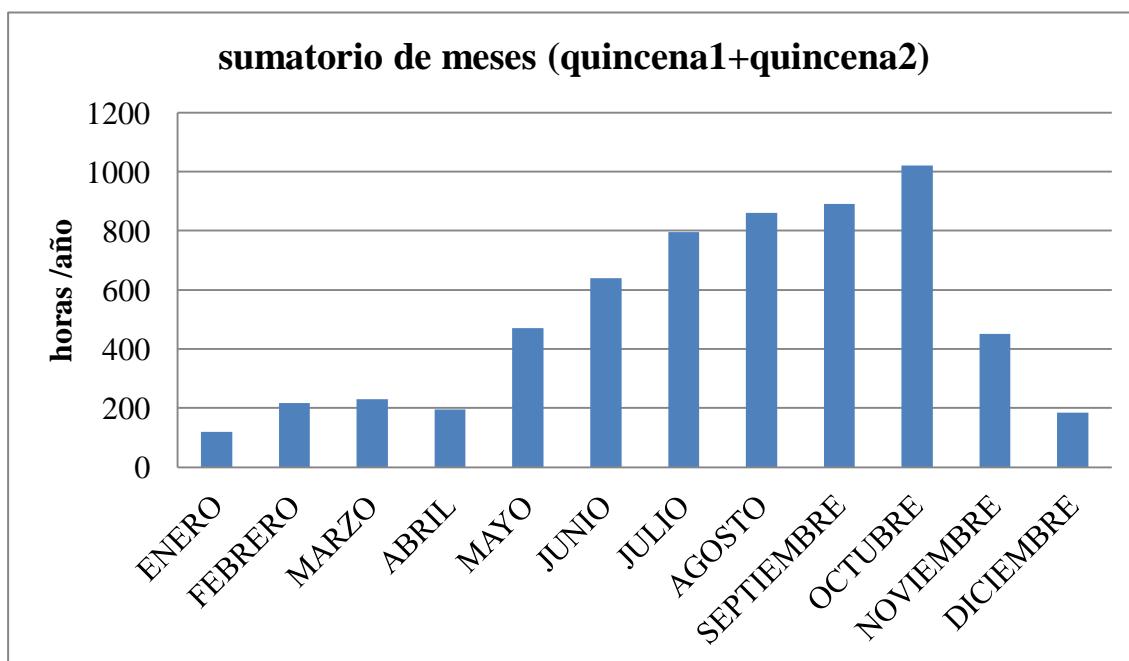
CULTIVOS	kg/h y persona	kg a recolectar	horas de recolección	jornales de recolección
TOMATE	80	72000	900	112,5
PIMIENTO	80	75360	942	117,8
JUDÍA VERDE	15	28800	1920	240
LECHUGA	300	7680	25,6	3,2
BORRAJA	300	53248	178	22,3

Las horas totales de recolección son 3.197,6 h, que corresponde al 60 % del total de horas necesarias.

Entonces ahora se determinan las horas que serán necesarias para el resto de las actividades:

CULTIVO	HORAS DE RECOLECCIÓN	HORAS (100%)	TRASPLANTE (10%)	ACONDICIONAM. (15%)	LIMPIEZA (10%)	OTRAS (5%)
tomate	900	1500	150	225	150	75
pimiento	942	1570	157	235,5	157	78,50
judía verde	1152	1920	192	288	192	96
lechuga	25,60	42,67	4,27	6,40	4,27	2,13
borraja	178	296,67	29,67	44,50	29,67	14,83
TOTAL	3197,60	5329,33	532,93	799,40	532,93	266,47

Ahora se va a estimar el número de trabajadores que serán necesarios para la explotación, para ello se considera que en un mes se trabajan 22 días y la jornada laboral es de 8 horas.



	HORAS/MES	JORNALES/MES	OPERARIOS
ENERO	120	15	1
FEBRERO	216	27	1
MARZO	230	28,75	1
ABRIL	195	24,3	1
MAYO	470	58,7	2
JUNIO	640	80	3
JULIO	795	100	4
AGOSTO	860	107	5
SEPTIEMBRE	890	111	5
OCTUBRE	1020	127,5	6
NOVIEMBRE	450	56,25	2
DICIEMBRE	185	23	1

3. MANO DE OBRA

La plantilla fija consistirá en un director de explotación, que se encargará de las relaciones comerciales y de la planificación técnica del invernadero y un encargado de campo que realizará las labores planificadas por el director de la explotación.

Se contratarán los peones necesarios para las épocas en que no sea suficiente el trabajo del encargado de campo.

Considerando que el montante de horas necesarias para conseguir llevar a cabo con éxito las labores en la explotación asciende a 6.071 horas, correspondientes a 759 jornales, y que cada operario es retribuido con 6€ por hora trabajada, sumando a ello además un 35% de retenciones, el coste por las horas trabajadas asciende a un total de 49.175,1€ por campaña.

ANEJO 8. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS.....	2
3. CRITERIO DE SALINIDAD.....	3
4. CRITERIO DE SODICIDAD.....	4
5. CRITERIO DE TOXICIDAD.....	5
6. EFECTOS DIVERSOS.....	6
7. INDICES DE PRIMER GRADO	
7.1. pH.....	6
7.2. Contenido sales.....	6
7.3. Iones.....	7
8. INDICES DE SEGUNDO GRADO	
8.1. SAR (RELACIÓN DE ABSORCIÓN DE SODIO).....	7
8.2. RELACIÓN DE SODIO.....	7
8.3. DUREZA DEL AGUA.....	7
9. CLASIFICACIONES.....	8
10. CONCLUSIONES.....	10

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua se define en función de tres criterios: salinidad, sodicidad y toxicidad.

El criterio de salinidad evalúa el riesgo de que el uso del agua ocasione altas concentraciones de sales, con el correspondiente efecto osmótico y disminución de rendimientos de los cultivos.

El criterio de sodicidad analiza el riesgo de que se induzca un elevado porcentaje de sodio intercambiado (PSI), con deterioro de la estructura.

El criterio de toxicidad estudia los problemas que pueden crear determinados iones. En cada caso lo que se valora es el riesgo potencial del uso del agua. Es decir, la mayoría de las aguas consideradas peligrosas tienen un contenido actual de sales que en sí mismo no es demasiado perjudicial; el problema se presenta cuando esas aguas evolucionan en el suelo.

La evapotranspiración disminuye la humedad del suelo pero no elimina sales, de forma que la solución del suelo se hace más salina a medida que el suelo se seca.

Por este procedimiento, si el agua inicialmente tiene una concentración salina aceptable puede alcanzar valores elevados. Además se presentan otros fenómenos: al concentrarse las sales, alguna de ellas puede alcanzar su límite de solubilidad y precipitar, desplazando de la solución del suelo determinados cationes y alterando las propiedades iniciales. Esto suele ocurrir con algunas sales de calcio de baja solubilidad, la que tiene como consecuencia un aumento de la proporción de sodio en el agua del suelo y del PSI del mismo.

Los índices que a continuación vamos a estudiar pretenden evaluar la posibilidad de que el agua de riego evolucionase en el suelo creando alguno de los problemas citados.

2. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

El análisis de agua fue realizado por el personal de la Confederación Hidrográfica del Ebro en la cabecera del Canal de Aragón y Cataluña en el Embalse de Santa Ana, siendo los datos obtenidos extrapolables al agua que llega a nuestra finca ya que no se produce ningún aporte de agua significativo en el trayecto que realiza el agua a lo largo del canal desde su comienzo hasta la altura de nuestra finca.

Parámetro	Valor	Unidad
Conductividad eléctrica a 25°C	246,15	µS/cm
pH	8,18	
Sodio	4,9	mg/l Na
Calcio	25,92	mg/L Ca
Magnesio	7,04	mg/L Mg
Cloro	7,78	mg/L Cl ⁻
Boro	<1	mg/L
Bicarbonatos	101,25	mg/L CO ₃ Ca
Sulfatos	31,45	mg/l SO ₄
Nitratos	1,1	mg/L NO ₃

Tabla 1. Características del agua analizada en el embalse de Santa Ana. Fuente: CHEbro.2012

3. CRITERIO DE SALINIDAD

Un alto contenido de sales disueltas en el suelo disminuye el potencial osmótico y exige a las raíces un esfuerzo adicional para absorber agua, lo que ocasiona una reducción en los rendimientos de los cultivos, los cuales disminuyen casi linealmente con la concentración de sales. Por tanto, los criterios que analizan el riesgo de salinidad se basan en índices que expresan la concentración de sales del agua de riego, y de ellos el más frecuentemente utilizado es la conductividad eléctrica (CE) de dicha agua.

Clasificación de Richards:

En 1954, Richards, del U.S. Salinity laboratory (Riverside, California) estableció la clasificación del agua de riego en función de su CE (tabla 2):

Indice de Salinidad	CE (umhos/cm)	Riesgo de Salinidad
1	100 - 250	Bajo
2	250 - 750	Medio
3	750 - 2250	Alto
4	> 2250	Muy alto

Tabla 2: Tabla de Richards para la clasificación del agua según su salinidad

En nuestro caso tenemos una CE = 246,15 µS/cm = 246,15 umhos/cm que se corresponde con un riesgo bajo de salinidad.

Clasificación del comité de consultores U.C:

En 1972, el Comité de Consultores de la Universidad de California propuso la siguiente clasificación:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Indice de salinidad	CE (mmhos/cm)	Riesgo de salinidad
1	<0,75	Bajo
2	0,75-1,5	Medio
3	1,5-3,0	Alto
4	>3	Muy Alto

Tabla 3. Tabla de U.C. para la clasificación del agua según su salinidad

En nuestro caso será un riesgo bajo de salinidad: CE = 0,246mmhos/cm, que corresponderá a un riesgo bajo de salinidad.

4. CRITERIO DE SODICIDAD

Un alto contenido de sodio en el agua de riego puede inducir elevados valores de PSI en el suelo, con sus efectos consiguientes de pérdida de estructura por dispersión e hinchamiento.

La posibilidad de que un agua ocasione estos problemas se evalúa por medio del índice RAS (Relación de Absorción de Sodio), donde los cationes se expresan en meq/l:

$$SAR = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\frac{1}{2}([\text{Ca}]^{2+} + [\text{Mg}]^{2+})}} = \frac{[0,21]}{\sqrt{\frac{1}{2}(0,646 + 0,289)}} = 0,307$$

En nuestro caso tenemos:

$$\begin{aligned} -\text{Na}^+ &= 4,9 \text{ mg/l} = 0,21 \text{ meq/l} \\ -\text{Ca}^{2+} &= 25,92 \text{ mg/l} = 0,646 \text{ meq/l} \\ -\text{Mg}^{2+} &= 7,04 \text{ mg/l} = 0,289 \text{ meq/l} \end{aligned}$$

Clasificación de Richards:

Esta clasificación se realiza atendiendo a la tabla de Clasificación del agua de riego de la U.S. Salinity laboratory. Con nuestros datos obtenemos un riesgo de sodicidad bajos al interpolar en la tabla los valores de:

Clasificación	Sodicidad	SAR(CE 100μmhos/cm)	SAR (CE 750 μmhos/cm)
S.1	Baja	0-10	0-6
S.2	Media	10-18	6-12
S.3	Alta	18-26	18-26
S.4	Muy alta	>26	>18

Tabla 4. tabla de clasificación de Richards para la sodicidad

$$\text{CE} = 246 \mu\text{mhos/cm}$$

$$\text{RAS} = 0,3$$

El riesgo de sodicidad es bajo (S.1)

5. CRITERIO DE TOXICIDAD

Para evaluar el riesgo de inducir toxicidad de un agua de riego, seguiremos la clasificación de la FAO (Ayers y Westcot, 1976) en cuanto al sodio y cloruros.

En el caso de riego por aspersión sobre el follaje, Na y Cl son muy tóxicos, sobre todo para árboles. Para este caso se recomienda no utilizar agua de más de 3 meq/l de cualquiera de estos dos iones.

Ion	Inexistentes	Crecientes	Graves
Na (meq/l)	<3	3-9	>9
Cl (meq/l)	>4	4-10	>10
B (meq/l)	<0,7	0,7-2	>2

Tabla 5. valores de toxicidad de los iones

Se obtuvieron los siguientes valores para estos iones:

$$\begin{aligned} \text{Na}^+ (\text{meq/l}) &= 0,21 \\ \text{Cl}^- (\text{meq/l}) &= 0,219 \\ \text{Boro (meq/l)} &= 8,32 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

Por lo que estos valores se considera que la proporción en la que se encuentran estos iones es inexistente.

6. EFECTOS DIVERSOS

Este apartado hace referencia a la influencia de los bicarbonatos del agua de riego:

Problemas	Concentración (meq/l)
No	<1,5
Crecientes	1,5-8,5
Graves	>8,5

Tabla 6. Valores de concentración de bicarbonatos

La concentración de bicarbonatos es de 1,68 meq/l, lo que indica que habrá problemas de bicarbonatos.

7. INDICES DE PRIMER GRADO

7.1. pH

El valor del pH de un medio informa del carácter básico o ácido del mismo. La solubilidad de los iones está afectada por el pH de la disolución. El análisis del agua de riego da un valor de pH de 8,18, debido a la presencia de iones bicarbonatos.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Investigaciones y experiencias han venido a corroborar que las soluciones nutritivas han de ajustarse a un pH comprendido entre 5,5 y 6,5. Si se deseara hacer fertirrigación se deberá reducir el pH del agua y para ello habrá que añadir algún ácido.

7.2. Contenido en sales

El contenido de sales se evalúa con la siguiente fórmula:

$$ST = CE \times K$$

Donde:

ST es la concentración total de sales (ppm o mg/l)

CE es la conductividad eléctrica a 25°C ($\mu\text{mhos/cm}$):

246,15 $\mu\text{mhos/cm}$

K es la constante de proporcionalidad (0,64)

$$ST = 246,15 \times 0,64 = 157,53 \text{ mg/l} = 0,157 \text{ g/l}$$

Si la ST < 1 g/l el contenido en sales no es peligroso para riego. Esta agua presenta un contenido en sales de 0,157 g/l por lo que esta agua es, en este aspecto, adecuada para el riego.

7.3. Iones

Límites de concentración de iones a los que puede llegar el agua de riego:

Iones	g/l
Cl ⁻	0,7-0,8
Na ⁺	0,2-0,3
SO ₄ ²⁻	0,3-0,4

Tabla 7. Valores de límites de concentración de iones

$$Cl^- = 0,0078 \text{ g/l} \quad \text{apto}$$

$$Na^+ = 0,0049 \text{ g/l} \quad \text{apto}$$

$$SO_4^{2-} = 0,03145 \text{ g/l} \quad \text{apto}$$

El agua que se va a usar para riego está por debajo de estos límites y, por lo tanto, sirve para tal fin.

8. ÍNDICES DE SEGUNDO GRADO

Comprueban el efecto combinado de dos o más sustancias disueltas en el agua de riego.

8.1. SAR (relación de absorción de sodio)

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$SAR = \frac{[\text{Na}^+]}{\sqrt{\frac{1}{2}([\text{Ca}]^{2+} + [\text{Mg}]^{2+})}} = \frac{[0,21]}{\sqrt{\frac{1}{2}(0,646 + 0,289)}} = 0,307$$

El SAR obtenido es inferior a 10, es decir, el agua no nos dará problemas de sodificación del suelo.

8.2. Relación de sodio (datos en meq/l)

$$\text{SAR} = \frac{[\text{Na}]^+}{[\text{Na}]^+ + [\text{Ca}]^{2+} + [\text{Mg}]^{2+}} = \frac{0,21}{0,21 + 0,646 + 0,289} = 0,183$$

8.3. Dureza de las aguas (datos en mg/l)

$$\text{Dureza} = \frac{([\text{Ca}]^{2+} * 2,5) + ([\text{Mg}]^{2+} * 4,12)}{10} = \frac{(25,92 * 2,5) + (7,04 * 4,12)}{10} = 9,38$$

Tipo de agua	Grados hidotiéméticos franceses
Muy dulce	<7
Dulce	7-14
Medianamente dulce	14-22
Medianamente dura	22-32
Dura	32-54
Muy dura	>54

Tabla 8. Valores de dureza del agua

Dureza = 9,38. Agua dulce

9. CLASIFICACIONES

Normas de Riverside

Disponiendo de los valores de:

SAR= 0,307

CE (25°C)=246,15 µmhos/cm.

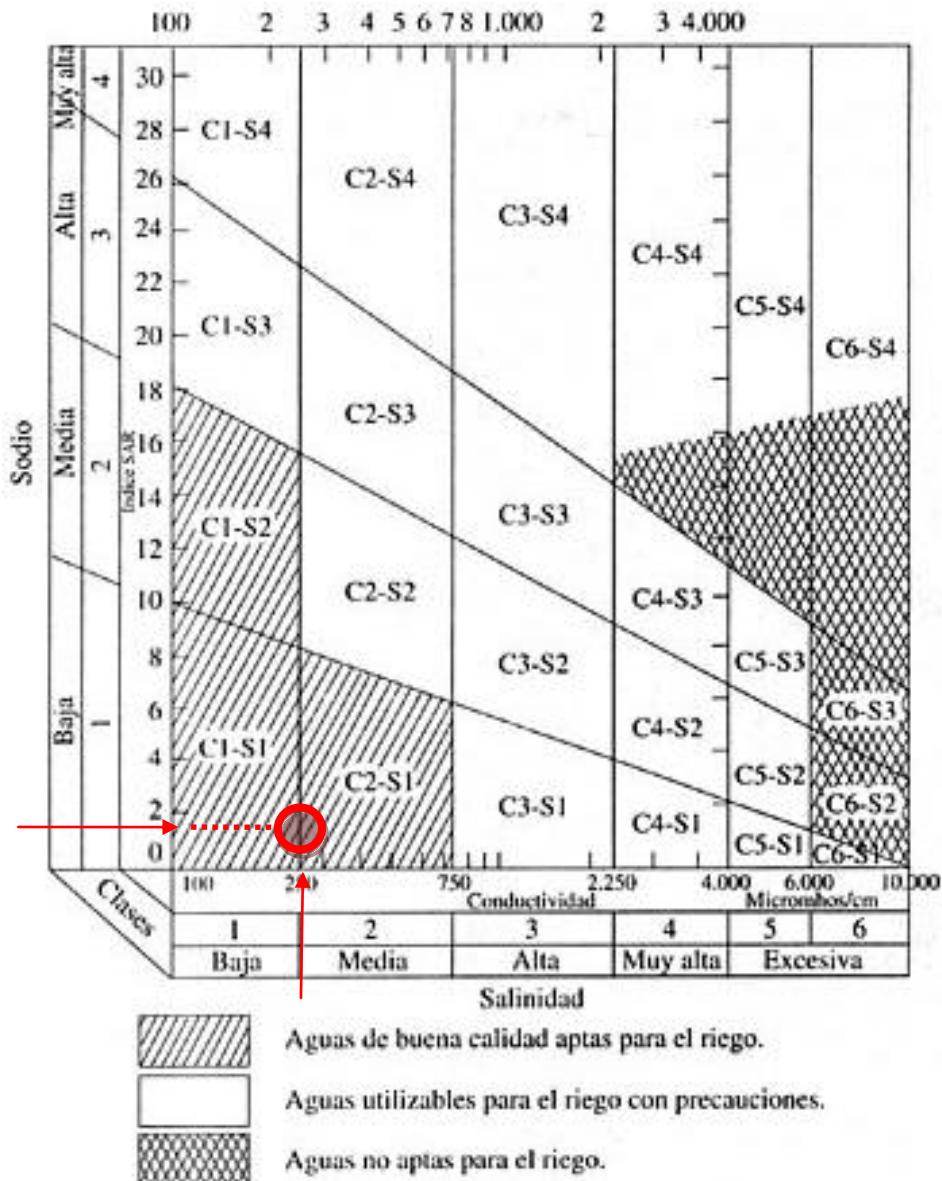
Podemos decir que el agua es un agua utilizable para el agua de riego. Se encuentra situada en el límite entre los sectores C2- S1 .

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

-peligro bajo-medio de salinidad.

Está situado en el sector S1, con lo que se puede afirmar que hay:

- riesgo bajo de sodicidad.

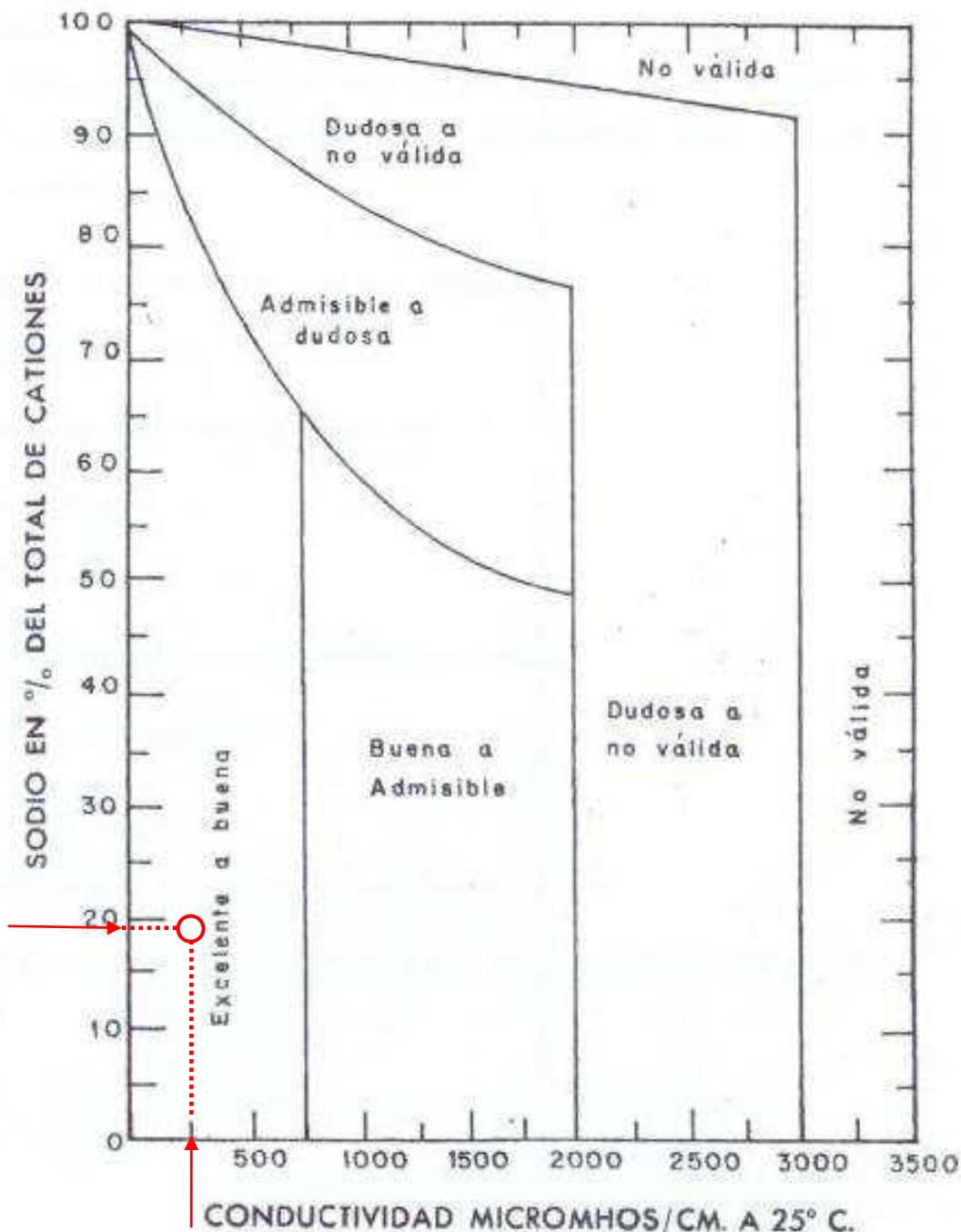


Por estar encuadrada en el sector C2-S1, se puede afirmar que es un agua de buena calidad y apta para el riego.

Normas de L.V. Wilcox

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Según esta metodología el agua puede ser de buena a excelente calidad, ya que el porcentaje de sodio respecto a los otros cationes es del 18,3 % y la CE es de 246,15 $\mu\text{mhos/cm}$ (a 25°C).



10. CONCLUSIONES

El agua que llega a nuestra finca procedente del pantano de Santa Ana, y que se usará para el riego de la explotación es, según el criterio de clasificación de Richards, del U.S. Salinity laboratory, agua con riesgo bajo de salinidad; y, según el criterio del Comité de Consultores de la Universidad de California es también, un agua con un riesgo bajo de salinidad.

Según la clasificación establecida por Richards para criterios de sodicidad, el agua presenta un riesgo bajo de sodicidad.

Para criterios de toxicidad, según lo propuesto por la FAO (Ayers y Westcot, 1976), se establece para sodio, cloro y boro niveles considerados inexistentes para producir toxicidad.

En cuanto a la influencia de los bicarbonatos en el agua de riego, presenta unas concentraciones que podrían comenzar a dar problemas.

El agua presenta un contenido en sales adecuada para el riego.

En cuanto al contenido de sodio, cloruros y sulfatos están por debajo de los límites, por tanto, también se consideran estos niveles aptos para el riego.

Según la relación de absorción de sodio (SAR), se considera un agua no sodificada.

En cuanto a su dureza, está considerada agua dulce.

Según las normas Riverside, es un agua de buena calidad y apta para el riego.

Según las normas Wilcox, se considera agua de buena-excelente calidad.

ANEJO 9. NECESIDADES DE AGUA

INDICE

1. CALCULO DE NECESIDADES DE CADA RIEGO.....	2
2. CONSUMO DE AGUA.....	4
2.1. RIEGO. NECESIDADES DE LOS CULTIVOS.....	4
2.2. ASEOS.....	8

1. CÁLCULO DEL AGUA DE CADA RIEGO

El cálculo de las necesidades de agua va a estar influenciado por los datos de Evapotranspiración potencial y por el coeficiente de los cultivos para sus diferentes estados fenológicos.

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 el siguiente programa de riegos.

1. SUSTRATO: perlita.

1.1.Unidad de cultivo (U.C.)

- A) Dimensiones: 120x22 cm
- B) Marco: $1,5 \times 1,2 = 1,8 \text{ m}^2$
- C) Volumen contenedor unitario: 40 L
- D) Agua útil (24,6% de C) + Agua de reserva (7% de C)= 12,64L

1.2.Hipótesis de trabajo:

- E) Nivel de agotamiento de agua en la UC= 5% x D= 0,632 L
- F) Porcentaje de drenaje =25%
- G) Agua de drenaje = 25% x Nivel de agotamiento = 0,158 L
- H) Agua de cada riego= Nivel de agotamiento + drenaje= 0,79 L

2. INSTALACIÓN DE RIEGO

- I) Caudal nominal de cada gotero= 2,3 L/h
- J) Número de goteros por UC= 3
- K) Caudal unitario= 6,9 L/h

3. PLAN DE RIEGO

- L) Duración de cada riego= $(H/K) \times 60 \text{ min} = 6,7 \text{ min/riego}$
- M) Necesidades netas de agua por $\text{m}^2/\text{día} = ET_{\text{o}} \times K_c = ET_c$
- N) Necesidades de drenaje por $\text{m}^2/\text{día} = 25\% M = 0,2 \times ET_c$
- O) Coeficiente de uniformidad del sistema de riego = 0,95
- P) Necesidades reales por $\text{m}^2/\text{día} = \tilde{N}/O = 1,263 \times ET_c$
- Q) Superficie de cultivo por UC= $1,8 \text{ m}^2$
- R) Agua por día y UC= $P \times Q = 2,274 \times ET_c$
- S) Número de riegos por día = $R/H = 3 \times ET_c$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Para el correcto manejo del riego, primero se van a definir dos términos importantes:

- dotación o ciclo de riego: cantidad de agua que se aporta en un riego y está en función de: sistema de cultivo, estado fenológico, climatología,...
- Frecuencia de riego: es el número de riegos por unidad de tiempo.

Existen dos tipos de manejo de riego:

- Frecuencia constante y dotación variable.
- Frecuencia variable y dotación constante.

Se utilizará la segunda premisa en la que la frecuencia será variable pero la dosis será fija, habiendo determinado esta dotación en el apartado anterior con un resultado de 0.79 L por riego y UC.

El número de riegos por día se repartirá proporcionalmente en tiempo durante las horas de insolación. En el ordenador de riegos el tiempo de riego elegido es (6.6 minutos), el volumen de cada riego (0.79L) y el número de riegos por día con un intervalo horario variable.

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

$$\text{Volumen de drenaje por riego} = V (\text{ UC y riego}) \times N^{\circ}\text{UC} \times 20/100$$

$$\text{Volumen de drenaje por riego} = 0.76\text{L} \times 2.425 \times 20/100 = 383,1 \text{ L.}$$

Se construirán dos pequeños depósitos en el exterior del invernadero que puedan albergar los drenajes procedentes de un riego a través de las canalizaciones de los invernaderos. Tendrán unas dimensiones de 1m x1m x 1m, con un volumen de 1m³ cada uno.

Se colocarán dos sensores formando un circuito. Uno de ellos estará próximo al fondo del depósito y otro a una altura que determine el volumen requerido de drenaje que será:

$$\text{Altura del sensor} = \frac{0,383\text{m}^3}{1\text{m} \times 1\text{m}} = 0.383 \text{ m} = A 38,3\text{cm del fondo del depósito.}$$

Si el riego no ha aportado al volumen de drenaje esperado será porque ha habido un mayor gasto de solución de la prevista en las unidades de cultivo. Por lo tanto el circuito que forman los electrodos quedará abierto (al menos un electrodo quedará al aire). Esta información será recibida por el programador que mandará una nueva señal de riego hasta que el volumen de drenaje sea por lo menos el mínimo requerido.

Una vez el volumen de drenaje es el requerido, el circuito se cierra y el programador procederá a cortar el riego en primer lugar y al posterior bombeo de los drenajes a la balsa.

2. CONSUMOS DE AGUA

En estas instalaciones se emplea agua para diversos usos que podemos dividir en tres actividades diferentes: riego, máquinas y aseos.

Vamos a hacer un cálculo aproximado de las necesidades de cada uno de ellos.

2.1. Riego. Necesidades de los cultivos

Para calcular el consumo de agua de riego emplearemos la evapotranspiración de referencia calculada con el método de Hargreaves en el anexo 6 estudio climático, que nos daba una evapotranspiración como la que se muestra a continuación:

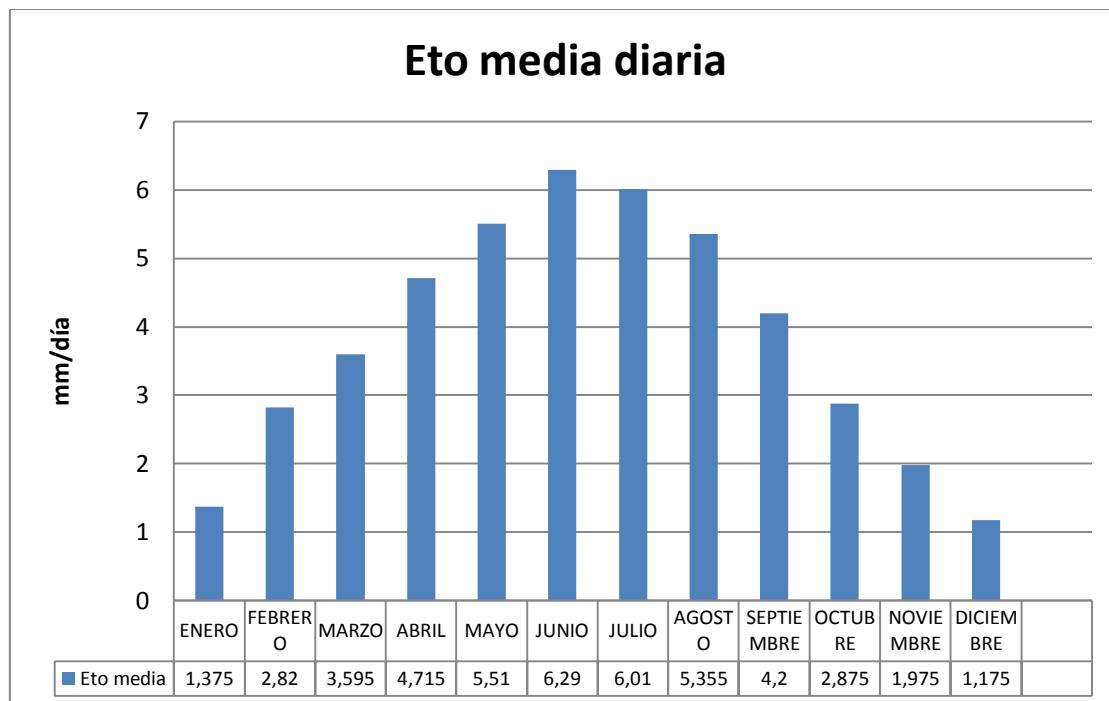


Figura 1. Eto media de ambos invernaderos

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Conocido este valor debemos calcular la evapotranspiración para nuestros cultivos. Para ello deberemos emplear los coeficientes de cultivos que varían según la especie y que podemos ver en la siguiente tabla:

Constantes de cultivos (Kc)

	Kc(inicial)	Kc (media)	Kc (máxima)	Kc (final)
tomate	0,6	0,75	1,2	1
judía verde	0,5	0,8	1,05	0,9
lechuga	0,6	0,75	1	0,95
pimiento	0,6	0,85	1,05	0,9
borraja	0,5	0,75	1	0,9

NECESIDADES HÍDRICAS INVERNADERO 1

Tomate. Invernadero 1. 4800m²

Estado fenológico	Días/mes	Eto (mm/dia)	Kc	Etc (mm/dia)	factor drenaje	Necesidad real (mm/dia)	V(m ³ /dia)	V(m ³ /mes)
febrero(28)	28	2,57	0,6	1,542	1,25	1,927	9,252	259,056
marzo (31)	31	3,76	0,8	3,008	1,25	3,76	18,048	559,488
abril (30)	30	4,85	0,8	3,88	1,25	4,85	23,28	698,4
mayo (31)	31	5,85	1,15	6,727	1,25	8,409	40,365	1251,315
junio(30)	30	6,47	1,2	7,764	1,25	9,705	46,584	1397,52
julio (10)	10	5,89	1,2	7,068	1,25	8,835	42,408	424,08

Judía verde. Invernadero 1.

4800m²

Estado fenológico	Días/mes	Eto (mm/dia)	Kc	Etc (mm/dia)	factor drenaje	Necesidad real (mm/dia)	V(m ³ /dia)	V(m ³ /mes)
julio(31)	31	5,89	0,500	2,945	1,600	4,712	22,618	701,146
agosto(31)	31	5,25	0,800	4,200	1,600	6,720	32,256	999,936
septiembre (30)	30	4,05	0,800	3,240	1,600	5,184	24,883	746,496
octubre(31)	31	2,82	1,050	2,961	1,600	4,738	22,740	704,955
noviembre(30)	30	1,74	1,050	1,827	1,600	2,923	14,031	420,941

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Lechuga. Invernadero 1.

4800m²

Estado fenológico	Días/mes	Eto (mm/dia)	Kc	Etc (mm/dia)	factor drenaje	Necesidad real (mm/dia)	V(m ³ /dia)	V(m ³ /mes)
diciembre(31)	31	1,06	0,7	0,742	1,6	1,187	5,699	176,655
enero (31)	31	1,24	1	1,24	1,6	1,984	9,523	295,219

NECESIDADES HÍDRICAS INVERNADERO 2

Pimiento. Invernadero 2.

4800 m²

Estado fenológico	Días/mes	Eto (mm/dia)	Kc	Etc (mm/dia)	factor drenaje	Necesidad real (mm/dia)	V(m ³ /dia)	V(m ³ /mes)
marzo(31)	15	3,430	0,600	2,058	1,250	2,573	12,348	185,220
abril (30)	30	4,580	0,600	2,748	1,250	3,435	16,488	494,640
mayo(31)	31	5,170	0,800	4,136	1,250	5,170	24,816	769,296
junio(30)	30	6,110	0,900	5,499	1,250	6,874	32,994	989,820
julio (31)	31	6,130	1,000	6,130	1,250	7,663	36,780	1140,180
agosto(31)	31	5,460	1,100	6,006	1,250	7,508	36,036	1117,116
septiembre(30)	30	4,350	1,050	4,568	1,250	5,709	27,405	822,150
octubre(31)	15	2,930	1,050	3,077	1,250	3,846	18,459	276,885

Borraja 1. Invernadero 2.

4800 m²

Estado fenológico	Días/mes	Eto (mm/dia)	Kc	Etc (mm/dia)	factor drenaje	Necesidad real (mm/dia)	V(m ³ /dia)	V(m ³ /mes)
octubre (31)	14	2,930	0,500	1,465	1,250	1,831	8,790	123,060
noviembre (30)	30	2,210	0,750	1,658	1,250	2,072	9,945	298,350
diciembre (31)	28	1,290	1,000	1,290	1,250	1,613	7,740	216,720

Borraja2. Invernadero 2.

4800 m²

Estado fenológico	Días/mes	Eto (mm/dia)	Kc	Etc (mm/dia)	factor drenaje	Necesidad real (mm/dia)	V(m ³ /dia)	V(m ³ /mes)
enero (31)	28	1,510	0,500	0,755	1,250	0,944	4,530	126,840
febrero (28)	28	3,070	0,750	2,303	1,250	2,878	13,815	386,820
marzo (31)	16	3,430	1,000	3,430	1,250	4,288	20,580	329,280

Con este coeficiente de cultivo y apoyándonos en la gráfica con la evapotranspiración de referencia calculada con el método de Hargreaves podemos calcular la evapotranspiración en el interior de nuestro invernadero.

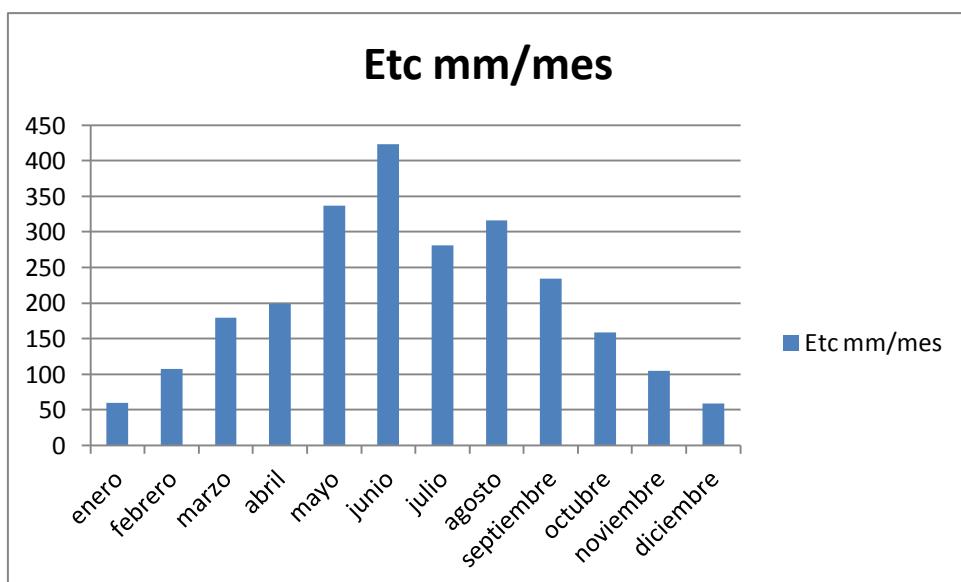


Figura 2. Evapotranspiración mensual del cultivo

Conociendo esta evapotranspiración y la superficie ocupada en cada mes, podemos calcular el consumo de agua para riego, como podemos ver en la siguiente gráfica. Además observamos el pico de necesidad debida al riego que se da en el mes de junio con un consumo punta de 2387 m³.

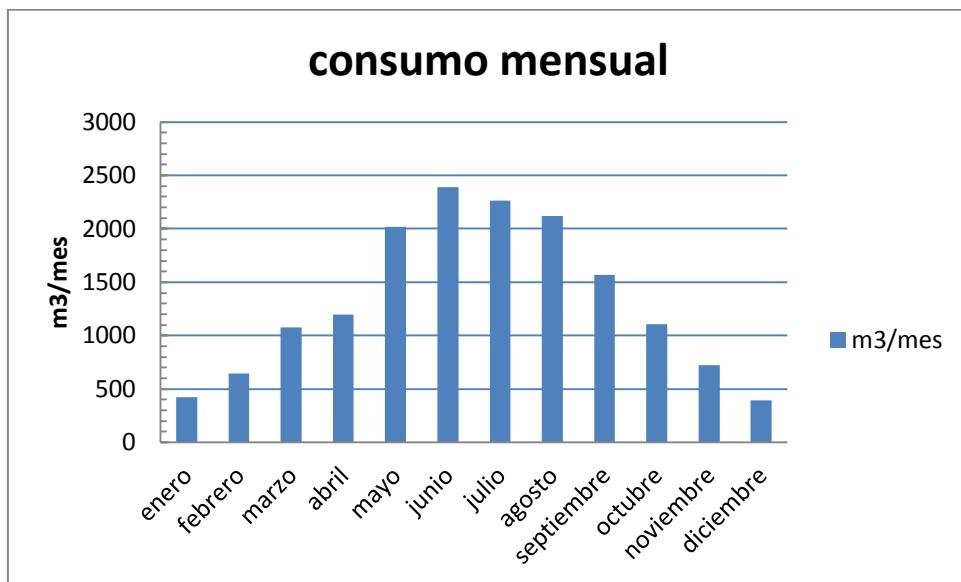


Figura 3. Consumo mensual en la explotación

-Las necesidades de riego estimadas para un año ascienden a **15.911,584 m³/año**.

2.2. Aseos

Para conocer el consumo medio de los servicios se recurre a una encuesta de hogares y medio ambiente realizado por el INE en el año 2008, en el que se toma como consumo medio 160 l/(hab*día), y de este valor se considera para consumo de lavabo y ducha un 35%, y para el inodoro un 30%; además considerando que hay dos trabajadores tendremos un consumo medio total de 208 l/día. En este caso se considera un consumo aproximadamente constante mensualmente ya que se trabajan más o menos los mismos días cada mes, si no entramos al detalle de las festividades, se consideran unos 22 días de trabajo al mes. Con un consumo mensual aproximado de 4.576 litros.

Una vez conocidos los consumos individualmente, podemos ver el consumo total de las instalaciones. Lo podemos ver en el siguiente gráfico, y en este vemos un pico de consumo de agua que se presenta en el mes de junio alcanzando un consumo de 2.390,6 m³, y podemos ver que coincide con el mes en el que se producía el mayor consumo de agua para riego, ya que el riego es el que mayor importancia respecto a las otras actividades en cuanto a la cantidad de agua que consume.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

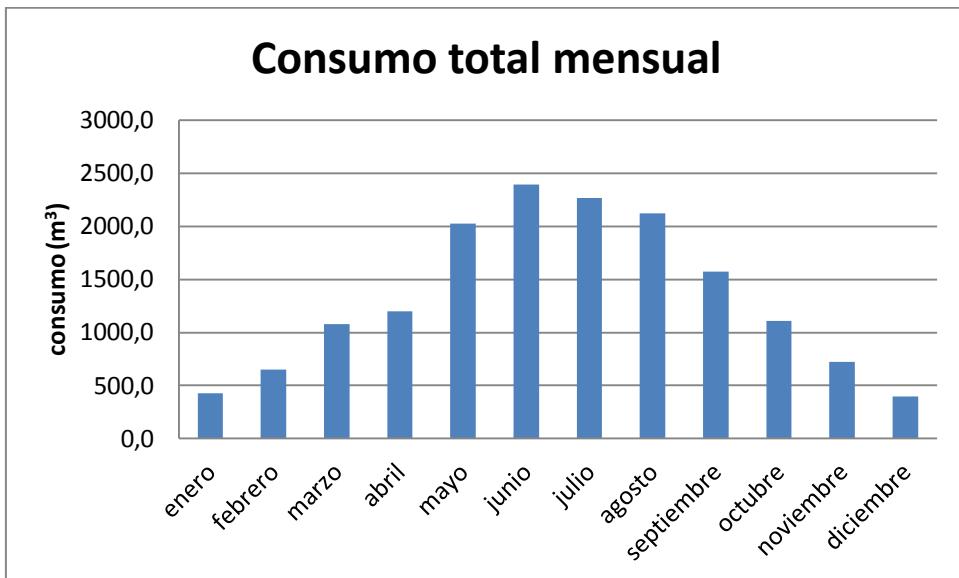


Figura 4. Consumo hídrico mensual: incluyen consumos de cultivos y sanitarios.

ANEJO 10. SOLUCIÓN NUTRITIVA

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. SOLUCIONES NUTRITIVAS TIPO.....	2
3. AJUSTE DEL pH.....	3
4. CALCULO DE LAS DISOLUCIONES PARA LOS CULTIVOS.....	4
 4.1. TOMATE.....	5
 4.2. PIMENTO.....	11
 4.3. JUDIA VERDE.....	13
 4.4. LECHUGA.....	14
 4.5. BORRAJA.....	16
5. NECESIDADES DE FERTILIZANTES	18
6. REINCORPORACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	19
7. ANEXO.....	20

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se van a analizar los pasos a seguir para determinar las soluciones nutritivas que se aplicarán a los distintos cultivos que habrá en las instalaciones.

La secuencia metodológica que se seguirá va a ser la siguiente:

- 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.

2. SOLUCIONES NUTRITIVAS TIPO

Se partirá de unas disoluciones tipo publicadas y empleadas en los invernaderos de el ITG Navarro de la finca experimental Cadreita y los posteriores análisis de la solución de drenaje en comparación con la solución aportada indicarán las correcciones que se deberán realizar a lo largo de los ciclos de cultivo.

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 ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
Tomate¹	12,5	2	1,75	-	5	5	1,8
Pimiento²	13,5	1,5	1,35	-	5,5	4,5	1,5
Judía verde⁴	13,5	1,75	1,65	-	6	3,25	1,75
Lechuga⁵	13	2,5	2,5	0,5	6	5	2,5
Borraja⁶	12,5	2,5	2	0,3	7	5	1,5

¹. García y unrestarazu.1999 ². Escobar.1993 ³. García y unrestarazu.1999 ⁴. García y unrestarazu.1999 ⁵. ITG Agrícola.2008

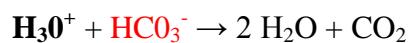
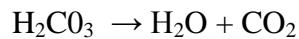
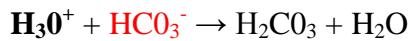
⁶. Elaboración propia.

3. AJUSTE DEL pH

El valor del pH de un medio informa del carácter básico o ácido del mismo. La solubilidad de los iones está afectada por el pH de la solución.

Investigaciones y experiencias continuadas han venido a corroborar que las soluciones nutritivas han de ajustarse a pH comprendido entre los valores de 5.5 y 6.5.

El análisis del agua de riego da un valor de pH de 8,18, debido sobre todo a la presencia de iones bicarbonatos. 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. La reacción de neutralización del ión bicarbonato es la siguiente:



Se observa que los bicarbonatos (en rojo) son neutralizados por los ácidos (en negrita) 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 entre 5.5 y 6.

Se dejarán 0.5 mmol/l de bicarbonato sin neutralizar para evitar quedarse en el punto de inflexión de la curva de neutralización y que cualquier pequeño error en la dosis de ácido pudiera situar el valor del pH de la solución nutritiva en valores de extrema acidez. De esta forma el pH de la solución nutritiva se quedará en 5.8.

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

4. CÁLCULO DE LAS DISOLUCIONES PARA LOS CULTIVOS

4.1. TOMATE

Ya en los años sesenta se definió con carácter práctico tres factores a considerar en la disolución nutritiva en los cultivos sin suelo:

- La concentración de cada ión.
- El pH de la disolución.
- La concentración iónica total.

El primer y tercer punto están en relación estricta con la nutrición mineral clásica y el diagnóstico nutricional. La concentración iónica relaciona la conductividad eléctrica (CE) de la disolución nutritiva con la presión osmótica.

Para explicar la disolución de fertirrigación y su manejo práctico, abordaremos el problema de conseguirla mediante varios pasos que no corresponde necesariamente con el orden cronológico a la hora de su realización, sino con aquellos que más bien se ajustan a la forma de comprender el procedimiento.

En la práctica es frecuente que no se prepare la disolución nutritiva con la misma concentración que se suministra a la planta en el gotero emisor, ya que si realizamos una disolución madre concentrada y la diluimos al aplicarla evitamos tener que realizar frecuentemente la disolución final, con el consiguiente ahorro en mano de obra.

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, y esto depende del número de tanques de los que dispongamos:

- Si empleamos una sola disolución madre, o lo que es lo mismo solo disponemos de un tanque, la disolución madre no puede estar más de 10-20 veces concentrada.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Si usamos dos tanques podemos 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 ponemos en cada tanque, como veremos luego.

Como hemos dicho, 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.

Con relación a la compatibilidad de los fertilizantes el problema más importante a resolver es la tendencia a la precipitación del Ca^{2+} 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, esto se ve en la tabla 9.1.4. que muestra la ubicación de cada fertilizante.

Al menos dos disoluciones madre concentradas. Máximo recomendable:

100-150 (200) veces concentrada



Caso mas complejo

A efectos prácticos para realizar la disolución nutritiva final los pasos a seguir en este apartado serán:

1. Elegir una disolución nutritiva tipo o ideal para cada cultivo. Se ha escogido las que maneja el Instituto Navarro de Tecnología Agraria (ITG), con años de experiencia en el sector. Se puede ver en la tabla 9.1.1. en la fila “Solución ideal” la concentración de cada ión en mmol/l para el cultivo del tomate.

2. Descontar los iones nutritivos presentes en el agua de riego al cómputo final de nutrientes a aportar por los fertilizantes, se puede ver en la fila “agua de riego

de la tabla 9.1.1.”

3. Ajustar las concentraciones de fertilizantes a aportar para obtener las concentraciones de nutrientes deseadas (disolución final), estos datos se sitúan en la fila “aportes previstos” de la tabla 9.1.1.

4. Para facilitar los cálculos se pasa a su expresión en miliequivalentes por litro (meq/l) multiplicando por la valencia del radical correspondiente; los resultados se exponen en la tabla 9.1.2.

5. Se resuelve la tabla 9.1.3. donde se calculan los miliequivalentes por litro que se van a aportar utilizando los fertilizantes que aparecen en la última columna. Entre paréntesis figura la diferencia existente del resultado entre el aplicado y el recomendado, así como el porcentaje que representa dicha diferencia.

6. Se calcula el peso del fertilizante necesario (Pf). Para ello hará falta:

a) El peso equivalente de la sal correspondiente (Pe) que figura en la tabla 7.1. del anexo que se encuentra al final del presente anexo.

b) Los miliequivalentes/litro que son necesarios (ce).

c) La concentración (c) a la que se desea preparar cada una de las disoluciones madre, en esta explotación será 100 veces concentrada.

d) El volumen de disolución concentrada a preparar (V), en nuestro caso los tanques serán de 1000 litros.

Con estos puntos se puede realizar el siguiente cálculo para el segundo componente de la tabla 9.1.4. que es el nitrato amónico, por consiguiente la cantidad de nitrato amónico a pesar será:

$$Pf = ce \times Pe \times V \times c$$

$$Pf = 0,5 \text{ meq/l} \times 80 \text{ mg/meq} \times 1000 \text{ l} \times 100 = 4.000.000 \text{ mg en 1000 l.}$$

Pf = 4 kg serán los que tengamos que pesar como aparece en la tercera columna.

Para facilitar los cálculos en la tabla 7.15. del anexo se pueden leer los factores correspondientes por los que habrá que multiplicar los meq/l de cada sal (columna segunda de la tabla 9.1.4), para obtener la columna tercera de la tabla 9.1.4., es decir su peso en kg.

7. Calcular y distribuir en los diferentes tanques (mínimo dos más uno de ácido) los pesos o volúmenes de cada fertilizante a disolver o añadir; se encuentra en la

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

tabla 9.1.4. Para llevar a cabo la distribución de fertilizantes tan solo hay que tener en cuenta dos cosas:

- a) No podrán estar en el mismo tanque los iones fosfatos y sulfatos con el ión calcio.
- b) La cantidad total de fertilizantes a añadir en uno y otro tanque no puede ser muy dispar.

Con estas dos premisas se adopta la solución que se presenta en la tabla 9.1.4 en la que destaca que la cantidad de nitrato potásico se ha dividido en partes iguales entre los dos tanques, y es simplemente para que no hubiera tanta diferencia de cantidad de fertilizante entre el tanque A y el tanque B.

	ANIONES mmol/l					CATIONES mmol/l						
	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	CO_3H^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	Ph	CE(mS/cm)
Solución ideal	12,5	2	1,75	0,5		0,5	5	5	1	-	5,8	0,246
Agua de riego	0,017	-	0,327	1,66	0,219	-	-	0,648	0,289	0,213	8,18	
aportes previstos	12,48	2	1,423	-1,16	-0,22	0,5	5	4,352	0,711	-0,213		

Tabla 9.1.1. Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal determinada, considerando el agua de riego.

	ANIONES			CATIONES				NO_3^-
	NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	
mmol/l	12,5	2	1,423	0,5	5	4,352	0,711	
valencia	1	1	2	1	1	2	2	
meq/l	12,5	2	2,846	0,5	5	8,704	1,422	

Tabla 9.1.2. Cambio de expresión de mmol/l a meq/l. NO_3^-

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

TOMATE

ANIONES (meq/l)	cationes (meq/l)					TOTAL DE CADA ANION	FERTILIZANTE A USAR
	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
NO ₃ ⁻	0,27					0,27	Ácido nítrico
		0,5				0,5	nitrato amónico
			2,06			2,06	nitrato potásico
				8,7		8,7	nitrato cálcico
					1	1	nitrato de magnesio
						12,53	TOTAL NITRATOS
H ₂ PO ₄ ⁻			2			2	dihidrogenofosfato de potasio
						2	TOTAL FOSFATOS
SO ₄ ²⁻				1,9		1,9	sulfato magnésico
			0,94			0,94	sulfato potásico
						2,84	TOTAL SULFATOS
TOTAL CADA CATION	0,27	0,5	5	8,7	2,9		

Tabla 9.1.3. Aportes reales en meq/l de cada fertilizante

$$\text{SUMATORIO DE CATIONES} = 0,27+0,5+5+8,7+2,9= \quad 17,37 \text{ meq/litro}$$

$$\text{SUMATORIO DE ANIONES} = 12,53+2+2,84= \quad 17,37 \text{ meq/litro}$$

FERTILIZANTE A USAR	meq/litro	peso (kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000 l concentrada 100 veces	Descomposición en tanque		
			Tanque A	Tanque B	Disolución ácida
Ácido nítrico(59%)	0,27	2,1 L			2,1
Nitrato amónico	0,5	4 Kg	4		
Nitrato potásico	2,06	20,8	10,4	10,4	
Nitrato cálcico	8,7	79,17 Kg	102,66		
Nitrato de magnesio	1	12,8 kg	12,8		
Fosfato de potasio	2	27,2 kg		27,2	
Sulfato magnésico	1,9	23,37 kg		23,37	
Sulfato potásico	0,94	8,17		8,17	
		TOTAL	129,86	69,14	2,1

Tabla 9.1.4. Peso de cada fertilizante y su distribución en los distintos tanques

AJUSTE DE MICROELEMENTOS

Para el ajuste de los microelementos se utilizará un complejo de micronutrientes que presente unas concentraciones apropiadas de los seis elementos que en menor medida necesitan las plantas. Se suministrará la misma concentración para todos los cultivos. Las concentraciones de los diferentes elementos son:

- 0.70% de Fe-EDTA (quelatado).
- 0.30% de Mn-EDTA (quelatado).
- 0.60% de Zn-EDTA (quelatado).
- 0.27% de Cu-EDTA (quelatado).
- 0.65% de B en forma de tetraborato sódico.
- 0.20% de Mo en forma de molibdato sódico.

El complejo de nutrientes estará depositado en el tanque A

-Cálculo de la conductividad final

La conductividad eléctrica (CE) de la disolución nutritiva es un factor fundamental para el éxito del cultivo, ya que existen algunas correlaciones entre el aumento de la CE de la disolución nutritiva de fertirriego y el descenso de productividad que produce.

Para estimar el valor de la CE de una disolución de fertirrigación emplearemos la fórmula propuesta por Sonneveld (1997):

$$CE = \sum \text{caciones} / 10$$

donde los cationes vienen expresados en meq/L y la CE en dS/m.

Al aplicar el criterio de Sonneveld la CE es:

$$CE = 17,37 / 10 = 1,73 \text{ dS/m}$$

Nota: El sumatorio de cationes aparece calculado en el pie de la tabla 4.1.3.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

En gran número de trabajos especializados se puede ver unas recomendaciones básicas para dar al cultivo aquellas proporciones de agua y nutrientes que las plantas estén demandando en cada momento. Esta regla es muy útil y ha sido aplicada en agronomía tanto en cultivo sin suelo como en suelos tradicionales. Sin embargo habría que matizar que no siempre la demanda de la planta, coincide con las pretensiones deseadas por el productor.

Pese a que es muy recomendable usar la variación de los equilibrios con relación al estado vegetativo y reproductivo de la planta, es frecuente que se utilice un solo equilibrio para todo el cultivo y se varíe exclusivamente la CE de la disolución a lo largo del mismo, lo cual supone alterar la relación entre el soluto (concentración iónica) y el disolvente (el agua).

4.2. PIMIENTO

	ANIONES mmol/l					CATIONES mmol/l					Ph	CE(mS/cm)
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
solución ideal	13,5	1,5	1,35	0,5		0	5,5	4,5	1,5		5,8	
agua de riego	0,017		0,327	1,66	0,219			0,648	0,289	0,213	8,18	0,246
aportes previstos	13,483	1,5	1,023	-1,16	-0,219	0	5,5	3,852	1,211	-0,213		

Tabla 4.2.1. Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal determinada, considerando el agua de riego.

	ANIONES			CATIONES				
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
mmol/l	13,483	1,5	1,023	0,5	5,5	3,852	1.211	
valencia		1	1	2	1	1	2	2
meq/l	13,483	1,5	2,046	0,5	5,5	7,704	2,422	

Tabla 4.2.2. Cambio de expresión de mmol/L a meq/L.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

ANIONES (meq/l)	CATIONES (meq/l)					TOTAL DE CADA ANION	FERTILIZANTE A USAR
	H+	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
NO ₃ ⁻	0,86					0,86	Ácido nítrico
		0,5				0,5	nitrato amónico
			3,06			3,06	nitrato potásico
				7,7		7,7	nitrato cálcico
					1,36	1,36	Nitrato de magnesio
						13,48	TOTAL NITRATOS
H ₂ PO ₄ ⁻			1,5			1,5	fosfato monopotásico
						1,5	TOTAL FOSFATOS
SO ₄ ²⁻				1,06		1,06	sulfato magnésico
			0,94			0,94	sulfato potásico
						2	TOTAL SULFATOS
TOTAL CADA CATION	0,86	0,5	5,5	7,7	2,42		

Tabla 4.2.3. Aportes reales en meq/l de cada fertilizante

$$\Sigma \text{ cationes} = 16,98 \text{ meq/litro}$$

$$\Sigma \text{ aniones} = 16,98 \text{ meq/litro}$$

Fertilizante a utilizar	Meq/l	Peso (Kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000 l concentrada 100 veces	Descomposición en tanque		
			A	B	Disolución ácida
Ácido nítrico(59%)	0,86	6,7 L			6,7
Nitrato amónico	0,5	4 Kg	4		
Nitrato potásico	3,06	30,9	15,45	15,45	
Nitrato cálcico (1- H ₂ O)	7,7	70,07	70,07		
Nitrato magnésico	1,36	17,4	17,4		
Fosfato potásico	1,5	20,4		20,4	
Sulfato magnésico	1,06	13		13	
Sulfato potásico	0,94	8,17		8,17	
		TOTAL	106,92	57,02	6,7

Tabla 4.2.4. Peso de cada fertilizante y su distribución en los distintos tanques.

Para estimar el valor de la CE de la disolución de fertirrigación emplearemos la fórmula propuesta por Sonneveld (1997):

$$CE = \sum \text{caciones} / 10$$

donde los cationes vienen expresados en meq/L y la CE en dS/m.

Al aplicar el criterio de Sonneveld la CE es:

$$CE = 16,98 / 10 = 1,69 \text{ dS/m}$$

Nota: El sumatorio de cationes aparece calculado en el pie de la tabla 4.2.3.

4.3. JUDÍA VERDE

	ANIONES mmol/l					CATIONES mmol/l						
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Ph	CE(mS/cm)
solución ideal	13,5	1,75	1,65	0,5	0	0	6	3,25	1,75		5,8	
agua de riego	0,017		0,327	1,66	0,219		0	0,648	0,289	0,213	8,18	0,246
aportes previstos	13,483	1,75	1,323	-1,16	-0,219	0	6	2,602	1,461	-0,213		

Tabla 4.3.1. Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal determinada, considerando el agua de riego.

	ANIONES			CATIONES				
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
mmol/l	13,483	1,75	1,323	0	6	2,602	1,461	
valencia	1	1	2	1	1	2	2	
meq/l	13,483	1,75	2,646	0	6	5,204	2,922	

Tabla 4.3.2. Cambio de expresión de mmol/l a meq/l.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

ANIONES (meq/l)	CATIONES (meq/l)					TOTAL DE CADA ANION	FERTILIZANTE A USAR
	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
NO ₃ ⁻	1,73					1,73	Ácido nítrico
		2				2	nitrato amónico
			3,25			3,25	nitrato potásico
				5,2		5,2	nitrato cálcico
					1,3	1,3	Nitrato de magnesio
						13,48	TOTAL NITRATOS
H ₂ PO ₄ ⁻			1,75			1,75	fosfato monopotásico
						1,75	TOTAL FOSFATOS
SO ₄ ²⁻				1,63		1,63	sulfato magnésico
			1			1	sulfato potásico
						2,63	TOTAL SULFATOS
total cada cation	1,73	2	6	5,2	2,93		

Tabla 4.3.3. Aportes reales en meq/l de cada fertilizante.

$$\Sigma \text{ cationes} = 17,86 \text{ meq/litro}$$

$$\Sigma \text{ aniones} = 17,86 \text{ meq/litro}$$

Fertilizante a utilizar	Meq/l	Peso (Kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000 l concentrada 100 veces	Descomposición en tanque		
			A	B	Disolución ácida
Ácido nítrico(59%)	1,73	13,49 L			13,49
Nitrato amónico	2	4	4		
Nitrato potásico	3,25	30,9	15,45	15,45	
Nitrato cálcico (1- H ₂ O)	5,2	47,32	47,32		
Nitrato magnésico	1,3	17,4	17,4		
Fosfato potásico	1,75	23,8		23,8	
Sulfato magnésico	1,63	20		20	
Sulfato potásico	1	8,7		8,7	
		TOTAL	84,17	67,95	13,49

Tabla 4.3.4. Peso de cada fertilizante y su distribución en los distintos tanques

$$CE = \sum \text{ cationes} / 10 = 17,86 / 10 = 1,786 \text{ dS/m}$$

4.4. LECHUGA

	ANIONES mmol/l					CATIONES mmol/l					Ph	CE(mS/cm)
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
solución ideal	13	2,5	2,5	0,5		0,5	6	5	2,5		5,8	
agua de riego	0,017		0,327	1,66	0,219			0,648	0,289	0,213	8,18	0,246
aportes previstos	12,983	2,5	2,173	-1,16	-0,219	0,5	6	4,352	2,211	-0,213		

Tabla 4.4.1. Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal determinada, considerando el agua de riego.

	ANIONES			CATIONES			
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
mmol/l	12,983	2,5	2,173	0,5	6	4,352	2,211
valencia	1	1	2	1	1	2	2
meq/l	12,983	2,5	4,346	0,5	6	8,704	4,422

Tabla 4.4.2. Aportes reales en meq/l de cada fertilizante.

ANIONES (meq/l)	cationes (meq/l)					TOTAL DE CADA ANION	FERTILIZANTE A USAR
	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
NO ₃ ⁻	0,18					0,18	Ácido nítrico
		0,5				0,5	nitrato amónico
			3,5			3,5	nitrato potásico
				8,7		8,7	nitrato cálcico
					0,1	0,1	nitrato de magnesio
						12,98	TOTAL NITRATOS
H ₂ PO ₄ ⁻			2,5			2,5	dihidrogenofosfato de potasio
						2,5	TOTAL FOSFATOS
SO ₄ ²⁻					4,34	4,34	sulfato magnésico
			0			0	sulfato potásico
						4,34	TOTAL SULFATOS
total cada cation	0,18	0,5	6	8,7	4,44		

Tabla 4.4.3. Aportes reales en meq/l de cada fertilizante

$$\Sigma \text{ cationes} = 19,82 \text{ meq/litro}$$

$$\Sigma \text{ aniones} = 19,82 \text{ meq/litro}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Fertilizante a utilizar	Meq/l	Peso (Kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000 l concentrada 100 veces	Descomposición en tanque		
			A	B	Disolución ácida
Ácido nítrico(59%)	0,18	1,4			1,4
Nitrato amónico	0,5	4	4		
Nitrato potásico	3,5	35,35	17,67	17,67	
Nitrato cálcico	8,7	79,17	79,17		
Nitrato magnésico	0,1	1,28	1,28		
Fosfato potásico	2,5	34		34	
Sulfato magnésico	4,34	53,38		53,38	
Sulfato potásico	0		0	0	
TOTAL			102,12	105,5	1,4

Tabla 4.4.4. Peso de cada fertilizante y su distribución en los distintos tanques

$$CE = \sum \text{cationes} / 10 = 1,982 \text{ dS/m}$$

4.5. BORRAJA

	ANIONES mmol/l					CATIONES mmol/l					Ph	CE(mS/cm)
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ H ⁻	Cl ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺		
solución ideal	12,5	2,5	2	0,5		0,3	7	5	1,5		5,8	
agua de riego	0,017		0,327	1,66	0,219			0,648	0,289	0,213	8,18	0,246
aportes previstos	12,483	2,5	1,673	-1,16	-0,219	0,3	7	4,352	1,211	-0,213		

Tabla 4.5.1. Cálculo de los aportes previstos mediante los fertilizantes utilizando la disolución ideal determinada, considerando el agua de riego.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

	ANIONES			CATIONES			
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
mmol/l	12,483	2,5	1,673	0,3	7	4	1,211
valencia	1	1	2	1	1	2	2
meq/l	12,483	2,5	3,346	0,3	7	8	2,422

Tabla 4.5.2. Aportes reales en meq/l de cada fertilizante.

ANIONES (meq/l)	cationes (meq/l)					TOTAL DE CADA ANION	FERTILIZANTE A USAR
	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
NO ₃ ⁻	0,57					0,57	Ácido nítrico
		0,3				0,3	nitrato amónico
			3,2			3,2	nitrato potásico
				8		8	nitrato cálcico
					0,42	0,42	nitrato de magnesio
						12,49	TOTAL NITRATOS
H ₂ PO ₄ ⁻			2,5			2,5	dihidrogenofosfato de potasio
						2,5	TOTAL FOSFATOS
SO ₄ ²⁻				2		2	sulfato magnésico
			1,34			1,34	sulfato potásico
						3,34	TOTAL SULFATOS
total cada cation	0,57	0,3	7,04	8	2,42		

Tabla 4.5.3. Aportes reales en meq/l de cada fertilizante.

sumat cationes: 18,33 meq/l
 sumat aniones: 18,33 meq/l

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Fertilizante a utilizar	Meq/l	Peso (Kg) o litros (ácidos) a utilizar para 1000 l concentrada 100 veces	Descomposición en tanque		
			A	B	Disolución ácida
Ácido nítrico(59%)	0,57	4,44 L			4,44
Nitrato amónico	0,3	3,45	3,45		
Nitrato potásico	3,2	32,32	16,16	16,16	
Nitrato cálcico (1-H ₂ O)	8	72,8	72,8		
Nitrato magnésico	0,42	5,37	5,37		
Fosfato potásico	2,5	34		34	
Sulfato magnésico	2	24,6		24,6	
Sulfato potásico	1,34	11,65		11,65	
TOTAL			97,78	86,41	4,44

Tabla 4.5.4. Peso de cada fertilizante y su distribución en los distintos tanques

Conductividad eléctrica de la disolución:

$$\text{CE} = \sum \text{cationes} / 10 = \text{CE} = 1,833 \text{ dS/m}$$

5. NECESIDADES DE FERTILIZANTES

A continuación, se presenta una tabla resumen con las necesidades de cada cultivo y las necesidades totales en un año:

Tabla 4.6.1. Tabla de consumos de los diferentes abonos para cada cultivo, unidades en Kilogramos.

	KILOGRAMOS DE CADA ABONO POR CULTIVO				
	TOMATE	PIMIENTO	JUDIA VERDE	LECHUGA	BORRAJA
acido nítrico (Litros)	96,39	388,28	482,06	6,61	65,76
nitrato amónico kg	183,60	231,81	142,94	18,87	51,09
nitrato potásico kg	954,72	1790,74	1104,21	166,80	478,66
nitrato de calcio kg	3633,90	4060,76	1690,97	373,57	1078,18
fosfato potásico kg	587,52	1008,38	621,79	6,04	79,53
sulfato de magnesio kg	1248,48	1182,24	850,49	160,43	503,54
sulfato potásico kg	1072,68	753,39	714,70	251,88	364,33
sulfato amónico kg	375	473,48	310,89	-	172,54
Fe-EDTA(quelatado)	2,40	1	2,60	2,60	2,40
Mn-EDTA(quelatado)	1,00	1,10	1,00	0,90	0,90
Zn-EDTA(quelatado)	2,20	2,20	2,20	2,00	2,00
Cu-EDTA(quelatado)	0,90	0,60	1,00	0,40	0,60
B-EDTA(quelatado)	2,20	0,90	2,30	2,30	2,00
Mo-EDTA(quelatado)	0,70	0,40	0,70	0,40	0,50

6. Recirculación de la solución drenada

La solución sobrante procedente de los drenajes se volverá a inyectar al circuito de riego previo análisis de su conductividad eléctrica, nivel de nitratos, pH y la correspondiente desinfección con luz ultravioleta para evitar posibles propagaciones de enfermedades.

A ser posible se procederá a la corrección de los parámetros medidos; en caso de que alguno de los parámetros no se considere adecuado para su reincorporación al circuito de riego se bombeará a la balsa de abastecimiento para diluir la solución y evitar problemas de salinidad o cambios bruscos de pH que puedan afectar al cultivo.

ANEXO

➤ Tabla 7.15

Relación de *kgs* o *litros* (en los ácidos) por metro cúbico de cada fertilizante a incorporar en una disolución madre 100 veces concentrada para que resulte una concentración final de 1 *me* por *litro* de cada ion nutritivo que lo forma (anión y catión)

Fertilizante	kilogramos	Litros
Ácido nítrico (37 %)	17,0	13,80
Ácido nítrico (59 %)	10,7	7,80
Ácido fosfórico (37 %)	26,5	21,20
Ácido fosfórico (75 %)	13,0	8,20
Nitrato potásico	10,1	
Nitrato amónico	8,0	
Nitrato cálcico (4 H ₂ O)	11,8	
Nitrato cálcico (1 H ₂ O)	9,1	
Nitrato magnésico	12,8	
Fosfato monopotásico	13,6	
Fosfato monoamónico	11,5	
Fosfato monocálcico (2 H ₂ O)	11,1	
Sulfato potásico	8,7	
Sulfato magnésico	12,3	
Sulfato amónico	6,6	

➤ Tabla 7.1

Pesos atómicos (Pa), moleculares o iónicos (Pm) para los diferentes iones presentes en las aguas de riego y fertilizantes más frecuentes en agricultura, así como su peso equivalente (Pe) en función de la valencia (V)

Elemento	Pa	Forma iónica	Pm mol	V	Pe e	Formulación de la sal o fertilizante	Nombre	Pm mol	V	Pe e
N	14	NH ₄ ⁺	18	1	18	HNO ₃	Ácido nítrico	63	1	63
		NO ₃ ⁻	62	1	62	NH ₄ NO ₃	Nitrato amónico	80	1	80
						(NH ₄) ₂ SO ₄	Sulfato amónico	132	2	66
						Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	Nitrato cálcico	236	2	118
						Ca(NO ₃) ₂ ·H ₂ O		182	2	91
P	31	H ₂ PO ₄ ²⁻	97	1	97	KNO ₃	Nitrato potásico	101	1	101
						H ₂ PO ₄ ⁻	Ácido fosfórico	98	1	98
						NH ₄ H ₂ PO ₄	Fosfato monoamónico	115	1	115
K	39	K ⁺	39	1	39	KH ₂ PO ₄	Fosfato monopotásico	136		
						KNO ₃	Nitrato potásico	101	1	101
						KH ₂ PO ₄	Fosfato monopotásico	136	1	136
Ca	40	Ca ²⁺	40	2	20	K ₂ SO ₄	Sulfato potásico	174	2	87
		Mg ²⁺	24	2	12	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	Nitrato cálcico	236	2	118
						MgSO ₄ ·7H ₂ O	Sulfato magnésico	246	2	123
S	32	SO ₄ ²⁻	96	2	48	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	Nitrato magnésico	256	2	128
						K ₂ SO ₄	Sulfato potásico	174	2	87
						MgSO ₄ ·7H ₂ O	Sulfato magnésico	246	2	123
Cl	35,5	Cl	35,5	1	35,5	(NH ₄) ₂ SO ₄	Sulfato amónico	132	2	66
		Na ⁺	23	1	23					
		C	12	CO ₃ ²⁻	60					
				HCO ₃ ⁻	61					

* Para el intervalo de pH en el que se debe mover la disolución nutritiva (ver apartado 7.4).

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Tabla 7.5

Solubilidad ($g L^{-1}$) aproximada para algunos fertilizantes comerciales considerando la temperatura de agua de riego y la densidad o peso específico ($g cm^{-3}$) de los mismos, así como la tendencia a modificar el pH al disolverse (TD) y su expresión en equivalente ácido ** (EA)

Fertilizante	Densidad	TD	EA	a 25 °C	a 20 °C	a 0 °C
$Ca(NO_3)_2 \cdot H_2O$	2,504	Neutra	-20 ⁽¹⁾		1220 ⁽²⁾	1212 ⁽³⁾
KNO_3	2,109	Neutra	-23 ⁽¹⁾		316 ⁽²⁾	133 ⁽³⁾
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$		Neutra			279 ⁽²⁾	
NH_4NO_3	1,725	Ácida	62 ⁽¹⁾		1900 ⁽¹⁾ 1182 ⁽¹⁾ 192 ⁽²⁾	183 ⁽³⁾
KH_2PO_4	2,338	Ácida			230 ⁽²⁾	
$NH_4H_2PO_4$	1,803	Ácida	58 ⁽¹⁾	294 ⁽²⁾	220 ⁽¹⁾	
$(NH_4)_2HPO_4$	1,621		70 ⁽¹⁾		690 ⁽⁴⁾ 400 ⁽¹⁾	
KH_2PO_4					230 ⁽¹⁾	
K_2SO_4	2,66	Neutra		120 ⁽³⁾	111 ⁽²⁾	
NH_4SO_4	1,77	Ácida	110 ⁽¹⁾		760 ⁽⁴⁾ 730 ⁽¹⁾	
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	1,68	Neutra			700 ⁽²⁾ 710 ⁽³⁾	
Na_2PO_4						
Urea		Ácida	100 ⁽¹⁾			
			71 ⁽¹⁾		1000 ⁽¹⁾	

a 18 °C, ** El equivalente ácido es la cantidad de carbonato cálcico (expresada en kg) necesarios para neutralizar 100 kg de fertilizante

Fuente: ⁽¹⁾ Fuentes (1992), ⁽²⁾ Martínez y García (1993), ⁽³⁾ California Fertilizer Association (1980),

⁽⁴⁾ Merck (1999)

ANEJO 11. DISEÑO DE LOS INVERNADEROS

INDICE

1.1. Dimensionado del invernadero.....	2
1.2. Cálculo de cargas.....	3
1.2.1. Acciones permanentes	3
1.2.2. Acciones variables.....	3
1.2.2.1. Sobrecargas de uso.....	3
1.2.1.2. Sobrecargas de nieve.....	4
1.2.1.3. Sobrecargas de viento	5
1.3. Estructura del invernadero.....	10
1.4. Ventilación.....	13
1.4.1. Ventanas necesarias y orientación de las mismas.....	14
1.4.2. Tipos de ventanas.	15
1.4.2.1. Ventanas cenitales.....	15
1.4.2.2. Ventanas laterales.....	17
1.4.3. Dimensionado y elección.	17
1.4.4. Pantalla térmica.....	18
1.5. Control climático.....	22
1.6. Diseño e instalación del riego.....	23
1.7. Red de recogida de drenajes.....	34
1.8. Automatización del riego.....	35

1.1. Dimensionado del invernadero

Se van a construir dos invernaderos para el cultivo de hortalizas en su interior para conseguir darles unas condiciones climáticas adecuadas y que tengan un desarrollo óptimo. Para realizar el dimensionado se usarán las fechas establecidas en el anexo 3; pudiendo saber así el espacio y el tiempo que ocupará cada cultivo en el invernadero. Todos estos datos se expresan en el anexo del proceso productivo de los cultivos a implantar.

Primero debemos decidir las dimensiones máximas que se necesita tener en el invernadero. Al no haber limitaciones de espacio, se opta por la colocación de ambos invernaderos de iguales dimensiones, 48 metros de anchura por 100 metros de longitud cada uno.

La distancia entre pilares exteriores es de 2,5 metros por lo que la longitud deberá ser múltiplo de éste. Se decide usar 6 naves o módulos de 8 metros de anchura, haciendo un total de 48 metros; lo que da una superficie total por cada invernadero de 4800 m².

Otro parámetro que se tiene en cuenta en las dimensiones del invernadero es la altura del mismo. Se opta por la construcción del invernadero con una altura de 3m de altura a canalón y 4,7m hasta cumbre, siendo ésta la altura mínima que nos ofrece el fabricante.

1.2. Cálculo de cargas

El invernadero debe de soportar las siguientes cargas calculadas según el CTE DB- SEAE.

Para el caso de mayor carga, que se da en un pórtico central del invernadero, se dan las siguientes cargas:

1.2.1. Acciones permanentes

En las acciones permanentes se tienen en cuenta dos cargas:

- Peso propio de la estructura, que lo tendrá en cuenta el programa con el que se calcula la estructura.
- Peso de la cubierta (PE térmico de larga duración), tiene un peso de 0,186 kg/m².

$$Q = 0,186 \cdot 8 \cdot 2,5 = 3,72 \text{ kg}$$

La carga total debida a acciones permanentes es q=3,72 kg considerada como carga puntual en el centro del pilar al estar equilibrada la carga a ambos lados de éste.

1.2.2. Acciones variables

1.2.2.1. Sobrecargas de uso

La sobrecarga de uso es el peso que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso fundamental en cada zona del mismo, como valores característicos, se adoptarán los de la tabla 3.1. del CTE. Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, etc., como las derivadas de su utilización poco habitual.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso				Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
Categoría de uso		Subcategorías de uso			
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitalares y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 1. Tabla de valores característicos de la sobrecarga de uso del CTE DB AE-SE

Observando esta tabla lo más adecuado para la sobrecarga es el valor de G1 para cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) que tiene un valor de 0,4 KN/m². Ya que solo se transitará la cubierta para el montaje de la estructura y posteriormente para labores de conservación de la cubierta, ya sea para limpieza de canalones o para la sustitución del plástico de cubierta.

$$q_u = 0,4 \cdot 2,5 = 1 \text{ KN/m}.$$

1.2.2.2. Sobrecarga de nieve

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

En estructuras ligeras, sensibles a carga vertical, los valores se obtienen como el valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , y para este valor puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot S_k; \text{ siendo:}$$

- μ el coeficiente de forma de la cubierta

- S_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

Cuando la construcción está protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve puede reducirse en un 20%, y aumentarse con este mismo porcentaje en emplazamientos fuertemente expuestos. En el caso que nos ocupa dejaremos el valor sin modificar por encontrarse en un sitio de características medias en lo referente a la protección del emplazamiento.

Para el cálculo del coeficiente de forma tenemos que tener en cuenta varios parámetros debidos a la posible acumulación de la nieve en ciertos puntos. En este caso el parámetro a tener en cuenta es el de un faldón que limita inferiormente con una limahoya, lo que supone un impedimento al deslizamiento de la nieve. Se distinguen dos casos:

a) si el faldón sucesivo está inclinado en el mismo sentido, como coeficiente de forma del de encima. Se tomará el coeficiente correspondiente a la inclinación del de debajo en una anchura de 2m.

b) si está inclinado en sentido contrario, y la semisuma de las inclinaciones, β , es mayor de 30° , el coeficiente de forma de ambos será de 2,0; en otro caso será

$$\mu = 1 + \beta/30^\circ \text{ en una anchura de } 2\text{m.}$$

El caso que hay que seguir es el b) en el cual haciendo el cálculo de la semisuma tenemos un valor de 45° ya que la inclinación de salida de los arcos es de 45° cada uno, teniendo por tanto un valor de $\mu=2$.

Calculado el valor del coeficiente de forma se pasa a conocer el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal (S_k). Para obtener este valor hay que basarse en el anexo E, concretamente en este mapa que se muestra a continuación para coger la zona en la que se encuentra el proyecto y posteriormente entrando en la tabla con la zona y la altitud, en este caso 118m, obtendremos el valor de S_k .

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”



Figura 5: mapa de zonas climáticas de invierno.

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m^2)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Figura 6: tabla para obtener el valor de S_k .

Empleando el plano se ve que Fraga se encuentra en la zona 2, con este valor entrando en la tabla, junto con la altitud de éste, e interpolando, se obtiene un valor de 0,46 KN/m².

Con estos datos se saca la carga de nieve sobre el pórtico central.

$$qn = \mu \cdot Sk = 2 \cdot 0,46 = 0,92 \text{ KN/m}^2$$

$$qn = 0,92 \cdot 2,5 = 2,3 \text{ KN/m}$$

1.2.2.3. Sobrecarga de viento

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e , puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Donde:

qb: es la presión dinámica del viento.

Ce: el coeficiente de exposición, variable dependiente de la altura del punto considerado y del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

Cp: el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.

Se va a obtener el valor de cada uno de estos parámetros.

-Primero el valor de la presión dinámica del viento, qb. Para ello se emplea el mapa de a continuación (obtenido del CTE DB-AE anexo D), que separa España en 3 zonas diferenciadas A, B y C, teniendo un valor de $0,42 \text{ kN/m}^2$, $0,45 \text{ kN/m}^2$ y $0,52 \text{ kN/m}^2$ respectivamente. Y observando el mapa se ve que el proyecto se ubica en la zona C por lo que $qb=0,52 \text{ KN/m}^2$.

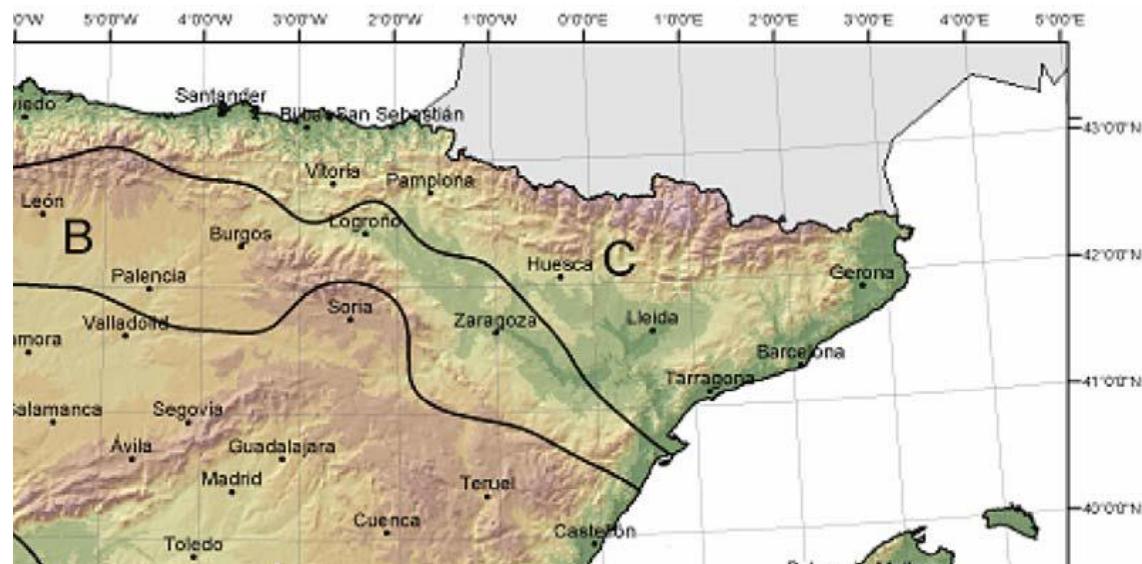


Figura 7: mapa para ver el valor de la presión dinámica del viento.

-El valor del coeficiente de exposición, Ce, y para esto se emplea la tabla 3.3 del CTE DB-AE que se muestra a continuación:

Tabla 3.3 Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Figura 8: mapa para ver el valor de la presión dinámica del viento.

Para obtener el valor C_e se considera grado de aspereza del entorno III, zona rural llana con algunos obstáculos aislados como árboles o construcciones pequeñas, ya que se adecúa a la situación en la cual nos encontramos. Y como altura del punto considerado se toma la cumbre del invernadero, que tiene una altura de 4,7m, e interpolando entre 6 y 3 metros se obtiene un valor para 4,7m de 1,826.

-Se debe conocer el valor de C_p para ello hay que adecuarse a lo que indica el anexo D del CTE DB-AE. Y este invernadero sigue esquema de la tabla D.9 “cubiertas multiples”, que indica que los coeficientes de presión para cada par de faldones se podrán tomar de la tabla relativa a cubiertas a dos aguas, modificándolos de acuerdo con las indicaciones de las figuras a) y b) que se muestran a continuación, y que en el caso de la figura a) (el que se debe seguir en este caso) los coeficientes de presión C_p correspondientes a los módulos extremos se podrán tomar de la tabla relativa a cubiertas a un agua.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

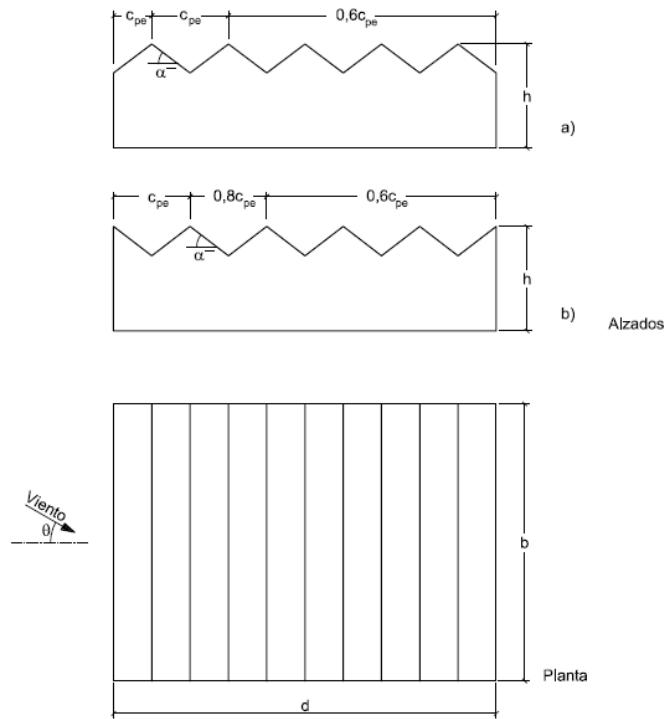


Figura 9: esquema de cubiertas para calcular C_p

Como se indica se deben tomar los valores de una cubierta a dos aguas y en los laterales la de una cubierta a un agua. Debido a que el invernadero tiene techo curvo, se empleará una tabla específica de cubiertas cilíndricas. Al no existir una tabla específica de cubiertas cilíndricas a un agua se tomará el valor que nos de la cubierta a dos aguas para los valores de los módulos extremos. Para conocer el C_p se usa la tabla D.12 “cubiertas cilíndricas”, teniendo el siguiente esquema como se observa.

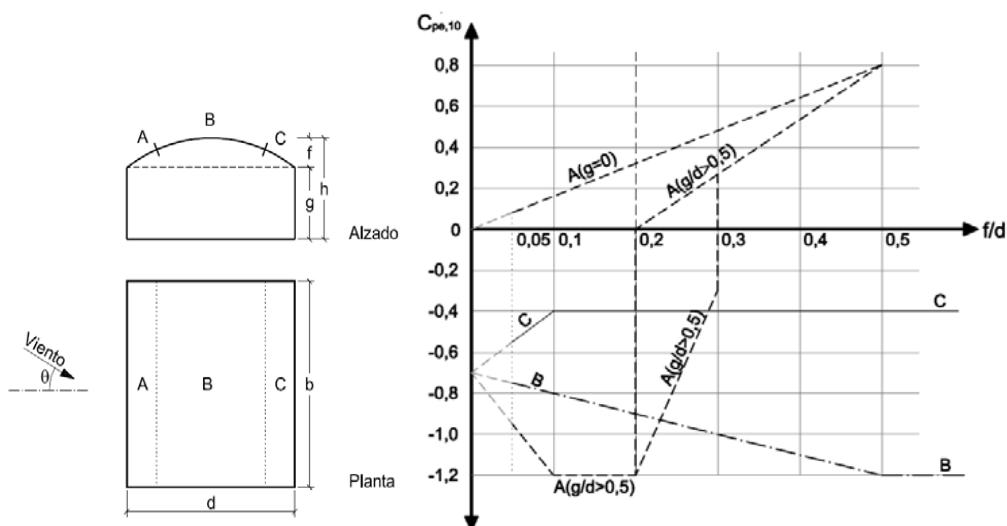


Figura 10: esquema de cubiertas y tabla para calcular C_p

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Se indica que:

-Para $0 < g/d < 0,5$, el coeficiente de presión exterior, $C_{pe,10}$, correspondiente a la superficie A, se obtendrá mediante interpolación lineal.

-Para $0,2 \leq f/d \leq 0,3$ y $g/d \geq 0,5$, se adopta el más desfavorable de los dos posibles valores del coeficiente de presión exterior, $cpe,10$, correspondiente a la zona A.

Se tiene que: $g/d=3/8= 0,375 < 0,5$ (por lo que sigue en el primer caso)

y tenemos que $f/d= 1,7/8= 0,212$

Conociendo todo esto se entra en la gráfica con la curva correcta para cada letra y con el valor de f/d obtenido.

-zona A: $C_{p10}=0,1$ (creamos una curva de valor 0,375 entre la curva de valor $g=0$ y $g/d>0,5$)

-zona B: $C_{p10}=-0,92$

-zona C: $C_{p10}=-0,4$

Conocidos ya todos los valores calculamos las cargas en cada zona:

$$\begin{aligned}\text{-zona A: } q_{e(A)} &= 0,52 \cdot 1,826 \cdot 0,1 = 0,09495 \text{ KN/m}^2 \\ q_{e(A)} &= 0,09495 \cdot 2,5 = 0,2373 \text{ KN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{-zona B: } q_{e(B)} &= 0,52 \cdot 1,826 \cdot (-0,92) = -0,87355 \text{ KN/m}^2 \\ q_{e(B)} &= -0,87355 \cdot 2,5 = -2,1838 \text{ KN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{-zona C: } q_{e(C)} &= 0,52 \cdot 1,826 \cdot (-0,4) = -0,3798 \text{ KN/m}^2 \\ q_{e(C)} &= -0,3798 \cdot 2,5 = -0,94952 \text{ KN/m}\end{aligned}$$

Una vez conocido el valor de carga de viento en cada zona se debe aplicar lo visto en la tabla D.9 por la cual se multiplica el valor de la carga de viento por 0,6 en las zonas que indica, si se considera que viene el viento por el otro lado, tendremos una disposición simétrica, por lo que se aplica el coeficiente de reducción de 0,6 en la parte central del invernadero, solo en las mitades centrales de la tercera y cuarta nave.

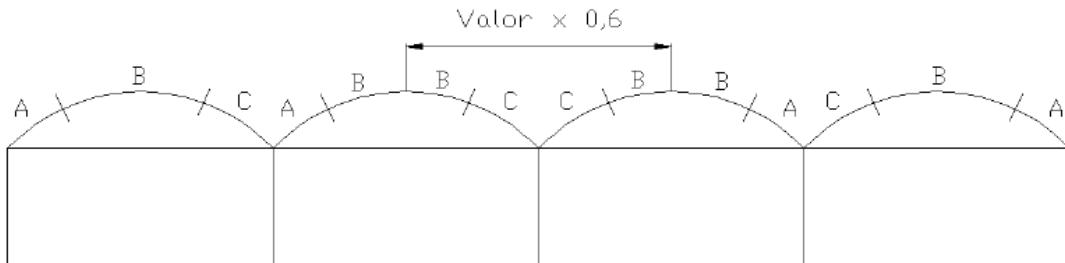


Figura 11: esquema de cubiertas con las zonas y la zona de aplicación del coeficiente 0,6

También se considera en los pilares laterales del pórtico, que cargan láminas de PE de $0,186 \text{ kg/m}^2$, haciendo una sobrecarga de $0,55\text{kg/m}$.

Además tenemos el viento lateral con un valor de carga de:

$$\begin{aligned} qe(D) &= 0,52 \cdot 1,826 \cdot 0,7 = 0,664 \text{ KN/m}^2 & qe(D) &= 0,87 \cdot 0,55 = 0,3655 \text{ KN/m} \\ qe(E) &= 0,52 \cdot 1,826 \cdot (-0,3) = -0,2848 \text{ KN/m}^2 & qe(E) &= (-0,361) \cdot 0,55 = -0,1566 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

Éste es el valor de presión y succión obtenido para el lateral de un pórtico central del invernadero según la dirección del viento al ser una estructura simétrica.

1.3. Estructura del invernadero

Para calcular la estructura se sigue la norma UNE-EN 13031-1/2002, una norma específica sobre la construcción de invernaderos, que se basa para el cálculo en las indicaciones del CTE, es decir, en las acciones anteriormente calculadas.

Para ver la estructura que tendrá el invernadero y que cumplirá con lo anteriormente citado, se va a ver cada una de las partes que posee:

-Pilar:

Para los pilares se emplea tubo rectangular galvanizado de $100 \times 50 \text{ mm}$. Con una altura de 3 metros ubicándose la canal sobre éste. Poseerá un tapón de PVC en el extremo. Los pilares se distribuirán de dos formas:

- Las líneas exteriores, los laterales del invernadero tendrán pilares cada 2.5 metros.
- Las líneas interiores, tendrán pilares a 5 metros.

Estos pilares van unidos a la cimentación formada por zapatas aisladas. Esta distribución se observa en el plano de estructura del invernadero.

-Zapata:

Se anclarán todos los pilares del invernadero en zapatas aisladas idénticas todas ellas, con unas dimensiones de 300x300x600 mm realizadas con hormigón en masa.

-Arco:

Para el arco de cubierta se emplea tubo redondo de Φ 60 mm, que se coloca cada 2.5 metros, uniéndose al pilar mediante una chapa de unión, denominada cabezal.

-Correas:

Se colocarán correas para el anclaje de los materiales de cobertura del invernadero, tanto para la cubierta como para los laterales. En el caso de los laterales hay dos distribuciones distintas:

- Para los laterales se colocarán 4 correas de perfil para placa.
- Para los frontales se pondrán 4 correas de perfil para placa, 3 en las mismas alturas que las laterales y una ubicada a la mitad del frontal con forma semicircular.

Para la cubierta se colocará una correa cenital de tubo redondo de Φ 32 mm situado en la cumbre de las naves sin taqueo cenital. Y en las uniones con el canalón de la cubierta se ubica un perfil para el anclaje de film plástico.

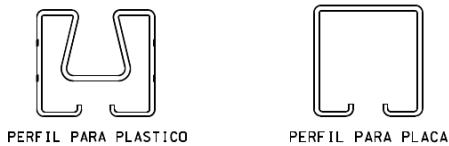


Figura 12: prefabricados para el anclaje de los materiales de cobertura

Para el anclaje de los materiales se empleará para la cubierta de film plástico dos perfiles de PVC que conjugan la facilidad de montaje con una gran resistencia a la intemperie. En el siguiente esquema podemos ver como se ancla el material.

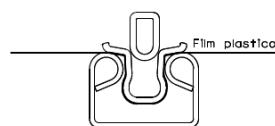


Figura 13: detalle del mecanismo de anclaje del film plastico

Y los laterales de placa de policarbonato, se unen mediante el solape de 2 ondas, y en los extremos el cierre se realiza mediante juntas de sellado en goma espuma. La placa es fijada a la estructura mediante tornillo autorroscante, y arandelas de neopreno que garantizan la estanqueidad. Como podemos observar en el siguiente esquema.

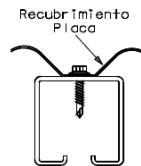


Figura 14: detalle del mecanismo de anclaje de la placa rígida.

-Canalón:

Perfil de 5m, 250 mm. de ancho y 2 mm. de espesor entre unión de naves (y 190 mm. de ancho en canalones laterales) que permite un desagüe eficaz y acceso fácil a la parte superior del invernadero. En ambas aletas presenta orificios cada 33 cm para unión atornillada a perfil para plástico.

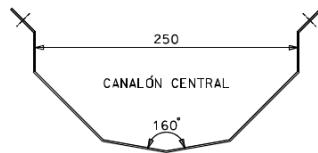


Figura 16: detalle del canalón.

-Cabezal:

Es el elemento estructural que crea la unión entre pilares, arcos, canalones y barras de anclaje del tren. Se presenta estampado en una única pieza de acero galvanizado y en 2,5 mm. de espesor. Tiene la forma que se muestra a continuación.

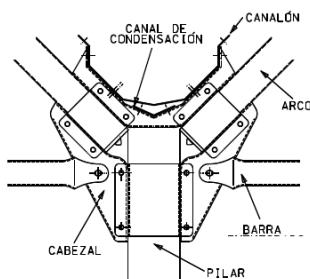


Figura 17: detalle del cabezal.

-Refuerzos frontales:

Formado por 2 pilares cierres fijos que cogen al arco, y reforzado adicionalmente por refuerzos “pilar-arco” y correas “arco-arco” por cada frontal de nave.

-Refuerzos longitudinales:

Se pondrán refuerzos de tipo “cruz de San Andrés” en la línea de pilares interiores colocando una en cada extremo y en la línea de pilares exteriores se colocará otra cruz en cada extremo. Colocando así un total de 10 cruces de san Andrés.

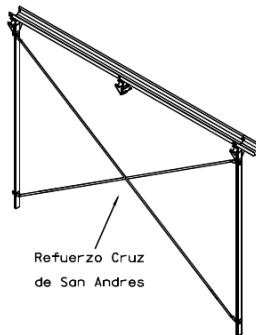


Figura 18: detalle de los refuerzos en pilares interiores.

-Puertas:

Se decide poner una puerta por cada dos naves de invernadero. Teniendo 4 puertas frontales que unas dimensiones de 3 x 3 m en perfil tubular galvanizado, y con recubrimiento de policarbonato. La puerta se compone de 2 hojas independientes de 1,5 metros de anchura, y sistema de corredera mediante guiado superior e inferior.

1.4. Ventilación

La ventilación del invernadero es importante por varios motivos que se nombran a continuación:

- En las épocas cálidas el invernadero alcanza altas temperaturas que pueden llegar a ser perjudiciales para las plantas que están en su interior. Por esto es necesario, en horas de alta insolación, hacer circular el aire del invernadero de forma homogénea, para provocar intercambios suaves entre la temperatura exterior, la interior y la de la planta, y así limitar la subida de temperatura.

-La falta de ventilación afecta negativamente a la composición del aire, reduciendo el CO₂ y aumentando la concentración de oxígeno, debido a la fotosíntesis. La entrada de aire es la fuente de enriquecimiento del CO₂, así un invernadero mal ventilado tendrá un déficit y un mal reparto del CO₂.

-La humedad creada en meses fríos se acumula en la cubierta interior del invernadero, provocando condensación y en consecuencia el goteo sobre el cultivo. Lo que provoca la falta de radiación solar y la aparición de enfermedades criptogámicas.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Por estas razones podemos observar que es imprescindible la renovación del aire del invernadero y por tanto es necesaria la ventilación del mismo.

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. Esta ventilación natural destaca como el método más utilizado, económico y práctico, para garantizar unas condiciones microclimáticas óptimas durante el periodo estival e invernal.

Se ve así que la ventilación es fundamental, tanto en la época estival, en la que se debe de mantener abierta durante toda la noche para bajar la temperatura interior que se ha acumulado a lo largo del día, como en la invernal, para evitar la condensación y la escasez de CO₂, aprovechando la apertura para la renovación del aire en las horas más cálidas del día y así no perder excesivo calor del interior.

Aunque los fundamentos de la ventilación natural están claramente establecidos, todavía no es posible predecir en todos los casos cuál va a ser la tasa de ventilación de un invernadero determinado, ni cuál será el movimiento de aire en su interior. Ello se debe a la dificultad del fenómeno en estudio, en el que influyen un buen número de factores, entre los que pueden destacarse el carácter fluctuante del viento, la resistencia que oponen las ventanas al paso del aire, y el efecto de la geometría del invernadero (pendiente del techo, anchura de las naves, anchura del invernadero, posición y forma de las ventanas, etc.) en las presiones del viento sobre la estructura.

1.4.1. Ventanas necesarias y orientación

En cuanto a la cantidad de ventanas que debe tener un invernadero se ve que la tasa de ventilación aumenta hasta un 25% al aumentar la superficie de ventilación de un 6% a un 15%.

En este caso no hay mallas antiinsectos en las ventanas, con lo que aumentaría la capacidad de ventilación hasta en un 65%.

Con respecto a la orientación de las ventanas se puede decir que en las ventanas orientadas a barlovento se consigue de un 35% a un 60% más de renovaciones que en las orientadas a sotavento, a velocidades de viento de 2 y 7 m/s respectivamente.

Los invernaderos con todas las ventilaciones orientadas hacia el mismo lugar tienen un bajo índice de intercambio de aire (sobre todo los que las tienen orientadas a sotavento) en comparación con ventilaciones a ambos lados. Es beneficioso orientar al menos la primera y la última ventana hacia el exterior aunque pueda formar pequeños remolinos en la última, para aprovechar los cambios de dirección del viento. Esta es la solución que se va a adoptar.

Además para mejorar la ventilación en invernaderos se deberían tener en cuenta las siguientes ideas en la estructura del invernadero:

1. Más altura en la estructura: Los invernaderos más altos consiguen por sí solos reducir algunos grados en el interior de la estructura. Los expertos aseguran que una altura de hasta seis metros es muy beneficiosa, aunque esto se opone a la necesidad de poca superficie de contacto del invernadero con el exterior para reducir las pérdidas caloríficas, por lo que se decide mantener un invernadero de pequeña altura.

2. Colocar ángulos suaves y no muy pronunciados en las cubiertas de los invernaderos mejora la tasa de ventilación en general, lo que se consigue con cubiertas curvas como la proyectada.

3. Colocar ventilaciones cenitales y laterales. Sobre todo en invernaderos pequeños se necesita combinar ventilación cenital y lateral.

4. En invernaderos de más de 20 m de ancho la ventilación no es muy buena solo con ventilación lateral, y se requiere también cenital.

1.4.2. Tipos de ventanas

Hay dos tipos principales de ventanas:

1.4.2.1. Ventanas cenitales

Este tipo de ventanas están situadas en la cubierta del invernadero, y existen distintos modelos según la apertura que presentan:

-Tipo supercénit simple y de mariposa. Ambas están ubicadas en la cumbre de la cubierta, son de pequeño tamaño y son adecuados para climas cálidos y con fuertes concentraciones de humedad. Entre ambos se diferencia en que el supercénit simple se abre hacia un único lado y el mariposa se abre hacia ambos lados teniendo así mayor superficie de ventilación.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”



Figura 19: detalle de ventilaciones cenitales de tipo supercénit y mariposa.

-Tipo medio arco, adecuada a climas templados. En este tipo de ventilación se abre la mitad de la cubierta unos grados, respecto a su eje de giro que se presenta en la cumbre, consiguiendo así una mayor superficie de ventilación que con las anteriores y adecuándose mejor a nuestras condiciones climáticas.

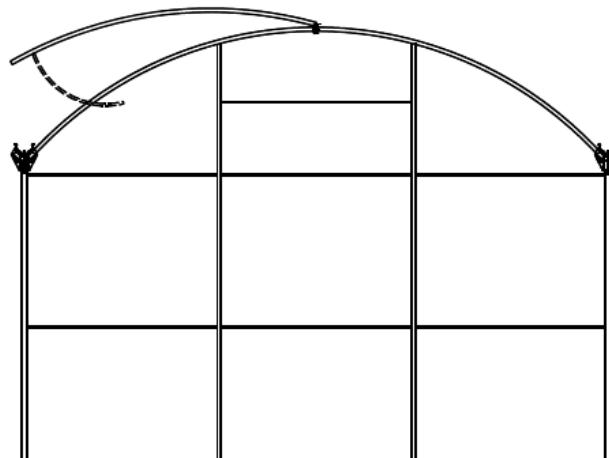


Figura 20: esquema de ventilación de tipo medio arco.

Ambos tipos de ventanas tienen opción de manejo tanto manual como automático, actualmente la mayoría se instalan con manejo de apertura y cierre automática.

Para el accionamiento de la apertura y cierre de este tipo de ventilaciones se emplea un sistema que está formado por un motorreductor de tipo GW30, que transmite

el movimiento mediante acoplamiento de cadena a un eje de transmisión y conjuntos de piñón-cremallera cada 2.5 metros. Los brazos de mando cada 2.5 metros son de tubo rectangular de 60x30 mm, con cremalleras dentadas de 2 mm de espesor curvas, y piñones autolubricantes. Como vemos a continuación.



Figura 21: detalle de la cremallera para apertura de ventilación.

1.4.2.2. Ventanas laterales

Este tipo de ventanas se ubican en los laterales del invernadero y según sea el material de cubierta de éstos, varía el sistema de apertura y cierre, al igual que en el anterior tipo de ventilaciones, se puede abrir de forma manual o automática.

La apertura lateral se realizará con 4 motores, independientes, que permitirán el enrollado de 45 metros de lateral cada uno, enrollándose, independientemente, si la situación lo requiere.

Las ventilaciones laterales presentan un problema que es la entrada de insectos (que pueden atacar a los cultivos y además son vectores de hongos, bacterias y virus) con mayor facilidad que por la cenital, al estar a menor altura, y con una altura próxima o similar a las plantas silvestres que pueden rodear nuestro invernadero.

Si se eliminan las ventilaciones laterales se reduce la ventilación general del invernadero, especialmente en los invernaderos estrechos, en los que es de mayor importancia este tipo de ventilación, ya que en invernaderos más anchos esta ventilación no es muy efectiva.

1.4.3. Dimensionado y elección

Viendo diversos estudios realizados en invernaderos, se conoce que una ventana cenital de una determinada superficie, resulta a efectos de aireación hasta 8 veces más efectiva que otra situada lateralmente de igual superficie, a velocidades de viento comprendidas entre 2-7 m/s.

También se sabe que las ventanas deben ocupar entre un 20 y un 30% de la superficie total cubierta para tener un efecto positivo.

Teniendo en cuenta, cómo se observa en la siguiente gráfica, que con anchuras de invernadero superiores a los 20 m la ventilación empeora mucho, es recomendable emplear ventilación cenital al reducirse la ventilación lateral. Se decide que solo se empleará ventilación cenital de tipo medio arco.

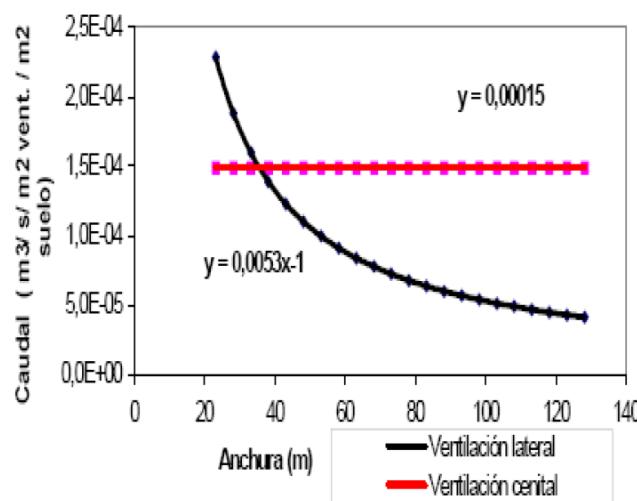


Figura 22: gráfico del caudal que se ventila en función de la anchura en ambos tipos de ventilación.

Volviendo a datos aportados anteriormente que fijaban la superficie de ventanas entre un 22 y un 30 % de la superficie total, se va a calcular la superficie de ventanas que se instalarán y el porcentaje que éstas suponen, para ver que se está en el rango indicado.

-Ventanas cenitales: se pondrán ventilaciones de tipo medio arco, que tendrá una apertura máxima aproximada de 1,7 m y una longitud total de 90 m, abarcando el largo del invernadero.

$$S_{\text{ventanas cenit.}} = 1,7 \text{ m} \cdot 90 \text{ m} \cdot 8 \text{ módulos} = 1.224 \text{ m}^2$$

-ventanas laterales: Instalaremos en ambos lados, y dirigidas cada una con un solo motorreductor, tendrán una abertura máxima de 2 m y una longitud de 90 m.

$$S_{\text{ventanas lat.}} = 2 \text{ m} \cdot 90 \text{ m} \cdot 2 \text{ ud.} = 360 \text{ m}^2$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$\% \text{ventanas} = (\Sigma \text{Superficie ventanas} / \text{Superficie cubierta}) \cdot 100 = (1584 / 6369,6) \cdot 100 = 24,8\%$$

De esta forma se está en el rango recomendado entre 22 y 30 %, por lo que la superficie de ventanas respecto a la superficie que se cubre es adecuada.

1.4.4. Pantalla térmica

La malla térmica, es un entretelado de fibras cuya función es la de controlar la luz, la temperatura y la humedad interior del invernadero. Estas fibras son de aluminio, resistentes a la corrosión, que sirven para reflejar la radiación solar, y de polietileno, resistente a los rayos UV, que impiden escapar el calor irradiado o por convección. Así las pantallas actúan tanto sobre las pérdidas como sobre los aportes solares, y lo que se pretende es emplear una pantalla polivalente.

En el invernadero se instalarán pantallas térmicas móviles que tienen las siguientes características:

- Disminuye la temperatura del invernadero hasta 10°C, en días soleados, donde la temperatura alcanza cotas muy altas. El nivel de reflexión debido al aluminio permite una disminución de la temperatura dentro del invernadero.

- Es importante que las láminas de aluminio estén planas para recibir la radiación solar y reflejar todos los rayos hacia arriba. Estas pantallas se instalarán con sistemas móviles, lo que permite aprovechar la luz cuando se desea.

- Alteración de la humedad por la absorción de la pantalla y su evaporación. En caso de exceso, absorbe la humedad que por efecto de capilaridad se concentraría en la parte superior de la pantalla y por lo tanto se evapora con facilidad, evitándose que la condensación caiga sobre el cultivo.

- Permiten la transmisión de la luz directa del 56% y la transmisión de la luz indirecta de un 52%.

- Ahorro de energía, ya que conserva la almacenada durante el día, evita pérdidas de un 58% y reduce el gasto de combustible. Durante la noche la superficie interior del aluminio reflecta la radiación interior hacia el suelo permitiendo temperaturas más altas.

- Poseen una estructura muy flexible que permite que se pueda doblar muy fácilmente. Lo que permite que se pliegue en un espacio reducido minimizando el sombreo cuando no interesa.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”



Figura 23: pantalla de sombreo plegada y extendida

Para colocar la pantalla térmica y de sombreo en el invernadero y tener su apertura y cierre automatizadas se deben emplear las siguientes piezas:

-Tubo eje:

Tubo redondo de $\Phi 33 \times 3$ mm y de 4 metros de longitud. La unión con las cajas reductoras se realiza mediante unos acoplos, que se encuentran soldados en ambos extremos del tubo.

- Cajas reductoras:

Son cajas engranadas que se utilizan para duplicar el par y disminuir la velocidad a la mitad. Se unen al tubo central 50 x 50 mm mediante placas y unión atornillada, colocándose 2 unidades por cada nave y 3 unidades en la nave en la que se coloca el motorreductor.

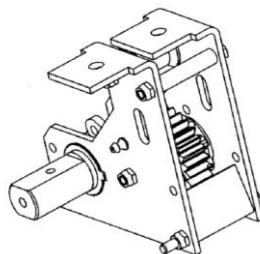


Figura 24: detalle de caja reducтора

-Tubo soporte:

Tubo cuadrado de 50 x 50 mm que se utiliza como soporte de las cajas reductoras y cuyo objetivo es soportar los esfuerzos que produce el sistema en sus recorridos.

Asimismo, también se colocan en ambos frentes del invernadero como soporte de los cables de poliéster que se utilizan para el guiado de la malla en su movimiento.

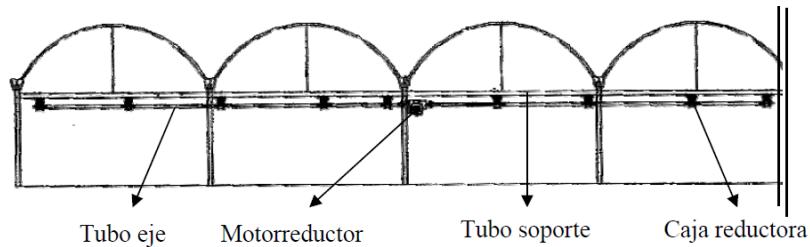


Figura 25: esquema de colocación de los mecanismos

- Cremalleras:

Cremalleras de doble dentado fabricadas en acero galvanizado y de 2 mm de espesor. Son las encargadas de transmitir el movimiento de los tubos proporcionado por las cajas reductoras.

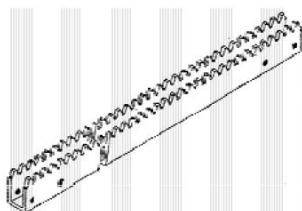


Figura 26: detalle de la cremallera

-Tubos de transmisión y arrastre:

Los tubos de transmisión son de Ø 32mm y se unen a las cremalleras mediante acoplos mecanizados.

Los tubos de arrastre son de Ø 19mm y son los encargados de arrastrar la pantalla en su movimiento de apertura y cierre. La unión entre ambos tubos, se realiza mediante transmisores de aluminio.

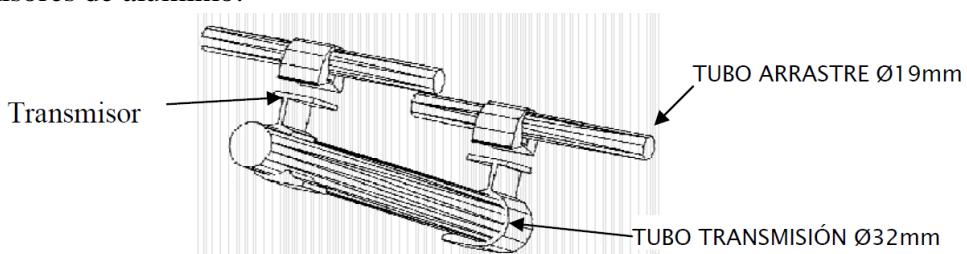


Figura 27: detalle de tubos de transmisión y arrastre

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

-Diábolos:

Son las piezas encargadas de realizar el guiado de los tubos de transmisión de Φ 32mm.

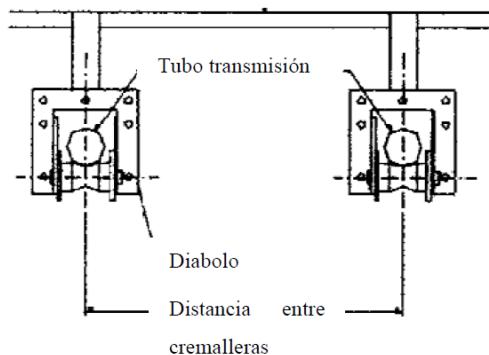


Figura 28: detalle de diábolos.

-Motorreductor:

Motorreductor, cuya velocidad de giro es de 2,6 rpm. La clase de protección es de IP55 y la salida al tubo eje se realiza mediante acoplamientos cadena y piñones.

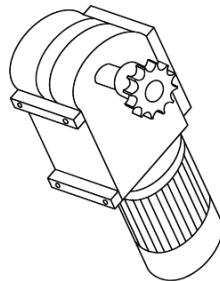


Figura 29: detalle de motorreductor

1.5. Control climático

Para controlar el clima interior del invernadero, se deben manejar diversos mecanismos como son: la calefacción, la ventilación y la pantalla térmica. Todos estos procesos de encendido o apagado, o de apertura y cierre, se dirigen y coordinan desde un autómata. Este autómata va conectado a diversos sensores distribuidos por el interior y el exterior del invernadero, que miden varios valores climáticos que nos interesan para el manejo del mismo. Estos valores son:

- Velocidad del viento:

Se mide mediante un anemómetro. Debemos conocer este valor para saber si se puede abrir o no la ventilación, ya que una velocidad elevada puede dañar el

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

invernadero, si permanece la ventilación abierta, por lo que a grandes velocidades del viento el automata cerrará las ventilaciones y no las abrirá hasta tener una velocidad menor.

-Temperatura interior:

Se medirá con un termómetro y nos sirve para el manejo de la calefacción, ventilaciones y pantalla térmica.

a) En la calefacción, indicando a la caldera el momento en el que debe de actuar, encendiéndose cuando la temperatura baje de la temperatura indicada, que es la temperatura mínima óptima media de los cultivos que haya en el interior del invernadero en esas fechas. Dejando de funcionar la caldera cuando alcance una temperatura idónea, que será la temperatura media óptima de los cultivos que en esas fechas haya en el invernadero.

b) En las ventilaciones, dando la orden de apertura o cierre de las ventilaciones, según sea la temperatura, permitiendo que se abra para disminuir la temperatura o evitar que baje, cuando se esté cerrando.

c) En la pantalla térmica, cerrando esta cuando la temperatura sea baja en la época invernal, para evitar la pérdida de radiación infrarroja, y para reducir la temperatura, reflejando la radiación que llega al invernadero, consiguiendo que no aumente la temperatura.

-Humedad interior, este valor nos sirve para hacer que se abra la ventilación para reducir un alto valor de humedad que puede provocar condensación.

Para la realización de todas estas funciones el invernadero tendrá que tener una conexión eléctrica de 230V y 2 kW.

1.6. Diseño e instalación del riego

El diseño de la red riego de los invernaderos radica en que se pueda regar todo a la vez, simplificando así mucho la manera de trabajar del invernaderista. La red estará compuesta por goteros de 2,3 l/h. Con la presión de trabajo preestablecida, y llegando a cada gotero a la presión necesaria de trabajo el caudal resultante será aproximadamente de 2.36 litros por hora.

En una subunidad de riego se admite una variación máxima de caudal entre los distintos emisores del 10% del caudal medio. Con esta condición, las variaciones admisibles de presión vienen dadas por la fórmula:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$\Delta P = (0,1/x) \cdot P_{\text{nominal}} = (0,1/0,5) \cdot 20 \text{ mca} = 4 \text{ mca}$$

Como se ve esto confirma la Regla de Christiansen que dice que las perdidas máximas de carga en una subunidad de riego han de ser del 20%.

Se ha comprobado que el coste mínimo de la instalación, ocurre cuando el 55% de las pérdidas admisibles en la subunidad se producen en los laterales, mientras que el 45% restante, se producen en las tuberías terciarias. Con esta condición, las pérdidas de carga admisibles en un lateral horizontal, vienen dadas por:

$$\Delta P_{\text{lat}} = 0,55 \cdot \Delta P_{\text{total}} = 0,55 \cdot 4 \text{ m.c.a.} = 2,2 \text{ m.c.a.}$$

$$\Delta P_{\text{ter}} = 0,45 \cdot \Delta P_{\text{total}} = 0,45 \cdot 4 \text{ m.c.a.} = 1,8 \text{ m.c.a.}$$

-Dimensionado del lateral

El invernadero tiene una anchura total de 48 m, a los que hay que descontar 1,5 m por cada lado, pues es la distancia a la pared exterior a la que se sitúan las líneas de cultivo. Con todo esto tenemos una longitud útil de 45m, con lo que nuestro lateral tendrá estas dimensiones.

A su vez nuestro marco de plantación es de 1,5m x 0,4 m (3 plantas por saco de perlita o unidad de cultivo (UC)), para todas las especies menos para la lechuga y borraja que el marco de cultivo es de 1,5 m x 0,4m x 2 filas (6 plantas por UC).

Con esto tenemos un total de emisores por lateral de:

$$45/0,4 = 113 \text{ emisores}$$

El caudal a la entrada del lateral será $Q = n \cdot q$; siendo:

- n= número de emisores
- q= caudal del emisor en l/h

Por tanto: $Q = 113 \text{ emisores} \cdot 2,36 \text{ l/h} \cdot \text{emisor} = 264,3 \text{ l/h}$

Nos encontramos con una tubería con servicio en ruta (distribución uniforme y discreta del caudal). La pérdida de carga en una tubería de este tipo se obtiene a partir de las pérdidas que la misma tubería produciría si el servicio fuera en extremo, sin más que aplicar el factor F de Christiansen (tabla en la última hoja del anexo).

Entrando por la columna de m = 1,75, ya que nuestro material es polietileno y por la fila de 100, ya que nuestro número de emisores es de 113, obtenemos un valor de F de 0,369.

Las tuberías que se instalan son de polietileno, por lo cual se emplea la fórmula de Cruciani para las pérdidas de carga continuas con servicio en extremo (h_{re}).

$$-h_{re} = \frac{0,592 \cdot L \cdot (Q \left(\frac{l}{h} \right))^{1,75}}{D^{4,75}} ; \text{ siendo:}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

L= longitud de la tubería (m).

Q=caudal que circula a la entrada de la tubería (l/h)

D=diámetro de la tubería (mm)

$$-h_{re} = \frac{0,592 \cdot 45 \cdot (264 \frac{l}{h})^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Se ponderan las pérdidas de carga continuas por un factor a (1+20%) para obtener las pérdidas totales (que incluyen las producidas por los elementos singulares de la conducción).

Así las pérdidas de carga en el servicio en ruta ($a \cdot h_r$) se obtienen a partir de las pérdidas con servicio en extremo (h_{re}) de la siguiente forma:

$$a \cdot h_r = a \cdot h_{re} \cdot F \rightarrow a \cdot h_{re} = \frac{a \cdot h_r}{F} = \frac{2,2}{0,369} = 5,96 \text{ m. c. a.}$$

$$h_{re} = \frac{a \cdot h_r}{a} = \frac{5,96 \text{ m. c. a.}}{1,2} = 4,96 \text{ m. c. a.}$$

con este dato se entra en la fórmula de Cruciani y se obtiene el diámetro teórico interno que produce la pérdida de carga máxima admisible:

$$4,96 \text{ m. c. a.} = \frac{0,592 \cdot 45 \text{ m} (264 \frac{l}{h})^{1,75}}{D^{4,75}} \Rightarrow D = 11,11 \text{ mm}$$

Este diámetro es teórico, se elige pues un diámetro comercial; se elige PE32 de baja densidad con un diámetro nominal 16mm y PN=6 atm, y cuyo diámetro interior es de 13mm.

Como el diámetro del tubo es mayor, se producen menos pérdidas de carga. Las pérdidas de carga reales son:

$$h_{re} = \frac{0,592 \cdot 45 \cdot (264)^{1,75}}{13^{4,75}} = 2,35 \text{ m.c.a.}$$

las pérdidas producidas en servicio en ruta son:

$$a \cdot h_r = F \cdot a \cdot h_{re} = 0,369 \cdot 1,2 \cdot 2,35 = 1 \text{ m.c.a.}$$

la presión necesaria al inicio del lateral (P_0 / γ), será:

$$(P_0 / \gamma)_{lr} = (P_0 / \gamma) + a \cdot h_r = 20 + 1 = 21 \text{ m.c.a.}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- (P_0 / γ) = presión mínima necesaria para gotero
- $a \cdot h_r$ = pérdida de carga de servicio en ruta

-Dimensionado de la tubería terciaria

Estas tubería terciarias partirán de la secundaria y alimentará cada una a los laterales de riego de cada invernadero.

La pérdida de presión admisible en la terciaria, será la diferencia entre la tolerancia de la unidad, menos la pérdida de presión en el lateral.

$$\Delta P_{TT} = \Delta P_{UD} - \Delta P_{lat} = 4 \text{ m.c.a.} - 1 \text{ m.c.a.} = 3 \text{ m.c.a.}$$

El caudal en el origen de la terciaria será:

$$Q_{TT} = n_{lat} \cdot Q_{lat}; \quad \text{siendo:}$$

n_{lat} = número de laterales por tubería terciaria. En cada invernadero hay 64 filas de cultivo divididas entre los 96 metros disponibles, descontando 2,5 m en la cabecera con los calefactores y 1,5 m por el otro extremo $100 - (2,5 + 1,5) = 96$, con lo que habrá 64 laterales ($96m / (1,5m/\text{linea})$) , pero en los cultivos de lechuga y borraja, al ser el marco de plantación doble, se instalan dos laterales por fila de cultivo, con lo que cada terciaria abastece 128 laterales.

Q_{lat} = caudal de cada lateral de riego, que en nuestro caso son 264 l/h.

$$Q_{TT} = n_{lat} \cdot Q_{lat} = 126 \quad Q_{TT} = 126 \cdot 264 = 33.792 \text{ l/h}$$

La tubería elegida es de PE y tendrá una longitud de 100 m por lo que emplearemos la fórmula de Cruciani.

Nos encontramos con una tubería con servicio en ruta (distribución uniforme y discreta de caudal). La pérdida de carga en una tubería de este tipo se obtiene a partir de las pérdidas que la misma tubería produciría si el servicio fuera en extremo, sin más que aplicar el factor F de Christiansen.

Entrando por la columna de $m=1,75$, ya que nuestro material es polietileno y por la fila de ∞ , ya que nuestro número de emisores es mayor de 100, obtenemos un valor de F de 0,364.

Las tuberías que se instalan son de PE, por lo cual se emplea la fórmula de Cruciani para las pérdidas de carga continuas con servicio en extremo (h_{re}).

$$h_{re} = \frac{0,592 \cdot L \cdot \left(Q \cdot \frac{1}{h}\right)^{1,75}}{D^{4,75}}; \quad \text{siendo:}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- l= longitud de la tubería (m)
- Q=caudal que circula a la entrada de la tubería (l/h).
- D=diámetro de la tubería (mm)

$$h_{re} = \frac{0,592 \cdot 100 \cdot (33792 \frac{l}{h})^{1,75}}{D^{4,75}}$$

Se ponderan las pérdidas de carga continuas por un factor a (1 + 20%) para obtener las pérdidas totales (que incluyen las producidas por los elementos singulares de la conducción).

Así las pérdidas totales producidas en el servicio en ruta (a x hr) se obtienen a partir de las pérdidas con servicio en extremo (a x h_{re}) de la siguiente forma:

$$a \cdot h_r = a \cdot h_{re} \cdot F \rightarrow a \cdot h_{re} = \frac{a \cdot h_r}{F} = \frac{3}{0,364} = 8,31 \text{ m.c.a.}$$

$$h_{re} = \frac{a \cdot h_r}{a} = \frac{8,31}{1,2} = 6,925 \text{ m.c.a.}$$

con este dato se entra en la fórmula de Cruciani y se obtiene el diámetro teórico interno que produce la pérdida de carga máxima admisible:

$$6,925 \text{ m. c. a.} = \frac{0,592 \cdot 100 \cdot (33792 \frac{l}{h})^{1,75}}{D^{4,75}}; \quad D=72,9 \text{ mm}$$

Este diámetro es teórico, se elige pues un diámetro comercial de PE32 de baja densidad con un diámetro nominal 90mm y PN=4atm que queda con un $\varnothing_{int} = 78,6 \text{ mm}$

Como el diámetro del tubo es mayor, se producen menos pérdidas de carga. Las pérdidas de carga reales son:

$$-h_{re} = \frac{0,592 \cdot 100 \cdot (33792 \frac{l}{h})^{1,75}}{78,6^{4,75}} = 4,94 \text{ m.c.a.}$$

Las pérdidas producidas en servicio en ruta son:

$$- a \cdot h_r = F \cdot a \cdot h_{re} = 0,364 \cdot 1,2 \cdot 4,81 = 2,1 \text{ m.c.a.}$$

la presión necesaria al inicio de la terciaria (P_0 / γ_{TT}) será:

$$(P_0 / \gamma_{TT}) = (P_0 / \gamma_{LR}) + a \cdot h_r = 21 + 2,1 = 23,1 \text{ m.c.a.}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

-Dimensionado de la tubería secundaria

La pérdida de presión admisible en la secundaria, será la diferencia entre tolerancia de las unidades, menos la pérdida de presión en la terciaria y en el lateral.

$$\Delta P_s = \Delta P_{UD} - \Delta P_{TT} - \Delta P_{lat} = 4 \text{ m.c.a.} - 1 \text{ m.c.a.} - 2,1 = 0,9 \text{ m.c.a.}$$

El caudal en el origen de la secundaria será:

$$Q_s = N_{TT} \cdot Q_{TT} = 2 \cdot 33792 \text{ l/h} = 67,584 \text{ l/h}$$

La tubería elegida es de PVC y tiene una longitud de 30 m, por lo que se empleará la fórmula de Veronese:

$$hre = \frac{0,365 \cdot L \cdot Q^{1,8}}{D^{4,8}} = \frac{0,365 \cdot 30m \cdot 67584^{1,8}}{D^{4,8}} = > D = 107,27 \text{ mm}$$

este diámetro es teórico, elegimos un diámetro comercial:

Se elige PVC 125 mm PN= 6 atm con $\emptyset_{int}= 118,8 \text{ mm}$. Como el diámetro escogido es superior, habrá menos pérdidas de carga:

$$hre = \frac{0,365 \cdot L \cdot Q^{1,8}}{D^{4,8}} = \frac{0,365 \cdot 60 \cdot 67584^{1,8}}{118,8^{4,8}} = 1,22 \text{ m.c.a.}$$

la presión necesaria al inicio de la terciaria () será:

$$(P_0 / \gamma)_s = (P_0 / \gamma)_{TT} + (P_0 / \gamma)_{LR} + a \cdot h_{re} = 21 + 2,1 + 1,22 = 24,32 \text{ m.c.a.}$$

-Dimensionado de la bomba de abastecimiento para el riego

Determinación de la tubería de impulsión

Fijaremos la velocidad en 1m/s

Se requiere un caudal máximo de:

$$Q_{total} = 67,584 \text{ l/h} = 18,77 \text{ l/s}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Aplicamos la fórmula de Jain:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 18,77}{\pi \cdot 1}} = 0,15m = 150 \text{ mm}$$

Se elige PVC, 160 mm, PN=6 atm con $\varnothing_{int}= 153,6$ mm.

-Determinación de la altura manométrica de elevación

Altura manométrica de elevación: es la suma de la altura manométrica de aspiración (H_{ma}), que en nuestro caso es cero ya que la bomba está en carga, y la altura manométrica de impulsión (H_{mi}), que en nuestro caso es:

-perdidas de carga en las tuberías + presión de consigna:	24,32 m
-pérdidas de carga piezas especiales (10% de tuberías):	2,43 m
-pérdidas de carga filtro de arena:	1,5 m
-pérdidas de carga filtro de malla:	5 m
-pérdidas de carga contador:	1 m
TOTAL	34,25 m

$$H = H_{ma} + H_{mi} = 0m + 34,25 \text{ m} = 34,25 \text{ m}$$

A continuación se calcula la potencia de la bomba con la siguiente fórmula:

$$N_u = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H}{75} = \frac{0,018 \cdot 1000 \cdot 34,25}{75} = 8,22 \text{ CV}; \text{ donde:}$$

- Q, es el caudal en m^3/s
- γ , es la densidad del agua en kg/m^3
- H, es la altura manométrica de elevación en m.

La potencia del eje de la bomba (N_b) o suministrada por el motor, será:

$$N_b = \frac{N_u}{\rho} = \frac{8,22 \text{ CV}}{0,7} = 11,58 \text{ CV}, \text{ siendo } \rho \text{ el rendimiento.}$$

La potencia mínima recomendable para el motor será:

$$N_m = \frac{N_b}{\rho} = \frac{11,58}{0,7} = 16,54 \text{ CV} = 12,17 \text{ Kw}; \text{ siendo } \rho \text{ el rendimiento.}$$

Debiendo buscar por tanto un modelo comercial de igual potencia o ligeramente superior.

-Cabezal de riego

El cabezal de riego es el elemento central de una instalación de riego por goteo. Consta de un conjunto de componentes que se describen a continuación.

El primer elemento que aparece es el equipo de tratamiento de agua. Con frecuencia las aguas de riego presentan problemas de obturaciones de los emisores y la solución típica es el filtrado.

Los filtros de arena son unos elementos típicos de los cabezales, que se usan sobre todo para eliminar impurezas de tipo orgánico tales como algas, restos de insectos, etc., y pequeñas partículas minerales. Son imprescindibles cuando el agua no procede directamente de pozos, sino que ha sido previamente almacenada en depósitos donde fácilmente se desarrollan las algas. Conviene instalar siempre un mínimo de dos filtros, con objeto de que en la limpieza por circulación inversa de un filtro se utilice el agua previamente filtrada por el otro.

A continuación del filtro de arena se instala el equipo de fertirrigación. No debe ir antes de los filtros para evitar la absorción de fertilizante por las arenas y sobre todo para no crear en los tanques de filtrado un ambiente rico en nutrientes que favorecería el desarrollo de algunos microorganismos. El equipo de fertirrigación consta de los depósitos de fertilizantes y de los mecanismos de aplicación del abono. Los depósitos son en el caso que nos ocupa de material resistente a los ácidos, siendo los mismos de poliéster.

Aguas abajo del equipo de fertirrigación se deben colocar los filtros de malla. Estos filtros retienen las impurezas, sobre todo de tipo mineral, que puedan atravesar los filtros de arena o procedentes de los abonos.

Un elemento imprescindible del cabezal es el contador de agua. Los contadores deben ir siempre después de los filtros, ya que son muy sensibles a las impurezas.

Además de los elementos descritos anteriormente, los cabezales pueden constar de otros muchos, la mayoría de los cuales automatizan las funciones del cabezal: comienzo y final del riego, aplicación del fertilizante, limpieza de los filtros, registro de caudales, etc. Dentro de los automatismos, un apartado importante lo constituyen los hidráulicos, que pueden realizar funciones de regulación de presión, limitación de caudal, eliminación de aire o sobrepresiones, cierre en caso de averías, etc.

6.5.2.- Filtro de arena

Los filtros de arena consisten en tanques metálicos o de poliéster, en cuyo interior se coloca una gruesa capa de arena a través de la cual pasa el agua a filtrar.

En un filtro de arena, el agua entra por una tubería superior y se distribuye en el interior del tanque por medio de un deflector que tiene por objetivo evitar que el chorro de agua incidente sobre la arena la remueva. La salida del agua filtrada es por una tubería inferior, ésta se prolonga en el interior del tanque en unos colectores perforados y revestidos de malla para evitar el arrastre de la arena. El tanque dispone de dos amplias bocas, una para carga y otra para descarga de la arena. El depósito lleva un purgador para eliminar el aire que se acumula. La tubería de entrada suele llevar una derivación para eliminar el agua sucia durante la limpieza por contralavado.

6.5.2.1.- Diseño del filtro de arena

En el diseño de los filtros de arena hay que determinar el tipo de arena, el espesor de la capa de arena y la superficie filtrante. Los datos necesarios son el caudal y el diámetro de los emisores.

Para seleccionar el tipo de arena se sigue el criterio de utilizar una arena uniforme con un diámetro efectivo igual al diámetro mínimo del gotero. El diámetro efectivo es la apertura del tamiz que retiene el 90 % de la arena, permitiendo el paso del restante 10 %. El filtrado se realiza a través de una capa de arena, cuyo espesor no debe ser menor de 50 cm.

El caudal que pasa por los filtros es de 67.854 l/h y el diámetro de paso del gotero es de 1 mm, por lo tanto la granulometría de la arena en el filtro tendrá un diámetro efectivo igual o menor a 1 mm.

Para el cálculo de la superficie filtrante el caudal debe aumentarse en un 20 % en concepto de margen de seguridad y se aplica el criterio de que la velocidad media del agua no supere 60 m/h, es decir, 60 m²/h por m² de superficie de filtro, para no sobredimensionar el filtro.

El caudal incrementado en un 20 % es:

$$Q' = 1,2 \cdot Q = 1,2 \cdot 67.854 = 81.424,8 \text{ l/h} = 81,424 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$S = \frac{81,42}{60} = 1,357 \text{ m}^2$$

Si se instala un solo filtro, si diámetro debe ser:

$$D > \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,35}{\pi}} = 1,31 \text{ m}$$

El filtro que elegiremos será un filtro con un diámetro interior de 1200mm, que ocasiona una pérdida de carga de 1,75 m.c.a. según fabricante.

-Filtros de anillas

El filtro de anillas realiza una retención superficial de las impurezas, lo que hace que su colmatación sea rápida. Por esta razón se suelen utilizar con aguas no muy sucias que contengan partículas de tipo inorgánico, o como elemento de seguridad después de filtros de arena o equipos de fertirrigación. Los anillos pueden ser de acero inoxidable o de plástico.

-Diseño de los filtros de anillas

La superficie de filtrado se calcula en función del caudal, incrementando en un 20 % en concepto de margen de seguridad, y de la velocidad del agua.

Se elige según tabla de cálculo facilitada por el fabricante, 2 filtros rotativos de 2” cada uno dispuestos en paralelo y que ocasiona una pérdida de carga de 2.25 m.c.a.

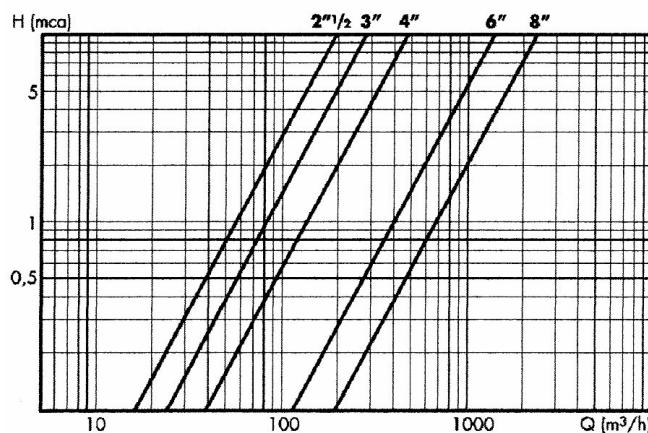
-Contador del caudal

Se elige un contador con transmisión magnética; el movimiento rotatorio de la turbina se transmite mediante un acoplamiento magnético a un registro herméticamente cerrado que indica el paso del agua y el volumen acumulado.

El amplio espacio libre alrededor de la turbina evita el bloqueo de la misma a causa de las impurezas contenidas en el agua. El especial diseño del contador permite que las pérdidas de carga sean mínimas, lo cual se traduce en un ahorro de energía. Con emisor de pulsos eléctricos para poderlo conectar al programador de riego y con diámetro nominal de 4”, para poder ser incluido en la tubería secundaria.

Según la gráfica adjunta este contador nos va a ocasionar una pérdida de carga de 0.3 m.c.a.

Tabla de pérdida de carga



6.5.5.- Equipo de fertirrigación

Los elementos que hay que instalar en un sistema de riego localizado para poder aplicar la fertirrigación no suponen un incremento notable del coste total. Estos son:

6.6.3.1.- Depósitos para almacenar abonos

Hay que disponer de depósitos para el almacén de la solución nutritiva. Los depósitos más utilizados son los de poliéster.

A la hora de elegir el tamaño del depósito se tiene en cuenta las necesidades de la plantación y los posibles descuentos que tengan los abonos al comprarlos en grandes cantidades. Se estima una capacidad de 1000 l para los depósitos de nutrientes (tanque A y tanque B) y uno de 500 l para disolución ácida.

Los depósitos tendrán un agitador para favorecer la disolución de los fertilizantes y que no se formen sedimentaciones. Los depósitos deben tener una ventosa para la entrada y salida del aire y válvula adecuada para la salida de la solución fertilizante. Conviene que estén fijados al terreno para evitar ser arrastrados cuando tengan poco volumen.

6.6.3.2.- Sistema de inyección de abonos

Existen varios sistemas para inyectar abonos a la red de riego. Los más utilizados son:

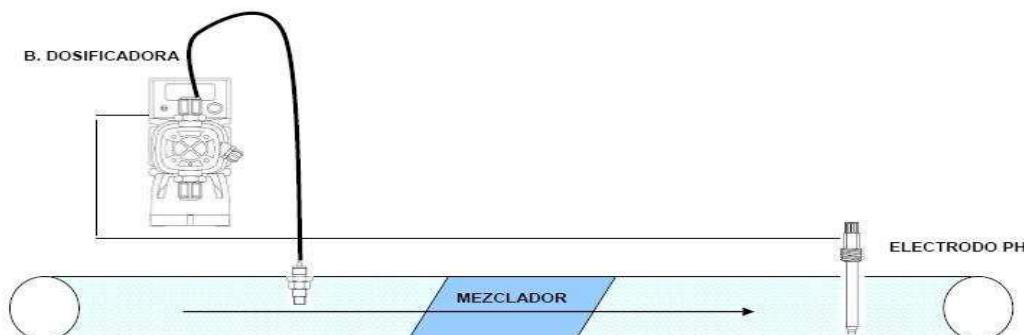
- Tanques de abonado, que consisten en un depósito que se conecta en paralelo a la red de riego.

- Inyector venturi, que tiene un estrechamiento en el que se provoca depresión, succionando el abono desde el tanque de almacenamiento e inyectándolo en la red sin gasto de energía.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

-Dosificador de abonos, que necesita ser accionado mediante motor eléctrico o por mecanismos hidráulicos. Este succiona la solución fertilizante de un depósito sin presión y la inyecta a la red de riego a presión superior a la del agua. En nuestro cabezal instalaremos unos dosificadores eléctricos consistentes en unas bombas de pistón.

Irá instalada una bomba dosificadora en cada tanque de abono y otra en el de ácido, el control del pH y la conductividad lo realiza el ordenador y se lo transmite a cada bomba. A continuación se presenta la fotografía de una bomba similar a las que irán instalada y un esquema de cómo analiza el ph y la CE.



7.- Red de recogida de drenajes

La red de recogida de drenajes procedentes de las unidades de cultivo se usará para su bombeo al depósito y reutilización; ésta estará compuesta en primer lugar, por las bandejas de poliestireno y en segundo por los tubos de P.E. reticulados que están situados debajo de los sacos de cultivo que después desembocan en unos canales de PVC semicirculares de 110 mm de diámetro. Éstos canales recorren longitudinalmente los invernaderos conduce los sobrantes hasta un pequeño depósito desde donde una bomba, que se activará mediante sensores de nivel, los elevará hasta la balsa.

En el caso que atañe a esta explotación que pretende ocupar cada invernadero con distintos cultivos, por tanto, se deberán usar dos depósitos para que cada uno mida el volumen de drenaje necesario para cada invernadero. Los depósitos tendrán una capacidad de 1000 l cada uno, ésta se determina en función del volumen de drenaje por riego para el mes de máximas que es de 445,8 litros/invernadero; 891,67 litros drenados entre los dos invernaderos, en caso de un monocultivo de tomate. Estos depósitos estarán enterrados y situados en medio de los dos invernaderos como se puede ver en los planos de drenaje. Tendrá un diámetro de 1 m y una altura de 1,1 m.

Se colocarán 2 sensores formando cada circuito. Uno de ellos estará próximo al fondo del depósito y otro a una altura que determine el volumen requerido de drenaje que será:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$\text{altura del sensor} = \frac{0,445\text{m}^3}{1\text{m} \times 1\text{m}} = 0,445\text{m} = \text{a } 44,5 \text{ cm del fondo del depósito}$$

Si el riego no ha aportado el volumen de drenaje esperado será porque ha habido un mayor gasto de solución en las unidades de cultivo. Por lo tanto el circuito que forman los electrodos quedará abierto. Esta información será recibida por el programador que mandará una nueva señal de riego hasta que el volumen de drenaje sea por lo menos el mínimo requerido; se variará la altura de cada electrodo en función de las necesidades de drenaje de cada cultivo.

Una vez el volumen de drenaje es el requerido, se cierra el circuito, el programador recibe una señal por lo que se procederá al bombeo del agua de drenaje al sistema de riego o a la balsa.

8. Automatización del riego

Los riegos localizados de alta frecuencia son muy indicados para ser automatizados ya que las redes son fijas, los caudales son bajos y las unidades de riego son relativamente grandes, además factores ambientales tales como el viento, no afectan al sistema.

La automatización permitirá mejorar el control de la frecuencia y dosis de riego, así como de poder aplicar la solución nutritiva en su concentración óptima. La automatización puede realizarse por tres métodos:

- Por tiempos
- por volúmenes
- por otros parámetros tales como la humedad del sustrato, temperatura o viento

Para estas instalaciones se opta por la automatización por volúmenes, que ya ha sido calculado anteriormente.

El sistema se basa en dos elementos: las electroválvulas y programadores eléctricos. El programador es capaz de suministrar la solución nutritiva según parámetros de conductividad y acidez.

La cantidad a aplicar de los fertilizantes la decide automáticamente el controlador en función de la conductividad deseada en la solución y de la proporción programada entre los diferentes tipos de fertilizantes. Controla los 2 tanques de fertilizantes más uno de ácido.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

El equipo trabaja con programas de riego, con capacidad para 6 diferentes, incorporando cada uno de ellos todas las variables que le afecten. La programación del riego se regirá por tiempos, pero si no se recoge la cantidad de drenaje estipulada se continuará el riego hasta que se alcance éste.

Cada programa puede realizarse las veces deseadas al día separadas por una frecuencia programable en horas y minutos. La sectorización se realizará actuando sobre la electroválvula correspondiente. La inyección de los fertilizantes de cada tanque se realizará en paralelo según la proporción dada para cada riego. Esta fertilización se realiza con control de la conductividad mediante una sonda de conductividad eléctrica que toma la lectura a la salida del cabezal.

El sistema de aplicación de los fertilizantes es por electroválvulas y bombas dosificadoras a los que se dan unos impulsos de activación en una proporción de tiempo relacionada con el desfase de la conductividad y la proporción dada.

El control del pH es semejante al de la conductividad. Se usan pHímetros.

ANEJO 12. DIMENSIONADO DE LA CALEFACCIÓN

ÍNDICE

1. Calefacción.....	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Balance térmico del invernadero.....	3
1.2.1. Pérdidas caloríficas.....	3
1.2.2. Pérdidas por renovación de aire.....	6
1.2.3. Pérdidas por irradiación.....	7
1.2.4. Pérdidas a través del suelo.....	8
1.2.5. Aporte de energía solar.....	8
1.2.6. Balance energético.....	8
1.3. Elección del equipamiento de calefacción.....	8
1.4. Cálculo de las horas grado.....	9
1.5. Consumo de la instalación.....	10
1.6. Chimenea.....	12
1.7. Protección del medio ambiente.....	12

1. Calefacción

1.1. Introducción

Debido a que las temperaturas en la época fría son reducidas, y solo el efecto invernadero no es capaz de mantener una temperatura adecuada para el desarrollo de los cultivos, hace que sea necesario instalar un sistema para aportar calor en los momentos de mayor necesidad.

Esto lo podemos ver en la siguiente gráfica, donde se observan las temperaturas óptimas de los cultivos, cogiendo la media de todas estas para dibujar la curva de la temperatura interior, y para la curva de temperatura exterior, se utilizan la media de temperaturas mínimas mensuales.

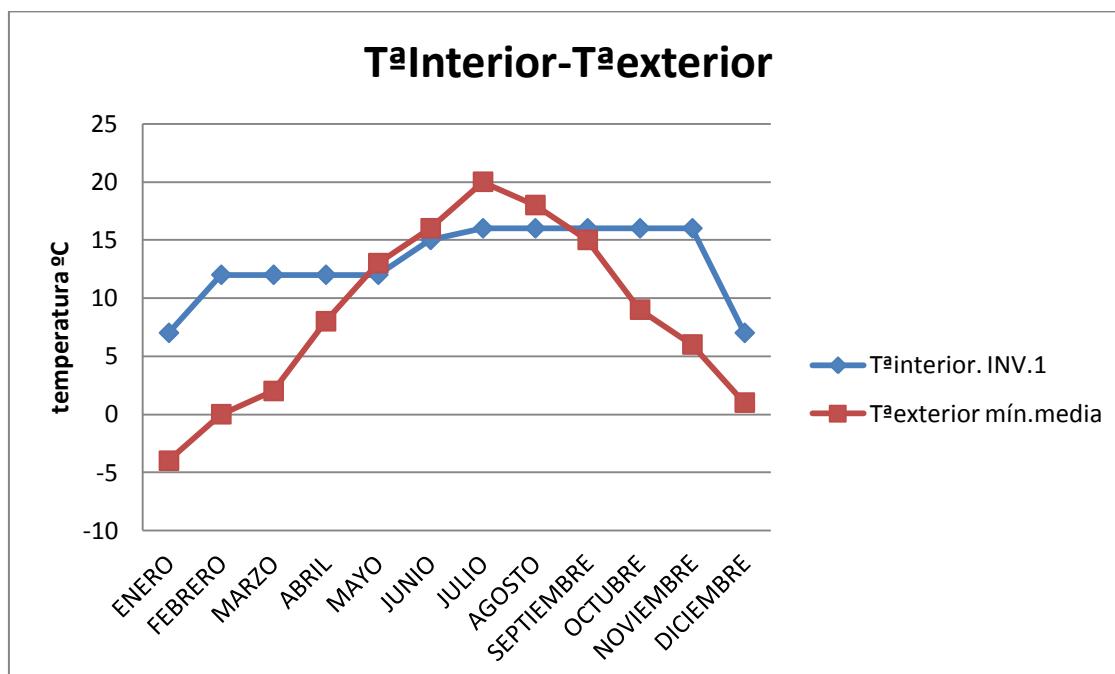


Tabla 1.temperatura interior y exterior media mínima en la zona de la explotación.

Para el dimensionado de la calefacción debemos conocer el caso más desfavorable, que dependerá del mayor salto térmico que se dé en el invernadero entre la temperatura interior y la exterior en cada mes. En el cuadro anterior, a modo de ejemplo, el invernadero 1 es el que mayores necesidades térmicas necesitará por albergar el cultivo de tomate temprano y judía verde tardía.

1.2. Balance térmico del invernadero

El estudio del balance térmico de un invernadero abarca una amplia gama de posibilidades y complejidades en función del rigor con que se quiera estudiar. Se va a realizar el cálculo tal y como lo desarrollan A. Alpi y F. Tognoni (1990).

La fórmula utilizada en la práctica, es la siguiente:

$$Qf = Qcc + Qra + Qr + Qas - EI$$

Donde:

Qf = Calor a aportar expresado en Kcal/h

Qcc = Pérdidas por conducción-convección expresadas en Kcal/h

Qra = Pérdidas debidas a la renovación de aire expresada en Kcal/h

Qr = Pérdidas por radiación expresadas en Kcal/h

Qas = Pérdidas a través del suelo expresadas en Kcal/h

EI = Energía incidente

A continuación se van a calcular cada uno de los factores que componen el balance térmico:

1.2.1. Pérdidas caloríficas por conducción-convección (Qcc).

Es la pérdida más influyente. Depende del material del invernadero, las diferencias de temperatura y la superficie de plástico.

$Qcc = K \times S \times \Delta t$, siendo:

- K = Coeficiente de transmisión del calor [Kcal/(h x °C x m²)]

- S = Superficie de cobertura del invernadero en m² (se suman todas las superficies expuestas del invernadero, excepto el suelo)

- Δt = Salto térmico (°C) (temperatura interior - temperatura exterior)

Así pues vamos a definir cada una de las variables:

K: valor del coeficiente de transmisión de calor (K)

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

-K para el PE térmico = 8 Kcal/(h·m²·°C). En este caso al instalar una pantalla térmica, este K que se considera para el polietileno se ha de considerar alrededor de un 58% menor, es decir un valor de K=3,36 Kcal/(h x m² x °C) ya que según los datos de un modelo comercial se obtiene un ahorro del 58% en las pérdidas de transmisión del calor y una transmisión de la luz directa del 56% y de la difusa de un 52%, confiriéndole el doble propósito de termicidad y sombreo.

Para el cálculo de estos valores se siguen unas condiciones normalizadas:

- Temperatura del aire dentro del invernadero: 20°C
- Temperatura del aire exterior: -10°C
- Velocidad del viento: 4 m/s

S: Para el cálculo de la superficie, también partiremos de las paredes y la cubierta.

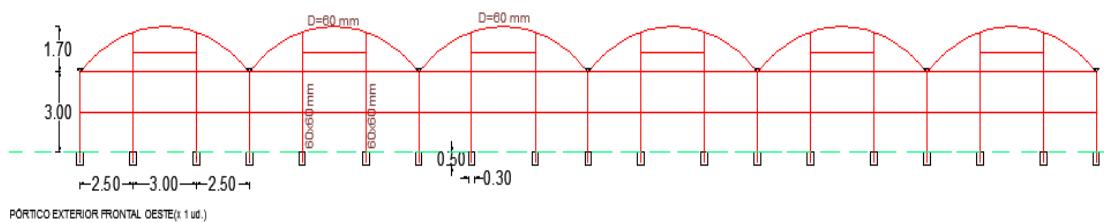


Figura 1. Vista frontal del invernadero

Superficie de las paredes, que será la suma de las paredes frontales (SPF), formadas por las 2 paredes frontales de cada modulo, en total 12; y también formada por las dos paredes laterales (SPL) de 100 metros de longitud cada una. La superficie del frontal bajo el arco de la cubierta es de 6,8m².

$$S_p = S_{PF} + S_{PL} = 12 \cdot (8 \cdot 3 + 6,8) + 2 \cdot 100 \cdot 3 = 969,6 \text{ m}^2 / \text{invernadero}$$

Superficie de cubierta: para calcular la superficie de cubierta, se considera la longitud de cada uno de los 6 módulos de 100 metros y la longitud del arco de cubierta, de 8,93m.(consideraremos 9m)

$$S_c = 6 \cdot 100 \cdot 9 = 5.400 \text{ m}^2 / \text{invernadero}$$

$$S_t = S_c + S_p = 969,6 + 5400 = 6369,6 \text{ m}^2$$

At: Para el cálculo del salto térmico (Δt) debemos conocer la temperatura interior y la exterior y para ello decidimos qué temperatura deseamos.

a) Temperatura interior, para seleccionarla podemos elegir una de éstas:

-Temperatura óptima: a esta temperatura los cultivos no sufren daños y mantienen un ritmo de desarrollo alto, es la temperatura que más nos interesaría para que el crecimiento de los cultivos fuera rápido. Pero es una temperatura muy elevada, alrededor de 25°C de media lo que nos llevaría a un gran salto térmico. Y un sobredimensionado de la caldera.

-Temperatura de parada vegetativa: a esta temperatura el cultivo no sufre daños pero sí ralentiza su desarrollo y por debajo de esta temperatura, lo detiene. Por lo que con esta temperatura la planta necesita más tiempo para desarrollarse por completo, aunque por el contrario el salto térmico necesario es más bajo que en el caso anterior.

-Temperatura crítica: a esta temperatura el cultivo empieza a sufrir daños en alguna parte y por debajo de ella, la planta muere. Esta temperatura es la más baja a la que se podría llegar en el invernadero, tendríamos un salto térmico pequeño pero tendríamos elevadas pérdidas de producción.

De estas temperaturas interiores, interesa seleccionar la temperatura de parada vegetativa que es la más adecuada para no sobredimensionar la calefacción.

b) Temperatura exterior, para seleccionarla podemos elegir una de éstas:

-Temperatura mínima absoluta: es la temperatura más baja registrada durante todos los años del estudio climático, siendo de -10,8°C. Esta temperatura supondría una gran inversión económica ya que tendríamos que poner una caldera de gran potencia y estaríamos sobredimensionando la instalación ya que muy pocas veces se alcanzan esos valores de temperatura.

-Temperatura media de las mínimas del mes más frío: con esta temperatura se queda corto el sistema de calefacción, ya que la media de las mínimas puede ser algo elevada en el mes más frío.

-Temperatura mínima de base: esta temperatura es la temperatura mínima que se repite al menos 5 veces en el periodo de estudio climático. En nuestro caso está estudiado mes a mes en el anexo de estudio climático, y será la más adecuada para nuestro salto térmico ya que es un valor que se aproxima a las temperaturas más extremas a las que nos vamos a enfrentar pero no son las de mínimos valores por lo que no sobredimensionaremos la caldera.

Una vez elegidas las temperaturas que se deben emplear en el cálculo, debemos ver cuál es el mayor salto térmico al que nos vamos a enfrentar.

En la figura 3 podemos ver la ocupación de cada cultivo, separado en quincenas. Se incluye el valor de la temperatura mínima de desarrollo de cada una de las especies; con la temperatura mínima óptima del cultivo más exigente en la parte baja como

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

temperatura interior, siendo ésta la temperatura que como mínimo debemos de tener en el interior del invernadero.

También conocemos la temperatura exterior para cada mes, expresada como la temperatura mínima de base, y pudiendo ver en la última línea el salto térmico para cada una de las quincenas.

Observamos que el mayor salto térmico se da en la segunda quincena del mes de marzo donde tenemos una temperatura interior de 15°C debido al pimiento, y una temperatura de base de -3°C teniendo así un salto térmico de 18°C.

Se debe considerar que en los meses más fríos el invernadero se usará como invernadero frío debido al gran salto térmico que hay que cubrir lo que conlleva unos costes de combustible excesivos que no lo hacen rentable; debiendo adaptarse a cultivos que exijan menores temperaturas para su desarrollo como la borraja y la lechuga.

Con todos estos datos calculamos las pérdidas por conducción-convección:

$Q_{CC} = \text{pérdidas debidas a la superficie cubierta (Sc)} + \text{pérdidas debidas a la superficie de las paredes (Sp)}$.

$$Sc = 6 \cdot (100 \cdot 9) = 5.400 \text{ m}^2$$

$$Sp = Spf + Spl = \text{superficie paredes frontales} + \text{superficie pared lateral} =$$

$$12 \cdot (8 \cdot 3 + 6,8) + 2 \cdot (100 \cdot 3) = 969,6 \text{ m}^2$$

$$Stc(\text{superficie total de cobertura}) = Sc + Sp = 5400 + 969,6 = 6369,6 \text{ m}^2$$

$$Q_{CC} = Q_{CC-Sc} + Q_{CC-Sp} = 3,36 \cdot 5.400 \cdot 14 + 3,36 \cdot 969,6 \cdot 14 = 299.625,98 \text{ Kcal/h e invernadero.}$$

		TEMPERATURAS MÍNIMAS ÓPTIMAS DE CRECIMIENTO											
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
INV.1	LECHUGA	7											7
	TOMATE		13	13	13	15	15	15					
	JUDIA VERDE								16	16	16	16	
INV. 2	BORRAJA	5	5	5								5	5
	PIMIENTO				15	15	15	18	18	18	18	18	
	T _a Interior. INV.1	7	13	13	13	15	15	15	16	16	16	16	7
T _a Interior. INV.2		5	5	5	15	15	15	18	18	18	18	18	5
T _a exterior		-6	-4	-3	1	4	7	9	10	7	2	-2	-6
ΔT INV.1		13	17	16	12	11	8	6	7	6	9	14	13
ΔT INV.2		11	9	8	18	14	11	9	9	8	11	16	3

Tabla 2. Meses de ocupación de cada cultivo, temperaturas mínimas óptimas, T_a mínimas de base y salto térmico (°C).

1.2.2. Pérdidas por renovación de aire (Qra)

Es natural que todos los tipos de invernadero estén caracterizados por una hermeticidad relativa, que varía según los materiales, tipo de construcción, etc. La dispersión del calor a través de las fisuras es proporcional al porcentaje de renovaciones de aire en el invernadero y puede expresarse con la fórmula siguiente:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$Q_{ra} = 0.3 \cdot N \cdot V \cdot \Delta t,$$

siendo:

V = Volumen del invernadero (m^3).

N = Número de renovaciones de aire del volumen total por hora

$0,3 =$ Calor específico del aire ($Kcal/m^3 \cdot ^\circ C$)

Δt = salto térmico ($^\circ C$)

Así pues vamos a definir cada una de las variables:

-El volumen del invernadero es:

$$V = (2 \cdot 3 \cdot 100) \cdot (8 \cdot 3 + 9) = 19.800 m^3$$

-100 metros de largo

-48 metros de ancho. (6 módulos de 8m).

-3 metros de altura a canalón

-100 m por $6,8 m^2$ de arco frontal

-El número de renovaciones (N) se debe calcular basándonos en estudios de diversos autores que se nombran a continuación:

-Danese et al. (1984) para un invernadero de mediana hermeticidad proponen para el cálculo del número de renovaciones, la fórmula:

$$N = 1.1 + 0.4v \text{ donde } v \text{ es la velocidad media del viento en m/seg.}$$

Para esto tomamos la velocidad media del viento a lo largo de los años de estudio, teniendo una velocidad media de 1 m/s. Así tenemos:

$$N = 1.1 + 0.4 \cdot 1 = 1.5 \text{ renovaciones/h}$$

-Badgers y cols. (1979) proponen los siguientes valores de N :

Construcción nueva, vidrio o poliéster	0.75 a 1.5
Construcción nueva, doble capa de film	0.5 a 1
Construcción vieja, vidrio con buen mantenimiento	1 a 2
Construcción vieja, vidrio pobre mantenimiento	2 a 4

Tabla 3. Valores del número de renovaciones por hora que se deben considerar para distintos tipos de invernaderos.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Siguiendo esta tabla tendríamos un valor de 0,75 renovaciones/hora.

Tomaremos el valor medio de ambos: $N = (1,5+0,75)/2 = 1,125$ renovaciones/hora.

$$Q_{ra} = 0,3 \cdot 1,125 \cdot 19.800 \cdot 18 = 120.285 \text{ Kcal/h.}$$

1.2.3. Pérdidas por radiación (Qr)

Son las pérdidas producidas por la radiación infrarroja emitida por el suelo o los vegetales.

$$Q_r = 4,4 \cdot 10^{-8} \cdot S_c \cdot P \cdot (T_i^4 - T_e^4)$$

S_c = Superficie de suelo cubierta (m²).

P = Coeficiente de permeabilidad del material de cobertura (%).

T_i =Temperatura interior (k)

T_e = Temperaturas exterior (k)

Vamos a definir cada una de las variables:

$$S_c = 100 \cdot 48 = 4.800 \text{ m}^2$$

$P = 0,18$, para el polietileno, que es el material de cubierta.

$$T_i = 18 + 273 = 291 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$T_e = -3 + 273 = 270 \text{ }^\circ\text{K}$$

Se elige el período de mayor diferencia térmica, 14°C en la segunda quincena de marzo.

Así se tiene un resultado de:

$$Q_r = 4,4 \cdot 10^{-8} \cdot 4.800 \cdot 0,18 \cdot (291^4 - 270^4) = 70.575,25 \text{ Kcal/h}$$

1.2.4. Pérdidas a través del suelo

Depende del tipo de suelo. Aunque este valor se estima como el 10 % de todas las demás pérdidas.

Por tanto, se tiene:

$$Q_s = (Q_{cc} + Q_r + Q_{ra}) \times 0,1 = (299.625,98 + 70.575,25 + 120.285) \times 0,1 = 49.048,62 \text{ Kcal/h}$$

1.2.5. Aporte de energía solar

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Es el calor de irradiación solar que nos llega por hora. Se considera la situación más desfavorable que se presenta por la noche, cuando el aporte es nulo.

1.2.6. Balance energético

$$Qf = Qcc + Qr + Qra + Qs - EI$$
$$Qf = (299.625,98 + 70.575,25 + 120.285 + 49.048,62) - 0 = 539.834,85 \text{ Kcal/h e invernadero.}$$

Puesto que se pretenden diseñar 2 invernaderos, las necesidades climáticas serán, aproximadamente el doble de las calculadas, por tanto, las necesidades totales de calefacción serán: $539.834,85 * 2 = 1.079.669,7 \text{ Kcal/hora.}$

1.3. Elección del equipamiento de calefacción

El equipo de calefacción debe aportar una potencia calórica de 1.079.669,7 Kcal/h, es decir, 1255,71 Kw. Para alcanzar esta potencia y suministrar el calor necesario para el correcto desarrollo de las plantas, se decide emplear tres generadores de aire caliente ubicados en el interior de cada invernadero.

Además poseerán un grupo ventilador capaz de distribuir el aire caliente a través de una manga por todo el invernadero, y a su vez será capaz de funcionar independientemente del sistema de calefacción, permitiendo un apoyo a la ventilación natural.

El modelo comercial que más se adecúa a las necesidades es un grupo calefactor de gasoil con una potencia de 221.700 kcal/h(257,8 kW); se decide por la colocación de 3 unidades con una potencia total de 665.100 kcal/h esta potencia asegura cubrir el rango de necesidades de potencia calorífica. Dicha caldera desarrolla una potencia real del 90,2%, es decir, que, cubrirá la demanda quedando todavía un margen del 10% para necesidades puntuales que requieran un aporte adicional, siendo aproximadamente un valor de 60.000kcal/h.

A pesar de haber generadores de calor en el mercado con potencia suficiente para cubrir uno solo todo el salto térmico necesario, se caerá en el riesgo de que una posible avería eche a perder la producción de ambos invernaderos.

Las principales características del modelo elegido son las siguientes:

- Alto rendimiento energético, que alcanza el 90,2%.
- Protección contra la corrosión (pintado con pintura de poliéster y posterior secado en horno).
- Cuadro de control y protección según normativas europeas.
- Aislamiento térmico mediante cámara de aire y fibra de vidrio.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- El calefactor de aire funciona mediante un intercambiador de calor, con los gases de combustión y el caudal de aire completamente separados.

- Los gases de escape son expulsados a través de la chimenea de pared sencilla de acero inoxidable con un diámetro de 250mm.

-Cuenta con un kit para la aspiración del combustible.

-Potencia de 257,8 kW

-Caudal de aire de 15.600m³/h

-Potencia eléctrica de 3kW, 400V, 3F y 50Hz

-Dimensiones 1020x1440x2340

1.4. Cálculo de las horas grado

Se van a calcular las horas de funcionamiento del equipo anteriormente citado, para cubrir nuestras necesidades a lo largo del año.

Se consideran para el cálculo de las horas grado los meses en los que nos encontraremos un importante salto térmico entre las temperaturas deseadas en el invernadero y las temperaturas externas, ya que será el momento en el que se debe poner la calefacción en funcionamiento. En este caso serían los meses de febrero, marzo, abril, octubre y noviembre.

Para este cálculo emplearemos la siguiente fórmula:

$$h^{\circ} \text{ día} = 1,3 \cdot 24 \cdot (T_{opt} - T_{min}) / (T_{max} - T_{min})$$

Donde:

-T_{opt}: temperatura mínima óptima.

-T_{min}: es la temperatura mínima exterior.

-T_{max}: es la temperatura máxima exterior

Conocidos estos valores obtenemos en la siguiente tabla los valores de horas° día para los meses antes citados y estos valores multiplicados por los días del mes o los días en los que debe estar en funcionamiento la caldera (N) conoceremos los h° mes.

INV. 1	T opt	T min	T max	N	h°día	h°mes
octubre	16	2,03	31,1	15	14,99	224,90

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

noviembre	16	-2,33	23,83	15	21,86	437,23
febrero	13	-5,21	19,71	28	22,80	638,34
marzo	13	-3,02	25,72	31	17,39	539,09
abril	13	1,97	30,02	30	12,27	368,03

Tabla 4. Cálculo de las hºdía y hºmes en el invernadero 1

INV. 2	T opt	T min	T max	N	hºdía	hºmes
octubre	18	2,03	31,1	15	17,14	257,10
marzo	15	-3,02	25,72	15	19,56	293,41
abril	15	1,97	30,02	30	14,49	434,76

Tabla 5. Cálculo de las hºdía y hºmes en el invernadero 2

El total de horas estimadas por año que hay dotar de calefacción ambos invernaderos durante el año será:

MESES CALEFAC.	hºmes INV.1	hºmes INV.2	hºmes(1+2)
febrero	638,34	0,00	638,34
marzo	539,09	293,41	832,50
abril	368,03	434,76	802,79
octubre	224,90	257,10	482,01
noviembre	437,23	0,00	437,23
SUBTOTAL	2207,69	985,28	
TOTAL			3192,88

Tabla 6. Sumatorio de las horas grado

El total de horas de funcionamiento de la caldera para ambos invernaderos, será de 3192,88 horas/año.

1.5. Consumo de la instalación

Ahora se va a calcular el consumo estimado de las calderas a lo largo de un año. Para ello emplearemos la siguiente fórmula:

$$Q=K \cdot S \cdot \Delta t$$

Donde:

- K = Coeficiente de transmisión del calor = 3,36 Kcal/(h°C x m²)

- S = Superficie de cobertura del invernadero en m² (se suman todas las superficies expuestas del invernadero, excepto el suelo) = 6369,6 m²

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- $\Delta t = \text{horas grado} = \text{Invernadero 1: } 2207,69 \text{ h}^{\circ}\text{C/año}$

Invernadero 2: $985,34 \text{ h}^{\circ}\text{C/año}$

Por tanto:

$$Q_{\text{inv. } 1} = 3,36 \text{ Kcal}/(\text{h}^{\circ}\text{C} \times \text{m}^2) \cdot 6369,6 \text{ m}^2 \cdot 2207,69 \text{ h}^{\circ}\text{C/año} = 47.248.663,47 \text{ kcal/año}$$
$$Q_{\text{inv. } 2} = 3,36 \text{ Kcal}/(\text{h}^{\circ}\text{C} \times \text{m}^2) \cdot 6369,6 \text{ m}^2 \cdot 985,34 \text{ h}^{\circ}\text{C/año} = 21.088.104,79 \text{ kcal/año}$$

Sabiendo que el poder calorífico del gasoil es de 9020 kcal/litro, podremos calcular los litros al año que necesitaremos de combustible.

- PC: poder calorífico del gasoil (Kcal/litro)=9020 kcal/litro (Fuente: Repsol Comercial de P.P. S.A. Departamento de Asistencia Técnica)

Ahora se divide por el poder calorífico del gasóleo para hallar los litros necesarios por año, y se obtiene:

$$\text{Invernadero 1: } \frac{47.248.663,47 \text{ Kcal/año}}{9.020 \text{ kcal/litro}} = 5.238,2l / \text{año}$$

$$\text{Invernadero 2: } \frac{21.088.104,79 \text{ Kcal/año}}{9.020 \text{ kcal/litro}} = 2.337,9l / \text{año}$$

Se considera que, de cara a un futuro en el que pueda desarrollarse un monocultivo que se desarrolle en ambos invernaderos, un depósito de gasoil con la capacidad justa para los cálculos arriba desarrollados sería insuficiente; por lo que se optará por la colocación de un depósito en el que quepa la capacidad suficiente para hacer frente a la demanda máxima mensual de ambos.

Hay que contar con que la eficiencia de la combustión no es del 100%, se considera que la eficiencia de combustión estará alrededor del 85%, por lo que el gasto total del gasoil se incrementará un 15%.

$$\text{gasto anual gasoil} = \frac{5.238 \cdot 2}{0,85} = 12.324 \text{ litros/año}$$

La demanda máxima anual será de 12.324 litros, que repartidos entre los 5 meses que estará activa la calefacción, tendremos unas necesidades de gasoil de 2.465 litros al mes. Por lo cual, se opta por la colocación de un depósito 2.500 litros.

De cara al estudio de viabilidad económica, se considerará el consumo anual correspondiente al calculado para la situación planteada en el proyecto; que corresponde a 8.913 litros/año (considerando un 85% de eficiencia en la combustión).

El modelo escogido deberá tener doble pared metálica estanca, debe ser resistente a la corrosión, se deben evitar las soldaduras (debido a que son más fáciles las fugas en esos puntos). Estará provisto de indicador de nivel, detector de fugas y soporte metálico para evitar el contacto directo con el suelo. Deberá cumplir la norma española UNE 53432/92 partes 1 y 2, y la norma europea EN 13341 la cual requiere el marcado CE para este producto de acuerdo a la directiva europea de productos de la construcción DE 89/106.

Las calderas irán ubicadas en el interior de los invernaderos, donde distribuirán el aire caliente hacia todo el invernadero. Los depósitos de gasoil se situarán en el exterior de la nave, en la pared más cercana a los invernaderos. Se puede emplear un depósito enterrado o un depósito externo, este depósito será externo, se situará dentro de una pequeña caseta evitando así el enterrado del mismo.

1.6. Chimenea

Será de tipo modular, homologada y de la siguiente composición:

- Conducto de humos de acero inoxidable de diámetro 250 mm.
- Capa de aislamiento de lana de roca de 30 mm de espesor.
- Forro de chapa de acero inoxidable.

1.7. Protección del medio ambiente

Se adoptarán las siguientes medidas para tener en cuenta la "Directiva 93/76/CEE del CONSEJO de 13 de septiembre de 1.993 relativa a limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE)".

-La composición de los humos, en régimen continuo, se mantendrá dentro de los límites siguientes:

- CO<0'1% en volumen de humos secos.
- 10%<CO₂<13 % del volumen de humos secos.

ANEJO 13. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS EDIFICIO DE SERVICIOS

ÍNDICE

1.- Introducción.....	2
2.- Cálculo de las acciones fijas	3
2.1. Cargas permanentes	3
3.- Cálculo de las acciones variables	4
3.1. Sobrecarga de uso	4
3.1.1. Valores de sobrecarga.....	4
3.1.2. Reducción de sobrecargas.....	5
3.2. Sobrecargas de viento	5
3.2.1. Generalidades.....	5
3.2.2. Acción del viento	6
3.2.2.1. Presión dinámica del viento	6
3.2.2.2. Coeficiente de exposición	6
3.2.2.3. Coeficiente eólico o de presión.....	6
3.3. Nieve	11
3.3.1. Determinación de la carga de nieve	11
3.3.2. Cálculo del valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.....	12
3.3.3. Calculo del coeficiente de forma	13
4.- Cálculo de las correas.....	14
4.1. Determinación de las acciones características.....	14
4.1.1. Acciones permanentes	14
4.1.2. Acciones variables	14
4.2. Hipótesis de carga	16

4.3. Cálculo de esfuerzos	16
4.4. Comprobación a flecha.....	26
5.- Cálculo del pórtico tipo	18
5.1. Determinación de las acciones características.....	18
5.1.1. Acciones permanentes	18
5.1.2. Acciones variables	18
5.2. Hipótesis de carga	23
5.3. Comprobación a flecha.....	26
6.- Cálculo de las correas de fachada	28
6.1. Predimensionado	28
6.2. Cargas que actúan sobre el perfil	29
6.3. Comprobación del perfil.....	29
7.- Cálculo de los pilares hastiales	31
8.- Cálculo de las bases de columna de los pilares hastiales	33
9.-Cálculo de los pernos	34
10.- Cálculo de las zapatas de los pilares hastiales	36
11.- Cálculo de las bases de columna de los pilares del pórtico.....	41
12.- Cálculo de los pernos.....	43
13.-Cálculo de las zapatas de los pilares del pórtico	43
13.1. Datos de partida.....	43
13.2. Predimensionado.....	44
13.3. Tensiones en el terreno.....	45
13.4. Estados límites últimos.....	46
13.5. armado de la zapata.....	47

1. Introducción

La nave que se va a proyectar albergará los productos agrícolas originados en la explotación, además habrá dos cámaras frigoríficas y otras dependencias que se pueden observar en el plano titulado Planta de distribución de la nave.

El objeto de este anexo es realizar los cálculos para construir un almacén de estructura metálica situada en Fraga (Huesca) a una altitud de 118 m.s.n.m.

Se trata de una estructura con celosía con las siguientes características:

- Luz: 20 m.
- Altura de pilar: 6 m.
- Cubierta de panel sándwich con pendiente 10 %
- Altura celosía: 1,76 m.
- Altura coronación 7,76 m.

La nave, como se verá de forma más detallada posteriormente, tiene **6m** de altura en cabeza de pilar, el cerramiento se lleva a cabo con panel sándwich anclado a correas de tipo CF que irán soldadas a los pilares. Estos pilares se resolverán con perfiles HEB, los dinteles con perfiles IPE y las correas de cubierta también con perfiles CF.

Para el cálculo de la nave, se ha seguido la actual normativa en vigor, en este caso:

- CTE DB SE
- CTE DB SE -AE.
- NCSE
- EHE

Es necesario para el cálculo de las acciones, determinar las características más relevantes de la construcción:

- Nave de 20 x 32 metros de planta, dando una superficie cubierta de 640 m².
- Altura de 6 metros en cabeza de pilar y cubierta a dos aguas con el 10 % de pendiente.
- Modulación de 8 metros entre pórticos.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Los cerramientos laterales serán de panel sándwich, así como los de la cubierta.

A efectos de cálculo, se ha simplificado en todo momento $10 \text{ N} = 1\text{kg}$.

2. Cálculo de las acciones fijas

2.1. Cargas permanentes

- Peso propio del pórtico: Se calculará con un programa específico que lo tiene en cuenta automáticamente, por lo que no es necesario calcularlo.
- Peso de correas de cubierta: Su peso se determinará tras su dimensionado, para lo cual antes debe estudiarse las cargas de viento que actúan sobre la nave.
- Peso de cubierta: se va a optar por dimensionar para que el pórtico aguante el peso de un panel sándwich de chapa+poliuretano de 12 kg/m^2 , que es la solución más pesada que podemos adoptar, con lo que el dimensionado quedará del lado de la seguridad. Al tener una separación entre pórticos de 8 m, la carga por metro lineal de dintel valdrá:

$$12 \text{ kg/m}^2 \times 8 \text{ m} = 96 \text{ kg/m}$$

- Peso de los cerramientos laterales: el cerramiento sándwich que va colocado con viguetas CF transmite su peso al pilar. Las viguetas serán CF 225x2,5 irán colocadas cada 1,2 m.

Panel: $12 \text{ kg/m}^2 \times 8 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} = 115,2 \text{ kg}$

Correa: $8.21 \text{ kg/m} \times 8 \text{ m} = \underline{\underline{65.68 \text{ kg}}}$

180.8 kg → Esta carga será puntual e irá

3. Cálculo de las acciones variables

3.1. Sobrecarga de uso

- La sobrecarga de uso es el peso que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

3.1.1. Valores de la sobrecarga

1- Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso fundamental en cada zona del mismo, como valores característicos, se adoptarán los de la Tabla 3.1. Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, etc., como las derivadas de su utilización poco habitual.

VALORES CARACTERISTICOS DE LAS SOBRECARGAS DE USO					
CATEGORIA USO		SUBCATEGORIA DE USO		Carga uniforme (KN/m ²)	Carga concentrada (KN)
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1	2

Tabla 3.1 Valores sobrecarga uso

El valor elegido para la nave en calculo corresponde a la categoría de uso G, y subcategoría G1, con un valor resultante de **1 KN / m²**, aproximadamente igual a **100 kg / m²**

No tenemos en cuenta la carga concentrada por ser más desfavorable la uniforme, teniendo en cuenta la separación entre pórticos se tiene una carga por metro lineal de **100 kg / m² x 8m = 800 kg / m**

3.1.2. Reducción de sobrecargas

Para el dimensionado de los elementos portantes horizontales (vigas, nervios de forjados, etc.), la suma de las sobrecargas de una misma categoría de uso que actúen sobre el , puede reducirse multiplicándola por el coeficiente de la Tabla 3.2, para las categorías de uso A, B, C y D.

Para el dimensionado de un elemento vertical (pilar, muro), la suma de las sobrecargas de un mismo uso que graviten sobre él, puede reducirse multiplicándola por el coeficiente de la Tabla 3.2, para las categorías de uso A,B,C y D.

Coeficiente de reducción de sobrecargas						
Elementos verticales			Elementos horizontales			
Número de plantas del mismo uso			Superficie tributaria (m ²)			
1 o 2	3 o 4	5 o más	16	25	50	100
1	0,9	0,8	1	0,9	0,8	0,7

Tabla 3.2 Coeficiente reducción sobrecargas

En el caso que nos ocupa el valor para ambos coeficientes será 1, resultantes de la Tabla 3.2.

3.3.- Sobre cargas de viento

3.3.1-Generalidades

- La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de la superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

3.3.2. Acción del viento

- La acción del viento, genera una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e , que puede expresarse como:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p$$

siendo :

PRESIÓN DINÁMICA DEL VIENTO

q_b La presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse el valor de 0.5 KN/m².

En el caso que nos ocupa lo calcularemos obteniendo valores mas precisos mediante el anexo D, del Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Este anexo tiene en cuenta el emplazamiento geográfico de la obra.

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$q_b = 0.5 \times \delta \times V_b^2$$

siendo δ la densidad del aire, $\delta = 1.25 \text{ kg/m}^3$, y V_b el valor básico de la velocidad del viento; $V_b = 29 \text{ m/s}$.

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D1. El de la presión dinámica es, respectivamente de **0.52 KN/m²** para la zona C de dicho mapa.

$$\underline{q_b = 0.52 \text{ KN/m}^2}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

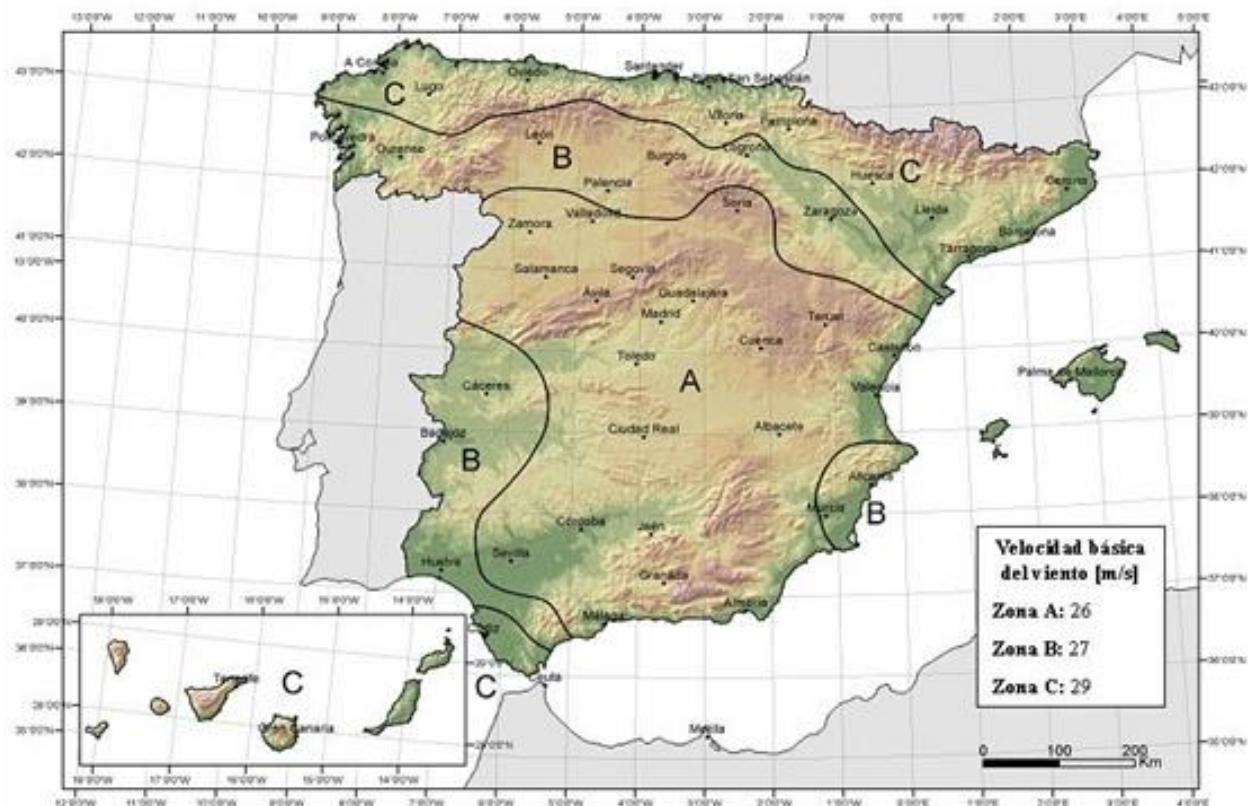


Figura D.1 del anexo D (Acción del viento) SE-AE 42

Para la comprobación de estado límite de servicio, la velocidad básica puede modificarse con el coeficiente de la tabla siguiente, según el período de retorno considerado, tomando para esa variable un tiempo igual al período de servicio con el que se proyecta el edificio.

Período de retorno (años)	1	2	5	10	20	50	200
Coeficiente corrector	0,41	0,78	0,85	0,9	0,95	1	1,08

En el caso que nos ocupa con un período de retorno el coeficiente de corrección será 1.

COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN

C_e El coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

A) El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla 3.3 siguiente, siendo la altura del punto considerado la media respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

Tabla 3.3 Valores del coeficiente de exposición.

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Resulta un valor para el coeficiente de exposición de 1,6.

COEFICIENTE EÓLICO O DE PRESIÓN

C_p El coeficiente eólico o de presión, depende de la forma y orientación de la superficie respecto del viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. A efectos de cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se podrá utilizar la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.3, (SE-AE 24), que recogen el pésimo en cada punto debido a varias direcciones de viento. A los efectos locales, tales como correas, paneles de cerramiento, o anclajes, deben utilizarse

los valores correspondientes a la zona o zonas en que se encuentra ubicado dicho elemento.

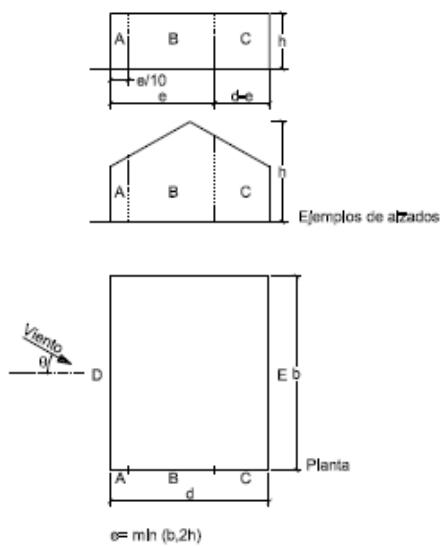
Los coeficientes de presión exterior o eólico, C_p , dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición del elemento considerado y de su área de influencia.

En la tabla siguiente perteneciente al anexo D.3, se da valor al coeficiente de presión.

La variable A, se refiere al área de influencia del elemento o punto considerado. El signo “ “ indica que el valor es idéntico al de la casilla superior. Cuando se aportan dos valores de distinto signo separados, significa que la acción del viento en la zona considerada puede variar de presión a succión, y debe considerarse las dos posibilidades. En la tabla puede interpolarse linealmente para valores intermedios de las variables. Los valores nulos se ofrecen para poder interpolar.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Tabla D.1 Parametros verticales

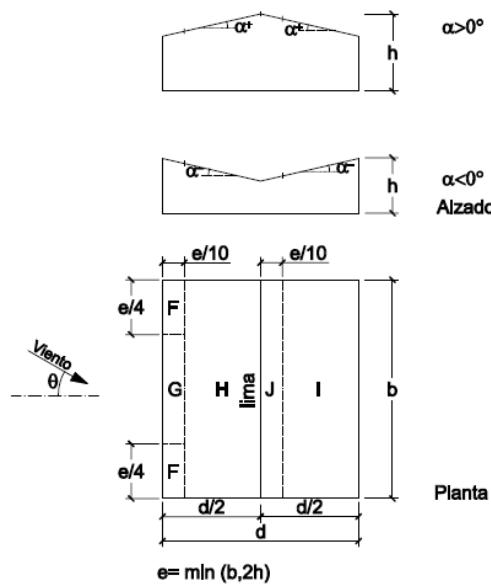


A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"		0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Viento sobre cubierta: viento incidente en el lateral de la nave.

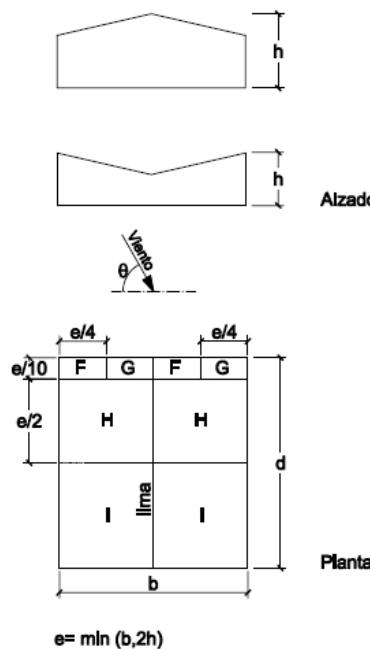
a) Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m^2)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
15°	≥ 10	-0,9 0,2	-0,8 0,2	-0,3 0,2	-0,4 +0,0	-1 +0,0
	≤ 1	-2 0,2	-1,5 0,2	-0,3 0,2	-0,4 +0,0	-1,5 +0,0

Viento sobre cubierta: viento incidente en el hastial de la nave.

b) Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



Pendiente de la cubierta α	A (m^2)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5

3.5.- NIEVE

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los parámetros exteriores.

Los modelos de carga de este apartado sólo cubren los casos del depósito natural de nieve. En cubiertas accesibles para personas o vehículos, deben considerarse las posibles acumulaciones debidas a redistribuciones artificiales de la nieve.

Asimismo, deben tenerse en cuenta las condiciones constructivas particulares que faciliten la acumulación de nieve.

3.5.1 Determinación de carga de nieve

En cubiertas planas de edificios de pisos situados en localidades de altitud inferior a 1.000m, es suficiente considerar una carga de nieve de 1,0 kN/m². En otros casos o en estructuras ligeras, sensibles a carga vertical, los valores pueden obtenerse como se indica a continuación.

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \times S_k$$

Siendo μ el coeficiente de forma de la cubierta y S_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

Cuando la construcción está protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve puede reducirse en un 20%, y aumentarse con este mismo porcentaje en emplazamientos fuertemente expuestos. En el caso que nos ocupa dejaremos el valor sin modificar por encontrarse en un sitio de características medias en lo referente a la protección del emplazamiento.

3.5.2 Cálculo del valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal (S_k)

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Como valor de carga de nieve en un terreno horizontal, S_k , puede tomarse de la tabla E.2 (Perteneciente al anexo E de la SE-AE 42), en función de la altitud del emplazamiento del proyecto o término municipal, y de la zona climática del mapa de la figura siguiente.

El presente proyecto se localiza en ZONA 2.



“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Altitud	Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (KN/m ²)					
	Zona de clima invernal, (TABLA E2)					
	1	2	3	4	5	6
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
100	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2
200	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4
700	1	1	0,4	0,6	0,6	0,5
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7
900	1,4	1,3	0,6	1	0,8	0,9
1000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2
1200	2,3	2	1,1	1,9	1,3	2
1400	3,2	2,6	1,7	3	1,8	3,3
1600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5
1800	-	4,6	4	-	-	9,3
2200	-	8	-	-	-	-

El valor de la sobrecarga de nieve en un terreno horizontal es igual a **0,6 KN/m²**.

Por otro lado se desestima la carga que pudiera existir sobre elementos que impidan el desplazamiento de la nieve.

$$q_u = \mu \times S_k = 1 \times 0,6 \text{ KN / m}^2 = \underline{\underline{60 \text{ Kgr / m}^2}}$$

Teniendo en cuenta la separación entre pórticos, se tiene una carga por metro lineal de dintel de **60 Kgr / m² x 8 m = 480 Kgr / m**

3.5.3 Cálculo del coeficiente de forma

El viento puede acompañar o seguir a las nevadas, lo que origina un depósito irregular de la nieve sobre las cubiertas. Por ello, el espesor de la capa de nieve puede ser diferente en cada faldón. Para la determinación del coeficiente de forma de cada uno de ellos, se aplicaran sucesivamente las siguientes reglas.

En un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el factor de forma tiene valor de 1 para cubiertas de inclinación menor o igual que 30° y 0 para cubiertas con inclinación mayor o igual a 60° (para valores intermedios se interpolará linealmente). Si hay impedimento, se tomará $\mu = 1$ sea cual sea su inclinación.

En el caso que nos ocupa será 1.

La determinación de la carga de nieve quedará de la forma siguiente:

$$\underline{\underline{q_n = \mu \times S_k = 1 \times 0,6 = 0,6 \text{ KN/m}^2}}$$

4. Cálculo de la correa

4.1. Determinación de acciones características

Se determinan atendiendo el CTE DB SE-AE.

4.1.1. Acciones permanentes

A. Peso propio

	Kg/m	KN/m
Correas CF 225x2.5	8.21	0.0821

B. Carga permanente.

Cubierta de panel sandwich	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
Kg/m ² KN/m ² 12 0.12	1.9	22.8	0.228
TOTAL ACCIONES PERMANENTES		kg/m	kN/m
		27.12	0.27

4.1.2.- Acciones variables

A. Sobrecarga de uso.

	Kg	KN
.Carga concentrada en centro de vano no simultánea:	200	2

B. Sobrecarga de nieve

Sobrecarga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, qn:

- . Coeficiente de forma de la cubierta: n=1
- . Zona climática de invierno en el emplazamiento: 2
- . Altitud topográfica s.n.m.: 325 m
- . Valor característico de la carga de nieve: Sk = 0.6 kN/m²
- . Sobrecarga de nieve:

$$qn = n \times Sk = 0.6 \text{ kN/m}^2$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

. Acción lineal característica de nieve sobre jácenas:

Kg/m ²	KN/m ²	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
0.6	1.9	60	114	1.14

C. Viento

- . Longitud de la cubierta: b = 30
- . Ancho de la cubierta: d = 20
- . Altura de la cumbre: h = 7
- . Altura de la fachada longitudinal: 6
- . e = min (b,2h) = 14
- . Zona climática por velocidad de viento: C
- . Presión dinámica del viento en esa zona: qb = 0.52 kN/m²
- . Grado de aspereza del entorno: III
- . Altura del punto considerado: 7
- . Coeficiente de exposición: Ce = 2

Coeficientes eólicos en faldones de cubierta: Tabla D4

. Pendiente de cubierta: 10°

. Faldón a barlovento: Zonas F G H

Interpolación		Coeficiente eólico medio de succión: -0.42		
Grados	Coef. Eólico	Zona F	Zona G	Zona H
5	-1.7	Cp = -1.3	-1	-0.45
15	-0.9	Sup= 9.8	35	275.2 320
10	-1.3			

. Coeficiente eólico medio de presión: **-0.1**

	Zona F	Zona G	Zona H
Cp =	0.1	0.1	0 .18

. Faldón a sotavento: Zonas I J

Interpolación		Coeficiente eólico medio de succión: -0.43		
Grados	Coef. Eólico	Zona I	Zona J	
5	-0.6	Cp = -0.3	-0.4	
15	0	Sup= 211.2	44.8	
10	-0.3			

. Coeficiente eólico medio de presión: **-0.06**

Zona F	Zona G

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$C_p = -0.06 \quad -0.06$$

Acción superficial de viento en forma de presión estática sobre faldones:

. Fachada a barlovento:

.Succión:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = \mathbf{-0.56} \text{ kN/m}^2$$

.Presión:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = \mathbf{0.24} \text{ kN/m}^2$$

. Fachada a sotavento:

.Succión:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = \mathbf{-0.58} \text{ kN/m}^2$$

.Presión:

$$q_e = q_b \times C_e \times C_p = \mathbf{-0.08} \text{ kN/m}^2$$

4.2.- Hipótesis de carga

VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA

HIP. .Faldón a barlovento. Nieve con viento a presión:

ACCIÓN CARACTERÍSTICA	COEF. PONDE.	COEF. SIMULT.	ACCIÓN PONDERADA
PERMANENTE	27.12	1.35	36.61 Kg/m
CARGA DE NIEVE	114	1.5	171 Kg/m
CARGA DE VIENTO	19.76	1.5	17.78 Kg/m
TOTAL:			225 Kg/m

4.3.- Cálculo de esfuerzos

- . Modelo para el cálculo: Viga isostática sometida a carga lineal uniforme
- . Para el cálculo es acero S 275
- . Intereje de pórticos, luz de cálculo de la correa: l (m) = **8**
- . Carga vertical descendente transmitida al pórtico en el apoyo de correas:

$$225.39 \text{ Kg/m} \times 8\text{m} = \mathbf{1803.12 \text{ kg}}$$

- . Carga de cálculo: **248 kg/m**

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

. Momento flector máximo en centro de vano:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{225 \cdot 8^2}{8} = 1803 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

. Modulo resistente necesario:

$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{180312 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{2400 \text{ kg} / \text{cm}^2} = 75.13 \text{ cm}^3$$

Con esto la primera correa que nos cumple es la CF 225x3 Con un W de 84,75

4.4. Comprobación a flecha

Para la comprobación a flecha se utilizan las cargas sin mayorar, la flecha máxima permitida será $\frac{l}{250} = \frac{800}{250} = 3,2 \text{ cm}$

En correas continuas sometidas a flexión esviada, debe usarse la fórmula

$$f = \frac{1}{185} \frac{ql^4}{EI}, \text{ donde } I = I_x \cos^2 \alpha$$

Luego, como $I_x = 953,44 \text{ cm}^4$ y $\alpha = 10^\circ$:

$$I = I_x \cos^2 \alpha = 953,44 \cdot \cos^2 10 = 924.69 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{1}{185} \frac{ql^4}{EI} = \frac{1}{185} \frac{2,25 \cdot 800^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 924.69} = 2,56 \text{ cm} \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

5. Cálculo del pórtico tipo

5.1. Determinación de acciones características

Se determinan atendiendo el CTE DB SE-AE.

5.1.1. Acciones permanentes

A. Peso propio

	Kg/m	KN/m
IPE 400	66.3	0.663

B. Carga permanente.

Correa CF 225x3

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Kg/m	KN/m	Intereje correas(m)	Kg/m ²	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
8.15	0.0815	1.9	4.29	8	34.32	0.34
Cubierta de panel sandwich						
Kg/m ²	KN/m ²	Intereje pórticos(m)		kg/m	kN/m	
12	0.12	8		96	0.96	
TOTAL ACCIONES PERMANENTES						
				kg/m	kN/m	
				197	1.97	

5.1.2.- Acciones variables

A. Sobrecarga de nieve

Sobrecarga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, qn:

- . Coeficiente de forma de la cubierta: n=1
- . Zona climática de invierno en el emplazamiento: 2
- . Altitud topográfica s.n.m.: 325 m
- . Valor característico de la carga de nieve: Sk = 0.6 kN/m²
- . Sobrecarga de nieve:

$$qn = n \times Sk = 0.6 \text{ kN/m}^2$$

- . Acción lineal característica de nieve sobre jácenas:

Kg/m ²	KN/m ²	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
60	0.6	8	480	4.8

B. Viento

- . Longitud de la cubierta: b = 30
- . Ancho de la cubierta: d = 20
- . Altura de la cumbre: h = 7
- . Altura de la fachada longitudinal: 6
- . e = min (b,2h) = 14
- . Zona climática por velocidad de viento: C
- . Presión dinámica del viento en esa zona: qb = 0.52 kN/m²
- . Grado de aspereza del entorno: III
- . Altura del punto considerado: 6
- . Coeficiente de exposición: Ce = 2

Coeficientes eólicos en fachadas longitudinales: tabla D1

. Cociente h/d = 0.35

. Fachada a barlovento (D):

Interpolación			Coeficiente eólico de presión:	0.73
h/d	Coef. eólico		Zona D	
1 -0.8			Cp =	0.72
0.25	-0.7		Sup =	180
0.35	0.72			

. Fachada a sotavento (E):

Interpolación			Coeficiente eólico de presión:	-0.35
h/d	Coef. eólico		Zona E	
1 -0.5			Cp =	-0.32
0.25	-0.3		Sup =	180
0.35	-0.32			

. Fachadas hastiales (A,B,C): Tabla D1.

. Coeficiente eólico medio de succión: -0.8		
Zona A	Zona B	ZonaC
Cp = -1.2	-0.8	-0.5
Sup= 8.4	82.093	39 135.6

. Acción superficial de viento en forma de presión estática:

. Fachada a barlovento (D):

.Presión:

$$qe = qb \times Ce \times Cp = \mathbf{0.75} \text{ kN/m}^2$$

. Fachada a sotavento (E):

.Succión:

$$qe = 0.52 \times 2 \times (-0.35) = \mathbf{-0.364} \text{ kN/m}^2$$

. Fachadas hastiales (A+B+C):

$$qe = qb \times Ce \times Cp = \mathbf{-0.832} \text{ kN/m}^2$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

. Acción característica de viento sobre pilares:

Pilares a barlovento (D):

. Presión:

Kg/m ²	KN/m ²	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
75	0.75	8	600	6.00

. Pilares a sotavento (E):

. Succión:

Kg/m ²	KN/m ²	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
-36	-0.364	8	-291	-2.91

. Pilares hastiales (A+B+C):

. Succión:

Kg/m ²	KN/m ²	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
-83.2	-0.832	5	-332.8	-3.3

. Acción superficial de viento en forma de presión estática sobre faldones:

. Fachada a barlovento:

.Succión:

$$qe = qb \times Ce \times Cp = -0.53 \text{ kN/m}^2$$

.Presión:

$$qe = 0.52 \times 2 \times 0.1 = 0.104 \text{ kN/m}^2$$

. Fachada a sotavento:

.Succión:

$$qe = qb \times Ce \times Cp = -0.70 \text{ kN/m}^2$$

.Presión:

$$qe = qb \times Ce \times Cp = -0.312 \text{ kN/m}^2$$

. Acción lineal característica de viento sobre jácena:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

. Faldón a barlovento:

. Presión:

Kg/m ²	KN/m ²	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
22	-0.22	8	179.7	1.80

. Faldón a sotavento:

. Presión:

Kg/m ²	KN/m ²	Intereje pórticos(m)	kg/m	kN/m
31.2	-0.312	8	246.6	2.46

5.2. Hipótesis de carga

VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA

1º HIP. .Faldón a barlovento. Nieve con viento a presión:

DINTELES

ACCIÓN CARACTERÍSTICA	COEF. PONDE.	COEF. SIMULT.	ACCIÓN PONDERADA
PERMANENTE	197	1.35	265.43 Kg/m
CARGA DE NIEVE	480	1.5	720 Kg/m
CARGA DE VIENTO	104.0	1.5	93.6 Kg/m
TOTAL:			1079 Kg/m

PILARES

ACCIÓN CARACTERÍSTICA	COEF. PONDE.	COEF. SIMULT.	ACCIÓN PONDERADA
VIENTO BARLOVENTO	600	1.5	900 Kg/m
VIENTO SOTAVENTO	-291	1.5	-436.5 Kg/m

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

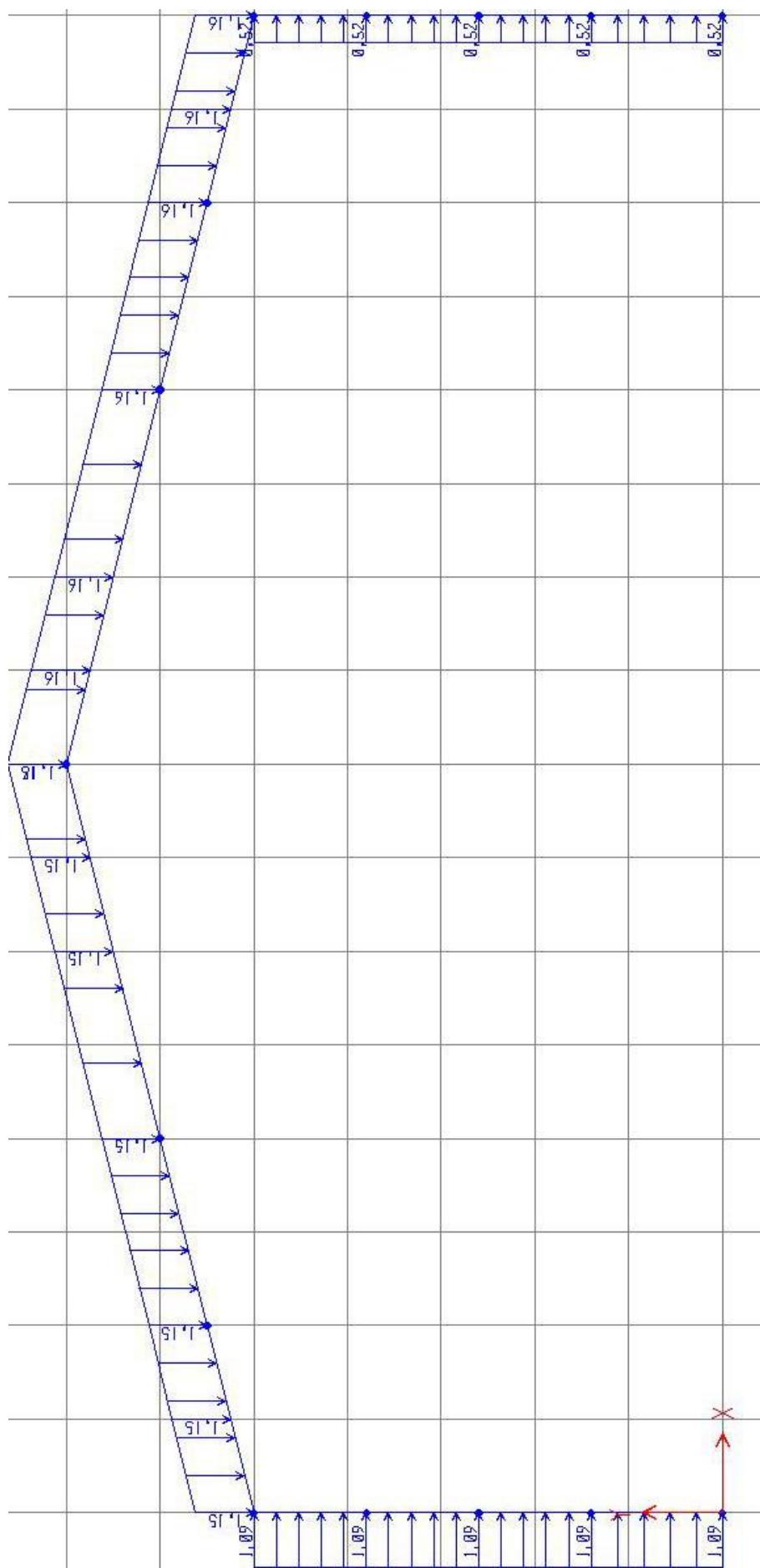
2º HIP. .Faldón a sotavento. Nieve con viento a presión:

DINTELES

ACCIÓN CARACTERÍSTICA	COEF. PONDE.	COEF. SIMULT.	ACCIÓN PONDERADA
PERMANENTE	197	1.35	265.43 Kg/m
CARGA DE NIEVE	480	1.5	720 Kg/m
CARGA DE VIENTO	- 246.6	1.5	-222.7 Kg/m
TOTAL:			763.5 Kg/m

A continuación se podrá observar la disposición de cargas en el pórtico tipo, dicha figura proviene del SAP, en ella aparecen todas las cargas con las que se ha calculado el pórtico a excepción de las cargas puntuales que actuarían en las correas laterales, provenientes del peso del cerramiento lateral y dicha correa. No aparecen en la figura porque con ellas se dificultaba la visualización de las cargas importantes. En las sucesivas páginas se encontraran las tablas de entrada y salida de datos de SAP, así como, el pórtico tipo con sus barras numeradas para poder después facilitar la comprobación que se hace de las barras.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”



“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Con la salida de datos que nos ha proporcionado SAP, cogemos los datos de la sección “Frame element forces” y cogemos la pareja de datos más desfavorable para cada una de las barras.

A continuación para comprobar cada una de las barras a resistencia, para ello el valor σ que nos dé lo compararemos con el de referencia para el acero S-275 que es 2.600 kg/cm^2 , observándose que cumplen todas.

σ se ha calculado mediante la fórmula:

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{A} w$$

M y N son los valores de momento y axil que nos da el SAP, W y A son el módulo resistente y la sección del perfil seleccionado y w es el coeficiente de pandeo que depende de λ que se calcula de la siguiente forma:

- Radio de giro de la pieza: i

$$\lambda = \frac{L_k}{i} \text{ siendo:} \quad - \text{Longitud de pandeo: } L_k = L \cdot \beta \text{ siendo } \beta = 1.3 \text{ para dinteles y } 1.2 \text{ para pilares.}$$

Barra nº	Beta	Longitud	Lk	ix o iy	Landa	w
Pilar	1,2	600	720	20.4	35.29	1,2

CASO MÁS DESFAVORABLE

	BARRA	Sección (A)	Módulo (W)	Axil (N)	Momento (M)	C. Pandeo (w)	Sigma
PILAR SOTAVENTO	IPE 500	116	1930	8770	2563000	1,2	1417.5

Como se puede observar se queda por debajo de la máxima tensión admisible 2.600 kg/cm^2 , con lo que **cumple**.

5.3. Comprobación a flecha

Para realizarlo basta con comparar en la salida de datos del SAP, el apartado Joint displacements, en la columna U2 (desplazamiento vertical) con el valor máximo de flecha permitido por normativa: $f < L/250$. La luz (L) en nuestro caso es de 20 m.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

La flecha máxima o desplazamiento vertical se produce en el nudo 3 que corresponde con el nudo cumbre, cogemos ese desplazamiento que es de 3.84 cm y lo dividiremos para 1,4 ya que la salida de datos esta con acciones mayoradas, y la comprobación a flecha se realiza con acciones sin mayorar.

$$f = \frac{3.84\text{cm}}{1,4} \leq \frac{10\text{m}}{250} \quad f = 2.74 \leq 4\text{cm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

6. Cálculo de las correas de fachada

6.1. Predimensionado

Los cerramientos de la nave, al igual que los de la cubierta serán a base de panel sándwich de 50 mm de espesor y peso propio 12 kg/m^2 , estos cerramientos irán anclados a unas correas separadas 1,2 metros entre sí y éstas a su vez a los pilares. Van a ser estas correas a base de cuadrado CF 225x2,5 las que vamos a comprobar a resistencia.

El perfil CF 225x2,5 tiene unas características:

Peso: 8,21 Kg/m

W_x = 71,72 cm^3

W_y = 16,17 cm^3

6.2. Cargas que actúan sobre el perfil

Todas las correas se verán sometidas a las mismas cargas, debiendo absorber, además del peso propio, el peso de un cerramiento de fachada de superficie 8 x 1,2 metros, y la fuerza de presión que actúe sobre esa superficie (viento):

- Concargas:
 - o Peso propio: 8,21 kg/m
 - o Peso panel sándwich = $12 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,2 \text{ m}$ (separación entre correas) = 14,4 kg/m
- Sobrecargas:
 - o Viento: se considera actúa una acción de $q = 100 \text{ kg/m}^2$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

La ponderación de estas acciones será:

- Cargas permanentes x 1,33: $(8,21+14,4) \times 1,33 = 30 \text{ kg/m}$
- Cargas variables x 1,5: $100 \text{ kg/m}^2 \times 1,2\text{m} \times 1,5 = 180 \text{ kg/m}$

6.3. Comprobación del perfil

A).- A resistencia

La unión del perfil a los pilares será soldada en todo el perímetro, con lo que se aproximaría a una unión empotrada.

Los momentos flectores máximos se darán en las soldaduras a los pilares, y valdrán:

- Provocados por cargas permanentes:

$$My = \frac{pl^2}{12} = \frac{30 \cdot 8^2}{8} = 160 \text{ kg.m} = 16000 \text{ kg.cm}$$

- Id. Provocadas por cargas variables:

$$Mx = \frac{pl^2}{12} = \frac{180 \cdot 8^2}{8} = 960 \text{ kg.m} = 96000 \text{ kg.cm}$$

Luego la comprobación más desfavorable resulta ser:

$$\sigma = \frac{Mx}{Wx} + \frac{My}{Wy} = \frac{96000}{71.72} + \frac{16000}{16.17} = 1338,5 + 989,5 = 2328 \text{ kg/cm}^2 < 2.600 \Rightarrow Cumple$$

B).- A deformación

Según normativa, la flecha máxima corresponde a 1/250 de la luz salvada; para nuestro caso: $\frac{800}{250} = 3,2 \text{ cm}$.

La flecha máxima en vigas biempotradas corresponde a la fórmula:

$$f_{\max} = \frac{pl^4}{384EI}, \text{ donde "p" será la carga por metro lineal, pero sin mayorar, tal y como se recoge en la normativa vigente, NBE EA-95. Así pues, tendremos flechas en dos sentidos de la viga, que valdrán:}$$

como se recoge en la normativa vigente, NBE EA-95. Así pues, tendremos flechas en dos sentidos de la viga, que valdrán:

- En sentido gravitatorio:

$$f_{\max} = \frac{(0,0821 \text{ kg/cm} + 0,144 \text{ kg/cm}) \cdot 800^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 90,86} = 1,26 \text{ cm}$$

- En el otro sentido (el del viento, horizontal con el terreno):

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$f_{\max} = \frac{(1,2 \text{ kg/cm}) \cdot 800^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 806,87} = 0,75 \text{ cm}$$

Luego la deformación más desfavorable ocurrirá cuando se combinen simultáneamente ambas flechas:

$$\sqrt{0,75^2 + 1,26^2} = \sqrt{2,15} = 1,46 \text{ cm} < 3,2 \text{ cm} \Rightarrow \text{Cumple}$$

Por lo tanto, el perfil elegido es perfectamente válido, pues cumple con los requisitos de resistencia y deformación (y sobrado), pero es absolutamente fundamental que en obra se garantice que la unión de las correas a los pilares se asemeja lo máximo posible a una unión empotrada.

7. Cálculo de los pilares hastiales

Los pilares hastiales tienen como misión recoger la carga de viento de fachada, así como de sustentar el panel sándwich, trasmitiendo los esfuerzo hacia la cimentación.

Las cabezas de los pilares coinciden con las correas, que es lo ideal ya que así recogerán los esfuerzos del viento y estos llegarán a la cimentación.

Estos pilares estarán sometidos a flexocompresión, la flexión la provocará el viento y la compresión los elementos que graviten en el pilar (1079 kg/m provenientes del portico, peso del propio pilar, correas de fachada y sándwich). Las correas son a base de CF 225x2,5 y los pilares se predimensionan con HEB-140.

• **Sándwich:** $120 \text{ m}^2 \cdot 12 \text{ kg/m}^2 = 1440 \text{ kg} / 5 \text{ pilares} = 288 \text{ kg/pilar}$

• **Correas:** $8,21 \text{ kg/m} \cdot 16 \text{ m} = 164,2 \text{ kg/correa} \cdot \frac{5 \text{ correas}}{5 \text{ pilares}} = 164,2 \text{ kg/pilar}$

• **Pilar:** $33,7 \text{ kg/m} \cdot 7 \text{ m} = 235,9 \text{ kg/pilar}$

688,1 kg/pilar

Al ser cargas permanentes: $688,1 \text{ kg/m} \cdot 1,33 = 915,173 \text{ kg (Axil N)}$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

A este axil hay que sumarle la carga lineal que gravita sobre el pórtico que es de 1.079 kg/m (ya mayorada); como cada pilar dista del siguiente 4 m, cada pilar recibe:

$$1079 \text{ kg/m} \times 5 \text{ m} = 5395 \text{ kg} + 915.2 \text{ kg} = 6310 \text{ kg}$$

- **Viento:** Según la excel anterior vemos que en la fachada hastial tenemos una carga de 100 kg/m².

$$q = 100 \text{ kg/m}^2 \cdot 5 \text{ m} (\text{separación entre pilares}) = 500 \text{ kg/m}$$

$$q^* = 500 \text{ kg/m} \cdot 1.5 = 750 \text{ kg/m}$$

Al modelizar el pilar como empotrado en la zapata y soldado con la correa el momento máximo se da en la base del pilar y tiene un valor de:

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{750 \text{ kg/m} \times 7^2}{8} = 3062 \text{ kg}\cdot\text{m} = 306.200 \text{ kg}\cdot\text{cm}$$

Ahora calcularemos el coeficiente de pandeo del pilar, para piezas biempotradas que se estima $\beta=0.5$.

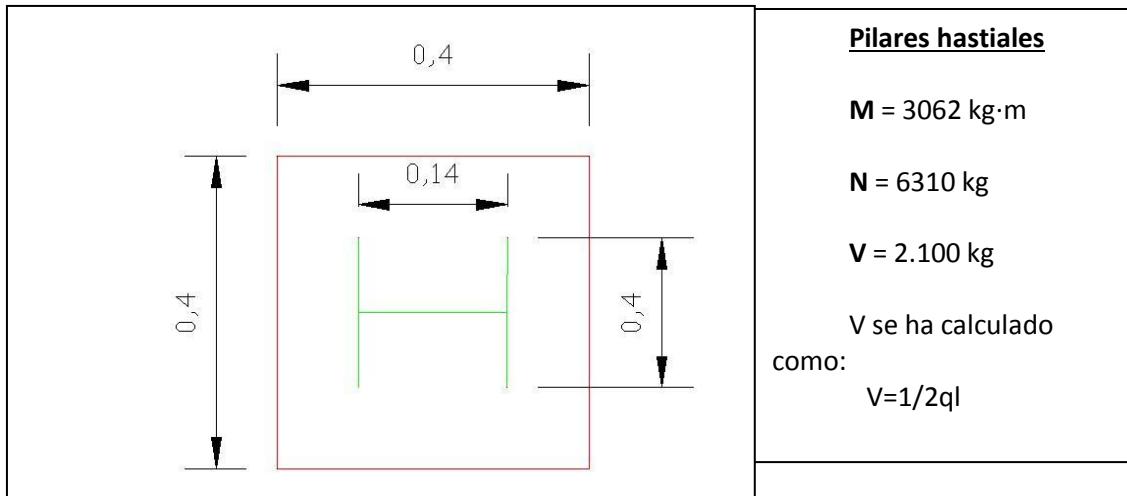
$$L_k = \beta \cdot l = 0.5 \cdot 700 \text{ cm} = 350 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = L_k / i_y = 350 \text{ cm} / 3,58 \text{ cm} = 97,76 \Rightarrow \omega = 1,95$$

Comprobamos a resistencia:

$$\sigma = \frac{Mx}{Wx} + \frac{N}{A} \omega = \frac{306200}{216} + \frac{6310}{43} \cdot 1,95 = 1704 \text{ kg/cm}^2 < 2.600 \Rightarrow Cumple$$

8. Cálculo de las bases de columna de los pilares hastiales



$$\text{Calculamos la excentricidad: } e = \frac{M}{N} = \frac{3062 \text{ kgm}}{6310 \text{ kg}} = 0,48 \text{ m}$$

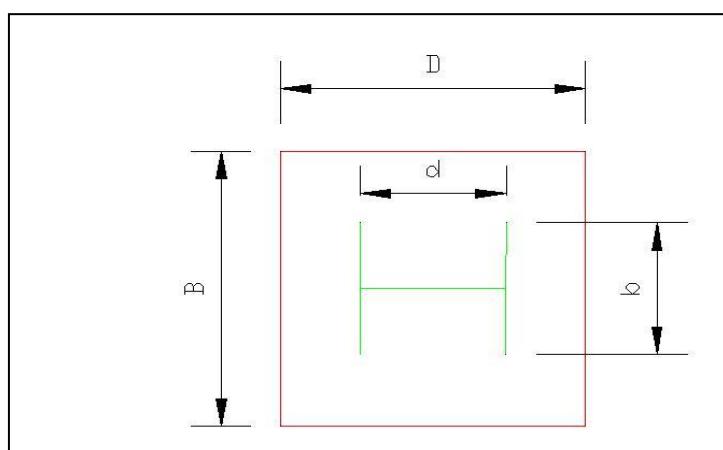
$$\text{Nos encontramos en el caso C: } e > \frac{D}{2} - \frac{d}{3} > \frac{40}{2} - \frac{35}{3}$$

Esto significa que la línea neutra se encuentra entre los paramentos de los pernos y existe fuerza de tracción F^* que tendrá un valor junto a la tensión de compresión del hormigón de:

$$F^* = N^* \frac{8e - 3D}{8d - D} = 6310 \frac{8 \cdot 0,48 - 3 \cdot 0,4}{8 \cdot 0,35 - 0,4} = 6941 \text{ kg}$$

$$\sigma_c^* = \frac{N^* + F^*}{B \cdot \frac{D}{4}} = \frac{6310 + 6941}{40 \cdot \frac{40}{4}} = 33.12 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c^* < \sigma_{adm} \text{ siendo } \sigma_{adm} = 0.85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.85 \frac{250}{1.5} = 142 \text{ kg/cm}^2 \quad \longrightarrow \text{CUMPLE}$$



previo al espesor de la placa base necesitamos calcular los huecos virtuales m y n:

$$n = \frac{D - 0.95d}{2} = \frac{40 - 0.95 \cdot 14}{2} = 13.35 \text{ cm}$$

$$m = \frac{B - 0.8b}{2} = \frac{40 - 0.8 \cdot 14}{2} = 14.4 \text{ cm}$$

Cogemos el mayor de los dos valores anteriores siendo este 14.4 cm  L

Como $L > D/4 > 10$ cm adoptamos para calcular el espesor t de la placa la siguiente fórmula:

$$t > \sqrt{\frac{3}{2} \frac{\sigma_c^*}{\sigma_u} \cdot D \left(L - \frac{D}{8} \right)} = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{33.12 \text{ kg/cm}^2}{2600 \text{ kg/cm}^2} \cdot 40 \left(14,4 - \frac{40}{8} \right)} = 2,68 \text{ cm}$$

Como conclusión podemos decir que para los pilares hastiales pondremos una placa base de 40x40cm de espesor 2,75 cm.

9. Cálculo de los pernos

Los pernos deben ser dimensionados de forma que la fuerza necesaria para arrancarlo del hormigón sea igual a la que los rompería a tracción. Fijamos el número de pernos en 2 por paramento y así sacamos el área resistente que deben tener:

$$A_r > \frac{F^*}{0.8\sigma \cdot n} = \frac{6310 \text{ kg}}{0.8 \cdot 3000 \text{ kg/cm}^2 \cdot 2} = 1,31 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{TC16} \oslash 16$$

Como el pilar también sufre cortante, comprobaremos el perno a tensiones combinadas:

$$\sigma^* = \frac{F^*}{n \cdot A} = \frac{6310 \text{ kg}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 1,6^2 \text{ cm}}{4}} = 1569 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau^* = \frac{V^*}{n \cdot A} = \frac{2.100 \text{ kg}}{4 \cdot \frac{\pi \cdot 1,6^2 \text{ cm}}{4}} = 261 \text{ kg/cm}^2$$

Nota: A cortante trabajan los 4 pernos

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^{*2} + 3\tau^{*2}} = \sqrt{1569^2 + 3 \cdot 261^2} = 1632 \text{ kg/cm}^2 < 3000 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow Cumple$$

Ahora calculamos la longitud que debe tener el perno considerándolo corrugado, se considera un perno de acero 5.6 que en taller se roscará para que sea corrugado:

Como tenemos pernos de Ø16 estamos en el rango: 8mm < Ø < 32mm aplicamos la siguiente fórmula: $\tau_{bu} = 130 - 1,9 \cdot \text{Ø} = 130 - 1,9 \cdot 16 = 99,6 \text{ kg/cm}^2$

$$\tau_{bd} = \frac{\tau_{bu}}{1,6} \sqrt[3]{\left(\frac{f_{ck}}{225}\right)^2} = \frac{99,6}{1,6} \sqrt[3]{\left(\frac{250}{225}\right)^2} = 66,8 \text{ kg/cm}$$

$$L > \frac{0,8 \cdot \sigma_t \cdot A_r}{\phi \cdot \pi \cdot \tau_{bd}} = \frac{0,8 \cdot 3000 \cdot 1,57}{1,6 \cdot \pi \cdot 66,8} = 11,2 \text{ cm}$$

10. Cálculo de las zapatas de los hastiales

Predimensionado:

Los pilares hastiales tiene en la base las siguientes reacciones:

$$N^* = 6310 \text{ kg}$$

$$M^* = 3062 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$V^* = 2.100 \text{ kg}$$

Para obtener una superficie orientativa realizamos la siguiente operación:

$$\sigma = \frac{N}{A} < \sigma_{adm} \Rightarrow A = \frac{794,9 \text{ kg}}{2 \text{ kg/cm}^2} = 397,5 \text{ cm}^2 = 0,055 \text{ m}^2$$

Al ser el pilar del centro que el momento flector no supone mucho respecto al axil, probaremos con una zapata cuadrada de 1.75x1.75m y 1 m de profundidad.

Por lo tanto, hemos dimensionado una zapata rígida, ya que se cumple que el vuelo es menor que dos veces el canto.

$$\frac{1,75 - 0,12}{2} = 0,81 < 2,1 \text{ m} = 2$$

Comprobación del dimensionado

El dimensionado de la zapata se debe de llevar a cabo con las acciones sin mayorar con lo que minoraremos los valores que nos ha dado el programa, dividiendo éstas por 1.4:

$$N = N^*/1.4 = 6310/1.4 = 4507 \text{ kg}$$

$$M = M^*/1.4 = 3062/1.4 = 2187 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$V = V^*/1.4 = 2.100/1.4 = 1.500 \text{ kg}$$

Como las acciones expuestas eran en la base del pilar, debemos pasárlas a la base de la zapata:

$$M_1 = M + V \cdot h = 2.187 + 1.500 \cdot 1\text{m} = 3.687 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$N_1 = N + P_{\text{zapata}} = 4.507 + (2500 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,5\text{m} \cdot 1,5\text{m} \cdot 1\text{m}) = 10.132 \text{ kg}$$

$$V_1 = V = 1.500 \text{ kg}$$

El parámetro $a'/6$ vale: $\frac{a'}{6} = \frac{1,5}{6} = 0,25 \text{ m}$ (a' es la longitud de la zapata).

$$\text{La excentricidad de la carga es: } e = \frac{M_1}{N_1} = 0,36\text{m}$$

Como $e > a'/6$, la distribución de presiones es triangular, por lo tanto:

$$c = 1,5(a' - 2e) = 1,17 \text{ m}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4N_1}{3(a' - 2e)b'} = 1,15 \text{ kg/cm}^2$$

En cuanto a **tensiones admisibles** debe cumplirse:

$$\bullet \sigma_{med} = \frac{N_1}{a' \cdot b'} = \frac{9.495}{1.5 \cdot 1.5} = 4.220 \text{ kg/m}^2 = 0,42 \text{ kg/cm}^2 < 2 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \text{Cumple}$$

$$\bullet \sigma_{\max} < 1.25 \sigma_{\text{adm}} \Rightarrow 1,02 < 1.25 \cdot 2 \Rightarrow \text{Cumple}$$

En cuanto a la **estabilidad al vuelco**, debe cumplirse la siguiente condición:

$$\frac{N_1 \cdot a'/2}{M_1} > 2 \Rightarrow \frac{10.132 \cdot (1.5/2)}{3.687} = 2,06 > 2 \Rightarrow \text{Cumple}$$

Y finalmente, debe comprobarse la **estabilidad al deslizamiento**, para lo cual debe cumplirse que:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$\frac{N_1 \cdot \tan \varphi_d}{V} \geq 2 \Rightarrow \frac{10132x \tan(30)}{1.500} = 2.45 > 2 \Rightarrow Cumple$$

Nota: φ_d es el ángulo de rozamiento terreno-zapata, que se ha estimado como $2/3\varphi$.

Armado de la zapata

El armado de la zapata debe realizarse bajo hipótesis de cargas mayoradas, es decir, las que se han usado en el cálculo de la armadura del pilar.

Pasaremos nuevamente estas reacciones de base del pilar a la base de la zapata:

$$M_1^* = M + V \cdot h = 3687 + 2.100 \cdot 1m = 5787 \text{ kg} \cdot m$$

$$N_1^* = N + P_{\text{zapata}} = 5.419 + (2500 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.5m \cdot 1.5m \cdot 1m) = 11.935 \text{ kg}$$

$$V_1^* = V = 2100 \text{ kg}$$

Debe determinarse las presiones transmitidas al terreno, pues nos son necesarias para el cálculo de la armadura:

$$\text{La excentricidad de la carga es: } e = \frac{M_1^*}{N_1^*} = \frac{5.787}{11935} = 0,41m$$

Como $e > a'/6$, la distribución de presiones es triangular, por lo tanto:

$$\sigma_{\max} = \frac{4N_1^*}{3(a' - 2e)b'} = \frac{4 \cdot 11.935}{3(1.5 - 2 \cdot 0.48) \cdot 1.5} = 15.601 \text{ kg/m}^2 = 15.67 \text{ t/m}^2$$

Siendo e la excentricidad de la carga.

No es aplicable la teoría general de flexión en zapatas rígidas; debe establecerse un modelo de bielas y tirantes.

Calculamos la **ley de tensiones bajo zapata**, pues nos es necesaria para el cálculo:

$$Td = \frac{Rld}{0,85d} (X1 - 0,25a) = As \cdot x \cdot fyd$$

$$\begin{cases} \sigma_x = 14,4 - \frac{15,6}{1,23}x & \text{si } x < 1,23 \\ 0 & \text{si } x > 1,23 \end{cases}$$

En la mitad de la zapata ($x=1.5/2=0.75$) la tensión valdrá:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$\sigma_{med} = 14,4 - \frac{15.6}{1.23} \cdot 0.75 = 4,88 \text{ t/m}^2$$

Debe calcularse la resultante R_{1d} equivalente a las presiones transmitidas en una mitad de la zapata:

$$R_{1d} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{med}}{2} \cdot (a'/2) \cdot a' = \frac{15.6 + 4.88}{2} \cdot (1.5/2) \cdot 1.5 = 11.92 \text{ t/m}^2$$

Debemos calcular también la posición de aplicación de esa fuerza ficticia. Lo realizaremos calculando el centro de gravedad de la figura compuesta, mediante un equilibrio de momentos respecto a la mitad de la zapata:

$$\text{Área}_{\text{rectángulo}} \times \text{cdg}_{\text{rectángulo}} + \text{Área}_{\text{triángulo}} \times \text{cdg}_{\text{triángulo}} = \text{Área}_{\text{trapecio}} \times \text{cdg}_{\text{trapecio}}$$

$$\left(4.88t/\text{m}^2 \cdot \frac{1.5}{2} \cdot 1.5 \right) \frac{0.375}{2} + \left(\frac{8.8 \cdot 0.75}{2} \cdot 1.5 \right) \frac{2 \cdot 0.75}{3} = \frac{15.6 + 5.6}{2} \cdot 0.75 \cdot 1.5 \cdot x_1 \Rightarrow x_1 = 0,37 \text{ m}$$

En zapatas rígidas, la tracción del supuesto tirante dispuesto en el inferior de la zapata viene dada por la fórmula:

$$Td = \frac{R1d}{0,85d} (X1 - 0,25a) = As \times fyd$$

donde “d” es el cánto útil de la zapata (0,94 m suponiendo un recubrimiento d’ de 6cm) y “a” el ancho del soporte o pilar, 0,14 m en nuestro caso. Así pues, la tracción a absorber por la armadura longitudinal es:

$$Td = \frac{11.92t}{0,85 \cdot 0,94m} (0,37 - 0,25 \cdot 0,14) = 4.71t$$

Empleando acero B-500s ($f_{sd} = 5000 \text{ kg/cm}^2$ y $\gamma_s = 1,15$), el área de acero necesaria es:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$As = \frac{4710 \text{ kg}}{5000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} / 1,15} = 1.08 \text{ cm}^2$$

Comprobación a capacidad mecánica mínima.

Debe cumplirse que:

$$As \geq 0,04 Ac \frac{f_{cd}}{f_{sd}} = 0,04 \times 150 \times 100 \times \frac{250 / 1,5}{5000 / 1,15} = 23 \text{ cm}^2$$

donde Ac es el área de la sección de la zapata (que se ha calculado en cm).

Comprobación de cuantía geométrica mínima:

Igualmente, para el acero B – 500s, debe cumplirse:

$$As \geq 0,0018 Ac = 0,0018 \times 150 \times 100 = 27 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, deberemos disponer en esa sección de 27 cm^2 de acero B –500s como mínimo. Si empleamos redondos $\Phi = 20 \text{ mm}$, cuya área es 3.14 cm^2 , necesitaremos:

$$\frac{27}{3.14} = 8,6 \Rightarrow 9 \text{ redondos}$$

Comprobación a la separación:

Consideraremos no existe encofrado, pues las zapatas se excavarán directamente en el terreno con retroexcavadora: $r_1 = 7 \text{ cm}$

$$L = r_1 + 4\phi = 7 \text{ cm} + 4 \times 2 = 15 \text{ cm}$$

$$S = \frac{b' - (r_1 + 4\phi)x_2 - n\phi}{n - 1} = \frac{150 - 15x2 - 9x2}{9 - 1} = 12.75 \text{ cm}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Para la armadura transversal se utilizará también acero B-500-S, del cual se colocarán 9 redondos de $\varnothing = 20$ mm, dispuestos con una separación de 12,75cm, para cumplir las cuantías mínimas.

Esta separación “S” cumple con lo exigido por normativa:

$$S < 30 \text{ cm}$$

$$S > 2 \text{ cm}$$

$$S > 1,25 \text{ el tamaño máximo del árido (2 cm en este caso)}$$

11. Cálculo de las bases de columna de los pilares del pórtico

Calculamos la excentricidad: $e = \frac{M}{N} = \frac{20760 \text{ kgm}}{10.020 \text{ kg}} = 2.07 \text{ m}$

Nos encontramos en el caso C: $e > \frac{D}{2} - \frac{d}{3} > \frac{50}{2} - \frac{45}{3}$

Pilares derecho e izquierdo

$$\mathbf{M} = 20760 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{N} = 10.020 \text{ kg}$$

$$\mathbf{V} = 7.030 \text{ kg}$$

Esto significa que la línea neutra se encuentra entre los paramentos de los pernos y existe fuerza de tracción F^* que tendrá un valor junto a la tensión de compresión del hormigón de:

$$F^* = N^* \frac{8e - 3D}{8d - D} = 10.020 \frac{8 \cdot 2.07 - 3 \cdot 0.7}{8 \cdot 0.55 - 0.7} = 42989 \text{ kg}$$

$$\sigma_c^* = \frac{N^* + F^*}{B \cdot \frac{D}{4}} = \frac{10.020 + 42.989}{40 \cdot \frac{70}{4}} = 75.72 \text{ kg/cm}^2$$

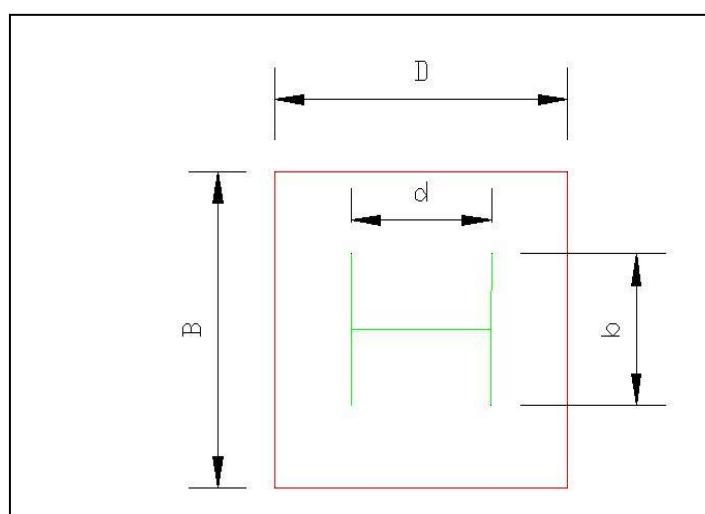
$$\sigma_c^* < \sigma_{adm} \text{ siendo } \sigma_{adm} = 0.85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.85 \frac{250}{1.5} = 142 \text{ kg/cm}^2 \quad \longrightarrow \text{CUMPLE}$$

$$D=0.7 \text{ d}=0.5 \text{ B}=0.4 \text{ b}=0.2$$

Previo al espesor de la placa base necesitamos calcular los vuelos virtuales m y n:

$$m = \frac{D - 0.95d}{2} = \frac{70 - 0.95 \cdot 24}{2} = 23.6 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0.8b}{2} = \frac{40 - 0.8 \cdot 24}{2} = 10.4 \text{ cm}$$



Cogemos el mayor de los dos valores anteriores siendo este 23.6 cm → L

Como $L > D/4$ (17.5) > 12,5 cm adoptamos para calcular el espesor t de la placa la siguiente fórmula:

$$t > \sqrt{\frac{3}{2} \frac{\sigma_c^*}{\sigma_u} \cdot D \left(L - \frac{D}{8} \right)} = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{75.72 \text{ kg/cm}^2}{2600 \text{ kg/cm}^2} \cdot 70 \left(23.6 - \frac{70}{8} \right)} = 6.73 \text{ cm}$$

Al resultar de los cálculos placa base de más de 2cm se colocan cartelas.

Como es un espesor excesivo vamos a reducirlo a 2 cm acartelando con cartelas del mismo espesor. La presión que toma la placa se calcula fijando el espesor de la placa base en la fórmula de cálculo del espesor t y despejando de dicha fórmula el valor σ_c .

$$2^2 = \frac{3}{2} \frac{\sigma_c^*}{2600} \cdot 70 \left(23.6 - \frac{70}{8} \right) \Rightarrow \sigma_c^* = 11.31 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Esto lo soportará una placa base de}$$

2cm de espesor. Entonces la cartela deberá soportar:

$$75.72 \text{ kg/cm}^2 - 11.31 \text{ kg/cm}^2 = 64.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$R^* = A_t \cdot \sigma_{car}^* = (13 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm}) \cdot 11.31 \text{ kg/cm}^2 = 1507 \text{ kg}$$

$$P^* = \frac{R^*}{\cos \alpha} = \frac{1507 \text{ kg}}{\cos 45} = 2131 \text{ kg}$$

$$A = \frac{b \cos \alpha}{4} \cdot e = \frac{10 \cos 45}{4} \cdot 2 = 1.76 \text{ cm}^2$$

$$\lambda = \frac{2.02b}{e \cdot \operatorname{sen} \alpha} = \frac{2.02 \cdot 10}{2 \cdot \operatorname{sen} 45} = 14.28 \Rightarrow \omega = 1$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$\sigma = \frac{P^*}{A} \cdot \omega = \frac{5.132 \text{kg}}{1.76 \text{cm}^2} \cdot 1 = 1206.04 \text{kg/cm}^2 < 2600 \Rightarrow CUMPLE$$

Como conclusión podemos decir que para los pilares de los extremos pondremos una placa base de 70x40cm de espesor 2 cm acartelada con cartelas de 2 cm.

12. Cálculo de los pernos

Los pernos deben ser dimensionados de forma que la fuerza necesaria para arrancarlo del hormigón sea igual a la que los rompería a tracción. Fijamos el número de pernos en 4 por paramento y así sacamos el área resistente que deben tener:

$$A_r > \frac{F^*}{0.8\sigma \cdot n} = \frac{42989 \text{kg}}{0.8 \cdot 3000 \text{kg/cm}^2 \cdot 4} = 4.47 \text{cm}^2 \Rightarrow 447 \text{mm}^2 \Rightarrow TC30 \oslash 30$$

Como el pilar también sufre cortante, comprobaremos el perno a tensiones combinadas:

$$\sigma^* = \frac{F^*}{n \cdot A} = \frac{42989 \text{kg}}{4 \cdot \frac{\pi \cdot 3^2 \text{cm}}{4}} = 1520 \text{kg/cm}^2$$

$$\tau^* = \frac{V^*}{n \cdot A} = \frac{7030 \text{kg}}{8 \cdot \frac{\pi \cdot 3^2 \text{cm}}{4}} = 124.31 \text{kg/cm}^2$$

Nota: A cortante trabajan los 8 pernos

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^{*2} + 3\tau^{*2}} = \sqrt{1520^2 + 3 \cdot 124.31^2} = 1634 \text{kg/cm}^2 < 3000 \text{kg/cm}^2 \Rightarrow Cumple$$

Ahora calculamos la longitud que debe tener el perno considerándolo corrugado, se considera un perno de acero 5.6 que en taller se roscará para que sea corrugado:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Como tenemos pernos de $\varnothing 30$ estamos en el rango: $8\text{mm} < \varnothing < 32\text{mm}$ aplicamos la siguiente fórmula: $\tau_{bu} = 130 - 1,9 \varnothing = 130 - 1,9 \cdot 30 = 73 \text{ kg/cm}^2$

$$\tau_{bd} = \frac{\tau_{bu}}{1,6} \sqrt[3]{\left(\frac{f_{ck}}{225}\right)^2} = \frac{73}{1,6} \sqrt[3]{\left(\frac{250}{225}\right)^2} = 52.5 \text{ kg/cm}$$

$$L > \frac{0.8 \cdot \sigma_t \cdot A_r}{\phi \cdot \pi \cdot \tau_{bd}} = \frac{0.8 \cdot 3000 \cdot 4,47}{3 \cdot \pi \cdot 52.5} = 21.68 \text{ cm}$$

La longitud de los pernos será pues de 21.68 centímetros.

13. Cálculo de las zapatas de los pilares del pórtico

13.1. Datos de partida

Para comenzar a calcular necesitamos los datos de salida que nos da el programa SAP, nos centraremos en las reacciones en los puntos 1 y 5 que son los pies de los pilares del pórtico. No hay que olvidar que estas fuerzas están mayoradas.

- Se considera un terreno con tensión admisible $\sigma_{adm} = 2 \text{ kp/cm}^2$, ejecución con control normal. Al considerar contacto con el terreno la cimentación se ubica en un ambiente IIa.
- El ángulo de rozamiento terreno-zapata es de 28 grados.
- Se utilizará hormigón armado HA-25/B/20/IIa con acero B500S, por lo tanto coeficientes de seguridad parcial de material: $\gamma_c = 1,5$ $\gamma_s = 1,15$.

13.2. Predimensionado

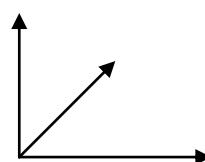
Según el art. 37.2.4. EHE, el recubrimiento mínimo es de 25 mm, siendo:

$$r_{nom} = r_{min} + \Delta r = 25 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$$

Tomaremos $d' = 5 \text{ cm}$

Las reacciones mayoradas en el nudo 5, según el sistema de ejes globales son:

$$N = 8773 \text{ kg}$$



“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$V = -9649 \text{ kg}$$

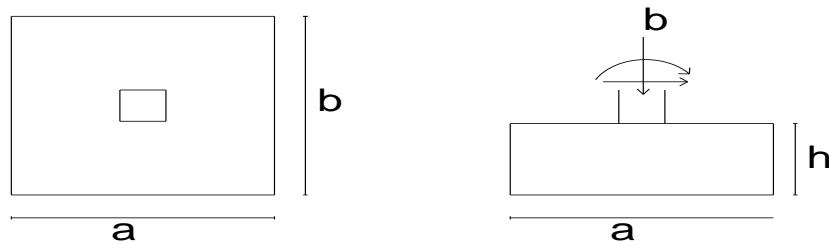
$$M = 25630 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Por lo tanto las acciones sobre la zapata tendrán unos valores sin mayorar (dividiendo las acciones mayoradas para 1,4) de:

$$N = 6266 \text{ kg}$$

$$V = -6892 \text{ kg}$$

$$M = 18307 \text{ kg} \cdot \text{m}$$



Dado que el axil es menor que el momento, como suele ser habitual en este tipo de naves que son bastante ligeras, predimensionamos considerando zapata rectangular.

El canto de la zapata debe ser mayor de 25 cm. Tomamos por tanto los siguientes valores de zapata:

$$a = 3,75 \text{ m}$$

$$b = 2,5 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m}$$

13.3. Tensiones en el terreno

Los valores de momento flector, esfuerzo axil y esfuerzo cortante en la base de la zapata, considerando el art. 59.3. EHE que especifica el uso de los efectos de segundo orden son:

$$M_1 = M + V \cdot h = 18307 + 6892 \times 0,7 = 23131 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$N_1 = N + P_t + P_z = 6266 + (3,75 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2500 \text{ kg/m}^3) \cdot 1,4 = 29234 \text{ kg}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$V_1 = 6892 \text{ kg}$$

h: canto de la zapata.

P_t: peso del terreno que descansa sobre la zapata (es cero ya que consideramos zapata con cara superior a nivel del terreno)

P_z: peso propio de la zapata

$$e = \frac{M_1}{N_1} = \frac{23131}{29234} = 0,79 \text{ m}$$

$$e < \frac{a}{20} = \frac{3}{20} = 0,15 \text{ m}$$

Como $0,79 > 0,15 \rightarrow$ reducimos sección a x b

Esta nueva sección será, la longitud de la zapata menos dos veces las excentricidad, así:

$$300 \text{ cm} - 2 \cdot 93\text{cm} = 142 \text{ cm}$$

La presión total bruta media será:

$$q_b = \frac{N_1}{a \times b} = \frac{24641}{142 \times 250} = 0,69 \text{ kg/cm}^2$$

13.4. Estados límites últimos

a) Hundimiento

$$q_b < \sigma_{adm}$$

$$0,69 < 2 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{cumple}$$

b) Comprobación a vuelco

Se debe cumplir

$$\frac{N_1 \cdot a/2}{M_1} > 2$$

$$\frac{24641 \cdot 3.75/2}{23131} = 2.14 > 2 \implies \text{cumple}$$

c) Comprobación a deslizamiento

En terrenos no cohesivos se debe cumplir

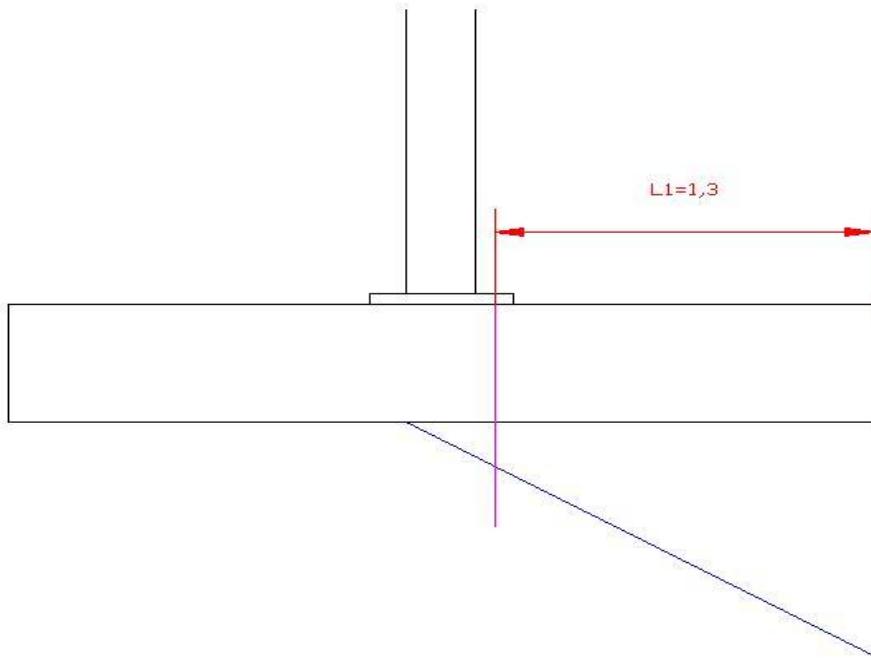
“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$\frac{N_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_d}{V} = \frac{29234 \cdot \operatorname{tg} 28}{6892} = 2.25 \geq 2 \Rightarrow \text{cumple}$$

13.5. Armado de la zapata

$$v = \frac{3.75m - 0,12m}{2} = 1,81 > 2h = 1,4m \longrightarrow \text{FLEXIBLE}$$

Elección de la sección de referencia → Pilar metálico → a la mitad del vuelo de la placa base.



$$L1 = 3.75/2 - 0,2 = 1,675 \text{ m}$$

$$M1d = 23131 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$N1d = 29234 \text{ kg}$$

$$e = \frac{M_{1d}}{N_{1d}} = \frac{23131 \text{ kg} \cdot \text{m}}{29234 \text{ kg}} = 0,79 > \frac{a}{6} = 0,625 \longrightarrow \text{DISTR. TRIANGULAR}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4N_1}{3(a' - 2e)b'} = \frac{4 \cdot 29234}{3(3.75 - 2 \cdot 0.79) \cdot 2,5} = 7185 \text{ kg/m}^2 = 7.85 \text{ t/m}^2$$

$$C = 1,5 (a' - 2e) = 1,5 (3.75m - 2 \cdot 0,79m) = 3.25 m$$

$$\frac{\sigma_{1d}}{c} = \frac{\sigma_{3d}}{c - l_1}$$

$$\sigma_{3d} = \frac{7185 \cdot (1.68)}{3.25} = 3714 kg/m^2$$

El momento máximo que hay en la sección de referencia es:

$$M_1 = \frac{b' \cdot l_1^2}{6} (2\sigma_{1d} + 3\sigma_{3d}) = \frac{2 \cdot 1,672^2}{6} (2 \cdot 7185 + 3714) = 16851 kg \cdot m$$

Para evitar la necesidad de armadura en la zona superior de la zapata el canto debe cumplir:

$$M_1 \leq 0,375 \cdot U_0 \cdot d \leq 0,375 \cdot 2.302t \cdot 0,65 m = 561 t \cdot m$$

$$U_0 = 0,85 f_{cd} \cdot b' \cdot d = 0,85 \cdot (2500t/m^2 / 1,5) \cdot 2,5 \cdot 0,65 = 2.302 t$$

$$d = 70cm - 5 cm = 65 cm$$

La cuantía mecánica de la armadura de tracción se obtiene de la ecuación:

$$U = U_0 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2M_1}{U_0 \cdot d}} \right) = 2.302 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(16.85)}{2.302 \cdot 0,65}} \right) = 26.07t$$

$$U = As \cdot f_{yd} \longrightarrow 26070 kg = As (cm^2) \cdot 5000kg/cm^2 / 1,15$$

$$As_1 = 5.99 cm^2$$

C.M.M.

$$Ac = 0,7 m \cdot 2,5 m = 1,75 m^2$$

$$A_s \geq 0,04 \cdot A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \geq 0,04 \cdot 70 \cdot 250 \cdot \frac{25}{500} \frac{1,5}{1,15}$$

$$As_2 = 26,83 cm^2$$

C.G.M.

$$As_3 = 0,002 \cdot Ac = 0,002 \cdot 70 \cdot 250 = 35 cm^2$$

$$\longrightarrow n = \frac{35 cm^2}{2,01 cm^2} = 17,41 \equiv 18 redondos$$

Armando con redondos $\phi 16$ mm

$$L = r + 4 \phi = 5cm + 4 \cdot 1,6cm = 11,4cm$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$s = \frac{250 - 2 \cdot 11,4 - 18 \text{redondos} \cdot 1,6}{18 - 1} = 11,6 \text{cm} \approx 11 \text{cm}$$

Comprobamos la separación:

$$\left. \begin{array}{l} S < 30 \text{ cm} \\ S > 2 \text{ cm.} \\ S > 1,25 \times d_{\max} = 2,5 \text{ cm.} \\ S > \phi_{\max} = 1,6 \text{ cm} \end{array} \right\} \quad \text{CUMPLE}$$

La cara de 3m no contiene momento con lo que se armará o bien por C.G.M. o por C.M.M.

C.M.M.

$$A_c = 0,7 \text{ m} \cdot 3,75 \text{ m} = 2,625 \text{ m}^2$$

$$A_s \geq 0,04 \cdot A_c \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \geq 0,04 \cdot 70 \cdot 375 \cdot \frac{25}{500} / 1,15$$

$$A_s = 40.25 \text{ cm}^2$$

C.G.M.

$$A_s = 0,002 \cdot A_c = 0,002 \cdot 70 \cdot 375 = 52,5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Armando con redondos } \phi 16 \text{ mm} \longrightarrow n = \frac{52,5 \text{ cm}^2}{2,01 \text{ cm}^2} = 26,1 \equiv 26 \text{ redondos}$$

$$L = r + 4\phi = 5 \text{ cm} + 4 \cdot 1,6 \text{ cm} = 11,4 \text{ cm}$$

$$s = \frac{375 - 2 \cdot 11,4 - 26 \text{redondos} \cdot 1,6}{26 - 1} = 12,42 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$$

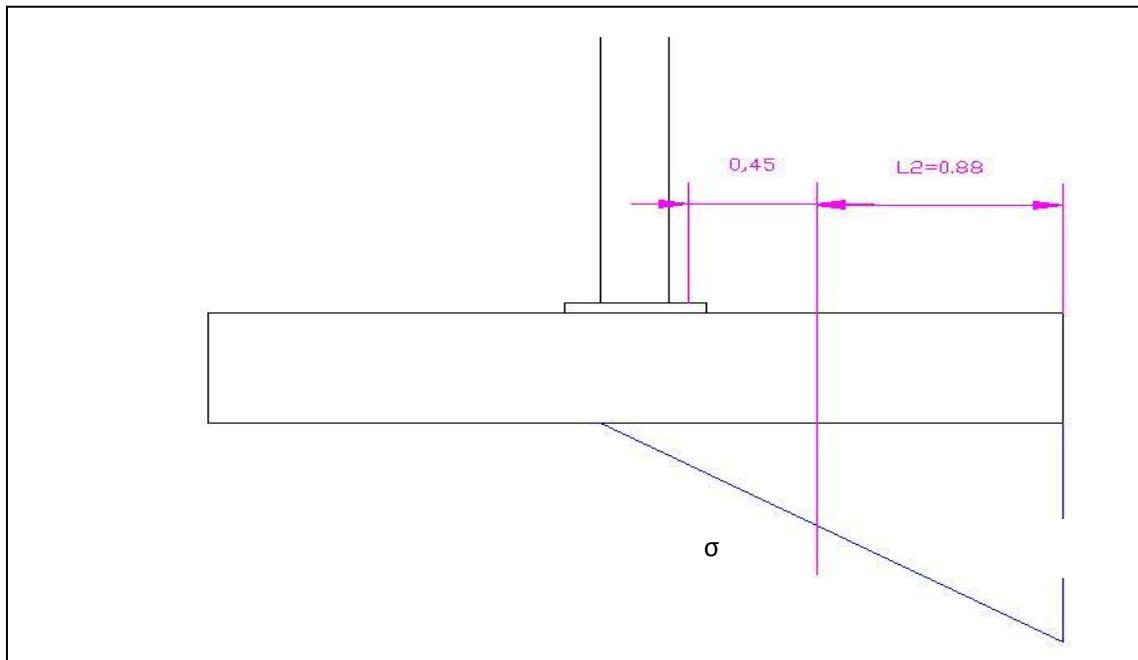
“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Comprobamos la separación:

$$\left. \begin{array}{l} S < 37.5 \text{ cm} \\ S > 2 \text{ cm.} \\ S > 1,25 \times d_{\max} = 2,5 \text{ cm.} \\ S > \phi_{\max} = 1,6 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{CUMPLE}$$

COMPROBACIÓN A CORTANTE

Se calcula a cortante la sección de referencia S2 situada a una distancia igual al canto útil, contada a partir de el punto medio de la cara del soporte y el borde de la placa de acero, cuando se trata de soportes metálicos sobre placas de acero.



Considerando $d' = 5 \text{ cm} \rightarrow d = 65 \text{ cm}$

$$L2 = 0.975 \text{ m}$$

$$\frac{\sigma_{1d}}{c} = \frac{\sigma_{4d}}{c - l_2} \quad \sigma_{4d} = \frac{7185 \cdot (3.25 - 0.975)}{3.25} = 5029 \text{ kg/m}^2$$

El esfuerzo cortante de cálculo V2 es:

$$V_2 = \frac{\sigma_{1d} + \sigma_{4d}}{2} l_2 \cdot b' = \frac{7.18 + 5.03}{2} \cdot 0.97 \cdot 2.5 = 23.51 \text{ t}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$V2 \leq [0,12 \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot fck)1/3]b \cdot d$$

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{650}} = 1,55$$

$$\rho_1 = \frac{As^{(*)}}{b \cdot d} < 0,02 = \frac{18\text{redondos} \cdot 2,01}{250\text{cm} \cdot 65\text{cm}} = 0,0022$$

$$fck = 25 \text{ N/mm}^2$$

(*) Esta As es la de los redondos que están dispuestos de forma perpendicular a la sección de referencia.

$$V2 \leq [0,12 \cdot 1,55 \cdot (100 \cdot 0,0022 \cdot 25)1/3] \cdot 2500 \cdot 650 = 533.523 \text{ N} = 53,3 \text{ t}$$

$$V2 = 23,51 \text{ t} < 53,3 \text{ t} \longrightarrow \text{CUMPLE}$$

ANEJO 14. DIMENSIONADO DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS

INDICE

1. Justificación.....	1
2. Datos de partida	2
3. Balance térmico en la instalación	4
4. Calor de la carga debida al producto	6
5. Calor perdido por la renovación del aire	7
6. Calor de recirculación.....	7
7. Cargas diversas	8
8.- Resumen necesidades frigoríficas.....	9
9. Componentes de la instalación frigorífica	10

1. Justificación

Debido a la gran inversión de las instalaciones, no se puede correr el riesgo de que se pierda parte de la producción por haber problemas de comercialización; por ello se realizará la construcción de una cámara frigorífica que podrá conservar la producción durante un máximo de dos semanas.

La temperatura mínima de conservación será para los cultivos de hoja (1-2°C), pero como el salto mayor estará cuando conservemos tomate o pimiento, la cámara se dimensiona para estos cultivos que tienen una temperatura de conservación óptima de 7°C y una HR > 90%.

2. Datos de partida

Puesto que la mayor producción en el menor periodo de tiempo de recolección es para el tomate y pimiento, se va a determinar la cantidad de frutos que se obtendrán en el periodo de máxima producción y para un espacio de tiempo de dos semanas, (periodo de tiempo máximo que se pueden guardar estos productos en cámara sin que descienda su calidad) y de esta forma poder dimensionar el volumen de la cámara.

Se hace la estimación de que entre los primeros diez días de producción y los diez últimos días de producción, ésta es del 40% del total; por tanto en los 25 días de plena producción, ésta será del 60%. Como el resto del proyecto, y para facilitar los cálculos, se calculará para un posible monocultivo de tomate.

$$(72.000 \text{ Kg Tomate Invernadero} \times 2 \text{ Invernaderos}) \times 0,6 = 86400 \text{ kg en 25 días}$$

Puesto que el tiempo máximo de conservación será de 1 semana:

$$86.400 \text{ Kg} \times 7/25 = 24.192 \text{ kg será el máximo a conservar}$$

Se considera que la densidad de estibaje para hortalizas es aproximadamente 220 kg/m³; este es un dato válido para cámaras grandes en las que se accede con una carretilla elevadora, y así se puede apilar el producto, y se aprovecha la totalidad de la altura de la

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

cámara. Este no es nuestro caso, ya que aunque se paletizan las cajas donde va la hortaliza, estos palets entran a la cámara con una transpaleta, con lo que no se pueden apilar. Así el cálculo del espacio necesario de cámaras se realiza teniendo en cuenta una serie de consideraciones.

Como cada caja albergará un máximo de 25 kg, siendo las dimensiones de éstas de 60cm x 50 cm x 20 cm (0,06m³), el volumen necesario para la cámara será:

$$0,06m^3 \times \frac{24.192kg}{25kg} = 58m^3; \text{ redondeando, } 60m^3 \text{ son necesarios de cámara.}$$

Se adopta la solución de construir dos cámaras gemelas, de altura 3m y planta 4x4 m obteniendo entre las dos un volumen de 96 m³, que no son los que verdaderamente se van a usar, ya que como mucho las cajas se apilarán 2 m de altura, ya que más no será capaz de elevarlas el operario. Así conseguimos tener entre las dos cámaras 64 m³ disponibles, suficientes para nuestra producción.

Además, esta solución, de construir dos cámaras y no una, permite guardar distintos productos a distintas temperaturas, pudiendo modificar la rotación de cultivos.

3. Balance térmico en la instalación

Para realizar el cálculo de las necesidades frigoríficas de la industria se han tomado los datos de temperaturas del anexo climatológico correspondientes con, la media de las temperaturas medias (T_{mmed}), y la media de las temperaturas medias máximas (T_{mmax}) de toda la serie. Estos datos se han extraído para el más cálido del año que es julio.

$$T_{mmed}=23,34^\circ\text{C}$$

$$T_{mmax}=30,57^\circ\text{C}$$

El valor de la temperatura de cálculo T_c adoptada en el dimensionado de la instalación frigorífica se obtiene a partir de los resultados del apartado anterior con la siguiente fórmula:

$$T_c=0,6 \cdot T_{mmax} + 0,4 \cdot T_{mmed}= 0,6 \times 23,34^\circ\text{C} + 0,4 \times 30,57 = 27,7^\circ\text{C}$$

La temperatura de cálculo en los distintos cerramientos se obtiene multiplicando ésta por una serie de coeficientes como se verá a continuación:

Temperatura de cálculo en emplazamiento	Factor	°C
Tc=		27,7
Temperatura pared norte		
Tpn=	Tc=	27,7
Temperatura pared sur		
Tps=	1,25·Tc=	34,62
Temperatura pared este		
Tpe=	Tc=	27,7
Temperatura pared oeste		
Tpo=	1,1·Tc=	30,47
Temperatura en techos		
Tt	Tc+20=	47,7
Temperatura en suelo		
Ts	(Tc+15)/2=	21,35

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

A continuación se aplica un coeficiente corrector de la temperatura de cálculo a considerar en aquellos cerramientos sobre los que no incide radiación directa por dar a un recinto interior, según las características de ese recinto.

Coeficiente corrector en cerramientos sin incidencia directa de la radiación solar

COEFICIENTE CORRECTOR EN CERRAMIENTOS SIN INCIDENCIA DIRECTA DE LA RADIACIÓN SOLAR	
Cerramiento contra local abierto	C1=0,9
Cerramiento contra local cerrado no aislado	C2=0,8
Cerramiento contra local cerrado aislado	C3=0,7
Cerramiento contra local climatizado	C4=0,6
Cerramiento contra cámara temporera	C5=0,4
Cerramiento contra cámara gemela	C6=0,2

COEFICIENTE CORRECTOR EN CERRAMIENTOS SIN INCIDENCIA DIRECTA DEL SOL						
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TECHO	SUELO
CAMARA 1	0,9	0,7	0,9	0,4	1	1
CAMARA 2	0,9	0,7	0,4	0,6	1	1

TEMPERATURAS EN CERRAMIENTOS SIN INCIDENCIA DIRECTA DEL SOL						
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TECHO	SUELO
CAMARA 1	24,9	24,2	24,9	12,2	47,7	21,4
CAMARA 2	24,9	24,2	11,1	18,3	47,7	21,4

El aislamiento y la compartimentación de las distintas dependencias en las que no existen muros de carga se resuelve con un único elemento: Panel autoportante tipo

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

"SANDWICH". La estructura de este panel es la siguiente:

-Paramento exterior constituido por una chapa de acero galvanizado en caliente de 0.6 mm de espesor. Acabado opcional en prelacado o plastificado.

$$K = 50 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$$

-Núcleo aislante de poliuretano inyectado con una densidad de 35 Kg/m³.

$$K = 0.022 \text{ kcal/ m}^2\text{Ch}$$

-Paramento interior de las mismas características que el exterior.

El valor del flujo térmico óptimo para este aislante acorde con los valores del mercado actual es:

$$\frac{Q}{S} = U_{op} x \Delta T = 8,5 \text{ kcal/hm}^2$$

Para el cálculo del coeficiente global de transmisión (U') de los elementos no aislantes del cerramiento consideraremos los siguientes valores de coeficientes de convección:

-Coeficiente de convección exterior (panel con dependencia aneja):

$$\alpha_e = 7 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$$

-Coeficiente de convección interior (del panel con la cámara):

$$\alpha_i = 7 \text{ kcal/m}^2\text{Ch}$$

con ello, sabremos

$$\frac{1}{U'} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum \frac{e_i}{k_i} + \frac{1}{\alpha_i} = \frac{1}{7} + \frac{0,0006}{50} + \frac{0,0006}{50} + \frac{1}{7} = \frac{1}{0,286} = 3,5 \text{ kcal/}^\circ\text{Cm}^2\text{h}$$

Siendo:

-U'=coeficiente global de transmisión

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- α_e =coef. De convección exterior

- α_i =coef. de convección interior

- k_i = espesor de chapa de acero (m)

Los coeficientes de los cerramientos de paredes y techo se resumen en el siguiente cuadro:

CERRAMIENTO 1: PANEL AUTOORTANTE. INTERIOR-INTERIOR			
Capa 1	Chapa acero galv.	Conductividad térmica (Kcal/h°Cm ²)	50
		Espesor material(m)	0,006
Capa 2	poliuretano	Conductividad térmica (Kcal/h°Cm ²)	0,022
		Espesor material(m)	0,08
Capa 3	Chapa acero galv.	Conductividad térmica (Kcal/h°Cm ²)	50
		Espesor material(m)	0,006
Coeficiente de convección exterior (Kcal/h°Cm ²)			7
Coeficiente de convección interior (Kcal/h°Cm ²)			7

Coeficiente global de transmisión de los elementos no aislantes, U_n (Kcal/m² h °C):

$$U'(Kcal/m^2 h ^\circ C) = \boxed{3,50}$$

CERRAMIENTO 2: TECHO QUE DA AL PLENUM INTERIOR			
Capa 1	Chapa acero galv.	Conductividad térmica (Kcal/h°Cm ²)	50
		Espesor material(m)	0,006
Capa 2	poliuretano	Conductividad térmica (Kcal/h°Cm ²)	0,022
		Espesor material(m)	0,1
Capa 3	Chapa acero galv.	Conductividad térmica (Kcal/h°Cm ²)	50
		Espesor material(m)	0,006
Coeficiente de convección exterior (Kcal/h°Cm ²)			7
Coeficiente de convección interior (Kcal/h°Cm ²)			7

Coeficiente global de transmisión de los elementos no aislantes, U_n (Kcal/m² h °C):

$$U'(Kcal/m^2 h ^\circ C) = \boxed{3,50}$$

CERRAMIENTO 3: SUELO AISLADO			
Capa 1	Hormigón armado	Conductividad térmica (Kcal/h°Cm ²)	1,3
		Espesor material(m)	0,15
Capa 2	Hormigón en masa	Conductividad térmica (Kcal/h°Cm ²)	1,1
		Espesor material(m)	0,05
Coeficiente de convección exterior (Kcal/h°Cm ²)			0
Coeficiente de convección interior (Kcal/h°Cm ²)			7

Coeficiente global de transmisión de los elementos no aislantes, U_n (Kcal/m² h °C):

$$U'(Kcal/m^2 h ^\circ C) = \boxed{3,29}$$

El valor óptimo para el coeficiente global de transmisión (U_{op}) se calcula como:

$$U_{op} = \frac{7}{\Delta T}$$

El espesor óptimo del aislante de poliuretano en los cerramientos que estamos analizando es:

$$e_{op} = \left(\frac{1}{U_{op}} - \frac{1}{U'} \right) \cdot K = \left(\frac{1}{U_{op}} - \frac{1}{3,5} \right) \cdot 0,022$$

El espesor real (er) se establecerá por aproximación teniendo en cuenta los espesores estándar fabricados.

El cálculo del valor real del coeficiente global de transmisión de calor (U_r) en estos cerramientos se obtendrá como:

$$\frac{1}{U_r} = \frac{1}{U'} + \frac{er}{0,022} = \frac{1}{3,5} + \frac{er}{0,022}$$

Con el valor de U_r se calcula el calor transmitido por el cerramiento en cuestión como:

$$Qt = U_r \times S \times \Delta T;$$

Donde, S =superficie en m² de cerramiento

ΔT = Gradiente térmico interior-exterior en °C

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Todos los resultados anteriormente justificados aparecen de forma resumida en las siguientes tablas, una para cada cámara.

CAMARA CONSERV. 1

	CERRAMIENTO					
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TECHO	SUELO
Temperatura exterior	30,7	23,9	30,7	13,6	34,2	34,2
Temperatura interior	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Gradiente temperatura	23,7	16,9	23,7	6,6	27,2	27,2
Uop (Kcal/h m ² °C)=	0,295	0,414	0,295	1,06	0,257	0,257
Tipo de cerramiento:	1	1	1	1	2	3
U'(Kcal/m ² h °C)=	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,29
Espesor óptimo, eop=	5,01	4,79	5,01	3,96	12,16	4,89
Espesor real, er(cm)=	6,0	6,0	6,0	6,0	15,0	6,0
Ur(Kcal/h m ² °C)=	0,332	0,332	0,332	0,332	0,141	0,409
S. Cerramiento, S(m ²):	12,0	12,0	12,0	12,0	16,0	16,0
Q.trans, Qt(Kcal/h)=	71	69	71	58	92	94
Q.transmitido, Qt(W)=	82	79	82	67	106	108

Calor total transmitido por cerramientos, QT(Kcal/h)= **455**

Calor total transmitido por cerramientos, QT(W)=**526**

CAMARA CONSERV. 2

	CERRAMIENTO					
	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	TECHO	SUELO
Temperatura exterior	24,9	24,2	11,1	21,6	47,7	21,4
Temperatura interior	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Gradiente temperatura	17,9	17,2	4,1	14,6	40,7	14,4
Uop (Kcal/h m ² °C)=	0,390	0,406	1,716	0,479	0,172	0,488
Tipo de cerramiento:	1	1	1	1	3	4
U'(Kcal/m ² h °C)=	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,29
Espesor óptimo, eop=	5,01	4,79	0,65	3,96	12,16	4,89
Espesor real, er(cm)=	6,0	6,0	6,0	6,0	15,0	6,0
Ur(Kcal/h m ² °C)=	0,412	0,332	0,332	0,412	0,141	0,409
S. Cerramiento, S(m ²):	12,0	12,0	12,0	12,0	16,0	16,0
Q.trans, Qt(Kcal/h)=	89	69	16	72	92	94
Q.transmitido, Qt(W)=	102	79	19	83	106	108

Calor total transmitido por cerramientos, QT(Kcal/h)= **431**

Calor total transmitido por cerramientos, QT(W)=**498**

4. Calor de la carga debida al producto

Calor que debe extraerse para reducir la temperatura de entrada:

Es el calor que debe extraerse para reducir la temperatura del producto a la entrada de la cámara de unos 25°C, a una temperatura final de conservación de 7°C, este cambio en la temperatura es progresivo y se considera un período de 48 horas. Para el cálculo se ha tomado el calor específico del tomate 0,95 kcal/kg°C, ya que es el mayor, de todas las hortalizas que cultivaremos. Calcularemos la cantidad de calor a extraer con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{m \cdot Ce \cdot (T_1 - T_2)}{t} = \frac{8.000 \text{ kg} \cdot 0,95 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot (25^\circ\text{C} - 7^\circ\text{C})}{48h} = 2.850 \text{ kcal/h}$$

Calor que debe extraerse para compensar el calor de respiración del producto.

El calor de respiración del tomate es de 1,66 kcal/kg y día (mirar tablas de anexo), y al tener un máximo aproximado de estibaje por cámara y semana 8.000 kg de tomate en cada cámara, el calor a extraer será:

$$\frac{8.000 \text{ kg} \cdot 1,66 \text{ kcal/kg} \cdot \text{dia}}{48h/\text{dia}} = 277 \text{ kcal/h}$$

5. Calor perdido renovación aire

El establecimiento del número de renovaciones de aire al día, en las cámaras, para cubrir la necesidades de ventilación y la valoración de las perdidas por infiltraciones en las operaciones de entrada y salida de producto, se ha realizado en base a tablas suministradas por literatura especializada (Lamua M., J. Cuesta Francisco, "Guía del almacenamiento frigorífico"), que para nuestro caso determinan que para una cámara de entre 45 y 50 m³ son necesarias 13 renovaciones por día.

A su vez se estima que el tiempo que la puerta de dicha cámara va a estar abierta es de aproximadamente de 30 minutos, este tiempo es el necesario para proceder al trasiego de la mercancía.

Ahora hay que determinar si con el tiempo que la puerta permanece abierta, cumplimos las necesidades de renovación, así:

Volumen mínimo de renovación: 13 renov./día x 48 m³/renov. = 624 m³/día

Volumen renovado con la apertura de la puerta, para ello hay que calcular el caudal de infiltración que entra por la puerta con la siguiente fórmula:

$$qi = \left(\frac{Si}{4} \right) \cdot \sqrt{0.072 \cdot b \cdot \Delta T \text{ (m}^3 \text{/ s)}}$$

qi → caudal de infiltración en m³/s

Si → superficie de infiltración, en este caso el hueco de la puerta (1,5mx2m)=3m².

b → ancho de la puerta 1,5m

ΔT → Salto térmico entre el exterior y el interior.

$$qi = \left(\frac{3}{4} \right) \cdot \sqrt{0.072 \cdot 1,5 \cdot (25 - 7)} = 1,05 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$1,05 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 0,5 \text{ h} \cdot 3.600 \text{s/h} = 1.890 \text{ m}^3/\text{dia}$$

A continuación tenemos que calcular las calorías que aportan las entradas de aire para ello lo primero que tenemos que hacer es describir las condiciones del aire en el interior, y en el exterior de la cálculo:

Condiciones iniciales del aire:

-Temperatura seca: 7 °C

-Humedad relativa: 90 %

-Entalpía específica: 5,2 Kcal/Kg aire seco.

Condiciones finales del aire:

-Temperatura seca: 25°C

-Humedad relativa: 60 %

-Entalpía específica: 13.5 Kcal/Kg aire seco.

El incremento de entalpía específica en el proceso es:

$$\Delta H = H_{final} - H_{inicial} = 8,3 \text{ Kcal/Kg aire seco.}$$

El calor perdido desde la cámara hacia el exterior es:

$$Q_i = q_i (m^3/h) \cdot \Delta H \cdot 1,2 \text{ kg aire seco/m}^3 \text{ aire húmedo}$$

$$Q_i = \frac{1.890 m^3 / \text{día}}{24 h / \text{día}} \cdot 8,3 \text{ kcal / kg a.s.} \cdot 1,2 \text{ kg a.s. / m}^3 \text{ aire húmedo} = 784 \text{ kcal / h}$$

6. Calor de recirculación

En los evaporadores de las cámaras frigoríficas se producirá una circulación forzada de aire.

El caudal de aire de recirculación impulsado por los ventiladores de cada evaporador se evaluará teniendo en cuenta que para disipar 1 Kcal/h necesitamos un flujo de 1 m³/h.

El flujo térmico a considerar para calcular el caudal de recirculación es la suma de los apartados anteriores, vamos a dimensionar las dos cámaras con los datos de la más desfavorables, que es la cámara 2; como se ve en el apartado 3 las diferencias entre ambas son insignificantes:

$$Q_c = 1,1 \times (\Sigma q_i) = 1,1 \times (455 \text{ Kcal/h} + 2.850 + 277 + 784) = 4.366 \text{ kcal/h}$$

Por lo tanto el caudal de recirculación será:

$$V = 4.366 \text{ m}^3/\text{h}$$

Y la potencia en ventiladores necesaria para lograr ese flujo:

$$N = \frac{V \cdot \Delta H}{75 \cdot \rho} = \frac{4.366 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 40 \text{ mm c.a.}}{75 \text{ kgm/seg} \cdot CV \cdot 0.65 \cdot 3.600 \text{ seg/h}} = 1CV$$

Donde:

ΔH : Gradiente de presión en el ventilador. En este caso: $\Delta H = 40 \text{ mm c.a. (Kg/m}^2\text{)}$

ρ : Rendimiento del ventilador. En este caso: $\rho = 0.65$

Realizando una conversión de unidades obtendremos los caballos de potencia, en flujo de calor desprendido:

$$Q_V = \frac{1CV \cdot 736W/CV \cdot 3.600s/h}{4.180J/Kcal} = 634Kcal/h$$

7. Cargas diversas

Se incluyen en este capítulo un conjunto de cargas diversas como son personal, maquinaria y alumbrado que aportan calor a las dependencias en las que se ubican y que por lo tanto deben ser consideradas a la hora de dimensionar el equipo frigorífico.

Algunos autores especializados aconsejan evaluar la suma de estos tres tipos de cargas como el 15% de las calculadas hasta este punto.

En nuestro caso, y dado que se tiene un conocimiento bastante exacto del tipo y número de cargas que se encuentran presentes en las cámaras, trataremos de realizar una estimación más afinada.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Al valor del flujo calórico que incluye estas cargas diversas se le sumará un 5% tratando así de considerar algunas aportaciones de calor de difícil estimación como es el descarache.

Los parámetros considerados en estos cálculos son:

-Calor latente del personal:

$$Q_1 = 150 \text{ Kcal/h y hombre.}$$

-Calor desprendido por los motores:

$$Q_m = P_m(CV) \times 632 \text{ Kcal/h C.V.}$$

-Potencia media de alumbrado instalada:

$$P_m = 8 \text{ w / m}^2$$

-Calor desprendido por el alumbrado:

$$0.86 \text{ Kcal/h/w}$$

Datos para el cálculo:

- Superficie: $16 \text{ m}^2/\text{cámara.}$
- Horas de funcionamiento iluminación artificial: 1.5 h/día.
- Personal: 1 operario durante 1.5 h/día.

Calor aportado por el alumbrado:

$$Q_a = 8 \text{ w/m}^2 \times 16 \text{ m}^2 \times 0.86 \text{ Kcal/hw} \times 1,5 \text{ h/24h} = 8 \text{ Kcal/h.}$$

Calor aportado por el personal:

$$Q_p = 150 \text{ Kcal/h y hombre} \times 1.5 \text{ h/día} \times 1 \text{ día/24h} = 9.4 \text{ Kcal/h}$$

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Suma total de cargas diversas:

$$Q_d = Q_a + Q_p = 17,4 \text{ Kcal/h.}$$

Añadiéndole el 5% antes mencionado:

$$Q_d = 1,05 \cdot 17,4 \text{ Kcal/h} = 18,3 \text{ kcal/h}$$

8. Resumen necesidades frigoríficas

	CAMARA1 (Frig/h)	CAMARA2 (Frig/h)	
TRANSMISIÓN:	455	431	
ENFRIAMIENTO	2.850	2.850	
RESPIRACIÓN	277	277	
INFILTRACIONES:	784	784	
RECIRCULACIÓN:	634	634	
CARGAS DIVERSAS:	18	18	
CARGA DE REFRIGERACIÓN:	5.018	4.994	Frig/h
	5.834	5.806	W
	5,83	5,80	kW

9. Componentes de la instalación frigorífica

El ciclo de compresión mecánica es el generalmente utilizado en la producción de frío con fines de refrigeración. Este ciclo es un circuito cerrado por cuyo interior evoluciona el refrigerante o fluido frigorígeno (R-404A) con el objetivo de bombear calor desde una sustancia o local a enfriar (foco frío), a otra que está a una temperatura superior (foco caliente) a la de aquella, que generalmente será el aire exterior al edificio o local que se quiere refrigerar, siendo éste el principio de funcionamiento de la máquina térmica frigorífica.

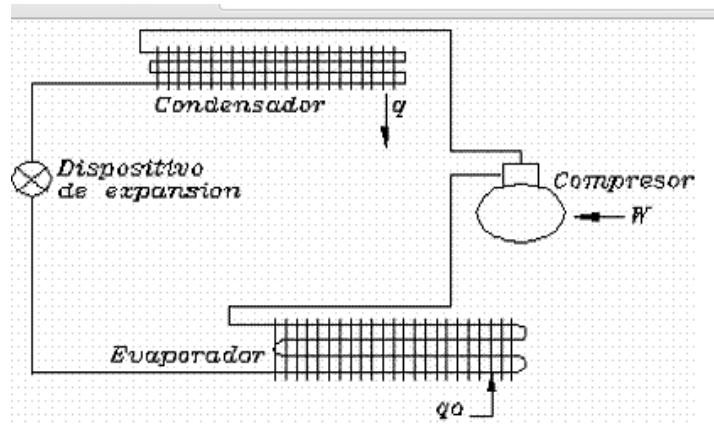


Figura 1. Esquema de un circuito frigorífico

El circuito frigorífico está compuesto por cuatro elementos básicos, como se indica en el esquema de la figura 1: evaporador, compresor, condensador y expansor.

9.1. El evaporador

Consiste en un intercambiador de calor entre el fluido refrigerante y el medio que le rodea, de donde se pretende extraer calor, para mantenerlo a una determinada temperatura.

El refrigerante entra en el evaporador en estado líquido a baja temperatura (y a baja presión), como el medio que le rodea está a una temperatura superior, coge calor de éste y se evapora, dado que está en las condiciones de temperatura y presión (saturación) adecuadas para que, en lugar de aumentar su temperatura, el calor que gana se utilice en cambiar de estado físico (evaporación). Por lo tanto, el calor que el refrigerante toma del medio que le rodea hace que éste se enfríe.

La cantidad de calor que el refrigerante puede absorber es función de su calor latente de vaporización y se emplea en el cambio de estado (L-V) y no para aumentar su temperatura, que se mantiene constante si no varía la presión.

SELECCIÓN DEL EVAPORADOR

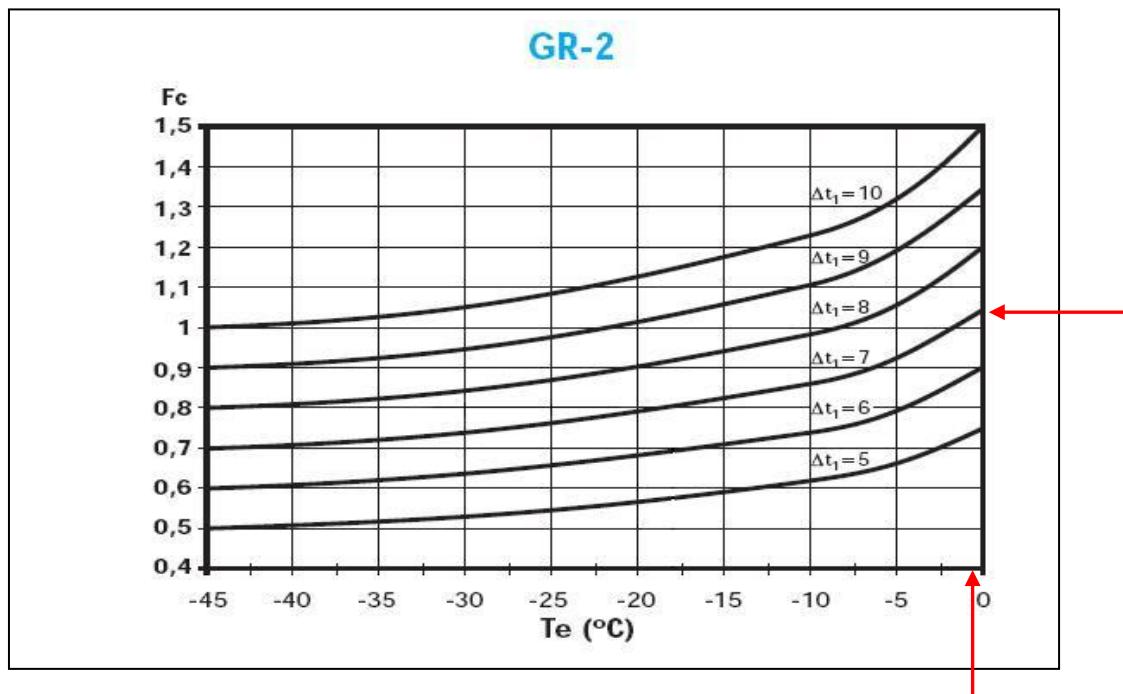
El salto térmico $\Delta t_1 = T_c - T_e$ es la diferencia entre la temperatura del aire en la cámara a la entrada del evaporador T_c y la temperatura de evaporación T_e y hay que determinarlo previamente a la selección del evaporador. Cuanto menor sea el salto térmico seleccionado, el evaporador obtenido será de mayor tamaño. En nuestro caso la temperatura en el interior de la cámara es $T_c = 7^\circ\text{C}$ y la temperatura de evaporación del R-404 es $T_e = 0^\circ\text{C}$ con lo cual:

$$\Delta t_1 = T_c - T_e = 7^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 7^\circ\text{C}$$

El salto térmico depende de varios factores como la temperatura de la cámara, el tipo de género a enfriar, la humedad relativa, etc. En general, cuanto menor sea la temperatura de la cámara, menor deberá ser el salto térmico seleccionado. Por otra parte, a mayor salto térmico le corresponde menor humedad relativa HR.

Los factores Fc y Fr

Una vez fijado el salto térmico Δt_1 , y sabiendo la temperatura evaporación T_e , entramos en el diagrama GR-2 y se tiene el factor de corrección Fc.



Fr, que para el refrigerante R-404 es de, Fr = 1, calculamos la capacidad nominal (Qn) de nuestro evaporador.

$$Q_n = \frac{Q_f}{F_c \cdot F_r}; \text{ donde:}$$

- Q_n es la capacidad nominal de nuestro evaporador.
- Q_f son las necesidades de frío que tiene nuestra cámara, en nuestro caso 5.018 frig/h o 5.834 W, que son las necesidades mayores.
- F_c es el factor de corrección que lo hemos obtenido del GR-2 y vale 1,04.
- F_r es el factor del refrigerante, que para el R-404 es de 1.

$$Q_n = \frac{Q_f}{F_c \cdot F_r} = \frac{5.834W}{1,04 \cdot 1} = 5.610W$$

A continuación se presenta los datos técnicos de un modelo comercial, que son evaporadores para cámaras que trabajan a temperaturas superiores a 0°C. Se elegirá un evaporador con una capacidad nominal de 4860W y una capacidad de aplicación de 7290W. Dicho evaporador es capaz de suprir nuestras necesidades de frío (5.610 W), estando éstas dentro del rango 7.290 W – 4.860 W de potencia.

9.2. El compresor

Su misión dentro del circuito frigorífico es aumentar la temperatura, y en consecuencia también la presión, del refrigerante vaporizado, que abandona el evaporador, para que esté en las condiciones necesarias para poder ceder calor a otro fluido o medio, que estará a mayor temperatura que el local o fluido que se ha enfriado. En general el fluido al que se cederá calor, por parte del refrigerante, es el aire exterior, que en las condiciones de verano estará a una temperatura estándar de 30°C.

Para poder realizar este aumento de temperatura y presión del refrigerante es preciso suministrar una determinada energía (W) al elemento que lo realiza y que se denomina compresor. Esta energía generalmente es eléctrica mediante un motor que arrastra el eje del compresor.

En el interior del compresor el gas refrigerante es sometido a un proceso de compresión mecánica, por reducción de volumen, que da lugar al correspondiente aumento de presión y temperatura del gas.

Así mismo, el compresor también tiene la misión de hacer circular el refrigerante a través de todo el circuito y vencer las pérdidas de carga que se originan, manteniendo los niveles de presión entre la aspiración y la descarga: baja presión en la aspiración y alta presión en la descarga.

Se instalará un modelo capaz de proporcionar 11.860 W para una temperatura de evaporación de 0°C, superior a los 11.640 W necesario para las dos cámaras. Este compresor tiene un motor de potencia 6 CV o 4.416 W.

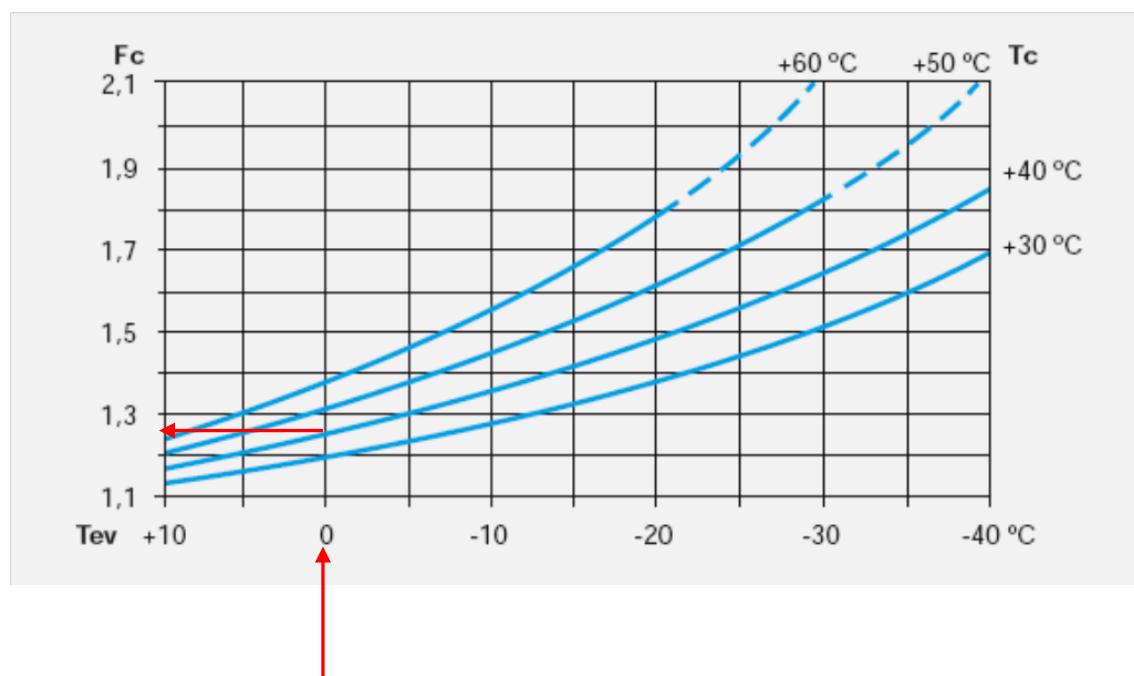
9.3. El condensador

El condensador es un intercambiador de calor entre, el refrigerante y otro fluido (aire o agua) al que cede calor. El proceso principal que tiene lugar es la condensación de los gases calientes procedentes del compresor, cediendo el refrigerante su calor latente.

Selección del condensador

En los catálogos comerciales se especifica la capacidad nominal y capacidades de aplicación para dos tipos de ambientes climatológicos.

A partir de las temperaturas de evaporación $T_e = 0^\circ\text{C}$ y de condensación $T_c = 40^\circ\text{C}$, entrando en el gráfico siguiente se calcula el factor del calor de compresión F_c que como se ve es aproximadamente 1,25.



“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Sabiendo el refrigerante utilizado y la altitud del lugar donde irá ubicado el condensador, se obtienen los factores F_r y F_a según los cuadros siguientes:

Altitud - Altitude m.	0	400	800	1200	1600	2000	2400
F _a	1	1,03	1,06	1,09	1,12	1,16	1,20
Refrigerante - Refrigerant	R-404A			R-22	R-134a		
F _r	1			1,04	1,07		

$$Q_n = Q_f \cdot \frac{15}{\Delta t} \cdot F_c \cdot F_r \cdot F_a ; \text{ donde:}$$

- Q_n es la capacidad nominal del condensador.
- Q_f es la capacidad frigorífica de la instalación, y como el condensador es común a las dos cámaras las necesidades totales son 10.012 frig/h o 11.640 W.
- $\Delta t = T_c - T_{sm} = 40 - 30 = 10^\circ C$;

Donde: T_c es la t^a de condensación y T_{am} la exterior.

- F_c es el factor de calor de compresión que es 1,25.
- F_r es el factor del refrigerante que es 1.
- F_a es el factor de altitud que, interpolando para 133 metros es 1,01.

$$Q_n = Q_f \cdot \frac{15}{\Delta t} \cdot F_c \cdot F_r \cdot F_a = 11.640 \cdot \frac{15}{10} \cdot 1,25 \cdot 1,01 = 22.043 W$$

El condensador a instalar tendrá salvar una Δt de $10^\circ C$ desarrollando una capacidad de aplicación de 22,04 kW

ANEJO 15. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Aguas pluviales	2
2.1. Cálculo de canalones.....	2
2.1.1. Nave.....	2
2.1.2. Invernaderos.....	4
2.1.2.1. Invernadero. Canalón entre naves.....	4
2.1.2.2. Invernadero. Canalón lateral.....	5
3. Cálculo de bajantes.....	6
3.1. Nave.....	6
3.2. Invernadero.....	7
3.2.1. Invernadero. Canalón entre naves.....	7
3.2.2. Invernadero. Canalón lateral.....	7
4. Cálculo de colectores.....	7
5. Cálculo de arquetas.....	9
6. Aguas residuales.....	10
7. Colectores de aparatos sanitarios.....	11
8. Fosa séptica.....	11

1. Introducción

La instalación de saneamiento tiene la función, por una parte de evacuar las aguas procedentes de lluvia recogidas en cada faldón de cubierta de la nave y de las cubiertas de los invernaderos y por la otra recoger las aguas procedentes de los baños-vestuarios situados en la nave almacén que consta de lavabo, inodoro y ducha. Cada línea (pluvial y sanitaria) irán separadas. El agua procedente de lluvia irá a parar a una acequia que hay en la parte oeste de la explotación y el agua procedente de la limpieza de las naves y del baño irá a parar a una fosa séptica enterrada.

La instalación de saneamiento contará con los siguientes componentes: canalones, bajantes, arquetas y colectores.

La instalación de saneamiento se diseñará según lo recogido en el Código Técnico de la Edificación, CTE-DB-HS 5: Evacuación de aguas. Su ámbito de aplicación es el saneamiento de todos edificios que generen aguas residuales y pluviales.

Esta sección se aplica a la instalación de evacuación de aguas residuales y pluviales en los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE. Las ampliaciones, modificaciones, reformas o rehabilitaciones de las instalaciones existentes se consideran incluidas cuando se amplía el número o la capacidad de los aparatos receptores existentes en la instalación.

2. Aguas pluviales

2.1. Cálculo de canalones

Su finalidad es evacuar las aguas pluviales, y para llevar a cabo su cálculo, es necesario saber la superficie de la cubierta que vierte a un mismo canalón, comprendido entre su bajante y su división de aguas y la zona pluviométrica de la explotación.

2.1.1. Nave

Se van a calcular los canalones para la nave de servicios que contará con un canalón en cada uno de los laterales de ésta, recogiendo el agua de cada vertiente de la cubierta. El primer paso es conocer la intensidad pluviométrica de la explotación. El primer paso es conocer la intensidad pluviométrica de nuestro emplazamiento, para ello se observa el mapa de isoyetas del apéndice B del DB-HS 5, que está a continuación.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

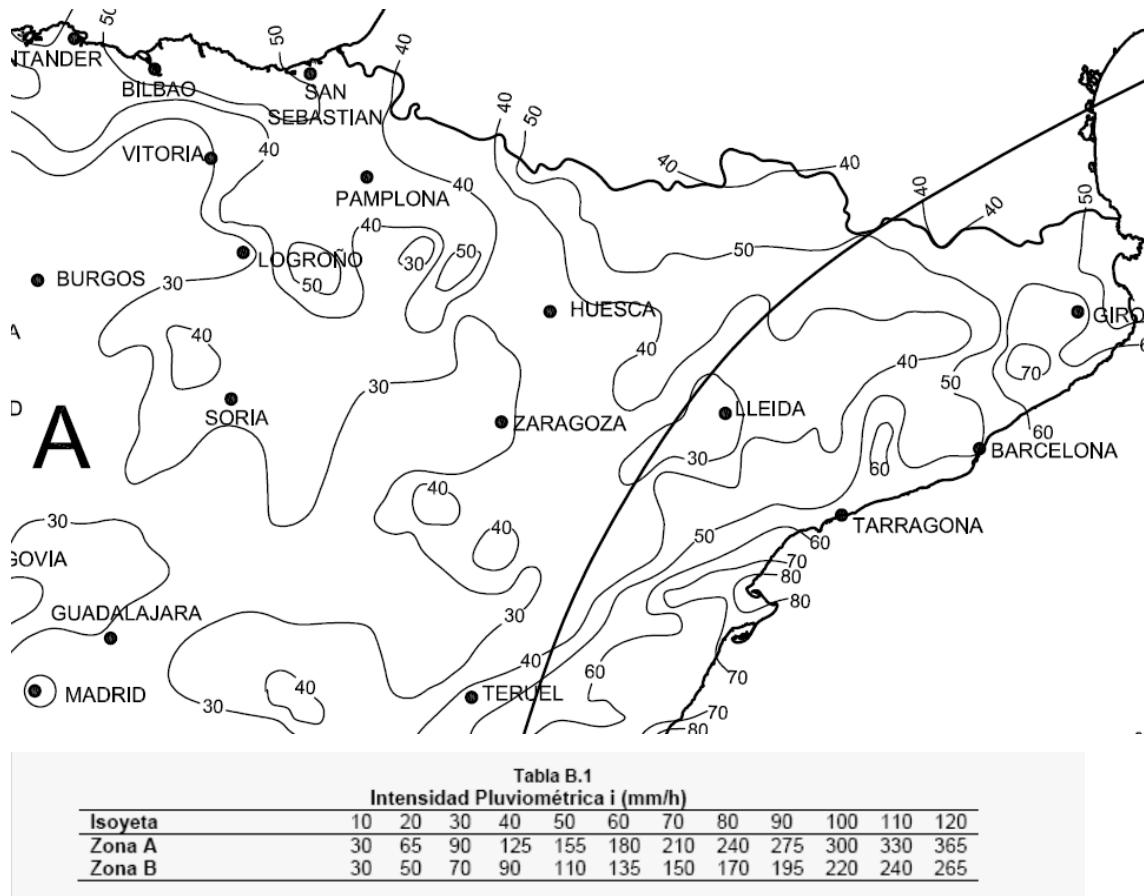


FIGURA 1. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Se observa que Fraga se encuentra a caballo entre la zona A y la B, en la isoyeta 30; se considera que se encuentra en la zona B; por tanto, según la tabla se estima una intensidad pluviométrica de 70 mm/h.

Ahora se calcula la superficie de cubierta en proyección horizontal que verterá sobre el canalón.

$$S=32 \cdot 10 = 320 \text{ m}^2$$

Se obtiene en diámetro nominal de los canalones de sección semicircular empleando la tabla 4.7 del DB-HS 5. Esta tabla está pensada para entrar con intensidades de 100mm/h, y, al ser distinta nuestra intensidad se aplica sobre la superficie un factor de corrección (f) y, con la superficie que se obtiene empleando la tabla, se obtiene el diámetro adecuado.

$$\begin{aligned} -f &= i/100 = 70/100 = 0,7 \\ -S' &= S \cdot f = 320 \cdot 0,7 = 224 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Con todos estos datos se entra en la tabla 4.7 del CTE-DB-HS 5: Evacuación de aguas:

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m^2)	Pendiente del canalón			Diámetro nominal del canalón (mm)
	0.5 %	1 %	2 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Figura 2: tabla para el dimensionado del canalón

Consideramos la pendiente mínima de 0,5 % e interpolando se tiene un diámetro nominal de 213 mm, y basándonos en catálogos comerciales debemos de emplear un canalón de diámetro nominal 200 mm que es el diámetro más apropiado a pesar de ser algo inferior. Al ser de igual superficie ambas cubiertas, el canalón tendrá las mismas características tanto de pendiente como de diámetro nominal en ambos lados de la nave.

2.1.2. Invernadero

2.1.2.1. Invernadero. Canalón de entre naves

Se calculan los canalones que se ubican entre cada dos naves del invernadero. La superficie de la que recogerán agua será de la mitad de la longitud del invernadero ya que los canalones desaguarán hacia ambos extremos del invernadero desde la mitad de éste. Para el cálculo de la superficie proyectada a tener en cuenta se tiene una longitud de 50m y una anchura de 8m ya que recoge el agua de las dos vertientes, cada una de 4 m de anchura en proyección horizontal; por lo que:

$$S=50 \cdot 8=400 \text{ m}^2$$

Conocido el factor (f) a aplicar debido a la intensidad pluviométrica de nuestra zona se aplica a esta superficie teniendo:

$$S'=S \cdot f=400 \cdot 0,7=280 \text{ m}^2$$

Con este valor entrando en la tabla 4.7. del DB-HS 5, podemos conocer el diámetro nominal necesario para esta superficie proyectada, en este caso se calcula para dos pendientes del 0,5% y del 1%, lo que resulta un diámetro aproximado de 250 y 204,65mm respectivamente, y, considerando que al tener en el invernadero canalones de sección no semicircular se debe de tener un 10% más de sección, por lo que, tendremos un diámetro final de 275 y 224,4 mm. Conocidos estos valores se obtiene por interpolación la pendiente mínima que debe de tener nuestro canalón sabiendo que éste tiene una superficie de 148,48cm² y 98,87 cm² para el 0,5% y el 1% de pendiente respectivamente. Conocidos estos valores se obtiene por interpolación la pendiente

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

mínima que debe tener nuestro canalón; sabiendo que éste tiene una superficie de 123,67cm², deberá tener una pendiente mínima de 0,78%.

2.2.2. Invernadero canalón lateral

Se van a calcular los canalones que se ubican en ambos laterales del invernadero en este caso, al igual que en el anterior, el canalón descargará el agua desde la mitad de la longitud del invernadero hasta los dos extremos. Teniendo así el canalón una longitud de 50m; en este caso recogerá el agua de una sola vertiente de invernadero por lo que la anchura de la superficie proyectada de cubierta que tendrá que recoger será de 4m por lo que:

$$S=50 \cdot 4=200 \text{ m}^2$$

Conocido el factor (f) a aplicar debido a la intensidad pluviométrica:

$$S'= S \cdot f= 200 \cdot 0,7= 140 \text{ m}^2$$

Con este valor entrando en la tabla 4.7. del DB-HS 5, podemos conocer el diámetro nominal que sería necesario para esta superficie proyectada, en este caso se calcula para dos pendientes, 0,5 y 1%, teniendo 176,31 y 155,55 mm respectivamente. Conociendo las superficies de cada uno de estos que son 61,62 y 47,5 cm² para las secciones mínimas que deben ponerse y considerando que al tener en el invernadero canalones de sección no semicircular debemos de tener un 10% más de sección que la calculada con estos por lo que oscilaremos entre 67,78 y 52,26 cm² para 0,5 y 1% de pendiente respectivamente. Conocidos estos valores podemos obtener por interpolación la pendiente mínima que deber de tener nuestro canalón sabiendo que este tiene una superficie de 64 cm² y debería tener una pendiente mínima de 0,15% menor que la del canalón interior, pero al formar parte de la misma estructura, deberá tener la misma pendiente, es decir, pendiente mínima de 0,78%.

3. CALCULO DE BAJANTES.

A continuación se presenta un esquema de la planta general en el que se enumeran las distintas bajantes que hay en la instalación.

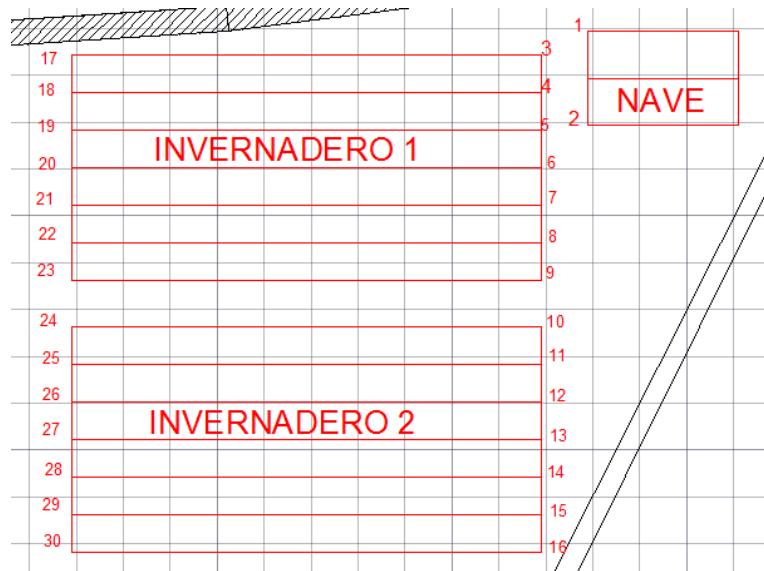


FIGURA 3: esquema de la distribución de las bajantes

3.1. Nave

Se van a calcular las bajantes de la nave que son en el esquema las marcadas con los números 1 y 2. El cálculo se resuelve mediante la tabla 4.8 del CTE-DBHS 5:

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h	
Superficie en proyección horizontal servida (m^2)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Figura 4: tabla para el dimensionado de las bajantes pluviales

Para calcular las bajantes se emplea la superficie en proyección horizontal, en este caso también debemos de aplicarle el factor de corrección (f), tiendo así para cada una de las dos bajantes que se dispondrán en la nave una superficie una vez aplicado f de $224\ m^2$. E interpolando en la tabla obtenemos un valor de 80mm, por lo que deberemos poner una bajante de 90 mm de diámetro que es el diámetro comercial inmediatamente superior.

Las bajantes se ejecutarán de manera que queden aplomadas y fijadas a la obra. La fijación se realizará con una abrazadera de fijación en la zona de la embocadura, para

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

que cada tramo de tubo sea autoportante, y una abrazadera de guiado en las zonas intermedias. La distancia entre abrazaderas debe ser de 15 veces el diámetro.

3.2. Invernadero

3.2.1. Invernadero canalón de entre naves del invernadero

Se colocarán dos bajantes por cada entre nave, es decir, una bajante en el final de cada tramo de canalón, siendo las marcadas con los números 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, 18,19,20,21,22,25,26,27,28 y 29.

El cálculo de las bajantes se resuelve mediante la tabla 4.8 del CTE-DBHS 5, teniendo en cuenta una superficie una vez aplicado el factor f de 280 m^2 . E interpolando con este valor, obtenemos un diámetro nominal de 85,95mm, debiendo emplearse un diámetro nominal disponible comercialmente de 90 mm de diámetro.

3.2.2. Invernadero canalón lateral

Se colocarán dos bajantes por cada lateral de invernadero, es decir, una bajante en el final de cada tramo de canalón, siendo las marcadas con los números 3,9,10,16, 17,23,24 y 30.

4. Cálculo de colectores

Para el cálculo de los colectores se debe de conocer la superficie proyectada una vez aplicado el factor (f). El cual ya se había calculado en anteriores apartados de este anexo. Además deberemos de tener en cuenta que para el cálculo del diámetro empleamos toda la superficie que descarga en él, es decir, todas las bajantes anteriores a éste.

Para saber el diámetro nominal se emplea la tabla 4.9 del CTE DBHS 5, se debe interpolar entre los dos valores para conocer el diámetro nominal adecuado. Pero como los diámetros que aparecen en la tabla son los comerciales empleados para colectores entonces se debe de tomar el diámetro inmediatamente superior al nuestro.

Tabla 4.9 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie proyectada (m^2)			Diámetro nominal del colector (mm)
Pendiente del colector			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Figura 5. Tabla para el dimensionamiento de los colectores de aguas pluviales

Para denominar los colectores lo haremos mediante la letra T y seguido dos números que son la bajante desde la que parte y la bajante a la que llega, donde comenzará otro colector.

TRAMO DE COLECTOR	S' ACUMULADA	DIAMETRO	LONGITUD TUBERIA	PENDIENTE
T30-29	140	90	8	1%
T29-28	420	125	8	2%
T28-27	700	160	8	2%
T27-26	980	160	8	2%
T26-25	1260	200	8	2%
T25-24	1540	200	8	2%
T24-10	1680	250	100	1%
T17-18	420	125	8	2%
T18-19	700	160	8	2%
T19-20	980	160	8	2%
T20-21	1260	200	8	2%
T21-22	1540	200	8	2%
T22-23	1680	250	8	1%
T23-9	1680	250	100	1%

TRAMO DE COLECTOR	S' ACUMULADA	DIAMETRO	LONGITUD TUBERIA	PENDIENTE
T16-15	140	90	8	1%
T15-14	420	125	8	2%
T14-13	700	160	8	2%
T13-12	980	160	8	2%
T12-11	1260	200	8	2%
T11-10	1540	200	8	2%
T10-9	1680	250	10	2%
T2-1	224	110	12	1%
T2-3	0	110	10	1%
T3-4	364	125	8	2%
T4-5	644	160	8	2%
T5-6	924	200	8	2%
T6-7	1204	200	8	2%
T7-8	1484	200	8	2%
T8-9	1764	250	8	2%
T9-10	1904	250	8	2%

Desde la arqueta del tramo 9-10 saldrán 150 m de tubería de 315 desde la arqueta la tubería colectora principal hacia el desagüe de la balsa de abastecimiento de la explotación. Esta tubería desciende para llenar otra balsa de riego 200 metros más abajo y que se destina al riego de una explotación de frutales que se haya más abajo.

5. Cálculo de arquetas

Se van a calcular las arquetas necesarias para la evacuación de las aguas pluviales. Para ello se usa la siguiente tabla del NTE-ISS. Que dimensiona las longitudes A y B en función del diámetro del colector de salida. Como máximo podrá haber un colector por cada lado de la arqueta.

Se colocará una arqueta en cada bajante, y para su denominación se seguirá el anterior esquema y los colectores antes calculados.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Tabla 2	Diámetro D en mm. del colector de salida.					
	100	125	150	200	250	300
Dimensiones AxB en cm de la arqueta	38x26	38x38	51x38	51x51	63x51	63x63

Figura 5: tabla para la elección de arquetas de la NTE.

NºARQUETA	ø COLECTOR	ARQUETA	NºARQUETA	ø COLECTOR	ARQUETA
1	110	38x38	16	90	38x26
2	110	38x38	17	250	63x51
3	315	63x63	18	200	51x51
4	315	63x63	19	200	51x51
5	315	63x63	20	160	51x51
6	250	63x51	21	160	51x51
7	250	63x51	22	125	38x38
8	250	63x51	23	90	38x26
9	250	63x63*	24	250	63x51
10	250	63x63*	25	200	51x51
11	200	51x51	26	200	51x51
12	200	51x51	27	160	51x51
13	160	51x51	28	160	51x51
14	160	51x51	29	125	38x38
15	125	38x38	30	90	38x26

*las arquetas nº 9y10 serán de esas dimensiones porque hacen a la vez de colectores de las bajantes del tramo 17-23 y 30-24.

6. Aguas residuales

Se van a calcular las bajantes para los desagües ubicados en el interior de la nave, tanto los de los aseos como los de las máquinas. Para ello se emplea el CTE BD-HS.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Tabla 4.1 UD_s correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro	4	5	100	100
	Con cisterna			
	Con fluxómetro			
Urinario	8	10	100	100
	Pedestal			
	Suspendido			
	En batería			
Fregadero	3	6	40	50
	De cocina			
	De laboratorio, restaurante, etc.			
Lavadero	-	2	-	40
Vertedero	3	-	40	-
Fuente para beber	-	8	-	100
Sumidero sifónico	-	0.5	-	25
Lavavajillas	1	3	40	50
Lavadora	3	6	40	50
Cuarto de baño	Inodoro con cisterna	7	-	100
(lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con fluxómetro	8	-	100
Cuarto de aseo	Inodoro con cisterna	6	-	100
(lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con fluxómetro	8	-	100

Figura 6: tabla para el dimensionado del diámetro de los sifones y derivaciones individuales

Empleando la anterior tabla se sacan las unidades de desagua (UD) y los diámetros mínimos de sifón y derivación individual, y considerando que todo es de uso privado. En el caso de las máquinas y de un sumidero central que habrá para la limpieza de la nave, se considera que podrán llevar restos de turba o de otros materiales. Según los elementos empleados tenemos lo siguiente:

- lavabo: 4 UD 32mm de sifón y derivación
- ducha: 4UD 40 mm de sifón y derivación
- inodoro: 4UD 110mm de sifón y derivación
- sumidero 3 UD 110mm de sifón y derivación.

7. Colectores de aparatos sanitarios

Para el dimensionado de los colectores se seguirá la siguiente tabla del CTE DB-HS:

Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante

Máximo número de UD	Pendiente			Diámetro (mm)
	1 %	2 %	4 %	
-	1	1	1	32
-	2	3	3	40
-	6	8	8	50
-	11	14	14	63
-	21	28	28	75
47	60	75	75	90
123	151	181	181	110
180	234	280	280	125
438	582	800	800	160
870	1.150	1.680	1.680	200

Figura 7: tabla para el dimensionado de ramales de colectores

Según esta tabla se debe emplear un diámetro de 90 mm según el número de UD. El colector desaguará en la fosa séptica.

8. Fosa séptica

La fosa La fosa séptica tendrá una capacidad de 3 m³, con un diámetro de 1,5m y una longitud de 2m. Esta fosa séptica hace una depuración de las aguas negras, mediante la decantación ya que esta fosa esta partida en dos. En la primera entra el agua residual y se acumula en la parte inferior el residuo; el agua que atraviesa a la otra parte de la fosa por la parte superior y al final sale de la fosa hacia la arqueta número 7 para después ser evacuada, junto con el agua procedente de las bajantes del tejado y el invernadero 1 a la tubería colectora, que desemboca finalmente en la acequia, situada en la linde de la parcela y que alimenta a la balsa de riego situada al sur de la misma parcela y con una capacidad de 10.000m³. (ver plano nº2: plano de emplazamiento)

La fosa séptica se vaciará cuando sea necesario para el buen funcionamiento de la misma.



Figura 8: fosa séptica a instalar

La fosa irá enterrada y para su entrerrado hay que seguir las siguientes normas, y el siguiente esquema.

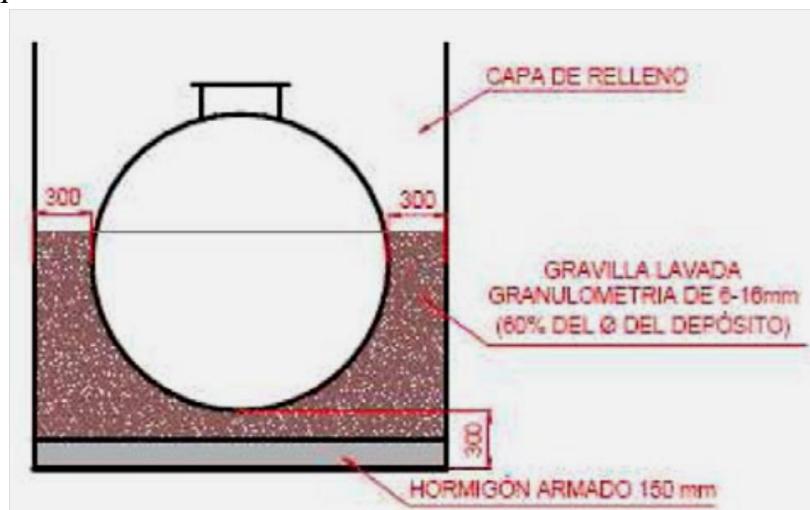


Figura9: disposición de la fosa séptica enterrada

-realizar la excavación contando con un exceso de 30 cm sobre las dimensiones del equipo, según se aprecia en el esquema.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

-compactar el terreno y construir una solera de hormigón en masa de unos 15 cm de espesor. Situar el equipo sobre una capa de 15 cm de gravilla, perfectamente nivelada.

-colocar el depósito sobre dicha solera.

-nivelar el depósito y sujetarlo.

-el suelo excavado se ha de llenar con gravilla lavada, cribada y libre de polvo, sin arcilla, materia orgánica y con una granulometría entre 6mm y 16mm (60% del diámetro del depósito).

-llenar el depósito y comprobar que no existen fuga. Para el esto e relleno del depósito se pueden utilizar tierras de la excavación, libres de objetos al depósito, de forma que no se produzcan daños en las paredes exteriores del depósito.

ANEJO 16. INSTALACIONES DEL EDIFICIO

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. ZONA DE PROCESADO.....	2
3. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA.....	4
4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	10
5. INSTALACIÓN CONTRAINCENDIOS.....	23

1. INTRODUCCION

La nave de servicios proyectada tiene unas dimensiones de 20 x 32 m haciendo una superficie útil de 640 m² repartida en distintas salas como se contempla en los planos.

En este anexo se pretenden describir las instalaciones con las que cuenta la nave de servicios, haciendo hincapié en la zona de proceso de embalaje y en las instalaciones de fontanería y electricidad.

Además encontraremos información acerca de otras instalaciones en otros anejos que a continuación se nombran.

- Anejo 13: Cálculos constructivos del edificio de servicios.
- Anejo 14: Dimensionado de las cámaras frigoríficas.
- Anejo 15: Instalación de saneamiento.

La decisión de que estos anejos no figuraran en éste es porque algunos tienen entidad propia para formar un solo anexo, como pueden ser el anexo contra-incendios o el anexo de diseño de cámaras frigoríficas.

2. ZONA PROCESADO

El proceso que van a sufrir las hortalizas es sencillo, se recibirán en la zona oeste del invernadero, a continuación se acondicionarán y se dispondrán en bandejas para posteriormente ser envasados y ordenados en cajas. El proceso es poco automatizado debido al poco volumen de producción y de ahí radica la sencillez del mismo.

La zona de proceso se encuentra en la zona central de la nave y cuenta con los siguientes elementos:

➤ Mesa de procesado

Se trata de cuatro mesas de acero galvanizado, de dimensiones 1,5x1 m. En estas mesas se procederá a la clasificación y limpieza de las hortalizas, para luego distribuirlas en bandejas y que puedan ser envasadas.

➤ Cinta transportadora de rodillos.

Es una forma muy común de cinta. El camino consiste en una serie de tubos (rodillos) perpendiculares a la dirección de avance. Los rodillos están contenidos en un armazón fijo que eleva la cinta del suelo casi un metro.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

La cinta es de las denominadas gravitatorias ya que no va accionada de manera mecánica.

➤ Máquina embaladora.

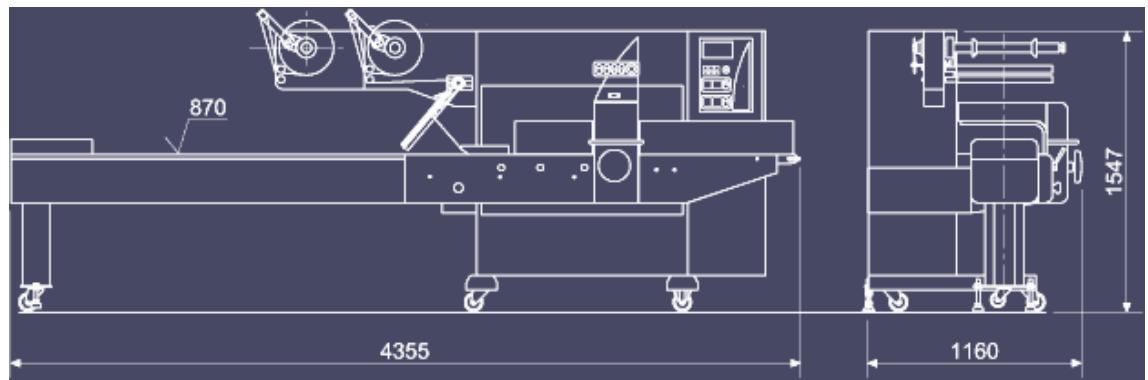
Se trata de una máquina muy versátil, ya que es capaz de envasar en bolsa de polipropileno o en bandeja de poliestireno o polietileno con film termosellable.

Esta versatilidad nos da la oportunidad de envasar multitud de productos con una sola máquina y con gran variedad de envases.

En la nave se va a instalar una máquina que tiene las siguientes características técnicas:

CARACTERÍSTICAS			
Dimensiones de producto (Las dimensiones máximas y mínimas no pueden combinarse en una misma máquina) (Otras dimensiones bajo consulta)	Diámetro mordaza	diámetro 144 mm.	diámetro 200 mm.
	Longitud de bolsa	90 - 450 mm.	125 - 625 mm.
	Largo de producto	60 - 350 mm.	90 -500 mm.
	Ancho de producto	10 - 250 mm.	10 - 250 mm.
	Alto de producto	5 -70 mm.	5 - 150 mm.
	Producción (las dimensiones máximas y mínimas no son compatibles con la producción máxima)	Hasta 250 packs/min. - 30 m/min. de film (Según características y dimensiones del producto, y tipo de film a utilizar)	
Materiales de envasado		Films termosellables: BOPP (polipropileno biorientado), PVC, Poliéster, films con celulosa Films sellables en frío / Según versiones: poliolefinas retráctiles, HDPE, films complejos	
Ancho film		500 mm. (opción 700 mm.)	
Diámetro máximo bobina		300 mm.	
Diámetro mandril		76 mm. - 3"	
Datos eléctricos	Voltaje	230/400 V. - 10% + Neutro + Tierra - 50/60 Hz	
	Consumo	4 kW - 8 Amp. / 380 V. - 14 Amp. / 220 V (versión estandar)	
Consumo neumático		De 0 a 50 l/min. / 6 bars. (según versión y opcional)	
Peso aproximado		1.100 kg.	

A continuación se muestra una fotografía similar a la máquina que se va a instalar y un boceto con sus medidas:



➤ Plato distribuidor.

Se trata de un plato circular acolchado en el que se irán depositando las bandejas, o bolsas del producto ya envasado. Este plato puede girar libremente con lo que es de gran ayuda para poder ir llenando las cajas con el producto, que posteriormente se dispondrán en palets.

3. INSTALACIÓN DE FONTANERÍA

Cumplirá las condiciones mínimas que deben exigirle a las instalaciones interiores para lograr un correcto funcionamiento, en lo que se refiere a suficiencia y regularidad del suministro para condiciones normales. El cálculo de la instalación se ha hecho según el CTE, sección HS-4 Suministro de agua.

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 que está situado en la sala de riego. En esta sala además del depósito estará el grupo de presión, el clorador y el depósito hidroneumático. De esta sala partirá la instalación en polipropileno de la forma que aparece en el plano “Instalación de fontanería”.

3.1. CONDICIONES MÍNIMAS DE SUMINISTRO

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

1. La instalación debe suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm³/s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm³/s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-

2. En los puntos de consumo la presión mínima debe ser:
 - a) 100 kPa para grifos comunes;
 - b) 150 kPa para fluxores y calentadores
3. La presión en cualquier punto de consumo no debe superar 500 kPa.
4. La temperatura de ACS en los puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C. excepto en las instalaciones ubicadas en edificios dedicados a uso exclusivo de vivienda siempre que éstas no afecten al ambiente exterior de dichos edificios.

3.2. DIMENSIONADO DE LA INTALACIÓN

Dimensionado de los tramos

1. El dimensionado de la red se hará a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se partirá del circuito considerado como más desfavorable que será aquel que cuente con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.
2. El dimensionado de los tramos se hará de acuerdo al procedimiento siguiente:
 - a) el caudal máximo de cada tramo será igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo con la tabla 2.1.

- b) establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.
- c) determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.
- d) Determinación del diámetro de las tuberías en función de las tablas 4.2 y 4.3 del CTE
- e) Obtención de la velocidad real que tendrá el agua de la instalación una vez instaladas las tuberías y con esta velocidad que tiene que tener un rango de 0.5 a 3.5 m/s en tuberías termoplásticos, calcular las pérdidas de cargas totales que tendremos en la instalación.
- f) En el edificio tenemos 2 vestuarios, cada uno con 2 duchas, 2 lavabos y 2 inodoros, basándonos en la tabla 2.1 del CTE obtendremos el caudal a instalar. Después este caudal a instalar lo minoraremos con el coeficiente de simultaneidad que se calcula con la siguiente fórmula:

$$Kv = \frac{1}{\sqrt{(n-1)}}; \text{ siendo } n \text{ el número de aparatos instalados}$$

A continuación se presenta en una tabla la denominación que se le ha dado a cada tramo de tubería, los aparatos a los que alimenta, el caudal máximo, su coeficiente de simultaneidad, y el caudal obtenido de multiplicar el caudal máximo por Kv.

Tramo	Nº de aparatos	Q según CTE (l/s)	Kv	Q instalado (l/s)
T 2.1	2 duchas + 2 WC	0,6	0,57	0,34
T 2.2	2 lavabos	0,2	1	0,2
T 2.3	2 duchas + 2 WC	0,6	0,57	0,34
T 2.4	2 lavabos	0,2	1	0,2
T 2	4 duchas+4lavabos+4WC	1,6	0,3	0,48
T 3.1	2 duchas	0,2	1	0,2
T 3.2	2 lavabos	0,13	1	0,13
T 3.3	2 duchas	0,2	1	0,2
T 3.4	2 lavabos	0,13	1	0,13
T 3	4 duchas + 4 lavabos	0,66	0,38	0,25
T 1	Total	2,26	0,3	0,67

Con los caudales obtenidos, mediante la ecuación de continuidad calculamos un diámetro teórico, para luego seleccionar un diámetro nominal.

Tramo	v (m/s)	Q (l/s)	Área (m ²)	Φ _{teorico} (mm)	Φ _{nominal} (mm)	Φ _{interior} (mm)
T 2.1	1	0,34	3,4·10 ⁻⁴	20	25x2,5	20
T 2.2	1	0,2	2·10 ⁻⁴	17,4	25x2,5	20
T 2.3	1	0,34	3,4·10 ⁻⁴	20	25x2,5	20
T 2.4	1	0,2	2·10 ⁻⁴	17,4	25x2,5	20
T 2	1	0,48	4,8·10 ⁻⁴	24,7	32x3	26
T 3.1	1	0,2	2·10 ⁻⁴	16	25x2,5	20
T 3.2	1	0,13	1,3·10 ⁻⁴	12,8	25x2,5	20
T 3.3	1	0,2	2·10 ⁻⁴	16	25x2,5	20
T 3.4	1	0,13	1,3·10 ⁻⁴	12,8	25x2,5	20
T 3	1	0,25	2,5·10 ⁻⁴	17,8	25x2,5	20
T 1	1	0,67	6,7·10 ⁻⁴	29	40x4	32

Una vez obtenido el diámetro nominal, habrá que calcular la velocidad real del agua para así obtener las pérdidas de carga exactas.

Las pérdidas de carga las obtendremos con la fórmula de Darcy, y para ello hemos obtenido el factor de fricción “f” con la fórmula de Jain. A continuación se presentan las fórmulas utilizadas y la tabla con los resultados obtenidos.

Jain: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{5,73}{Re^{0,9}} + \frac{K}{3,71 \cdot D} \right)$; donde K= 0,0004mm por ser polipropileno

Reynolds: $Re = \frac{D \cdot v}{\delta}$; donde δ es la viscosidad cinemática que varía de $1,24 \cdot 10^{-6}$ para el agua a 10°C a $0,46 \cdot 10^{-6}$ para el agua a 50°C.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Darcy: $hr = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$

Tramo	Q(l/s)	Φ_{int}	S(mm^2)	V (m/s)	L (m)	$\sigma (\text{m}^2/\text{s})$	Re	f	hr(m)
T 2.1	0,34	20	314,1	1,08	4	$1,24 \cdot 10^{-6}$	17.419	0,017	0,2
T 2.2	0,2	20	314,1	0,63	4	$1,24 \cdot 10^{-6}$	10.161	0,03	0,12
T 2.3	0,34	20	314,1	1,08	4	$1,24 \cdot 10^{-6}$	17.419	0,017	0,2
T 2.4	0,2	20	314,1	0,63	4	$1,24 \cdot 10^{-6}$	10.161	0,03	0,12
T 2	0,48	26	530,9	0,9	10	$1,24 \cdot 10^{-6}$	18.871	0,026	0,41
T 3.1	0,2	20	314,1	0,63	2	$0,46 \cdot 10^{-6}$	27.391	0,024	0,05
T 3.2	0,13	20	314,1	0,41	2	$0,46 \cdot 10^{-6}$	17.826	0,026	0,02
T 3.3	0,2	20	314,1	0,63	2	$0,46 \cdot 10^{-6}$	27.391	0,024	0,05
T 3.4	0,13	20	314,1	0,41	2	$0,46 \cdot 10^{-6}$	17.826	0,026	0,02
T 3	0,25	20	314,1	0,79	8	$1,24 \cdot 10^{-6}$	12.742	0,029	0,37
T 1	0,67	32	804,2	0,83	40	$1,24 \cdot 10^{-6}$	21.419	0,025	1,1

Para saber cuál es la pérdida de carga total sumamos la del tramo más desfavorable que es:

$$Hr_{total} = hr_{T1} + hr_{T2} + hr_{T2.1} = 1,1\text{m} + 0,41\text{m} + 0,2\text{m} = 1,71\text{ m}$$

Para decidir la elección del grupo de presión a instalar se necesita saber las pérdidas de carga totales de la instalación, que éstas se deben a:

- Presión de consigna mínima a conseguir → 10 m
- Diferencia de cota entre el grupo de presión y la salida de la ducha → 2 m
- Pérdidas de carga producidas en la tubería → 1,71 m
- Pérdidas de carga producidas por las piezas especiales → 0,5 m

Necesitaremos un grupo de presión que nos proporcione 15 m de presión, con lo que necesitamos un grupo de presión con una potencia de:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

$$N_u = \frac{Q \cdot \gamma \cdot H}{75} = \frac{0,67 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 15}{75} = 0,13 CV$$

Donde:

- Q, es el caudal en m^3/s
- γ , es la densidad del agua en kg/m^3
- H, es la altura manométrica de elevación en m.

La potencia en el eje de la bomba (N_b) o suministrada por el motor será:

$$N_b = \frac{N_u}{\rho} = \frac{0,13 CV}{0,7} = 0,185 CV ; \text{ siendo } \rho \text{ el rendimiento.}$$

La potencia mínima recomendable para el motor será:

$$N_m = \frac{N_b}{0,7} = \frac{0,185 CV}{0,7} = 0,26 CV = 195 W$$

Según el CTE HS-4 el conjunto grupo de presión debe tener los componentes siguientes:

- depósito auxiliar de alimentación, que evite la toma de agua directa por el equipo de bombeo; se instala un depósito de poliéster de 1.000 litros de capacidad en un lado de la sala del cabezal de riego. Este depósito se alimenta de una derivación proveniente de la conducción que alimenta al agua de riego. A la salida del depósito de 1.000 l se instala el clorador.
- equipo de bombeo, compuesto, como mínimo, de dos bombas de iguales prestaciones y funcionamiento alterno, montadas en paralelo

Se instala un grupo de presión que tiene una potencia entre los dos motores de 880 W.

Constarán de dos motores en paralelo; en medio, el automatismo que hace que se enciendan alternativamente cuando el grupo de presión lo demande.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- depósitos de presión con membrana, conectados a dispositivos suficientes de valoración de los parámetros de presión de la instalación, para su puesta en marcha y parada automáticas.

Se instalará un depósito de presión de membrana vertical con 100 l de capacidad y 10 kg de presión nominal.

4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

4.1. OBJETIVOS DEL EPÍGRAFE

El presente epígrafe tiene como finalidad, determinar las características técnicas y de seguridad de la instalación eléctrica en baja tensión para el suministro de la explotación proyectada.

La instalación eléctrica descrita se ajusta al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto 842/2002 de 2 de agosto e instrucciones complementarias del mismo).

Se tendrán en cuenta las normas particulares de la empresa suministradora de la zona de ubicación del proyecto (Empresa ERZ).

4.2. ENERGIA DE ALIMENTACION

Según el condicionado emitido por la Empresa Suministradora, la alimentación se realizará en forma de corriente alterna trifásica a 400 V. (230 V. entre fase y neutro).

4.3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACION

La instalación constará de los siguientes elementos:

. *Caja General de Protección.* El tipo y características vienen determinadas por las condiciones de suministro de la compañía.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

. *Cuadro de Contadores.* Vienen determinados por el tipo de contratación suministradora con la empresa.

. *Derivación Individual.* Une los contadores con el cuadro general de protección, su dimensionado coincide con el de la línea repartidora.

. *Cuadro General de Protección,* contiene:

- Interruptor Limitador de Potencia.
- Interruptores magnetotérmicos de protección de los circuitos.
- Interruptores Diferenciales.

Alimenta a los diferentes cuadros secundarios que también contendrán sus propias PIAS y diferenciales. Se recomienda este sistema sectorizado al objeto de que una sobreintensidad en un receptor sólo afecte al circuito del cual depende y no al general del que depende toda la instalación. Se consigue una protección más selectiva. También es más rápido rearmar una protección ante una sobreintensidad o una fuga.

4.4. ACOMETIDA GENERAL

La alimentación desde el centro de transformación hasta la Caja General de Protección, se realizará mediante línea aérea de haz trenzado de aluminio con aislamiento de polietileno reticulado.

4.5. DESCRIPCIÓN DEL CUADRO DE PROTECCIÓN Y MEDIDA

Se dispondrá en el lugar señalado en el plano de planta correspondiente al almacén, de módulos de doble aislamiento y de puerta transparente y precintable. Dichos módulos irán montados sobre pared como nicho-mural.

Las dimensiones interiores de hueco correspondiente al dispositivo general de protección serán:

Altura: 1000 mm.

Anchura: 750 mm.

Profundidad: 300 mm.

La altura de la parte inferior del nicho sobre el nivel de la nave será de 0.6 m.

Para la entrada de la acometida, se dispondrá de dos tubos de fibrocemento de 13mm.

Las características constructivas serán las especificadas en la Norma UNE 21095, en la recomendación UNESA 1403 y estarán homologados por éste organismo.

El material con que estará construida será de álcalis, aislante de clase térmica A (UNE 21305) y categoría de inflamabilidad FU y (UNE 53315 / Y). El grado de protección será IP417.

CONTADORES

La instalación de contadores se realizará de forma concentrada, puesto que al ser el suministro mixto, se colocará un contador común para alumbrado y fuerza, que mida la energía activa, otro para la reactiva.

Dicho conjunto estará compuesto por compartimentos individuales que contendrán cada uno fusibles de seguridad de 100 A (bases de 160 A). Todo ello irá cableado con hilo de cobre V750, clase 2 rígido de 50 mm²

El conjunto modular estará montado de modo que la parte inferior quede a una altura mínima de 50 cm. sobre el nivel del suelo. Los contadores quedarán a una altura máxima de 180 cm.

ARMARIOS GENERALES DE DISTRIBUCION y CONTROL

Se colocará un armario próximo al módulo del ICP, y que alojará los elementos de maniobra, mando y protección de los circuitos interiores tanto de alumbrado como de fuerza motriz.

4.6. PUESTA A TIERRA.

Se realizará con conductor de cobre de 35 mm. de sección desnudo, conectado a cuantas picas sean necesarias, de forma que la resistencia sea inferior a 37 ohmios.

Se conectarán la línea de las picas al armario general de distribución y control, al que van conectadas las tierras de todas las líneas de fuerza y de luz de la nave.

Dichas líneas se instalarán por las mismas canalizaciones de los conductores activos. Las derivaciones de la línea de tierra estarán constituidas por cartuchos de cobre.

La sección mínima de éstos conductores, será igual a la fijada por la Instrucción en función de la sección de los conductores activos de la instalación, siendo de su misma sección hasta 16 mm². Para secciones superiores, será en un punto menor a la sección del hilo activo.

En ningún caso se utilizarán las conducciones de agua, gas o similares, como conductores de tierra.

Las conexiones de los conductores de tierra serán siempre mediante elementos de apriete por rosca, que garanticen la perfecta conexión entre ellos.

La toma de tierra deberá situarse de tal forma que se facilite su humidificación normalmente.

Como norma de seguridad, todos los elementos metálicos integrados en la

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

instalación, o que puedan hallarse bajo tensión, por accidente, (bancadas metálicas, placas de motores,...) serán conectados a tierra.

En todos los materiales se tendrá en cuenta las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como de la compañía suministradora.

4.7. CONDUCTORES ELECTRICOS.

Los conductores eléctricos, serán de cobre electrolítico, con doble capa aislante, siendo su tensión nominal de 1000 V. para la línea repartidora y de 750 V para el resto de la instalación.

Los conductores, deberán estar homologados según las normas UNE citadas en la Instrucción

La sección será como mínimo las calculadas en este anexo, y en ningún caso se utilizarán secciones inferiores a 1,5 mm²

Se cumplirá la ITC-BT19 y la ITC-BT30

IDENTIFICACION DE LOS CONDUCTORES.

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento.

Azul : conductor neutro.

Amarillo-verde: conductor de tierra y protección.

Marrón, negro o gris: conductores activos o de fase.

4.8. TUBOS PROTECTORES

Los tubos empleados cumplirán las indicaciones de la Instrucción para Locales Húmedos, utilizándose mayoritariamente PVC Rígido en montaje superficial.

Los diámetros interiores nominales mínimos para los tubos protectores a emplear en función del número, clase y sección de los conductores que han de alojar, son las indicadas en la Instrucción.

Para más de 5 conductores por tubo o para conductores de sección diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección interior de éste, será como mínimo, igual a tres veces la sección total ocupada por los conductores.

4.9. CAJAS DE EMPALME Y DERIVACION

Serán de material aislante o metálicas aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación.

Así mismo, deberán tener un grado de protección contra la caída vertical de gotas de agua.

Sus dimensiones serán tales que deberán contener holgadamente todos los conductores a alojar.

Su profundidad equivaldrá cuando menos a 1,5 veces el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm., y un mínimo de 80 mm. para su diámetro o lado interior.

4.10. APARATOS DE PROTECCION.

Son los disyuntores eléctricos, fusibles e interruptores diferenciales.

Los disyuntores serán del tipo magnetotérmicos de accionamiento manual, y podrán cortar la corriente máxima del circuito en el que se colocan, sin dar lugar a la

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

formación de arcos permanentes, abriendo y cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia.

Su capacidad de corte será para la protección del cortocircuito, estando de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que puedan presentarse en un punto de la instalación.

Llevarán marcada la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, y el signo indicador de desconexión.

Los fusibles y disyuntores empleados para proteger los circuitos secundarios, serán calibrados a la intensidad del circuito que protegen.

En ningún caso los elementos bajo tensión serán accesibles directamente.

4.11. RECEPTORES DE ALUMBRADO.

Se instalarán los puntos de luz señalados en el plano y se alimentarán a través de los circuitos previstos en el esquema unifilar.

4.12. ILUMINACIÓN.

La elección de las luminarias se ha hecho en función de la altura de los techos, de ahí que en las dependencias laterales de la nave, (ver plano “Planta de distribución de la nave”) que tienen una altura de 3m se instalen fluorescentes; y en la parte central donde se llevan a cabo operaciones de limpieza y embalaje, y la altura máxima de 7 m se pongan lámparas de vapor de mercurio a alta presión. También se instalaran cuatro lámparas de vapor de sodio para iluminar el exterior de las entradas a la nave y las entradas al invernadero con 150W cada una.

Características de las distintas luminarias instaladas:

Fluorescentes

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Alta eficacia luminosa: 100 lm/W.
- Precisan cebador, balasto y condensador.
- Vida media 7.500 horas.
- Temperatura color 2.700 - 6.500 K (luz bastante blanca)
- Índice de rendimiento cromático 50 - 95.
- Potencia 36 W 58 W
- Flujo luminoso 3.250 lm 5.400

Lámpara de vapor de mercurio de alta presión

- Eficacia luminosa 60 lm/W.
- Tiempo encendido 5 min.
- Necesitan balasto y condensador.
- Vida media 8.000 horas.
- I.R.C. = 40-50
- Potencia 250W
- Flujo luminoso 13.000 lm

Lámparas de vapor de sodio

- Eficacia luminosa 180 lm/W.
- Tiempo encendido 7 min.
- Arrancador electrónico o autotransformador.
- Vida media 8.000 - 12.000 horas.
- I.R.C. = 0 (monocromática).
- Potencia 150 W
- Flujo luminoso 25.000 lm

La estrategia de iluminación seguida en la nave, es la de iluminación general, consiste en la colocación regular de luminarias en el techo del local. Es el método más común. En los planos se observa la distribución de las luminarias.

4.13. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO INTERIOR

Se debe determinar el número y disposición de luminarias necesarias para obtener el nivel de iluminación deseado.

$$F_t = \frac{E_m \cdot S}{\eta_L \cdot \eta_R \cdot f_m}$$

Datos necesarios:

- Flujo luminoso a emitir (lm): F_t
- Nivel de iluminación: E_m
- Superficie del local: S
- Rendimiento de las luminarias: η_L
- Reflectancias de techo, paredes y suelo: η_R
- Nivel de mantenimiento de las lámparas y del local: f_m

- ❖ E_m , es el nivel de iluminación depende de la actividad que se va a llevar a cabo en cada sala, por ello a continuación se presentan los distintos niveles iluminación y la superficie de cada dependencia:

Tipo de instalación	Superficie (m^2)	Iluminación (lux)
Cámaras frigoríficas	16	50
Oficina	20	600
Vestuarios	20	120
Sala cabezal de riego	55	200
Zona central de la nave	224	250

- ❖ η_L es el rendimiento de la luminaria y es 0,85.

- ❖ η_R es un factor que depende de las reflectancias del local, de sus dimensiones y de la distancia entre el plano de trabajo y las luminarias, y se calcula mediante la

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

tabla que se presenta a continuación. Entramos con luminarias extensivas en el caso de fluorescentes, e intensivas con las de vapor de mercurio; con el valor de K que se determina después y con los valores de reflectancia antes mencionados que se corresponden con:

0.8 -- techo de color blanco

0.8 -- paredes de color blanco

0.3 -- suelo de color medio

Determinación de K:

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

siendo a y b las dimensiones de local y h la altura.

Tabla de valores del rendimiento del local (η_R)						
Tipo de luminaria	K	Reflectancias de techos (ρ_t), paredes (ρ_p) y suelos (ρ_s)				
		$\rho_t=0,8$ $\rho_p=0,8$ $\rho_s=0,3$	$\rho_t=0,8$ $\rho_p=0,5$ $\rho_s=0,3$	$\rho_t=0,5$ $\rho_p=0,5$ $\rho_s=0,3$	$\rho_t=0,5$ $\rho_p=0,5$ $\rho_s=0,1$	$\rho_t=0,3$ $\rho_p=0,3$ $\rho_s=0,1$
Intensiva	1	0,94	0,69	0,67	0,65	0,59
	2	1,11	0,91	0,87	0,84	0,78
	3	1,18	1,02	0,96	0,91	0,86
	4	1,21	1,09	1,02	0,95	0,90
Semi-intensiva	1	0,82	0,55	0,52	0,51	0,45
	2	1,02	0,79	0,75	0,72	0,64
	3	1,13	0,93	0,86	0,81	0,75
	4	1,17	1,01	0,94	0,88	0,81
Dispersora	1	0,71	0,41	0,38	0,37	0,29
	2	0,91	0,64	0,57	0,55	0,45
	3	0,99	0,77	0,67	0,63	0,52
	4	1,04	0,85	0,72	0,67	0,57
Extensiva	1	0,66	0,37	0,32	0,32	0,23
	2	0,87	0,60	0,51	0,49	0,37
	3	0,96	0,74	0,60	0,57	0,46
	4	1,01	0,82	0,66	0,62	0,51
Hiper-extensiva	1	0,65	0,36	0,31	0,30	0,21
	2	0,85	0,58	0,47	0,46	0,33
	3	0,94	0,71	0,57	0,53	0,41
	4	0,99	0,79	0,63	0,58	0,46

En la tabla que se presenta a continuación aparecen los valores de η_R para cada

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

dependencia así como flujo luminoso.

- ❖ f_m es el factor de mantenimiento, y depende de la pérdida de flujo de la lámpara con el tiempo y de la limpieza de la lámpara y del local:
 - locales limpios: 0,8
 - locales normales: 0,7
 - locales sucios: 0,6

Haciendo una recopilación de los datos obtenemos el flujo luminoso para cada dependencia que aparece en la siguiente tabla:

Sala	$S (m^2)$	E_m (lux)	K	η_R	f_m	F_t (lm)
Cámaras	16	50	0.66	0.66	0.8	1.782
Oficina	20	600	0.74	0.66	0.8	26.738
Vestuarios	20	120	0.74	0.66	0.8	5.348
Riego	55	200	1.14	0.66	0.7	28.011
Zona central	224	250	0.95	0.94	0.8	87.610

A continuación se divide el flujo total por el flujo que es capaz de dar cada luminaria, obteniendo así el número de luminarias a instalar en cada dependencia:

Sala	F_t (lm)	Lm/luminaria	Nº de luminarias
Cámaras	1.782	3.250	1
Oficina	26.738	3.250	8
Vestuarios	5.348	3.250	2
Riego	28.011	3.250	9
Zona central	87.610	13.000	7

Comprobación de la uniformidad de la iluminación.

Según el tipo de distribución luminosa las luminarias se deben separar una distancia máxima d:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Intensiva $d < 1,2h$

- Extensiva $d < 1,6h$

Siendo h la distancia entre el plano de trabajo (0,8m) y las luminarias, así:

- Intensiva $d < 1,2 \times 5.2 = 6.24$

- Extensiva $d < 1,6 \times 2.2 = 3.5$

Respetando las distancias máximas anteriores se distribuyen las luminarias en la nave como se puede ver en el plano “Distribución de luminarias”.

4.14. POTENCIA A INSTALAR DE FUERZA E ILUMINACIÓN.

Consideraremos cada uno de los elementos y tomas de fuerzas instaladas funcionando a la vez con la finalidad de tener un margen por si en el futuro adicionamos algún aparato más.

3 agitadores de abono líquido de 150 W =	450 W
1 bomba de riego de 12.170 W =	12.170 W
1 bomba de trasiego 365 W =	365 W
1 grupo de presión de 880 W =	880 W
1 compresor para las cámaras de 4.416 W =	4.416 W
24 motorreductores de 365 W =	4.380 W
35 fluorescentes de 36 W =	1.260 W
12 lámparas de mercurio de 250 W =	3.000 W
2 lámparas de sodio de 150 W =	300 W
3 quemadores de 2000 W=	6000 W
<hr/>	
	31.210 W

Además se instalan distintas tomas de fuerza en la nave con una potencia total de 9.000W en tomas monofásicas y 9.000 W en tomas trifásicas, teniendo en cuenta que el uso de éstas últimas va a ser puntual, se considera un coeficiente de simultaneidad de las tomas de fuerza del 50 % y un coeficiente de simultaneidad del 55% para el total de la instalación.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

Considerando los coeficientes de simultaneidad antes mencionados resulta una potencia a contratar de 30 KW, el primer I.C.P. que nos cumple es de 32,9KW y será de 50 A.

5. INSTALACIÓN CONTRAINCENDIOS

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 prescripciones del reglamento aprobado por este real decreto serán de aplicación, a partir de su entrada en vigor, a los nuevos establecimientos industriales que se construyan o implanten y a los ya existentes que se trasladen, cambien o modifiquen su actividad, por lo tanto es de aplicación en el Proyecto que nos ocupa.

Estas mismas exigencias serán de aplicación a aquellos establecimientos industriales en los que se produzcan ampliaciones o reformas que impliquen un aumento de su superficie ocupada o un aumento del nivel de riesgo intrínseco. Se aplicarán estas exigencias a la parte afectada por la ampliación o reforma, que con carácter general se considera que será el sector o área de incendio afectado.

El objeto del Reglamento es establecer y definir los requisitos que deben satisfacer, y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

uso industrial, para su seguridad en caso de incendio, evitando su generación, y para dar la respuesta adecuada al mismo en caso de producirse, limitando su propagación y posibilitando su extinción con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

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.

No será de aplicación, salvo que se exija por compatibilidad reglamentaria según Art. 3 del R.S.C.I.E.I., la Norma Básica de la Edificación “NBE-CPI-96 “*Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios*” aprobada por RD 2177/1996, de 4 de octubre, que establece las condiciones que deben cumplir los edificios para proteger a sus ocupantes frente a los riesgos originados por un incendio y para prevenir daños a terceros, puesto que dicha norma excluye los edificios de uso industrial.

ANEJO 17. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- COBROS	2
3.- PAGOS	3
4.-FINANCIACIÓN	5
5.-VIABILIDAD.....	5

1. INTRODUCCIÓN

El estudio se basa en los flujos de caja, diferencia entre cobros y pagos durante la vida útil del proyecto.

El año es considerado el periodo básico de todos los movimientos de caja. La vida útil del proyecto será de 20 años y con un interés anual del 6%.

El objetivo es estudiar la tasa interna de rentabilidad. Para que la explotación sea rentable, este índice económico debe ser mayor que la rentabilidad que daría el dinero invertido en una cuenta bancaria.

2. COBROS

Los cobros vienen derivados de la venta de los cultivos a los pequeños minoristas de la zona, que se suponen iguales para todos los años. En el cuadro siguiente se resumen estos cobros:

Cultivo	Kilos	Precio	Destriño	Kilos con destriño	Ingresos
Tomate	72.000	0.8	10%	57.600	51.840
Pimiento	75.360	1	10%	67.824	67.824
Judía Verde	28.800	2	10%	25.920	51.840
Lechuga	7.680	0.5	10%	6.912	3.411
Borraja	53.248	0.9	10%	47.923	43.130
				TOTAL	218.045

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

3. PAGOS

Entre los pagos se va a diferenciar entre:

- los que se realizan en el año cero, que serán los pagos de inversión,
- los realizados cada año para mantener la explotación en funcionamiento, que serán los pagos ordinarios,
- los pagos extraordinarios, en este caso cada tres y cuatro años
- el pago financiero, generado por la amortización del préstamo.

3.1. PAGOS DE INVERSIÓN

Presupuesto:

$$599.729,00 \text{ €} \times 0,19 \text{ (aplicando beneficio industrial y gastos generales)} = \\ 713.677,51 \text{ €}$$

3.2.- PAGOS ORDINARIOS

-Mano de obra:

- Propietario: 14 pagas de 1.357,14 € + cotización a la seguridad social que es un 30% de lo anterior. Total = 21.171,43 €/año.
- Capataz: 14 pagas de 1.071,42 € + cotización a la seguridad social que es un 30% de lo anterior. Total = 16.714,28 €/año.
- 759 jornales de peones, de 8 horas, contratados en empresas de servicios agrícolas de la zona, con un coste medio (retenciones incluidas) de 8 €/hora.
Total = 49.175,1€ €/año.

Fertilizantes: Se estima un gasto en fertilizantes en 5.000 €/año.

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

- Protección de los cultivos: Se estima un gasto de 1.800 €/año.

-Agua: El consumo de agua está derivado del consumo de los cultivos mayoritariamente pudiéndose despreciar el consumo humano. El gasto de agua por parte de los cultivos es de 15.900 m³. Que junto a los cánones anuales de servicio y mantenimiento da un total anual de 450 Euros/ año.

-Combustible: El gasto en gasóleo es de 8913 litros/año a 0.893€/l resultan 7.959,3€/año.

-Semillas y plantas de vivero: Se estima un gasto de 5.900 €/año.

- Energía eléctrica: Se estiman los gastos en 8.000 €/año.

- Envases: Se estiman los gastos en 0,05 €/kg de producto así tenemos 13.300 €/año.

-Gastos generales: Se estima unos gastos generales (seguros, imprevistos, tutores, consumibles,...) de 6.000€.

Total pagos ordinarios: 130.611,16 €/año

3.3. PAGOS EXTRAORDINARIOS

Cada 3 años se reemplazarán los sacos de cultivo por perdida de estructura, por lo que se estima un gasto de 12.000 €, cada dos años.

Por otro lado cada 4 años se procederá al cambio del plástico de los invernaderos por desgaste. El coste de este es de 0.90 €/m², por lo que al tener una superficie de cobertura de 11.284m² , el coste será de 10.155 €.

Total pagos extraordinarios 22.155,6 €.

4. FINANCIACIÓN

Al ser un joven agricultor de nueva incorporación agraria le corresponde una subvención a fondo perdido de 36.000 €, que se recibirán el año cero.

Para la ejecución del proyecto es necesaria una inversión de 863.549,25 € (I.V.A incluido). Para hacer frente a esta inversión, el promotor solicitará un préstamo del 42% del presupuesto, lo que supone 362.690,68 €, a pagar en 10 años con un interés fijo del 6 % pagadero a años vencidos. El resto de la inversión, lo aportará el promotor.

5. VIABILIDAD

Se van a realizar dos tipos de análisis de inversiones para estudiar la rentabilidad del esfuerzo inversor para una vida útil del proyecto de 20 años y un tipo de interés anual de 6 %. Se utilizará un indicador de rentabilidad absoluta (VAN), y un indicador de rentabilidad relativa (TIR).

-VAN: Valor Actual Neto.

Es la regla general de decisión más generalizada dentro del análisis coste-beneficio que busca la racionalización económica del gasto, es decir, la eficiencia del proyecto. Puede definirse como la diferencia entre el valor actual de los beneficios menos el valor actual de los costes. Cuanto más alto sea mejor.

-TIR: Tasa Interna de Rentabilidad.

Es el tipo de descuento, a efectos de actualización, con el que se igualan los flujos de caja positivos y negativos de un proyecto de inversión. Para que el proyecto sea rentable, la TIR debe de ser superior a la tasa de descuento que se haya considerado en el VAN.

A continuación se realizará un flujo de caja para diferentes escenarios que se han contemplado, como son:

- Escenario 1: La venta de la producción a precio normal.
- Escenario 2: La venta de la producción a precio minorado en un 10%.
- Escenario 3: La venta de la producción a precio aumentado en un 10%.

La venta de la producción a un precio normal supone:

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

-Escenario 1:

Valor actual neto (VAN): 189.392,26€

Tasa interna de rentabilidad (TIR): 10,44%

La venta de la producción a un precio minorado un 10% supone:

-Escenario 2:

Valor actual neto (VAN): 484.769,79€

Tasa interna de rentabilidad (TIR): 6,45%

La venta de la producción a un precio mayorado un 10% supone:

-Escenario 3:

Valor actual neto (VAN): 434.765,79€

Tasa interna de rentabilidad (TIR): 16,05%

En todos los escenarios planteados se ve que el proyecto es viable desde el punto de vista de la rentabilidad de la inversión, siendo ésta mayor al 6% de interés que hemos de pagar por el préstamo.

VENTA DE PRODUCTO PRECIO NORMAL										
AÑO	COBRO ORD	COBRO EXTR	COBRO FINAN	SUBVENC	PAGO ORD	PAGO EXTR	PAGO FINANC	FLUJO DESTR	PAGO INVER	FLUJO CAJA
0				362.690	36.000				863.549	-464.859
1	218.045				130.611		35.255	600		51.579
2	218.045			114.188	130.611	12.000	46.344	600		142.678
3	218.045				130.611		46.344	600		40.490
4	218.045				130.611	22.155	46.344	600		18.335
5	218.045				130.611		46.344	600		40.490
6	218.045				130.611	12.000	46.344	600		28.490
7	218.045				130.611		46.344	600		40.490
8	218.045				130.611	22.155	46.344	600		18.335
9	218.045				130.611		46.344	600		40.490
10	218.045				130.611	12.000	46.344	600		28.490
11	218.045				130.611			600		86.834
12	218.045				130.611	22.155		600		64.679
13	218.045				130.611			600		86.834
14	218.045				130.611	12.000		600		74.834
15	218.045				130.611			600		86.834
16	218.045				130.611	22.155		600		64.679
17	218.045				130.611			600		86.834
18	218.045				130.611	12.000		600		74.834
19	218.045				130.611			600		86.834
20	218.045				130.611			600		86.834

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

RESULTADOS	
Tasa actualización(r%)	6%
VAN	189.392,26 €
TIR	10,44%

PRESTAMOS CUOTA CONSTANTE		
Importe	347.866,00	€
Interés	6,00	%
Amortización	10,00	años
Cuota mensual	3.862,00	€
Cuota anual	46.344,31	€
Total pagado	463.433,10	€

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

VENTA DE PRODUCTO MAYORADO EN UN 10%

AÑO	COBRO ORD	COBRO EXTR	COBRO FINAN	SUBVENC	PAGO ORD	PAGO EXTR	PAGO FINANC	FLUJO DESTR	PAGO INVER	FLUJO CAJA
0			362.690	36.000					863.549	-464.859
1	239.850			130.611			35.255	600		73.384
2	239.850			114.188	130.611	12.000	46.344	600		164.483
3	239.850				130.611		46.344	600		62.295
4	239.850				130.611	22.155	46.344	600		40.140
5	239.850				130.611		46.344	600		62.295
6	239.850				130.611	12.000	46.344	600		50.295
7	239.850				130.611		46.344	600		62.295
8	239.850				130.611	22.155	46.344	600		40.140
9	239.850				130.611		46.344	600		62.295
10	239.850				130.611	12.000	46.344	600		50.295
11	239.850				130.611			600		108.639
12	239.850				130.611	22.155		600		86.484
13	239.850				130.611			600		108.639
14	239.850				130.611	12.000		600		96.639
15	239.850				130.611			600		108.639
16	239.850				130.611	22.155		600		86.484
17	239.850				130.611			600		108.639
18	239.850				130.611	12.000		600		96.639
19	239.850				130.611			600		108.639
20	239.850				130.611			600		108.639

pay Back= 8

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

RESULTADOS		
Tasa actualización(r%)	6	%
VAN	434.765,75	€
TIR	16,05%	

PRÉSTAMOS CUOTA CONSTANTE		
Importe	347.866,00	€
Interés	6,00	%
Amortización	10,00	años
Cuota mensual	3.862,00	€
Cuota anual	46.344,31	€
Total pagado	463.433,10	€

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

VENTA DE PRODUCTO MINORADO EN UN 10%								
AÑO	COBRO ORD	COBRO EXTR	COBRO FINAN	SUBVENC	PAGO ORD	PAGO EXTR	PAGO FINANC	FLUJO DESTR
0				362.691	36.000			
1	199.241				130.611		35.255	600
2	199.241			114.188	130.611	12.000	46.344	600
3	199.241				130.611		46.344	600
4	199.241				130.611	22.155	46.344	600
5	199.241				130.611		46.344	600
6	199.241				130.611	12.000	46.344	600
7	199.241				130.611		46.344	600
8	199.241				130.611	22.155	46.344	600
9	199.241				130.611		46.344	600
10	199.241				130.611	12.000	46.344	600
11	199.241				130.611		46.344	600
12	199.241				130.611	22.155		600
13	199.241				130.611			600
14	199.241				130.611	12.000		600
15	199.241				130.611			600
16	199.241				130.611	22.155		600
17	199.241				130.611			600
18	199.241				130.611	12.000		600
19	199.241				130.611			600
20	199.241				130.611			600

“Diseño de dos invernaderos de producción hortícola y sala de procesado en la localidad de Fraga (Huesca)”

RESULTADOS		
Tasa actualización(r%)	6	%
VAN	484.769,79	€
TIR	6,45%	

PRÉSTAMOS CUOTA CONSTANTE		
Importe	347.866,00	€
Interés	6,00	%
Amortización	10,00	años
Cuota mensual	3.862,00	€
Cuota anual	46.344,31	€
Total pagado	463.433,10	€