



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
CONVERTIDORA PAPELEX

**BASES PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE INVERNADEROS**

MARIALBA VÁSQUEZ  
RICARDO GONZÁLEZ  
LEYDE BRICEÑO  
RAMÓN E. JAIMEZ

SERIE: CULTIVOS EN INVERNADEROS N° 4

Agradecimiento especial al Prof. Luis Cedeño, al Prof. Chrystian Carrero y al Ing. José María Zamora por su valiosa colaboración en la revisión del manuscrito.

Serie: Cultivos en Invernaderos N° 4  
Procedimiento de Construcción de un Invernadero

Autores:  
Marialba Vázquez  
Ricardo Gonzalez (Construcciones INVERCOL)  
Leyde Briceño  
Ramón E. Jaimez

Imágenes:  
Marialba Vázquez  
Leyde Briceño

Fotografía:  
Ramón E. Jaimez  
Carmen Azocar

Impresión:

## Bibliografía

CEPLA (Comité Español de Plástico en Agricultura). 2009. Plastics in Agriculture. Applications and usages handbook. Escobar Impresores, S. L. El Ejido (Almería). pág 45-64

Gazquez G, J. C. López H, J. C. Gómez R, M. A. Ortuño I, M. J. 2002. Evaluación de la polinización en invernadero bajo plástico convencional y antiplaga. XXXII Seminario de técnicos y especialistas de horticultura. Logroño. Disponible en: <http://www.laspalmerillas.cajamar.es/TemAgr/Plasticos/200216.pdf> [Consultado: Abril de 2010]

López H, J. 2008. Materiales de cubierta para invernaderos, desarrollo de nuevas formulaciones. Disponible en: [http://www.infoagro.com/hortalizas/materiales\\_cubierta\\_invernaderos.htm](http://www.infoagro.com/hortalizas/materiales_cubierta_invernaderos.htm) [Consultado: Mayo de 2010]

## Recomendaciones

### Durante la instalación:

- Pintar todas las piezas metálicas que entren en contacto con la cubierta plástica, usando una pintura acrílica aluminizada de alta calidad.
- Alisar la superficie de las piezas metálicas que entren en contacto con la cubierta plástica y envolver con polietileno todas las partes filosas sobresalientes.
- Instalar la cubierta plástica en las primeras horas de la mañana, cuando las temperaturas son moderadas y las velocidades de viento más bajas.
- Si la película de polietileno tiene dos o más capas ubicar la adecuada hacia el interior del invernadero, siguiendo las indicaciones del proveedor de plástico.
- Estirar la película de polietileno de manera uniforme a todo lo largo del invernadero.
- Instalar primero la película de polietileno en las caras anterior y posterior, luego en los laterales y por último en el techo, para poder dar la tensión adecuada.
- El tensado del plástico recomendado es de 1 a 1,5% máximo.

### De mantenimiento:

- Reparar inmediatamente todo agujero o rasgadura, usando cinta adhesiva adecuada para películas de polietileno.
- Tensar las películas, entre temporadas o después de fuertes vientos.
- Los agroquímicos y en especial aquellos con azufre o halógenos (cloro, flúor, bromo y yodo), pueden dañar las películas y provocar degradación prematura, por ello hay que evitar que entren en contacto con la película y ventilar el invernadero lo más rápido posible para dejar salir los gases perjudiciales.

## Editorial

En la primera edición de la serie Cultivos en Invernaderos se presentan algunas construcciones de estas casas de cultivos encontrados en diferentes localidades del estado Mérida. En la segunda se describen los procesos de radiación y ventilación, así como su relación con el microclima de tales casas de cultivo. Siguiendo con esta línea, en la edición actual se describen los pasos básicos para la construcción de un invernadero, se exponen algunas consideraciones sobre la orientación, los materiales de uso más común, algunas propiedades foto-selectivas del polietileno y finalmente se da una serie de recomendaciones para la instalación y el mantenimiento de la estructura.

**Leyde Briceño**

En climas trópicos como el de Venezuela, los invernaderos o casas de cultivo son usados principalmente para aislar el cultivo de lluvias fuertes, radiación solar excesiva, déficit hídrico y de las plagas locales, enfocándose el control del microclima en mantener la temperatura y la humedad relativa en niveles apropiados. Las variables ambientales locales, como incidencia de la radiación solar, dirección predominante del viento, temperatura y humedad relativa, juegan roles importantes en el microclima del invernadero, por lo que deben considerarse en la toma de decisiones para el diseño, orientación y selección de los materiales del invernadero, con lo cual resultará más efectivo el control de las condiciones microclimáticas adecuadas para el cultivo.

### Orientación del invernadero

En zonas con temperaturas altas y bajas velocidades de viento, para mejorar el flujo de ventilación, se recomienda orientar el invernadero de forma tal que la ventana lateral quede perpendicular a la dirección predominante del viento de la localidad y la apertura de la ventana cenital opuesta a esa dirección (Fig. 1)

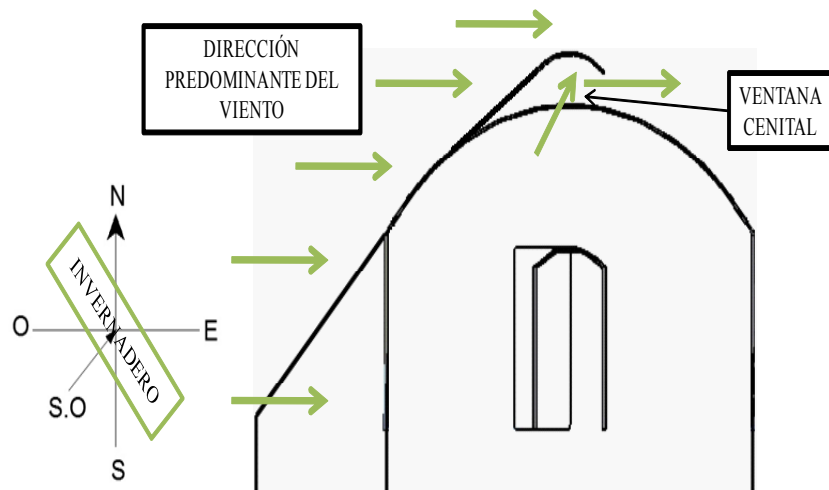


Fig. 1 Orientación del invernadero en función de la dirección predominante del viento

### Plásticos claros y difusos

Los plásticos claros transmiten la mayor parte de la luz en forma directa (Fig. 13). Los plásticos con aditivo difusor, distribuye la luz en todas las direcciones (Fig. 14) reduciendo las sombras, por lo que las plantas pueden aprovechar mejor la luz.

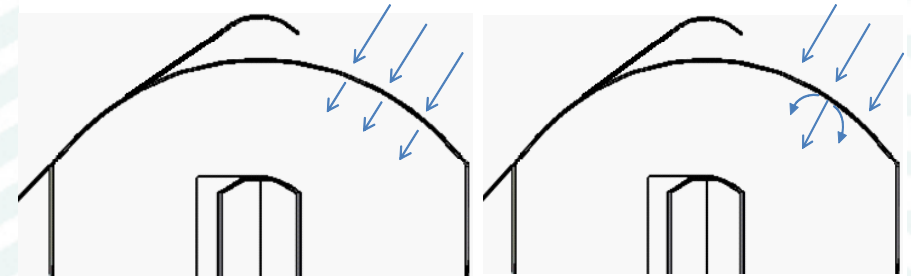


Fig. 13 Plástico claro

Fig. 14 Plástico difuso

### Plásticos antitérmicos

Con frecuencia se utilizan las mallas de sombreo o el blanqueamiento con cal para reducir la entrada de radiación al interior del invernadero, con lo que se busca disminuir la temperatura, pero con esto también se reduce la radiación disponible para la fotosíntesis, denominada radiación fotosintéticamente activa (RFA), la cual va en la longitud de onda de 400 a 700 nanómetros. Por lo que se está experimentando con la inclusión de pigmentos que interfieran sólo en la entrada de la radiación en la longitud de onda del infrarrojo cercano (longitud de onda entre 780 y 1100 nanómetros), lo que permitiría reducir la temperatura en el interior del invernadero, sin disminuir la RFA.

### Propiedades foto-selectivas del polietileno

A continuación se presentan algunas propiedades del material de cubierta, a considerar para la selección del polietileno adecuado. En *Plastics in Agriculture* (2009), se describen otras propiedades del plástico utilizado para la cubierta.

### Plásticos con estabilización de luz ultravioleta

Los polímeros están sujetos a la degradación por foto oxidación, causada por procesos de transferencia de energía y formación de radicales libres, como resultado pierde sus propiedades físicas o mecánicas. La adición de foto estabilizadores alarga la vida de los plásticos para su uso en el exterior, entre los aditivos utilizados se encuentran los de absorción de rayos ultravioleta y de radicales libres.

### Plásticos anti-goteo

La condensación de agua en el interior del invernadero, implica disminución en la transmisión de la luz y la formación de gotas de agua que caen sobre las plantas, las cuales pueden favorecer el desarrollo de enfermedades. El efecto anti-goteo modifica la tensión superficial del plástico para formar una capa uniforme de agua, que con la inclinación adecuada del material puede eliminar la gota de la superficie, aumentando el escurrimiento del agua que puede ser recogida en los laterales.

### Plásticos anti-plaga

Los insectos que causan problemas más serios son la mosca blanca y los trips, la movilidad de estos insectos depende de la presencia de los rayos ultravioleta provenientes del sol, si la entrada de estos rayos es restringida en el plástico se limitará la presencia de insectos en el interior del invernadero. La ausencia de rayos ultravioleta también frena seriamente la actividad de los polinizadores, tales como los abejorros y las abejas, que precisamente necesitan esta luz ultravioleta para su orientación. Sin embargo según estudios (Gazquez et al, 2002) si se introducen temprano colmenas de abejorros y abejas en el invernadero, estos logran adaptarse; siendo los abejorros quienes lo hacen en menor tiempo.

La estrategia de ubicar la ventana cenital opuesta a la dirección predominante del viento es facilitar el efecto venturi, que apoya la ventilación natural de los invernaderos. Este fenómeno se produce por los cambios de presiones y temperaturas, donde el aire caliente tiende a subir y salir por la ventana cenital (Fig. 2)

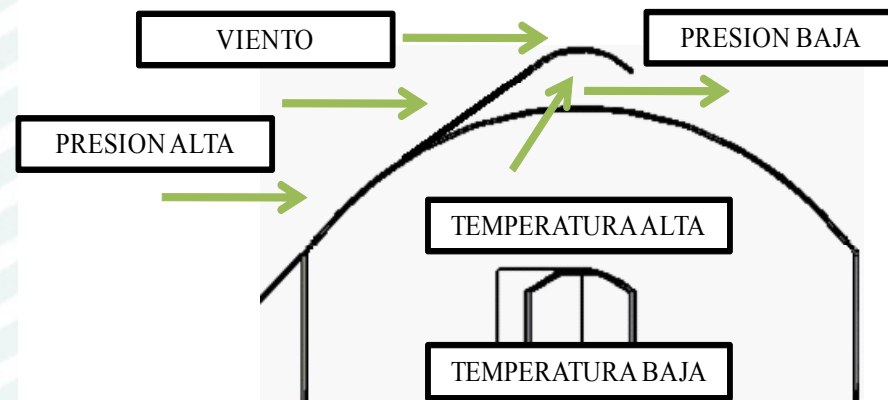


Fig. 2 Efecto venturi

Para zonas con alta nubosidad, la orientación recomendada, debe ser aquella que permita la mayor captación de la radiación solar directa. En la serie: *Cultivos en Invernaderos N° 2*, se describe el proceso de radiación y se señala que la captación de energía más uniforme en la orientación Nor-Oeste, seguida de la orientación Este-Oeste.



### Construcción de un invernadero

El procedimiento que a continuación se describe, ha sido desarrollado por Construcciones INVERCOL.

1.- Seleccionar el sitio:

Para elegir el lugar donde construir un invernadero se debe tener en cuenta:

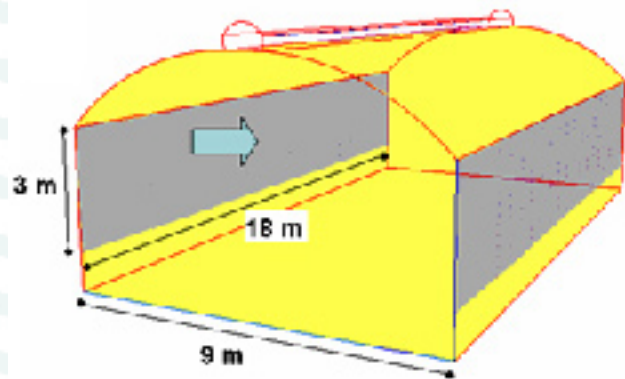
- La exposición al sol y el número de horas luz recibidas en el lugar, debido a la dependencia fotoperiodica de las plantas para la regulación de sus funciones biológicas.
- El área no debe ser propensa a inundaciones estacionales.
- La accesibilidad vehicular.
- La existencia de una fuente de agua y un punto de energía eléctrica cercana. Además tratar de conocer el caudal del agua a disposición.
- Considerar la separación mínima recomendada entre un invernadero y otras construcciones u obstáculos de 6 m. Para evitar el efecto de sombreo y facilitar la entrada de aire al invernadero.

2.- Diseñar el invernadero según el terreno y las condiciones del lugar.

Los invernaderos no pueden ser copias improvisadas de otros invernaderos sino el resultado de un estudio puntual de las condiciones climáticas del lugar y el microclima que debe proveerse al cultivo.

El área de las ventanas es importante, especialmente con la adopción de sistemas de exclusión de insectos, por lo que se recomienda una relación:

$$\text{AREA DE VENTANA} / \text{AREA DEL SUELO} \geq 25\%$$



Área de ventana =  
3 m x 18 m = 54 m<sup>2</sup>

Área del suelo =  
9 m x 18 m = 162 m<sup>2</sup>

(Área de ventana /  
Área del suelo)\*100=  
(54/162)\*100= 33,33%

Fig. 3 Dimensiones del invernadero para ilustrar el cálculo de la relación Área de ventana / Área del suelo

Material para la estructura		
Descripción	Ventaja	Desventaja
<p><i>Hierro galvanizado</i></p> <p>Se obtiene luego de un proceso de recubrimiento de varias capas de aleación de hierro y zinc. Por lo general se trata de tres capas de la aleación, las que se denominan “gamma”, “delta” y “zeta”. Finalmente se aplica una cuarta capa externa que sólo contiene zinc, a la que se le llama “eta”, y es la que le da aquel típico aspecto gris brillante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vida útil de 30 a 40 años.</li> <li>- Alta resistencia al peso y puede ser fabricado fácilmente.</li> <li>- Barrera física, protección electroquímica y autocurado.</li> <li>- Ausencia de mantenimiento, fácil de pintar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El costo es elevado frente al hierro no galvanizado.</li> <li>- La vida protectora de este recubrimiento esta principalmente determinada por su espesor y la severidad de las condiciones de exposición. El zinc se corroe en contacto con ácidos.</li> <li>- La superficie dañada, debido al transporte, cortes, etc, debe ser reparada con productos adecuados, de lo contrario provocará corrosión prematura en las zonas dañadas.</li> </ul>

### Materiales para el suelo

El piso de los pasillos del invernadero se cubre principalmente para el control de las malezas, ya que sin protección requiere la aplicación de herbicidas. Entre algunos materiales utilizados, se encuentran:

Plástico negro: absorbe la mayor cantidad de radiación incidente sobre la superficie. Capacidad para calentar el suelo.

Plástico blanco: refleja la mayor cantidad de radiación incidente sobre la superficie. Capacidad para enfriar el suelo.

Ground cover: es una malla de tejido muy ceñido, de color blanco o negro. Es más resistente que los plásticos y permite el paso de fertilizantes líquidos y de aire.

Piedra picada (grava): se usa sola, sobre plástico o antes del ground cover para evitar acumulación de agua.

### Materiales utilizados

Seguidamente se describen los materiales utilizados con más frecuencia para la cubierta, la estructura y los pasillos del invernadero. López (2008) describe otros materiales flexibles y rígidos para la cubierta.

Material para la cubierta		
Descripción	Ventajas	Desventajas
<p><i>Polietileno de baja densidad (PEBD)</i> PEBD &lt; 930 kg/m<sup>3</sup></p> <p>Es el plástico flexible más empleado para la cubierta de los invernaderos, los espesores más usados van de 150 a 250 micras.</p> <p>Una de las características del PEBD es que su alargamiento en el punto de rotura es cercano al 500 %. El material se considera degradado cuando su alargamiento se ha reducido en un 50 % de su valor inicial.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El PEBD no se oscurece como ocurre con el PVC y el poliéster.</li> <li>- Debido a su gran transparencia, el PEBD da lugar durante el día al calentamiento de las diferentes superficies y el volumen del aire en el interior del invernadero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vida útil corta.</li> <li>- El PE se degrada por la radiación ultravioleta y el oxígeno, por lo que la exposición permanente a la intemperie provoca pérdida de sus propiedades físicas.</li> <li>- El PEBD es el material plástico que menos resistencia tiene a la rotura.</li> </ul>

### 3.- Nivelar el terreno.

La pendiente del terreno preparado, no debe ser mayor a 1% (Fig. 4 y 5)

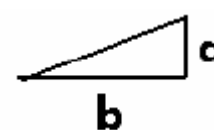


Fig. 4 Pendiente del terreno

$$\text{Pendiente} = (a/b) * 100 \leq 1\%$$

a: altura del mayor desnivel del terreno

b: largo del terreno

4.- Replantear el terreno: Se dibuja en el piso un rectángulo con las medidas de la superficie que va ocupar el invernadero. Los ángulos en las esquinas deben ser de 90° (Fig. 5)

Por ejemplo:

8 m de ancho x 20 m de largo

5.- Dividir el terreno.

A.- La distancia entre paral y paral es de 4 m (Fig. 6)

B.- Las cerchas deben amarrarse a una distancia de 8 m entre los parales (Fig. 6)

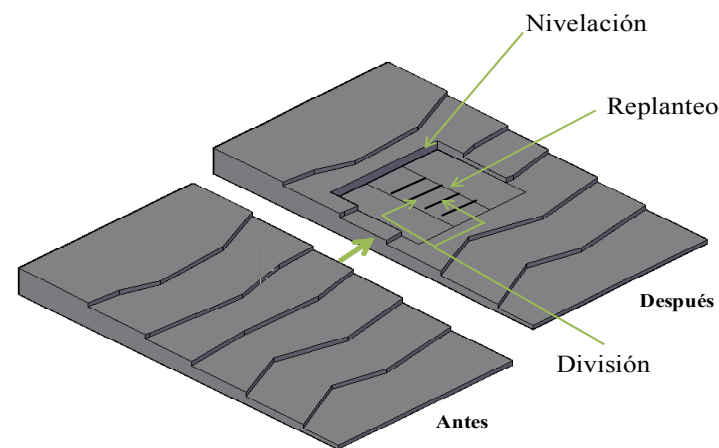


Fig. 5 Preparación del terreno

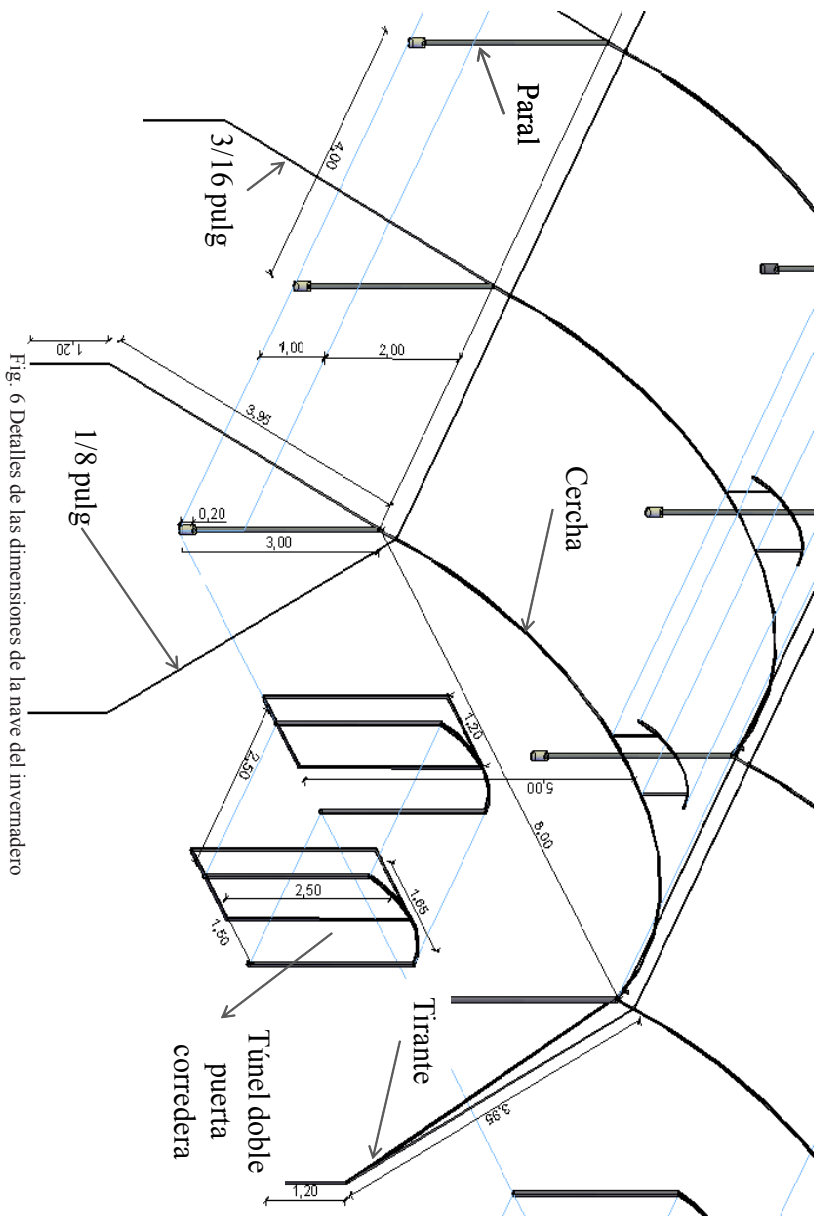


Fig. 6 Detalles de las dimensiones de la nave del invernadero

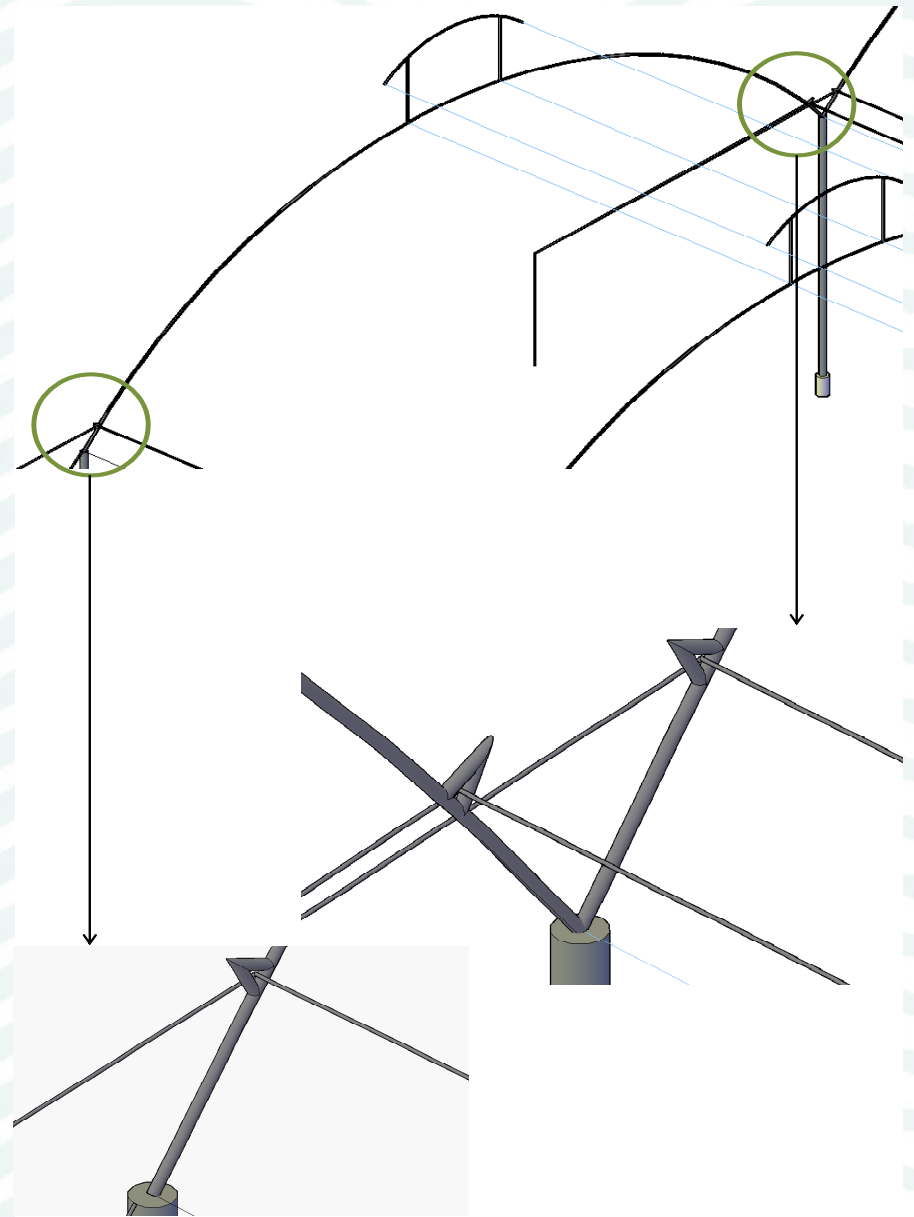


Fig. 10 Detalle de instalación de las canales



11.- La instalación del plástico va en dos láminas de 4,50 m de ancho, desde el lateral hasta la apertura cenital. Engrapado a lo largo del invernadero en una guaya de 1/8 pulg y a lo ancho en una cabilla de un 1/4 pulg (Fig. 9)

12.- Por encima del plástico debe ir un cordón poli 100 N° 4 entre cuadro y cuadro de cada cercha, para evitar que el viento lo levante (Fig. 9)

13.- Las canales van engrapadas a dos guayas entre cercha y cercha (Fig. 10)

14.- Las cortinas van con un tubo de 1/2 pulg, envolviendo el plástico a la altura deseada.

15.- El contorno del invernadero puede ir cubierto sólo por una malla de exclusión de insectos (antiáfidos o de mayor porosidad) (Fig. 11) o en combinación con una cortina plástica superpuesta movible (Fig. 12)



Fig. 11 Invernadero con malla



Fig. 12 Invernadero con malla y cortina plástica superpuesta

6.- La altura mínima del invernadero es de 3 m del piso a la punta del paral y 5 m a la punta de la cercha (Fig. 6), esta medidas son recomendadas para zonas sobre los 2000 m.s.n.m. Para zonas por debajo de esta altitud, se recomienda una altura de 4 m del piso a la punta del paral y 6 m a la punta de la cercha.

7.- Los parales y las cerchas van unidos por guayas aceradas y galvanizadas de 1/8 pulg y de 3/16 pulg (Fig. 6)

8.- Los parales son de tubo galvanizado de 2 pulg (Fig. 7)

9.- Las cerchas de tubo redondo están compuestas por tres elementos que se acoplan mediante un mecanismo macho-hembra (Fig. 8)

10.- Los cimientos o bases del invernadero van sumergidos a una profundidad de 0,80 m y los tirantes a 1,20 m.

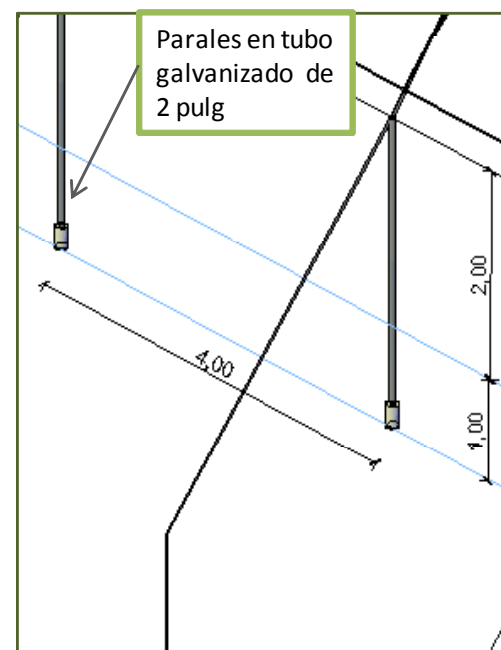


Fig. 7 Detalle lateral. Distancia entre paral y paral

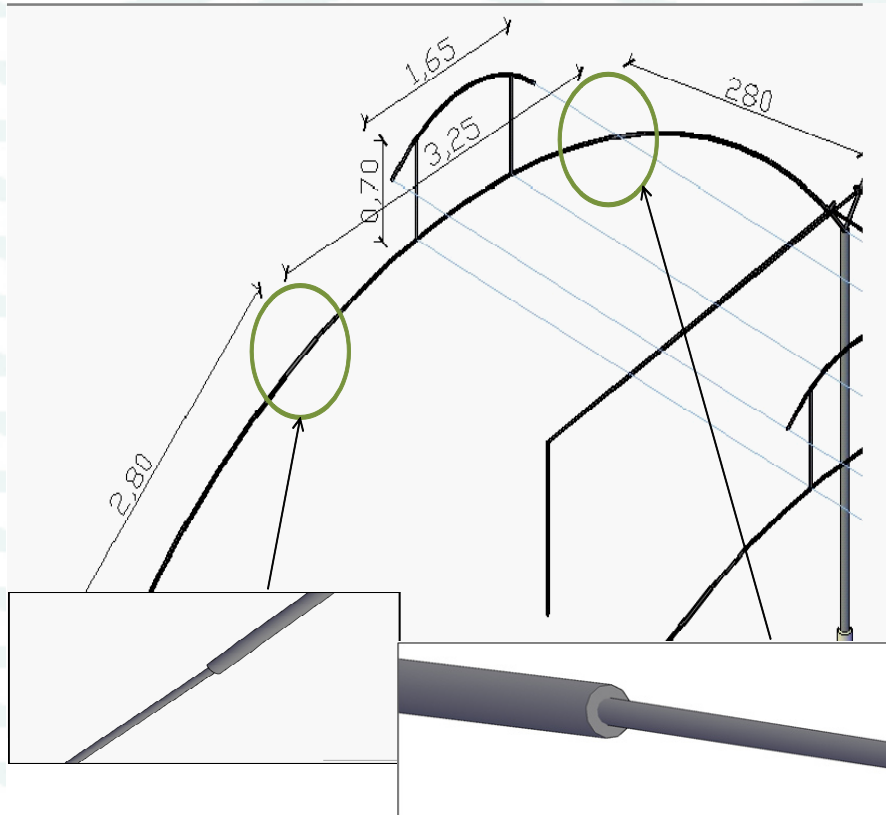


Fig. 8 Detalle de la cercha, sistema de acoplamiento macho-hembra

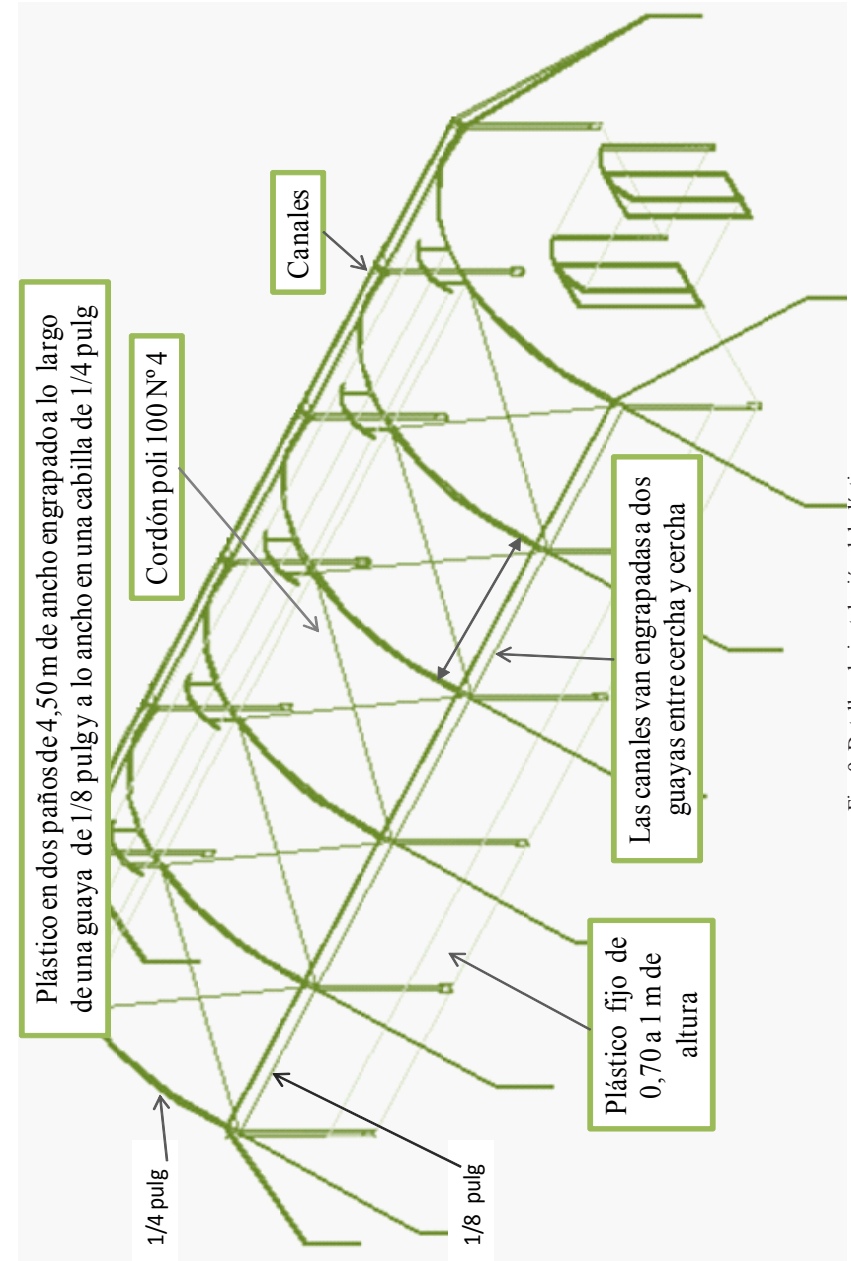


Fig. 9 Detalles de instalación del plástico