

CONSTRUCCIÓN DE INVERNADERO TIPO CAPILLA

David Mora López | *Jorge Carrasco Jiménez*
Patricio Abarca Reyes | *Cristian Aguirre Aguilera*
José Olguín Rubio | *Luis Silva Rubio*

1. INTRODUCCIÓN

Bajo condiciones de secano donde el agua es escasa, es importante considerar el uso de este vital elemento de manera eficiente. Es por ello que se debe hacer uso de estrategias productivas, que permitan enfrentar adecuadamente los nuevos escenarios que implican una menor disponibilidad hídrica y mayores temperaturas, produciendo cultivos hortícolas bajo invernaderos.

Los trabajos realizados por INIA en la Región de O'Higgins y Del Maule, en el desarrollo de técnicas de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias, se han enmarcado en la implementación de sistemas de colecta de agua en zonas de secano costero, brindándole a pequeños agricultores la disponibilidad de agua con el objetivo de complementar la demanda para el desarrollo de cultivos en superficies reducidas, principalmente en invernaderos, cuestión que les ha permitido contar con productos de calidad e inocuidad, tanto para autoconsumo como para la venta.

De acuerdo a lo anterior, se incorporó un modelo de captación y acumulación de aguas lluvias, colectándola de las precipitaciones y desde los techos de las construcciones de los productores

agrícolas. El agua se fue acumulando en distintos medios, tales como estanques de polietileno con capacidad para 5.400 litros, en cisternas flexibles de capacidad de 10.000 litros, y en algunos casos en pequeños tranques con capacidad para 50.000 litros a 100.000 litros. Esa agua, se fue utilizando para consumo humano y animal, y para la producción de hortalizas y forraje verde hidropónico, con riego por goteo, en invernaderos de madera tipo capilla de 40 m², pudiendo así obtener productos vegetales fuera de temporada, lo que ha significado una mejora en la calidad de vida de la agricultura familiar campesina.

Como quedó ya claro con lo anteriormente expuesto, la obtención de productos vegetales fuera de temporada es posible obtenerlo con el cultivo bajo invernadero. El invernadero, es una construcción de cubierta transparente destinada para fines agrícolas, cuyo objetivo es la producción sistemática y fuera de estación de cultivos hortícolas. Mediante el control del clima interno, en particular de la temperatura, permite conseguir una mayor precocidad de los cultivos, dado que se acortan los ciclos vegetativos y reproductivos de las plantas.

El aumento de la temperatura diurna en el invernadero, es lo que permite cultivar plantas fuera de estación, y obtener producciones tempranas o primores de especies exigentes en temperatura. Todo ello convierte al invernadero en un instrumento de trabajo que permite controlar eficazmente la producción de hortalizas, logrando así obtener mayores rendimientos y mejor calidad de los productos.

En la actualidad su uso en la agricultura se ha masificado, dado que sus beneficios han permitido obtener una producción limpia, desarrollar cultivos que requieren condiciones climáticas más favorables, trabajar en su interior durante los días lluviosos, y evitar a los cultivos daños por causa de los animales, de la lluvia o del viento.

El ahorro de agua para el riego de los cultivos es considerable, ya que suelo y plantas no están sometidos a la deshidratación del viento. A esta economía de agua hay que añadir el ahorro que implica el riego localizado, cuestión que hace aun más rentable y recomendable la inversión en invernaderos.

Sin embargo, el cultivo en invernadero presenta algunos inconvenientes, tales como:

- Una mayor especialización empresarial y técnica por parte de los productores que se dedican a esta actividad.
- Mayores gastos de producción en comparación a los mismos cultivos al aire libre.
- Necesidad de un mayor control de las condiciones internas del invernadero, tales como de la temperatura y de la humedad, los cuales son causantes del desarrollo de enfermedades que pudiesen afectar a los cultivos.

No obstante estos inconvenientes, la producción de cultivos bajo invernadero presenta muchas ventajas, sobre todo si se trata de producirlos bajo condiciones de escasez de agua, lo cual permite, y como ya se puntualizó más atrás, el proporcionar alimentos frescos fuera de temporada para consumo de las familias de pequeños productores, tales, por ejemplo, como hortalizas y forraje verde hidropónico.

Existen variados tipos de estructuras para la construcción de un invernadero, ya sea tipo capilla, tipo túnel, entre otros, así como también diversos materiales para su construcción, tales como el metal, la madera, el PVC, el hormigón, entre otros. Por otra parte, igualmente existen variadas alternativas para la cubierta, pudiendo ser de plástico polietileno, vidrio, policarbonato, y otros.

INIA ha recomendado el invernadero *tipo capilla* para los productores de secano de las regiones de O'Higgins y Del Maule, por ser de fácil construcción, de un relativo bajo costo, y porque su diseño permite la adecuada ventilación del mismo, facilitando así el manejo de los cultivos en su interior.

De acuerdo al modelo propuesto por INIA de captación, acumulación, y aprovechamiento de aguas lluvias, se incluye la construcción de un invernadero tipo capilla con una superficie de 40 m², que se detalla en este capítulo. La superficie del invernadero es suficiente para producir hortalizas de autoconsumo en pequeños productores, incluso puede generar excedentes para ser comercializados.

El modelo propuesto por INIA, utiliza estanques de plástico polietileno de 5.000 litros de capacidad, cisternas flexibles de 10.000 litros, o cisternas de ferrocemento de 10.000 a 15.000 litros. Estos se comienzan a llenar con las primeras lluvias del mes de mayo, y probablemente en el mismo mes alcancen su máxima capacidad con las precipitaciones caídas, por lo cual el productor puede hacer uso de esas aguas con riego por goteo, en la producción de hortalizas.

A medida que se va usando el agua acumulada para riego, el estanque o la cisterna se va llenando nuevamente con las sucesivas lluvias que puedan caer durante la temporada, llegando incluso a acumularse agua por sobre los 20.000 litros en la temporada, condición que hace interesante un sistema productivo de hortalizas con riego tecnificado, bajo un invernadero de 40 m².

2. CONSIDERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

a. Antes de la construcción

- Se debe procurar instalar el invernadero en suelos sin problemas de acumulación de agua o encharcamiento. El suelo donde se debe establecer, debe ser de buena calidad, sin problemas de mal drenaje, y en lo posible con una textura intermedia (franco arcilloso a franco arenoso), con el objetivo de alcanzar los rendimientos que exige un cultivo bajo estas condiciones.
- El terreno elegido no se debe ubicar en las partes de topografía baja de un predio, para prevenir problemas de heladas, y “asentamiento” de la niebla. Nieblas reiteradas en un lugar, generan problemas de humedad en los cultivos, añadido a una menor luminosidad, lo cual afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- El lugar a elegir debe estar protegido de los vientos dominantes, los cuales pueden causar daños a la cubierta de plástico polietileno o policarbonato. Si no es posible ello, se recomienda instalar cortinas cortavientos, con mallas rashel o madera, para proteger la cubierta del invernadero y evitar que el aire frío haga descender la temperatura de las paredes del mismo, enfriando así su interior.
- Se debe disponer de agua de riego suficiente para cubrir las necesidades de los cultivos que se van a producir. Lo recomendable es que el productor se haga asesorar por el profesional que lo atiende, para determinar el uso consumo de los cultivos a establecer, y con ello definir el volumen que se requiere para los cultivos en la temporada. Esto toma mayor importancia, si se trata de cultivar en los meses de verano, período de mayor demanda de agua.

- El invernadero deberá ubicarse siempre a pleno sol, en un lugar donde ojalá reciba los rayos del sol en forma directa la mayor parte del día.
- Disponer de energía eléctrica es importante para la automatización y mecanización en el control ambiental del invernadero, siempre y cuando se requiera.
- El invernadero debe estar alejado de caminos por donde exista un flujo vehicular permanente, ya que, el polvo que se levanta y deposita sobre las cubiertas del invernadero, resta luminosidad al mismo.

b. Durante la construcción

- Se deben alisar las superficies de las piezas, ya sean metálicas o de madera, que entren en contacto con la cubierta plástica y envolver con polietileno todas las partes filosas sobresalientes. Así se evita roturas prematuras de la cubierta plástica o de planchas de policarbonato.
- La instalación del plástico es recomendable realizarla durante las primeras horas de la mañana, cuando las temperaturas son moderadas y las velocidades del viento son bajas.
- La película de polietileno se debe estirar de manera uniforme a todo lo largo del invernadero.
- Si se trata de instalar una cubierta de plástico polietileno, se debe instalar primero el polietileno en las caras anterior (parte frontal) y posterior del invernadero, luego en los laterales y por último en el techo, para poder dar la tensión adecuada.

c. De mantenimiento y posterior a la construcción

- Revisar que las cubiertas de plástico del techo y de los costados no estén rotos. Reparar inmediatamente todo agujero o rasgadura, usando cinta adhesiva adecuada para plástico

polietileno, de modo de evitar que éste se rompa aún más, y para asegurar que no haya entradas de aire frío que haga descender la temperatura interior.

- Tensar el polietileno, entre temporadas. Si el plástico polietileno está suelto, lo más probable que por efecto del viento se vaya rompiendo.
- Los agroquímicos y en especial aquellos con azufre o halógenos (cloro, flúor, bromo y yodo), pueden dañar el polietileno y provocar degradación prematura del plástico. Por ello, hay que evitar que entren en contacto con él, debiendo ventilarse el invernadero con el fin de hacer salir los gases perjudiciales.

La ventilación del invernadero en meses de alta temperatura, es una labor que habitualmente debe realizar el productor. Con una alta humedad relativa, y una alta temperatura en el interior del invernadero, se propician las enfermedades fungosas en los cultivos.

3. CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO TIPO CAPILLA

3.1. Dimensiones

Al momento de diseñar un invernadero, se debe considerar sus medidas en lo que se refiere al alto, ancho y largo.

- **Altura:** Se recomienda que la altura de las paredes laterales del invernadero sean de aproximadamente de 1,8 metros. Esta altura facilitará los trabajos y labores dentro del invernadero, tales como la siembra, movimiento de suelo, cosecha, entre otros. Una altura menor impediría el tránsito de personas al interior. Por otro lado, una altura mayor permitiría más resistencia de la estructura al viento, en el caso que este factor sea incidente.

La parte central y más alta del invernadero, que corresponde a la cumbre, conviene que tenga una altura de 3 a 3,5 metros. Mayores alturas resultan inconvenientes en los trabajos de mantenimiento (cambio de plástico, pintura, etc.) y presentan demasiada superficie ante la acción del viento. Por su parte si tiene demasiado volumen de aire, necesitará más energía calórica cuando requiera calefacción. Además en días nublados, el aire a nivel de las plantas tardará más en calentarse.

- **Ancho:** el ancho de un invernadero está determinado por la pendiente que se le dará a la techumbre, la cual varía desde un 10% a un 30%. Por lo cual, el ancho estará condicionado a la altura de las paredes laterales, la cumbre y la pendiente que se desee obtener.

Para determinar el ancho se presenta a continuación la siguiente ecuación:

Ecuación 1:
$$AI = (Hc - Hp) \times \frac{100}{P} \times 2$$

Donde:

AI : Ancho del invernadero (m).

Hp : Altura de paredes laterales (m).

Hc : Altura de la cumbre (m).

P : pendiente deseada (%).

Ejemplo. Se desea conocer el ancho requerido para una cumbre de 3,5 metros de alto, paredes laterales de 2,5 metros y una pendiente deseada de un 25%.

Aplicando la ecuación antes descrita, se tiene:

$$AI = (3,5 - 2,5) \times \frac{100}{25} \times 2$$

$$AI = (1) \times 4 \times 2$$

$$AI = 8 \text{ metros}$$

De acuerdo al resultado y considerando un número entero, podemos afirmar que para las medidas dadas, el ancho del invernadero debiera ser de 8 metros.

- **Largo:** La longitud del invernadero no influye de ninguna manera en el control ambiental del mismo, siempre y cuando las ventanas, aparatos de regulación, calefacción, etc. estén uniformemente repartidos y la pendiente del suelo de cultivo no sea excesiva.

Si la pendiente del suelo es excesiva y el invernadero muy largo, el control de la temperatura ambiental se dificultaría, ya que, el aire a medida que se va calentando, se irá situando en las capas superiores donde las temperaturas pueden llegar a ser muy altas en relación a la parte baja del invernadero.

3.2. Estructura

La estructura corresponde al armazón del invernadero (**Figura 1**), que está constituida por pies derechos, vigas, cumbrera, correas, etc., que son las que soportan la cubierta, el viento, la lluvia, los aparatos internos y los tutores de las plantas. En las páginas siguientes se describirá el método de construcción invernadero modelo INIA de 40 m².

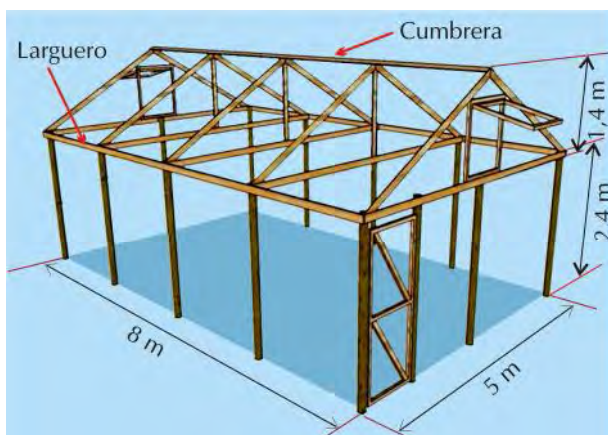


Figura 1.
Estructura de un
invernadero de
40 m² tipo capilla.
Modelo INIA

La estructura puede estar constituida por diversos materiales, los más comunes son el metal y la madera. Al respecto, el costo entre estos dos materiales mantiene una relación de 4:1, es decir que una estructura de metal cuesta cuatro veces más que una de madera. Sin embargo, la vida útil de estas estructuras presenta una amplia diferencia, ya que, la de metal está estimada en 25 años, con una pequeña mantención cada tres años; mientras que la madera podemos esperar una duración de 5 años, con mantenciones cada 2 años.

Las estructuras de los invernaderos deben reunir las siguientes condiciones:

- Deben ser ligeras y resistentes.
- De material económico y de fácil conservación.
- Susceptibles de poder ser ampliadas.
- Que ocupen poca superficie.
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

3.3. Orientación

Uno de los factores que más repercute en la producción es la luz, por lo que se debe procurar que ésta llegue lo mejor posible al invernadero. Por lo tanto, la orientación del mismo determinará que los rayos solares penetren en mayor o menor grado.

Al respecto, se debe tender a una orientación en que reciba la máxima cantidad de luz en la mañana, oportunidad en la que se necesita aumentar la temperatura rápidamente. Esta posición debe ser perpendicular a los rayos matinales del sol, lo que en el hemisferio sur corresponde a la posición noreste – sureste.

Otro factor a tener en consideración al decidir la orientación del invernadero, es el viento, pese a que este factor es posible controlarlo mediante cortinas cortaviento. Se debe intentar tener una mínima exposición a los vientos predominantes, ya que el viento fuerte trae el peligro de daño, tanto en la estructura como en el

material de la cubierta. Por lo cual lo ideal es orientar el invernadero en aquella dirección que presente la menor resistencia posible. Esto se logra orientando el invernadero con su lado más largo en la misma dirección que el viento, o bien, en diagonal.

3.4. Condiciones de temperatura

Las condiciones climáticas de la zona donde se emplazará el invernadero son especialmente relevantes si se trata de invernaderos fríos. En estos casos se requiere de zonas libres de heladas o con heladas ocasionales suaves, tales como aquellas zonas con influencia marina de la zona central y centro norte.

En zonas con riesgo de heladas ocasionales, se debe disponer de algún medio de calefacción artificial para esas situaciones, o bien, de una mayor protección con cubiertas de materiales reforzados térmicamente, o bien, disponer de una doble cubierta.

En términos generales, resultan determinantes las temperaturas mínimas medias que corresponden comúnmente a temperaturas nocturnas, difícilmente modificables por el invernadero, a diferencia de las temperaturas medias, que justamente son las modificables al elevar las temperaturas diurnas.

3.5. Ventilación

La ventilación es un aspecto básico a tener en cuenta para el manejo de un invernadero, siendo fundamental para regular la temperatura, la humedad y favorecer la renovación de dióxido de carbono dentro del invernadero. Por lo cual, el invernadero debe tener suficiente superficie de ventilación.

La ventilación se puede realizar en forma natural o forzándola artificialmente, siendo la ventilación natural la más utilizada. En algunos casos se ventila solamente con la entrada de aire por las paredes laterales, mientras que en otros, se establece la entrada de aire por los costados y la salida por "lucarnas" o ventanas

cenitales, ubicadas en la techumbre de la construcción (cenit), o en los frentes de la estructura, siempre y cuando el largo de la misma no supere los 10 metros.

El sistema de ventilación, tipo cenital, es el más recomendado para zonas poco ventosas, donde pueda dificultarse la ventilación del invernadero. Este consiste en la ubicación de las ventanas en la parte más alta del techo, con el fin de crear un efecto de tiraje, respecto del cual no se necesita de la acción del viento para lograr la renovación del aire, puesto que el aire caliente se concentra en la parte superior del invernadero, y al abrir las ventanas, éste es liberado naturalmente. Con ello, se crea una succión de aire fresco desde las aberturas de abajo, para ocupar el lugar del aire que está saliendo. De ésta manera, con sólo abrir las ventanas cenitales y las puertas o ventanas laterales, logramos una renovación constante del aire del invernadero, inclusive durante los días de poco viento ambiental.

4. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO TIPO CAPILLA

A continuación, se describen los materiales para un invernadero de estructura de madera y cubierta de plástico polietileno, tipo capilla. Este es el tipo de invernadero más difundido en Chile, por su economía y fácil construcción.

Madera:

- **Postes:** Se utilizan para los pies derechos (pilares) y los centrales, y en algunas ocasiones pueden utilizarse para la techumbre. Se emplean rollizos de pino “impregnado”, de 3 a 4 pulgadas y 3 metros de largo (medidas inferiores no son recomendables).

- **Tablas:** Para la estructura, por ser más baratas, se utilizan tablas de pino de 1" x 4" o bien de 1" x 5", en 3,2 ó 4 metros de largo. Se deben elegir las tablas con menos nudos, por su mayor resistencia.

Para la fijación del plástico a la estructura, es necesario utilizar listones de 1" x 2" (llamadas charlatas), utilizando para ello clavos de 2 a 3 pulgadas.

5. CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO

Previo a la construcción, se debe considerar que la madera que forma la estructura requiere de ciertos cuidados, con el fin de su duración, para lo cual, los tratamientos previos recomendados son:

- Madera curada, y nunca recién cortada.
- Los postes o rollizos que sostienen la estructura, en lo posible deben ser "impregnados".
- El extremo de los postes que se enterrarán en el suelo, deben quemarse parcialmente y posteriormente se pintan con alquitrán.

Por otra parte, la calidad de la madera debe ser:

- Exenta de patógenos, porque se agrieta.
- Lo más recta posible, y en lo posible sin nudos.

Si fuere necesario el uso de anclajes, esto se hace por medio de alambres de acero galvanizado de 4,4 mm de diámetro (llamados "viento"), que se sujetan a los postes de las paredes exteriores.

Para el uso de aguas lluvias colectadas en estanques o cisternas, se considerará la construcción de una estructura de madera de 5 x 8 metros con cubierta de polietileno. Esta superficie es suficiente para abastecer de diversas especies vegetales a una familia.

El primer paso antes de comenzar la construcción, es realizar la cuadratura del terreno donde se emplazará el proyecto de construcción del invernadero.

5.1. Cuadratura del terreno

Para que el invernadero se ubique con sus esquinas en ángulo recto de acuerdo a las medidas proyectadas, lo primero que se hace es cuadrar el terreno. Esta operación es muy importante ya que por un lado, el construir una estructura perfectamente cuadrada le proporciona más resistencia a la misma, y por otro, se facilita la instalación de la cubierta. Al respecto y para dicha actividad se describirá el método del 3 - 4 y 5 m, que es muy preciso, el cual consiste en determinar con lienzas y una huincha de medir el ángulo recto en las esquinas.

Metodología:

Siguiendo el esquema descrito en la **Figura 2**, se toma como referencia uno de los lados largos de 8 metros del invernadero. Se marca con las estacas en los puntos A y B del esquema y se unen con una lienza, lo más tensa posible, sobre la cual y partiendo desde la estaca A se miden 3 metros y se señala con la estaca C. A partir de la estaca A se ubica una lienza de 4 metros en ángulo recto con la estaca A. Desde la estaca C se amarra otro cordel de 5 metros hacia el mismo lado. Se estiran las dos lienzas y en el

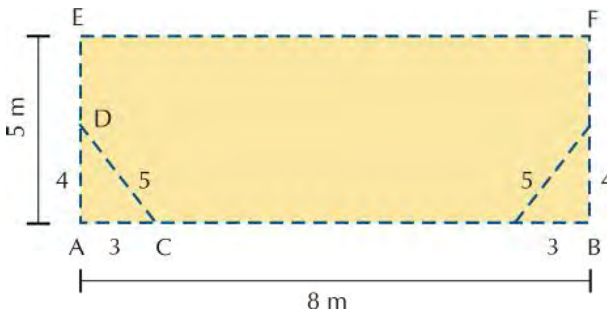


Figura 2. Esquema para la cuadratura del terreno.

punto donde se unen ambas lienzas (de 4 y 5 metros), se clava la estaca D. El ángulo recto que se produce en el punto A es preciso.

Posteriormente, a partir del punto A se estira una lienza que pase por el punto D y se prolonga hasta medir los 5 metros, punto donde se entierra la estaca E. Esta operación se repite en la estaca B para obtener el punto donde se ubicará la estaca F, en ángulo recto.

Finalmente se unen con una lienza los puntos E y F, con lo cual el terreno está cuadrado. Con este método, se obtienen las cuatro esquinas para el establecimiento del invernadero. Para comprobar que el trabajo se hizo en forma adecuada, se miden las distancias internas entre las esquinas de forma diagonal. Si el largo entre ellas es exacto, la cuadratura del terreno está bien hecha.

Se aconseja proyectar las lienzas un metro más hacia ambos lados con el fin de que no molesten al momento de hacer los hoyos para la postura de postes.

5.2. Construcción de la estructura

Una vez cuadrado el terreno, se procede a realizar la excavación para la postura de postes impregnados que soportarán la estructura. Para lo cual se excavan 12 hoyos, a 60 cm de profundidad cada uno, con 5 postes por cada lado del invernadero (Figura 2), incluyendo un poste en la parte anterior y un segundo en la parte posterior. Como se trata de un invernadero de 40 m², no es necesario colocar postes al centro del invernadero (ver Figura 1).

En cada línea trazada por la lienza, se marcarán a cada 2 metros de distancia los puntos donde se ubicarán los postes laterales y los centrales. Cada excavación se realiza a 60 centímetros de profundidad, y se van enterrando en ellos los postes previamente pintados con pintura asfáltica, se rellenan con piedras y tierra

que se apisonan junto al poste en la excavación. Se humedece con agua si el suelo estuviese seco, con lo cual, se conseguirá lograr mayor firmeza en cada poste enterrado.

El trabajo se inicia ubicando a nivel los cuatro postes de las esquinas, mediante el uso de la manguera de nivel¹; los cuales, posteriormente servirán de guía para los postes laterales, tanto en la ubicación como en la altura. Una vez instalados los cuatro postes principales de cada esquina, se coloca una lienza entre los postes laterales, para dar la altura deseada y el nivel a los postes que se ubicarán entre ellos, manteniendo la lienza que demarca el terreno para no perder la alineación.



Figura 3. Ubicación de postes, para un invernadero de 40 m².

Posteriormente, se instalan los postes que van en la línea central de los frentes anterior y posterior de la estructura. Es importante controlar que los postes queden instalados lo más vertical posible, utilizando para ello un "hilo a plomo" o un nivel manual, especialmente en los esquineros, que servirán de guía para los que se ubicarán posteriormente.

¹ Nota: se debe utilizar el procedimiento descrito en el Capítulo 4, Construcción de Sistemas de Ferrocemento.

Una vez que los postes estén enterrados, nivelados y alineados, se fijan los largueros en la parte superior de la estructura (**Figura 4**). Primero, se ubican las del costado superior de los postes, en forma longitudinal, uniéndolos entre sí.



Figura 4. Ubicación e instalación de largueros en los laterales del invernadero.

En esta etapa de construcción, además se instalan alambres que se ubican en la parte inferior de los postes (entre 0,7 a 1 metro de altura), los cuales sujetarán el plástico que se instalará posteriormente, para formar la banda que protege y evita el paso de animales, cuando se levanten los faldones (de plástico) al momento de ventilar el invernadero.

Si se cuenta con mano de obra disponible, es recomendable construir en forma paralela las cerchas. Para el caso de un invernadero de 40 m², aquéllas deben poseer una altura de 1,40 metros y 5 metros de ancho (**Figura 5**). Se debe considerar la construcción de 3 cerchas centrales y 2 frontales. Estas últimas son las que llevan las ventanas para la ventilación del invernadero.

Este diseño de invernadero, contempla ventilación cenital mediante ventanas ubicadas en su parte anterior (frontal) y posterior (trasera). Se recomienda construir las cerchas junto con el marco de la ventana (listón 2 x 2"), antes de clavarlas a la estructura del invernadero (**Figura 6**).



Figura 5. Construcción de cerchas centrales.

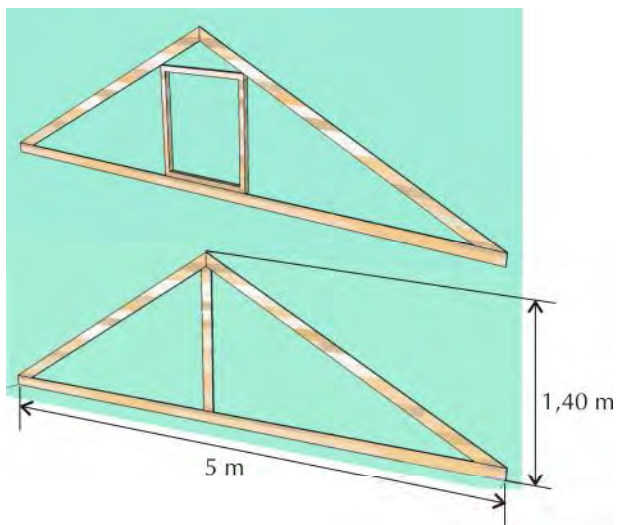


Figura 6. Estructura de cerchas anterior y posterior con el marco de la ventana construido.

Una vez finalizada la construcción de las cerchas, e instalados los postes y largueros, se procederá al montaje de éstas tal como se muestra en la **Figura 7**.



Figura 7. Montaje de las cerchas centrales en la estructura.

Las cerchas, a través de clavos, de 2 1/2 pulgadas se fijan de forma frontal a los postes (**Figura 8**).



Figura 8. Detalle del montaje de las cerchas.

A continuación se procede a instalar las cerchas frontales, las cuales van con las ventanas ya montadas a la estructura

(Figuras 9 y 10). Esto último facilita el trabajo y evita las labores en altura que pueden causar accidentes.



Figura 9. Detalle de la cercha frontal con la ventana de ventilación previamente instalada.



Figura 10. Detalle del montaje de la cercha frontal.

Una vez que se tienen todas las cerchas instaladas se procede a instalar la cumbrera (**Figura 11**), en la cual se fijará la cubierta a la estructura. Esta debe ir instalada en la parte superior de la cercha, con una tabla de 1 x 4" por cada lado de la pendiente formada en la cercha (ver Figura 11a).

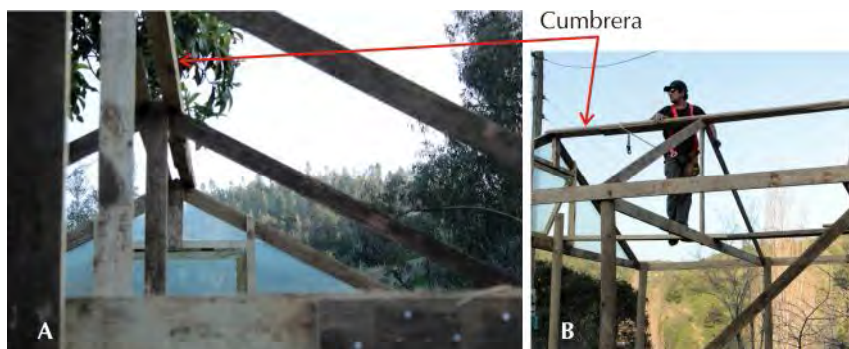


Figura 11. Detalle de la instalación de la cumbrera.

Finalmente, se debe montar un poste de 4" para instalar la puerta en el lugar que se estime. Es importante que todas las tablas queden bien clavadas a los postes o entre sí, de manera de dar firmeza a la estructura y además mantener con ello la cuadratura de ella para facilitar la colocación del polietileno. Los clavos utilizados para la unión de tablas, si es que las llegan a traspasar, no deben presentar sus puntas de tal modo de dañar el plástico o la cubierta que se desee instalar. Por ello se hace necesario doblarlas a golpe de martillo.

Las uniones y aristas formadas por la madera, que quedarán en contacto con el plástico, deben ser lo más suave posibles, de manera que no dañen el plástico polietileno que se instalará. Dichas aristas se pueden forrar con pedazos de plástico, para evitar que rompan el polietileno al momento de instalarlo como cubierta (**Figura 12**).



Figura 12. Detalle del recubrimiento de aristas para prevenir roturas del plástico polietileno de la cubierta del invernadero.

A continuación se muestran dos tipos de terminaciones y uniones entre tablas, a considerar para resguardar la integridad del plástico.

- Terminación de los frentes del invernadero: obsérvese la terminación entre el larguero transversal y la viga que forma la cercha (**Figura 13**).



Figura 13. Terminación de los frentes del invernadero.

- Unión entre tablas y terminación de cerchas interiores. Las uniones entre tablas, deben quedar siempre con las puntas de los clavos apuntando hacia el interior del invernadero, y la terminación de las cerchas interiores no debe sobrepasar los largueros longitudinales. Éstas se clavan directamente a los postes laterales (**Figura 14**).

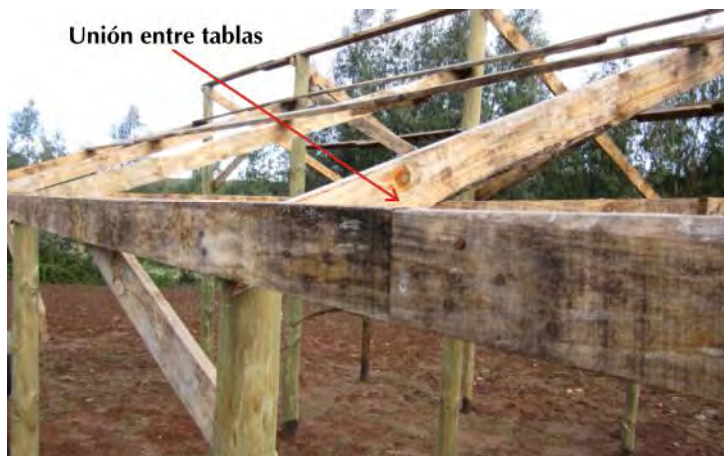


Figura 14. Unión entre tablas y terminación de cerchas interiores.

5.3. Instalación del plástico polietileno

Una vez construida la estructura, se procede a la instalación del plástico, el cual se fija a la estructura mediante listones de madera de 2 x 1", llamados "charlatas". Al momento de cortar los trozos de plástico para las distintas partes del invernadero, se debe considerar a lo menos 50 cm extra por cada lado.

La metodología para la instalación del plástico es la siguiente:

- **Preparación del terreno.** Primero se cavan zanjas alrededor de la estructura, donde se sujetarán las bandas de protección y con suelo de la propia excavación. Esto se hace por todo el contorno de la estructura del invernadero. Las bandas de protección de plástico se pueden fijar sobre tablas de madera (**Figura 15**), o sobre alambre (**Figura 16**) a través de corchetes.



Figura 15. Instalación de bandas de protección sobre madera.



Figura 16. Instalación de bandas de proyección sobre alambre.

- **Instalación de faldones.** Una vez instaladas las bandas de protección, se procede a colocar el plástico de los faldones, el cual va sujeto mediante listones de 2 x 1" clavados en la parte superior de los largueros. Estos deben quedar envueltos, con a lo menos, tres vueltas del plástico en forma uniforme, manteniendo el mismo nivel entre el borde del listón y el borde del plástico. Al instalar el plástico con el listón ya envuelto,

éste debe quedar a nivel con la parte superior del larguero y con la cara del plástico en contacto con el mismo (**Figura 17**).



Figura 17. Sujeción del plástico en la parte superior del larguero.

Es importante señalar que la fijación del plástico, se realiza en forma continua alrededor del invernadero, sin cortes, desde un extremo de la puerta al otro extremo de la misma (**Figura 18**). Esto permite levantar los faldones en todo el perímetro del invernadero para su ventilación, por lo cual deben quedar libres y sueltos en su parte inferior.



Figura 18. Fijación del plástico alrededor del invernadero.

En la Figura 18 se aprecia que la cercha frontal, o anterior, no se ha instalado con el plástico, ya que al momento de cubrir el techo se utilizará el mismo plástico de la cubierta para cubrir los frentes, no realizando cortes innecesarios.

Finalmente, se fija el plástico en los extremos del marco de la puerta por medio del uso de listones de 2 x 1" (**Figura 19**), siguiendo la metodología ya descrita.

- **Recubrimiento de la techumbre con polietileno.** Finalmente, una vez cubierto con plástico todo el perímetro del invernadero, se instala la cubierta del techo. Esta es la parte más compleja, porque la cubierta debe quedar totalmente estirada y tensa, para evitar que el polietileno, por efecto del viento, se golpee con los elementos de la estructura y comience a generar roturas en el mismo.



Figura 19. Sujeción del plástico en su parte lateral.

La instalación comienza clavando en la cumbrera correspondiente, el polietileno envuelto con el listón de 2 x 1", teniendo la precaución que hacia los costados queden 50 cm extra, para poder fijarlo a la estructura. Para este invernadero de 40 m², se utiliza un corte de polietileno que cubra totalmente el techo, tanto por ambos costados como en los frentes.

De acuerdo a lo anterior, considerando que el invernadero tiene 8 metros de largo, una altura de la cercha de 1,4 metros y 3 metros desde la cumbrera al larguero, se utilizará un trozo de polietileno de 11 metros de largo y 7 metros de ancho para cubrir el techo y los frentes.

La metodología se describe a continuación:

- **Preparación del polietileno:** Se corta el trozo de polietileno de 11 metros de largo y 7 metros de ancho. Se dobla a la mitad, y se inserta 8 metros de listón de 2 x 1" (**Figura 20**), dejando 1,5 metros libres a cada lado.



Figura 20. Preparación del polietileno para cubrir el techo.

- **Montaje del polietileno:** Una vez hecho lo anterior, se sube el plástico polietileno a la cumbrera, dejando que los extremos del mismo caigan hacia los frentes (**Figura 21**).



Figura 21. Detalle de la cubierta para los frentes superiores.

Una vez que se tiene el polietileno en la cumbre, se procede a clavar el listón en la parte superior de ella, estirando ambas caras del polietileno hacia la parte contraria de la cumbre utilizada (**Figura 22**), quedando de esta manera el listón cubierto por el plástico.



Figura 22. Fijación del polietileno a la estructura del invernadero.

Una vez clavado el plástico a la cumbre, se procede a clavar listones en la parte superior de la cumbre contraria (**Figura 23**), en toda la longitud del invernadero (8 metros).



Figura 23. Detalle del montaje del plástico a la estructura.

Una vez que se tiene los listones clavados en ambas cumbreras, se procede a estirar una cara del plástico hacia el lado contrario del techo (**Figura 24**).



Figura 24. Detalle de la instalación del plástico para el techo.

Antes de fijar el polietileno a los largueros, se debe cortar el exceso de plástico para que éste quede a 50 cm aproximadamente por debajo del larguero, de este modo, envolver los listones que le darán el estiramiento a la cubierta del techo.

Al fijar el plástico, los listones que estiran la cubierta quedan debajo de aquellos listones que sujetan los faldones (**Figura 25**), ambos clavados al larguero correspondiente.



Figura 25. Detalle de la fijación del polietileno a los largueros.

Se recomienda fijar el polietileno, con listones de entre 1 y 2 metros de largo, comenzando desde el medio hacia los costados, para ir eliminando los pliegues que se van formando. Al utilizar un listón completo (de 3,20 m) se dificulta el envolver los listones en forma uniforme con el plástico, por lo cual, se tienen partes más tensas en una esquina y menos tensas en otra. En el caso de los frentes se comienza por la esquina hacia el medio de la estructura (**Figura 26**).



Figura 26. Fijación del plástico de la techumbre y los frentes superiores.

Siguiendo el método anterior y para dar la tensión deseada a la cubierta, una forma de hacerlo es generando presión entre los listones al mismo tiempo que se va acomodando el listón de la cubierta por debajo del listón que sujeta los faldones (**Figura 27**),



Figura 27.
Estiramiento
del polietileno.

con el consecuente estiramiento del polietileno. De esta manera, no se estira el polietileno con la fuerza de los brazos, con el riesgo de enterrar los dedos a la cubierta.

Dicha metodología se aplica para toda la techumbre, incluyendo los frentes superiores, donde se termina en el marco de la ventana (**Figura 28**).



Figura 28. Invernadero con el plástico instalado.

Una vez instalada la techumbre, se clavan listones sobre las cerchas (**Figura 29**), para sujetar el plástico y evitar que se golpee o azote contra la madera, cuando se produzcan vientos de alta intensidad.



Figura 29. Instalación del polietileno a nivel de la techumbre.

Las ventanas se pueden mantener abiertas por medio de un listón de madera de 2 x 1" y que se apoye externamente en el poste central (**Figura 30**).



Figura 30. Apertura de ventana.

- **Recubrimiento de la techumbre con policarbonato:** A continuación se describirá cómo recubrir la techumbre con planchas de policarbonato, el cual le proporciona una mayor durabilidad al invernadero (20 años), además de darle mayores características térmicas y de diafanidad (luminosidad) con respecto al polietileno.

Para la instalación del policarbonato, se debe instalar a lo menos 2 costaneras a lo largo de la techumbre, además de la cumbrera (**Figura 31 a y b**). Estas costaneras pueden ser de metalcom o madera.

Una vez montadas las costaneras se procede a instalar el policarbonato. Se debe tener la precaución de instalarlo con la cara que posee filtro UV hacia el exterior, por lo cual, se deben leer las instrucciones

de uso del policarbonato antes de instalarlo. Para el invernadero de 40 m² se utilizarán 8 planchas de 2,9 m x 2,1 m. y 4 mm de espesor. Para zonas con probabilidad de nieve se recomienda el uso de hasta 3 costaneras por cada costado y planchas de policarbonato 6 mm de espesor.

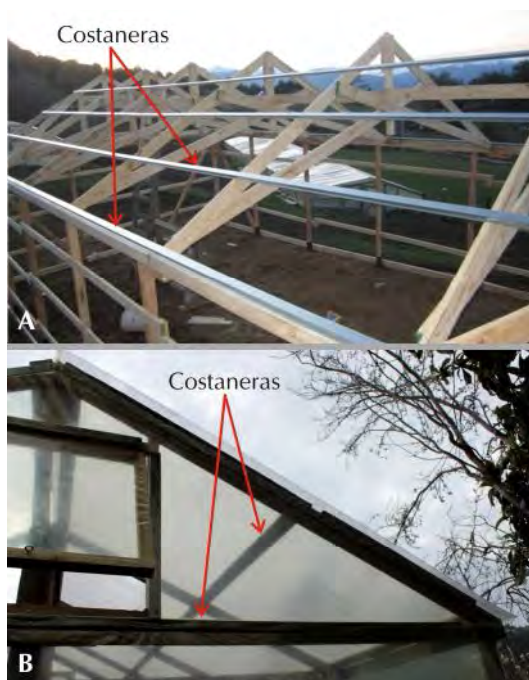


Figura 31. Tipos de costanera utilizados.

A) De Metalcom. B) De madera.

Para la unión entre planchas se utiliza una “unión H”, las cuales se instalan con la misma orientación de las celdas de las planchas (Figura 32)



Figura 32. Unión H y detalle de instalación.

Los extremos de las planchas presentan cavidades que se prolongan por todo el largo de la misma. Por lo cual, se deben sellar con una cinta y cubre zócalos de policarbonato, los cuales evitan la entrada de agua y suciedad al interior de las celdas de la plancha (Figura 33).

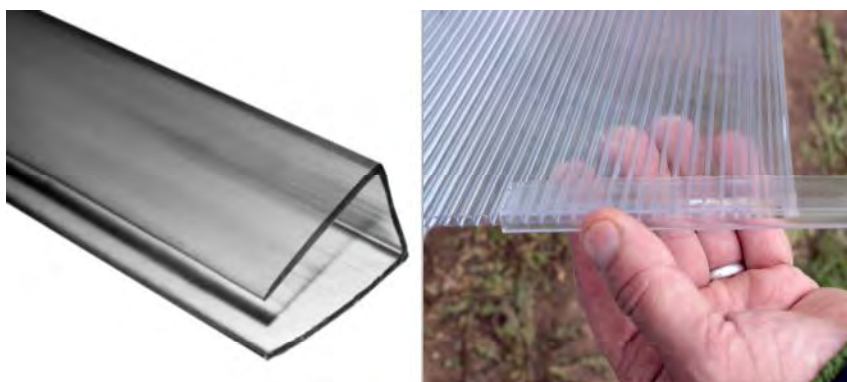


Figura 33. Cubre zócalo y detalle de instalación.

Una vez que las planchas están preparadas, se procede a instalarlas, procurando que se encuentren bien consolidadas mediante las uniones H. En el caso que se utilicen costaneras de metalcom, las planchas deberán fijarse a la estructura mediante tornillos autoperforantes. Si se utilizan costaneras de madera, se deben usar tornillos punta de aguja (tornillos de vulcanita).



Figura 34. Invernadero con techumbre de policarbonato.

- **Construcción de la puerta del invernadero.** La puerta debe ser construida con listones de 2 x 2", diseñada con un ancho mínimo de 80 cm y una altura de acuerdo al larguero del invernadero (1,8 m. aproximadamente o superior), medidas que facilitan el ingreso al invernadero.

Primero se procede a formar el rectángulo de la puerta, y luego se instala un listón en su parte media y se construyen dos escuadras (**Figura 35 a**). Estas escuadras, evitan que la puerta pierda su forma y pueda caer por el propio peso (**Figura 35 b**), debiendo instalarse estas escuadras en contra de la fuerza de gravedad para evitar que la puerta se mueva de su ubicación con el tiempo.

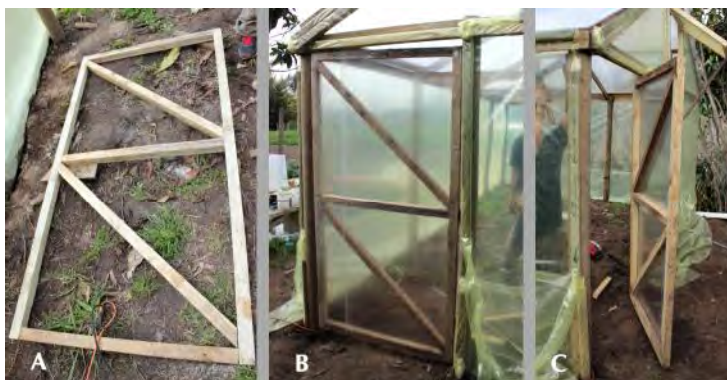


Figura 35. Puerta del invernadero.

6. COSTO DE MATERIALES

A continuación se presentan los costos aproximados de materiales y mano de obra para un invernadero de 5 m x 8 m (40 m²); con techumbre de polietileno y de policarbonato.

Caso A.

Costo de materiales de un invernadero con cubierta de polietileno.

Materiales	Dimensión	Cantidad	Valor (\$)	Subtotal (\$)
Rollizos o postes impregnados	4 a 5" x 3 m	13	3.500	45.500
Tabla	1 x 4" x 3,2 m	37	1.110	41.070
Listón	1 x 2" x 3,2 m	26	720	18.720
Palos	2 x 2	8	1.331	10.648
Alambre	kilo	1	1.350	1.350
Bisagras	3 x 3"	7	1.100	7.700
Polietileno	37 x 7 m (50 kg aprox)	50	1.500	75.000
Clavos	3"	5	2.000	10.000
Clavos	4"	1	2.000	2.000
COSTO TOTAL (\$)				211.988
COSTO TOTAL (UF)				8,28

Nota: se consideró el valor de la U.F al 30 de noviembre de \$ 25.598,41.

Caso B.

Costo de materiales de un invernadero con techo de policarbonato.

Materiales	Dimensión	Cantidad	Valor (\$)	Subtotal (\$)
Rollizos o postes impregnados	4 a 5" x 3 m	13	3.500	45.500
Tabla tapa	1 x 4" x 3,2 m	45	1.110	49.950
Liston	1 x 2" x 3,2 m	20	720	14.400
Palos	2 X 2	8	1.331	10.648
Clavos	3"	5	2.000	10.000
Clavos	4"	1	2.000	2.000
Policarbonato (planchas)	2,1 x 2,9 x 4 mm	8	37.990	303.920
Cubrezocalos	2,15 x 4 mm	16	1.290	20.640
Unión H	2,9 x 4 mm	6	4.390	26.340
Bisagras	3 x 3"	7	1.100	7.700
Costo total (\$)				491.098
Costo total (UF)				19,18

Nota: se consideró el valor de la U.F al 30 de noviembre de \$ 25.598,41.

A este costo de materiales se debe agregar el costo de mano de obra para la construcción de los invernaderos, que asciende a \$ 280.000, que incluye 3 operarios por 3 días, y con pago de \$ 30.000 diarios a cada uno.

Resumen de costos de materiales invernadero de 40 m² según tipo de cubierta

Tipo de techo de invernadero	Costo en \$	Costo en UF
Plástico polietileno	211.988	8,28
Policarbonato	491.098	19,18

6. BIBLIOGRAFÍA

- Barrios, O., 2004.** Construcción de un invernadero. FUCOA. Santiago, Chile. 34p
- Coleman, E., 2009.** The Winter Harvest Handbook. Year-Round Vegetable Production Using Deep-Organic Techniques an Unheated Greenhouses. Chelsea Green Publishing Company. United States of America. 247p.
- Marshall, R., 2006.** How to Build Your Own Green House. Desings and Plans to Meet Your Growing Needs. Storey Publishing. Versa Press. United States of America. 255p.
- Mora, D. y Carrasco, J., 2012.** Construcción de un invernadero de 40 m². Informativo INIA-Rayentué N° 47. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Rengo. Chile. 4p
- Serrano Cermeño Z., 2005.** Construcción de Invernaderos. 3^a Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid-Barcelona-México. España. 512p
- Vásquez M., González R., Briceño L., Jaimez R., 2010.** Bases para la construcción de invernaderos. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Serie Cultivos de Invernaderos N° 4. Mérida, Venezuela. 20p.