



Mejoramiento de la Resiliencia al

cambio climático

De la pequeña Agricultura en la Región de O'Higgins

USO EFICIENTE DEL AGUA

Construcción de invernaderos de polietileno, con cubierta de policarbonato

Patricio Abarca Reyes
Cristian Aguirre Aguilera
Ingenieros Agrónomos, INIA-Rayentué



FONDO DE ADAPTACIÓN

**Cartilla divulgativa en el marco del Proyecto
"Mejoramiento de Resiliencia al Cambio Climático de la Pequeña Agricultura
en la Región de O'Higgins"
Chile**

Financia

Fondo de Adaptación al Cambio Climático

Ejecuta

Ministerio de Agricultura
Ministerio de Medio Ambiente
Instituto de investigaciones Agropecuarias (INIA)

Coordina

Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID)
del Ministerio de Relaciones Exteriores

Director del Proyecto

Joaquín Arriagada Mujica, Seremi de Agricultura Región de O'Higgins

Autor

Patricio Abarca Reyes
Cristian Aguirre Aguilera
Ingenieros Agrónomos, INIA-Rayentué

Jefe de Comunicaciones

Javier Perez Barrientos

Edición

Alejandra Catalán Farfan, INIA Rayentué

Diseño

Muriel Palma Hormazábal

Fotografías

Freepik
Imágenes de libre distribución

Junio 2020
Región de O'Higgins, Rancagua, Chile

Impreso en Chile

Uso eficiente del agua

Construcción de invernaderos de polietileno con cubierta de policarbonato

Patricio Abarca Reyes
Cristian Aguirre Aguilera
Ingenieros Agrónomos, INIA-Rayentué



Mejoramiento de la Resiliencia al

cambioclimático

De la pequeña Agricultura en la Región de O'Higgins



Presentación

Este material ha sido elaborado en el marco del Proyecto “Mejoramiento de la Resiliencia al Cambio Climático de la Pequeña Agricultura de la Región de O’Higgins”, financiado por el Fondo de Adaptación al Cambio Climático de las Naciones Unidas. Su implementación está a cargo de la Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AGCID) y su ejecución a cargo del Ministerio de Agricultura y el Ministerio del Medio Ambiente.

El objetivo principal del proyecto es aumentar la resiliencia a la variabilidad y el cambio climático de las comunidades rurales agrícolas, en la zona de secano costero e interior de la Región de O’Higgins. La zona geográfica donde se emplaza el proyecto incluye las comunas de Paredones, Pichilemu, Marchigüe, La Estrella, Litueche, Navidad, Lolol y Pumanque.

En Chile, se han desarrollado diversos estudios que dan cuenta de las proyecciones futuras de cambio climático para el país. Por



ejemplo el “Observatorio Agroclimático” del Ministerio de Agricultura (<http://www.climatedatalibrary.cl/maproom/>); la Base Digital del Clima (<http://basedigitaldelclima.mma.gob.cl/>) y el Proyecto “Simulaciones Climáticas regionales y marco de evaluación de la vulnerabilidad” (<http://simulaciones.cr2.cl/>), del Ministerio del Medio Ambiente, entre otros. De acuerdo a estos estudios, en la zona señalada se espera una disminución aproximada entre un 15% a 20% de la precipitación media anual y un aumento de la temperatura media en aproximadamente +2 ° C, hacia mediados de siglo.

Estas condiciones futuras, representan las principales amenazas para el uso sostenible de la tierra y el suministro de agua en el área del proyecto. Teniendo en cuenta el clima actual, las estaciones secas duran entre 6 y 8 meses por año, período que probablemente aumentará durante las próximas décadas. De acuerdo con las proyecciones de cambio climático, previamente mencionadas, esta región se ubica entre las zonas del país que

se verán más afectadas por la disminución de la precipitación. Los modelos muestran un alto grado de certeza en este asunto. Esta situación ciertamente aumentará las dificultades que enfrentan los pequeños agricultores de la zona, en relación con la escasez de agua y la degradación del suelo, afectando directamente la producción, la calidad del suelo, los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, intensificando los problemas actuales que enfrentan estas poblaciones de agricultores pequeños y de subsistencia, agravando así su situación de pobreza y aumentando su vulnerabilidad a las condiciones climáticas.

El Proyecto “Mejoramiento de la Resiliencia al Cambio Climático de la Pequeña Agricultura de la Región de O’Higgins”, ha sido impulsado por el Gobierno de Chile con apoyo internacional, como una respuesta a la necesidad urgente de enfrentar el riesgo que impone el cambio climático a estas poblaciones y aumentar su capacidad adaptativa.

Construcción de invernaderos de polietileno, con cubierta de policarbonato



Los invernaderos son estructuras cerradas, con cierta ventilación y temperatura, que permiten el cultivo de diferentes especies, principalmente hortalizas, flores de corte, forrajes verdes hidropónicos, almácigos, entre otras. La construcción y uso de ellos, se atribuye en situaciones de producción en contra estación (meses más fríos), adelantando con ello las cosechas de ciertos cultivos, para el aprovechamiento de espacios (cultivo en estanterías, macetas, etc.) y/o por el ahorro de agua que se incurre en los sistemas de producción bajo cubiertas, como, por ejemplo, cultivos hidropónicos.

Los diseños de los invernaderos, están definidos principalmente por el tipo de cultivo a producir, por el costo o los recursos que se dispongan para su construcción y, las condiciones

climáticas de la zona donde se construirán. Así estos, por ejemplo, pueden ser tipo túnel (semi circulares) o tipo capilla, por lo cual, el costo de la construcción variará dependiendo del tipo de material que se utilice. Sin embargo, las condiciones climáticas de la zona, como, por ejemplo, eventuales ráfagas de vientos fuertes, caída y acumulación de nieve, entre otras, definirán el diseño del invernadero y los materiales que se deban usar para su construcción.

Los materiales más comunes para las estructuras de invernaderos son: madera, fierro galvanizado, PVC, entre otros. Para las cubiertas, es recurrente el uso de plástico polietileno, policarbonato, vidrio, y mallas antiáfidos, como es el caso de invernaderos de la región de Arica y Parinacota.

Según la zona geográfica, el uso particular de producción del invernadero y el material de construcción, variarán las formas de ventilación, donde se podrá utilizar aireación en la parte superior y a lo largo del invernadero (lucarnas), ventanas (en los frentes o por los costados), y/o ventilación lateral a través de cortinas, hechas del mismo plástico polietileno que cierra el invernadero, que se pueden abrir o cerrar de forma automática o manual.

Dentro de las preocupaciones más frecuentes en el uso de invernaderos, es la duración de los materiales de fabricación, tanto de la estructura, como de las cubiertas. Por lo anterior, es imprescindible determinar la vida útil de un invernadero y prever el recambio de los materiales en un período

determinado. En la actualidad, el material más utilizado para las cubiertas (techos y laterales) es el polietileno (plástico), el cual posee una duración que fluctúa entre 2 a 3 años. El costo del plástico, de la instalación y, la inminente contaminación ambiental provocada por los desechos del mismo, permite considerar otros materiales de mayor durabilidad, que permitan una mayor vida útil al invernadero, y a la vez una reducción de los costos en el largo plazo.



Costos asociados a un invernadero de 40 m²

A continuación, se detallan los costos asociados a la construcción de un invernadero de 40 m² (5 m de frente x 8 m de largo). Se ha considerado que esta superficie, es suficiente para producir hortalizas de autoconsumo, e incluso para la venta de pequeños productores.

En el Cuadro 1, se indican los costos de materiales para un techo con planchas de policarbonato; en el Cuadro 2, los costos para la base o contorno de un invernadero con polietileno (plástico). En el Cuadro 3, los costos de materiales para la colecta de aguas lluvias provenientes desde el techo del invernadero; en el Cuadro 4, el costo del techo de invernadero cubierto con polietileno y; en el Cuadro 5, la comparación de costos de materiales y mano de obra para un techo de policarbonato y uno de polietileno en un período de 12 años (tiempo promedio de vida útil de una plancha de policarbonato alveolar).

	Item	Medidas	Cantidad	Precio	Total
TECHO DEL INVERNADERO	Planchas policarbonato	2,1 m x 2,9 m x 4 mm	9	\$33.990	\$305.910
	Perfil H	4 m x 6 mm x 2,9 m	6	\$7.190	\$43.140
	Perfil U	4 m x 6 mm x 2,1 m	8	\$2.490	\$19.920
	Cinta adhesiva	25 mm x 11 m	1,5	\$7.590	\$11.385
	Caballete metálico	0,35 mm x 250 mm x 3 m	3	\$6.290	\$18.870
	Metalcom tipo omega	6 m	14	\$5.480	\$76.720
	Pino dimensionado	2" x 3" x 3,2 m	16	\$2.390	\$38.240
	Pino dimensionado	2" x 2" x 3,2 m	4	\$1.590	\$6.360
	Pino dimensionado	1" x 4" x 3,2 m	14	\$1.540	\$21.560
	Tornillos con goma	1 1/4" x 6	300	\$25	\$7.500
	Bisagras	3,5"	4	\$340	\$1.360
	Clavos	3"	2	\$1.190	\$2.380
	Pernos con tuerca y golilla	1/4" x 4"	22	\$220	\$4.840
	Pernos con tuerca y golilla	3/8" x 5"	12	\$550	\$6.600
	Pernos con tuerca y golilla	1/4" x 5"	22	\$350	\$7.700
	Tornillos	1 1/2"	200	\$15	\$3.000
	Tornillos	4"	8	\$150	\$1.200
Tornillos	5"	12	\$200	\$2.400	
TOTAL COSTO TECHO DE POLICARBONATO					\$579.085

Cuadro 1: Costo inicial de un techo con planchas de policarbonato alveolar para un invernadero de 40 m².

	Item	Medidas	Cantidad	Precio	Total
BASE DEL INVERNADERO	Poste cuadrado impregnado	3" x 3" x 3,2m	15	\$3.900	\$58.500
	Pino dimensionado	2" x 3" x 3,2m	8	\$2.390	\$19.120
	Pino dimensionado	1" x 2" x 3,2m	14	\$850	\$11.900
	Pino dimesionado	2" x 2" x 3,2m	3	\$1.590	\$4.770
	Clavos	3"	1	\$1.190	\$1.190
	Clavos	4"	1	\$1.190	\$1.190
	Polietileno	11 m x 7 m x 200 micras (kg)	19	\$2.790	\$53.010
	Bisagras	3,5"	3	\$340	\$1.020
	Alambre	Nº16 x 25 m	1	\$2.990	\$2.990
	Tornillos	4"	10	\$150	\$1.500
	Cáncamo cerrado	5/16" x 2,5"	2	\$390	\$780
	Cáncamo abierto	5/16" x 2,5"	2	\$390	\$780
	Fierro redondo	6 mm	0,6	\$990	\$594
	Picaporte	4"	1	\$1.190	\$1.190
TOTAL COSTO BASE CON CONTORNO DE POLIETILENO					\$158.534

Cuadro 2: Costos de la base o contorno de un invernadero de 40 m² revestido con polietileno (plástico).

	Item	Medidas	Cantidad	Precio	Total
COLECTA DE AGUA LLUVIAS	Canaletas de PVC	4 m	4	\$4.250	\$17.000
	Unión de PVC para canaleta	Estándar	2	\$660	\$1.320
	Gancho de PVC para fijación	Estándar	32	\$790	\$25.280
	Tapas de PVC para canaleta	Estándar	4	\$790	\$3.160
	Bajada de PVC para canaleta	Estándar	2	\$2.650	\$5.300
	Codo de PVC	80 mm 87,5°	2	\$1.690	\$3.380
	Copla tubo de bajada	80 mm	3	\$2.290	\$6.870
	Tubo de PVC de bajada	3 m 80 mm	3	\$3.390	\$10.170
	Tee PVC SO sanitario	75 mm	1	\$1.490	\$1.490
	Pino seco	1" x 6" x 3,2m	6	\$2.590	15540
	TOTAL COSTO COLECTA AGUAS LLUVIAS DESDE EL INVERNADERO				

Cuadro 3: Costo de materiales para instalación de colecta de aguas lluvias desde un techo de invernadero de 40 m².



	Item	Medidas	Cantidad	Precio	Total
COSTO INICIAL	Polietileno	11 mx 7 mx 200 micras (kg)	16	\$2.790	\$44.640
	Listones	1"x 2"x 3,2m	18	\$850	\$15.300
	Pino dimensionado	1"x 4"x 3,2m	30	\$1.540	\$46.200
	Pino dimensionado	2"x 2"x 3,2m	4	\$1.590	\$6.360
	Clavos	3"	4	\$1.190	\$4.760
	Clavos	4"	1	\$1.190	\$1.190
	Bisagras	3,5"	4	\$340	\$1.360
TOTAL COSTO TECHO DE POLIETILENO					\$119.810

Cuadro 4: Costo inicial de un techo de polietileno (plástico) para un invernadero de 40 m².

Año	Techo policarbonato	Techo de polietileno
0	\$579.085	\$119.810
2		\$91.612
4		\$99.087
6		\$107.173
8		\$115.918
10		\$125.377
12		\$135.607
TOTAL	\$579.085	\$794.584
DIFERENCIA		\$215.499

Cuadro 5: Análisis comparativo de costos entre un techo de polietileno y uno de policarbonato en un período de 12 años.

* La proyección a 12 años se ha determinado solo con un interés compuesto de un 4%, considerando que el promedio de los últimos doce años (2007 - 2019) ha sido de un 4,19% anual. Sólo se ha considerado la mano de obra desde el año 2 en adelante con una base de \$ 20.000/día, al año 2020. Los precios de todos los materiales se han cotizado en el primer semestre de 2020.

En el Cuadro 1 y Cuadro 4, se describen los costos iniciales de construcción para un techo de policarbonato alveolar (\$579.085) y uno de polietileno (\$119.810). Por las indicaciones de empresas fabricantes de planchas de policarbonato alveolar, se prevé una duración promedio de 12 años para este material, por lo tanto, se estiman los costos de recambio de materiales para un techo de polietileno en un lapso de 12 años y cada 2 años (tiempo de duración del plástico). En el costo del recambio, se incluye: el plástico; listones de 1" x 2" x 3,2 m; clavos de 3" y; la mano de obra.

Se ha estimado un interés compuesto de un 4% anual, por ello, el valor de los materiales y de mano de obra, se incrementan con el tiempo (valor futuro del dinero), esto determina que al final del año 12, un techo de plástico tendría un costo de \$215.499.- por sobre uno de planchas de policarbonato, además, se debe considerar la inminente contaminación ambiental provocada por los desechos de plásticos, los cuales, no se pueden reutilizar para otros fines dentro del predio.

III. Metodología de construcción para un invernadero de 40 m² con techo de policarbonato alveolar

PASO 1

Cuadrar el terreno del invernadero

Para la construcción de cualquier invernadero, se debe comenzar con la elección del lugar para su instalación, orientación y sus medidas. Lo primero es cuadrar el terreno donde serán instalados los postes. Observando la Figura 1, se comienza uniendo dos estacas a 8 metros de distancia con una lienza bien tensa, las cuales demarcarán un costado del invernadero (A↔B), luego a 3 metros del punto A por el costado (Punto E)



se coloca una estaca con otra lienza marcada a los 5 metros, desde el punto A se une otra lienza marcada a los 4 metros, cuando coincidan ambas marcas se obtiene el punto F, el cual, originará un ángulo recto (90°) en el punto A. La lienza atada al punto A, se tensa para que pase por el punto F y se prolonga hasta los 5 metros, obteniendo el punto C. Se repite el mismo proceso al otro extremo ($B \rightarrow D$). Finalmente se marca el lugar donde irán los postes, tanto por el costado, como por el frente (Figura 2).

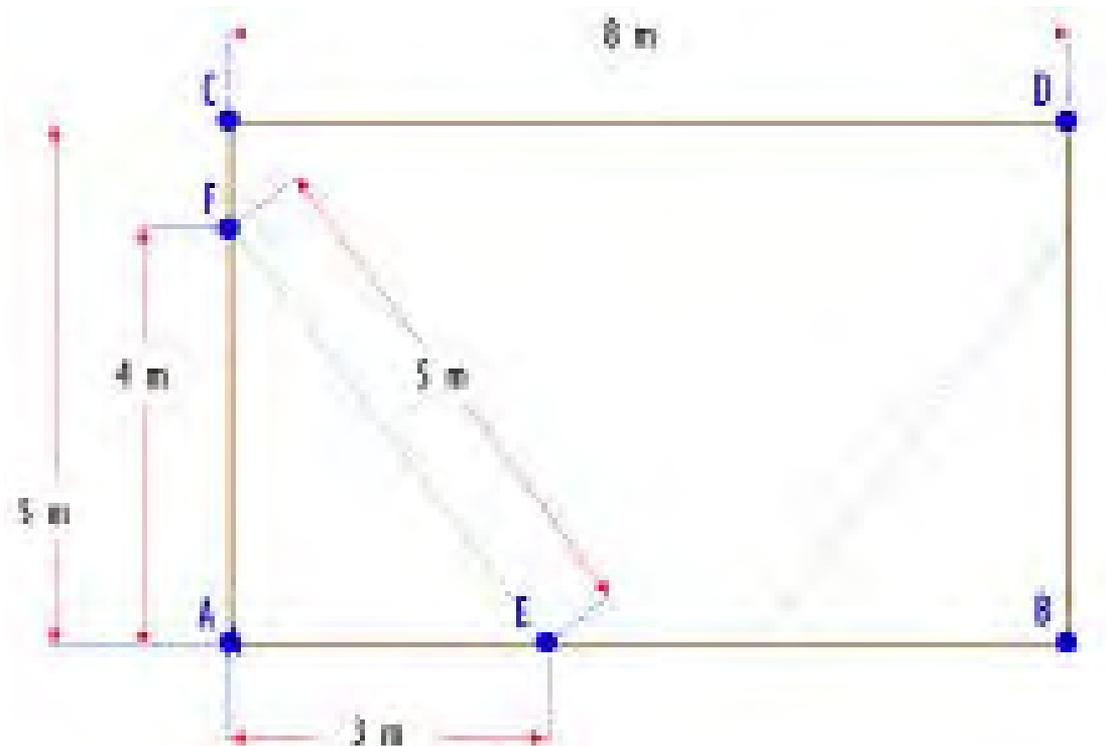


Figura 1: Esquema para cuadrar el terreno que será la base del invernadero (Fuente: Elaboración propia)

PASO 2

Ahoyadura e instalación de postes

En la Figura 2, se observan las dimensiones a considerar para la ahoyadura y la instalación de postes que serán la base o la estructura que sostenga el invernadero, para este diseño se colocarán 15 postes (6 en cada costado, 1 al centro en cada frente y otro en uno de los frentes para la puerta). La altura de los postes dependerá del tipo de cultivo y, especialmente, de las condiciones climáticas de la zona (vientos fuertes, nieve, etc.), para el secano de la Región de O'Higgins, se recomienda una altura de 2,2 m desde el suelo y 0,6 m (60 cm) enterrados. Para su correcta instalación, se recomienda plantar los 4 postes de las esquinas, nivelados con una manguera de nivel. Posteriormente, se tensa una lienza por el contorno, tanto arriba, como por abajo, estas lienzas proporcionarán

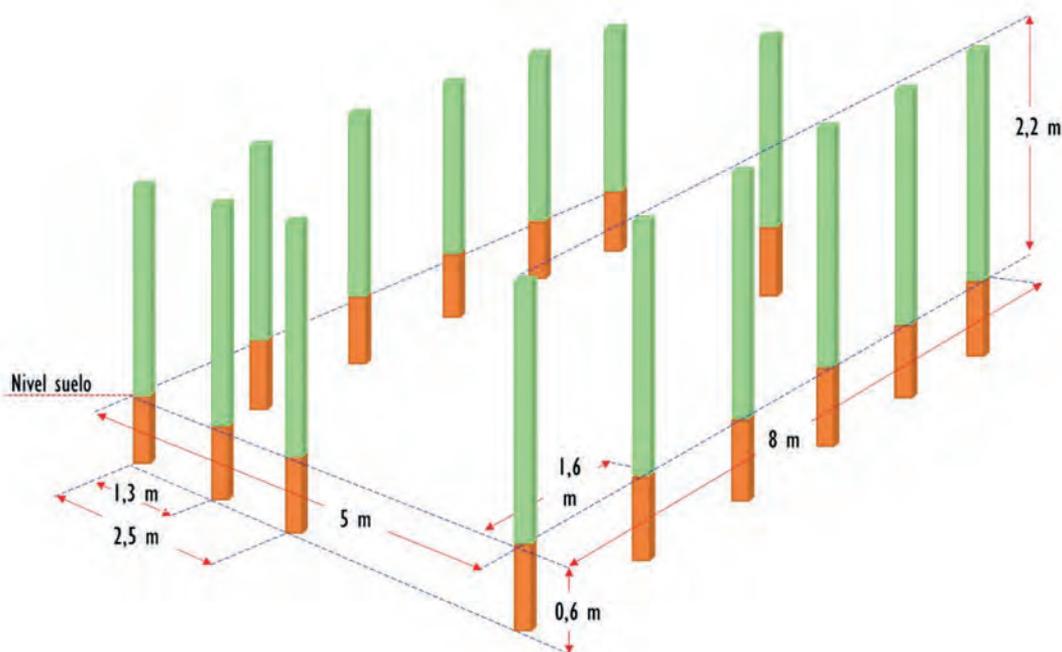


Figura 2: Esquema de las dimensiones a considerar para la instalación de postes en un invernadero de 5 m x 8 m (Fuente: Elaboración propia).

nivelación lateral de los postes. Del mismo modo, otra lienza por sobre los postes, permitirá nivelar la altura de todos los postes intermedios. Es recomendable que los postes (de forma individual) sean nivelados verticalmente con una plomada o un nivel de burbuja.

Recordar que antes de colocar los postes, cada uno de ellos debe llevar un corte en 22°, en el cual, se asentará cada cercha en ambos extremos (Figura 3) y, en los postes esquineros, se recomienda redondear el canto para que el plástico a ubicar en los costados no se rompa al ser estirado.

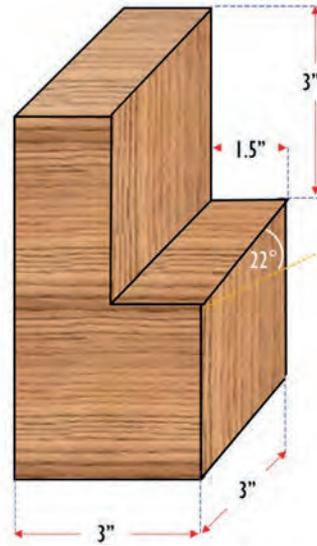


Figura 3: Corte de 22°realizado en el poste para asentamiento y soporte de la cercha en cada extremo (Fuente: Elaboración propia).

PASO 3

Preparación de cerchas e instalación

Para la resistencia y estabilidad de la estructura, se recomienda que las cerchas sean del tipo "tijera" (Figura 4), para ello, se utilizará madera con dimensiones de 2" x 3" y de 1" x 4", para su ensamble se utilizará; pernos, tornillos y clavos. Para este tipo de invernadero se fabricarán 4 cerchas tipo tijera para la parte central y dos cerchas para los frentes con ventana de ventilación (Figuras 4 y 5).

Antes de la instalación de las cerchas, los postes que las soportarán, deberán unirse en su parte superior por tablas de 1" x 3" o 1" x 4" y, en las esquinas con puntales de pino de 2" x 3" en forma diagonal (Figura 10), de esta forma, los pilares no se moverán al momento de la instalación de las cerchas.

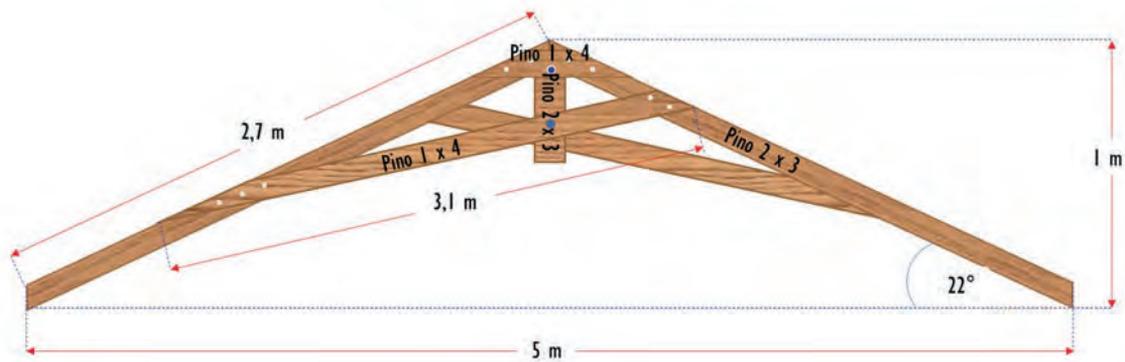


Figura 4: Cercha tipo tijera para instalar en la parte central del invernadero (Fuente: Elaboración propia).

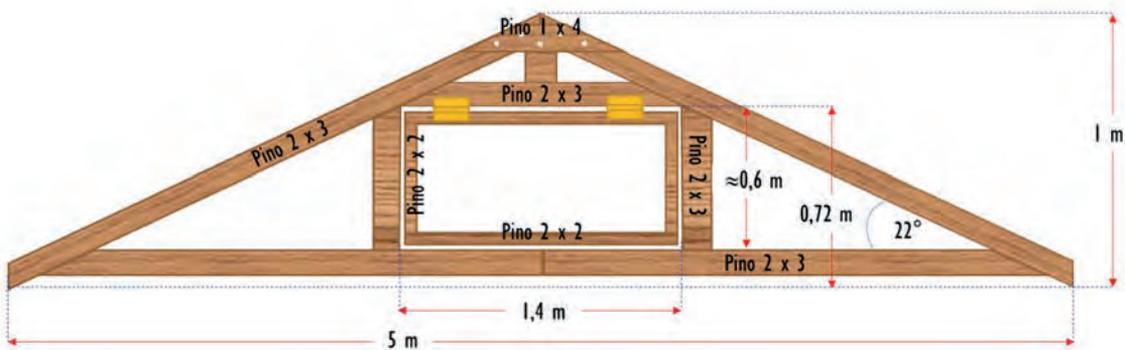


Figura 5: Cercha frontal y posterior con ventana de ventilación (Fuente: Elaboración propia).

PASO 4

Colocación de planchas sobre las cerchas

Para colocar las planchas de policarbonato en el techo, primero se debe instalar el perfil de metalcom tipo omega a lo largo del invernadero y por sobre las cerchas (costaneras), la cantidad dependerá del espesor de la plancha (a menor espesor, mayor número de costaneras, ya que, al ser más delgadas tienen mayor tendencia a deformarse ("guatearse")).

Las planchas para este prototipo de invernadero serán de 2,9 m de largo x 2,1 m de ancho y 4 mm de espesor, a lo largo de la plancha se cortarán 10 cm para lograr una longitud de 2,8 m; quedando un pequeño alero de 10 cm (esta medida debe ser corroborada in situ y cortar de acuerdo a lo requerido, más aún, si desea mayor o menor longitud de alero para instalación de canaletas y respectiva cosecha de aguas lluvias).

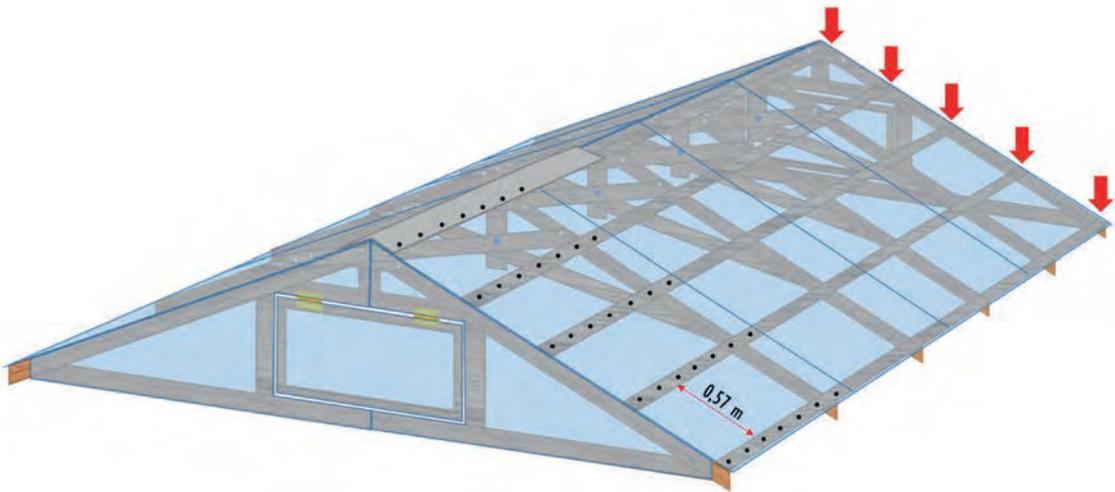


Figura 6: Esquema de la perspectiva del techo con planchas de policarbonato alveolar (Fuente: Elaboración propia).

Cada plancha recibida de fábrica, trae una lámina protectora adherida en cada una de sus caras, una transparente y la otra con letras impresas; la primera, se recomienda sacarla antes de instalar la plancha; la segunda, se debe remover al momento de la instalación, ya que, esta indica la cara con protección a rayos UV (cara expuesta a los rayos solares). Los costados abiertos de la plancha, deben sellarse con una cinta adhesiva (especial para este material), junto con un perfil U, ambos elementos ayudarán a que, al interior de la plancha de policarbonato, no entren hongos u otra suciedad que perjudique la transparencia (Figura 7).

Para juntar y unir, entre ellas, las planchas de policarbonato, se utilizará un perfil H, el cual puede ser de una pieza (Figura 8), o de dos piezas (tipo clip). Cada plancha se fijará a las costaneras a través de tornillos punta fina con golilla engomada a 30 cm uno de otro, así mismo, en el caballete metálico instalado en la parte superior del invernadero. Para atornillar la plancha, se deberá perforar la plancha con una broca, de diámetro de al menos un milímetro mayor al diámetro del tornillo y, en ningún caso, aplastar la plancha con la presión del mismo (Figura 9).

Para los frentes que llevan ventanas, se utilizará media plancha de policarbonato para cada sector, de medidas originales de 2,10 x 2,9 m x 4 mm, la cual se cortará longitudinalmente a la mitad y luego un corte en diagonal, resultando dos triángulos rectángulos (se recomienda tomar medidas in situ y luego realizar el corte).

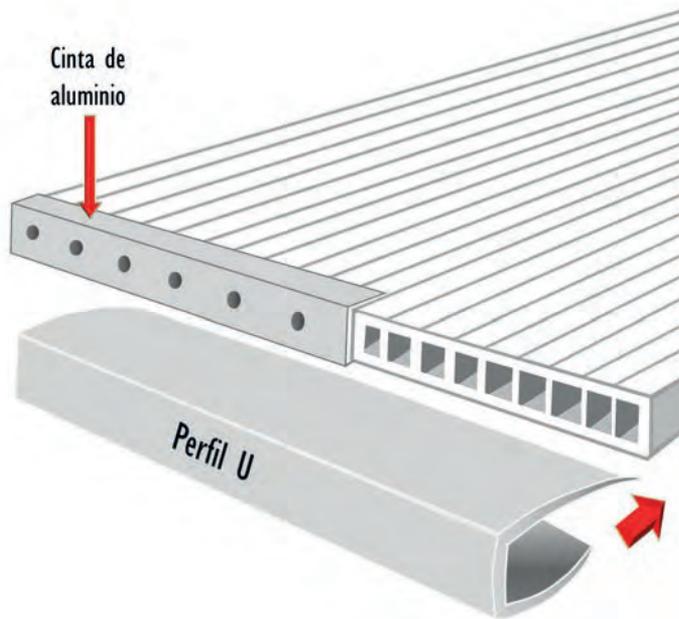


Figura 7: Esquema de instalación de cinta adhesiva aluminio y perfil U en los costados abiertos de la plancha de policarbonato (Fuente: Elaboración propia).

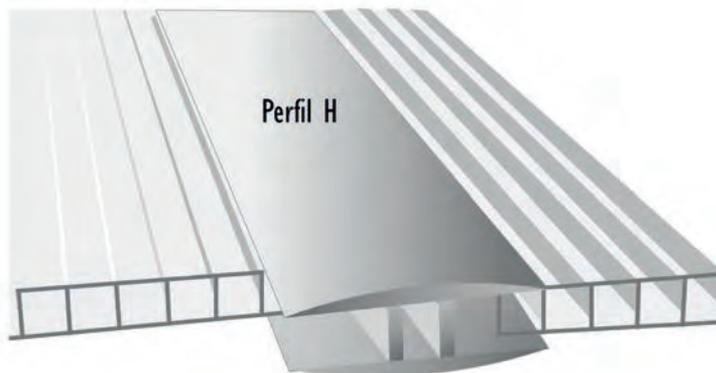


Figura 8: Esquema de unión de dos planchas de policarbonato a través de un perfil H (Fuente: Elaboración propia).



Figura9: Esquema de la correcta e incorrecta perforación e instalación de tornillos con golilla de goma en planchas de policarbonato. Izquierda, espacio para la dilatación de la plancha. Centro, orificio reducido sin espacio para dilatación de la plancha. Derecha, plancha aplastada por exceso de apriete del tornillo (Fuente: Elaboración propia).

PASO 5

Instalación de polietileno alrededor del invernadero

Una vez instalado las planchas de policarbonato en el techo, se podrá instalar el plástico alrededor del invernadero, para ello, se utilizará polietileno de 3,5 m de ancho por 13 de largo, lo anterior, significa que el plástico de 3,5 m abre a 7 m, resultando finalmente 26 metros para el contorno del invernadero por 3,5 de alto (suficiente para la pared y banda de protección).

La instalación del plástico lateral, comenzará con la confección de una zanja en la base y por todo el contorno del invernadero, en ella, se enterrará parte del plástico que cumplirá la función de banda de protección, la cual, impedirá el ingreso de animales. La banda de protección tendrá una altura de unos 70 cm, altura que será definida por un alambre galvanizado o una tabla de 1" x 3" que rodeará a la estructura del invernadero. El faldón o plástico de las paredes, será fijado en la parte superior por listones de madera de 1" x 2", estos deben ser enrollados por el plástico al menos 2 vueltas. Una vez enrollado el plástico en el listón, este último se clavará bajo y pegado a la tabla de 1" x 3" que rodea al invernadero en su parte superior.



PASO 6

Instalación de puerta y sistema de abertura de ventanas

La puerta de acceso tendrá una dimensión aproximada de 1,25 m x 2,05 m. El ancho debe permitir acceso (en caso que se requiera), de personas y equipamiento (carretillas, motocultivador, etc.). La puerta llevará tres bisagras y cubierta con polietileno, este último sujeto por listones de 1" x 2" en todo su contorno (Figura 10).

Para abrir y cerrar manualmente las ventanas de ventilación, se utilizará un puntal que se ancle al centro de la ventana y al poste central del invernadero. El puntal puede ser de hierro delgado de 6 mm o simplemente con un listón de madera de 1" x 2" con cáncamos en sus extremos (Figura 10).

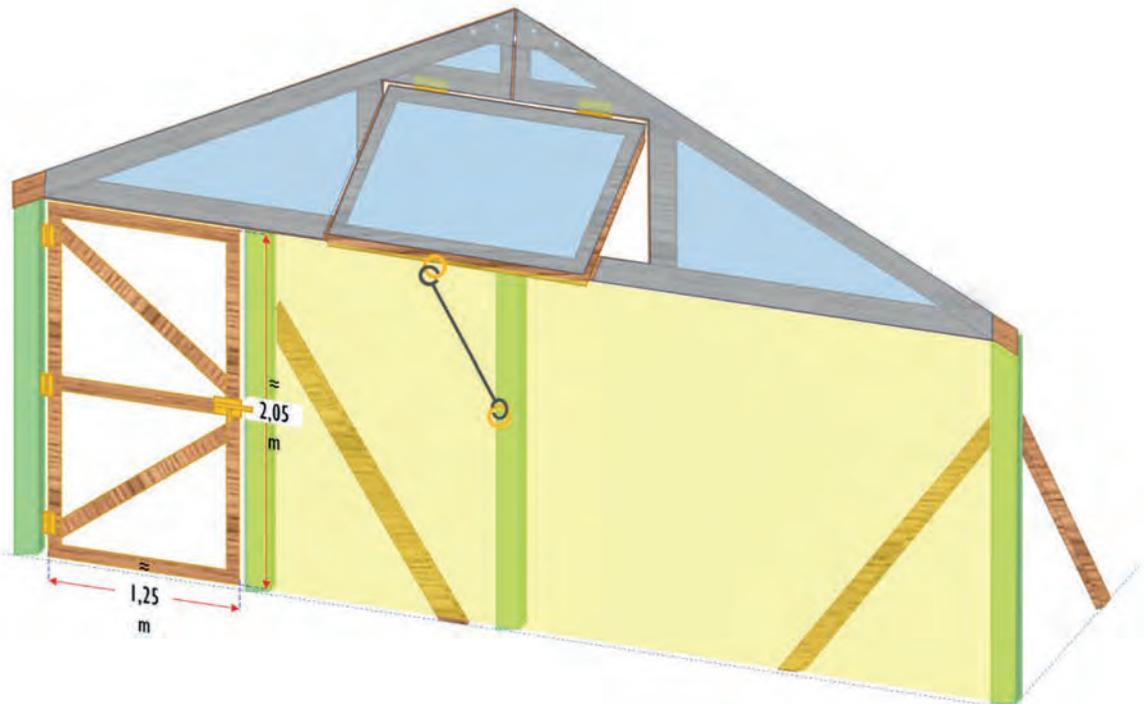


Figura 8: Esquema del frontis de invernadero con instalación de puerta y abertura manual de la ventana para ventilación (Fuente: Elaboración propia).

III. IV. Metodología de instalación de sistema de colecta y acumulación de aguas lluvias desde el techo del invernadero

Para la instalación de canaletas en el techo de una casa o del mismo invernadero, previamente se debe colocar una madera para la fijación de los ganchos (“tapacán”), normalmente una tabla de pino de 20 cm de ancho, comercialmente vendida con las dimensiones de 1”x 8”, pudiendo ser incluso de 1” x 6” si el largo de la casa no supera los 8 m. Una madera de menor ancho complicaría entregar una pendiente adecuada para la canaleta.

Una vez instalado el tapacán, se debe elegir el extremo del techo por el cual se evacuará el agua recibida, de este modo, marcar la ubicación de los ganchos y la bajada de agua.

Secuencia de instalación

- A** Sobre el tapacán y a una distancia de 14 cm desde la orilla, ubicar un trozo de canaleta, de este modo, observar la ubicación del primer gancho de fijación.
- B** Marcar con lápiz y colocar un pequeño clavo por debajo de la posición del primer gancho de fijación.
- C** En el otro extremo del tapacán, donde irá ubicada la bajada de agua, colocar otro clavo para estirar la lienza, de este modo, proporcionar la pendiente a la canaleta y la posición de los ganchos. La pendiente no debe ser menor a 4 mm por cada metro lineal. Por ejemplo, si la distancia total es de 9 metros, la diferencia de altura entre los ganchos extremos será mínimo de 3,6 cm.
- D** Las canaletas de PVC miden habitualmente 4 m de largo, lo cual, se debe marcar esta distancia desde el comienzo del techo y a lo largo del tapacán según la cantidad de canaletas a utilizar (4 m, 8 m, 12 m, etc.). En la marca del término de cada canaleta medir 14 cm a cada lado, con motivo de ubicar un par de ganchos cercanos a la unión de las canaletas para mayor resistencia de estas (Figura 11).
- E** Se recomienda en promedio, ubicar ganchos de fijación a unos 62 cm entre ellos y no a más de 14 cm desde las uniones y bajadas de agua para entregar mayor resistencia de la canaleta al peso del agua (Figura 11).
- F** Lijar y pegar todas las tapas y uniones posibles en piso, permitiendo el pegado entre canaletas en altura sobre los ganchos.

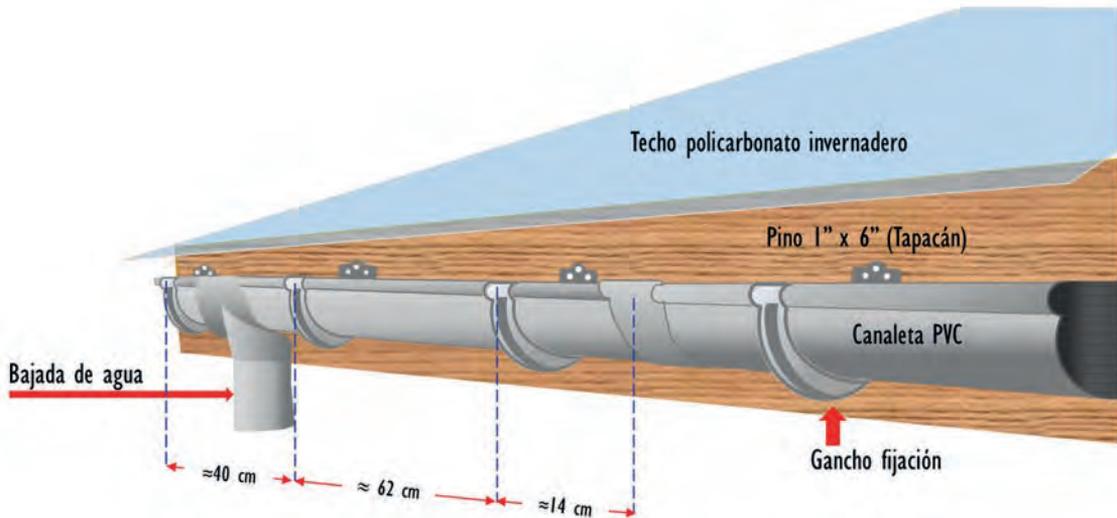


Figura 11: Esquema para una instalación básica de canaletas en un techo. (Fuente: Elaboración propia).

Tuberías de conducción

Las tuberías de PVC utilizadas para la conducción de aguas lluvias, habitualmente presentan una longitud de 3 metros de largo, permitiendo la bajada de agua desde el techo hasta el suelo. Esta corta longitud perjudica la conexión de aguas desde dos techos (o dos aguas), principalmente por la ausencia de fittings para la conexión entre tubos.

En la Figura 12, se observan las conexiones a realizar para unir dos aguas de una casa, utilizando tubos de bajada de 80 mm de diámetro, copla de bajada de tubo y una Tee sanitaria de PVC de 75 mm, esta última adaptada al sistema, ya que como se señaló anteriormente no existen accesorios (fittings) para unir tubos de 80 mm.

La ubicación de tubos de bajada de agua, para unir techos de dos aguas, debe ser siempre, uno en forma vertical y otro horizontal, pues la Tee sanitaria de 75 mm presenta dos entradas hembra y una macho, condicionando solamente esta posición (Figura 12).

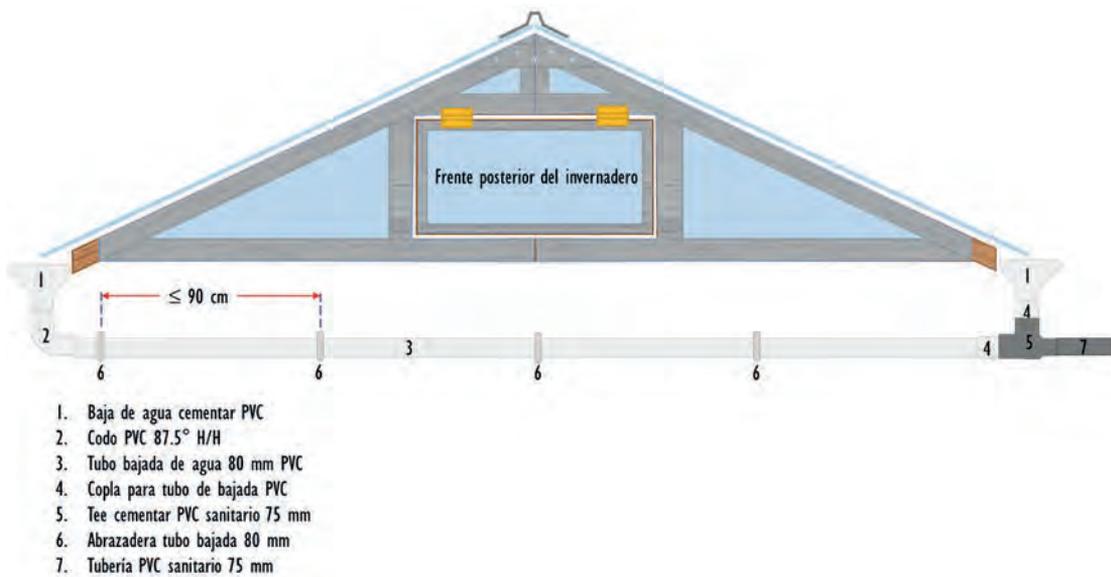


Figura 12: Esquema para la unión y conducción de dos caídas de agua desde un invernadero o una casa. Fuente: Elaboración propia.

Una vez instaladas las canaletas para la colecta de aguas lluvias y la conducción a través de tuberías, se procede a la instalación del estanque. Es necesario corroborar la altura de la salida de agua desde las canaletas y la entrada de agua al estanque, la cual, debe tener al menos un desnivel de 5° para que el agua escurra y entre al estanque sin problemas.

Para la instalación del estanque, por una parte, es conveniente hacerlo sobre un radier (losa de cemento) para su nivelación y estabilidad, por otra parte, bajo un techo para la protección del sol. Si la ubicación del estanque estará al costado de la casa, se pueden utilizar las mismas canaletas de la casa para conducir el agua lluvia caída sobre el techo del estanque (Figura 13), de lo contrario, habrá que considerar los materiales para la conducción del agua desde el techo del estanque si se requiere.





Figura 13: Esquema de instalación de estanque de acumulación sobre radiador y bajo techo de una caída de agua. (Fuente: Elaboración propia).

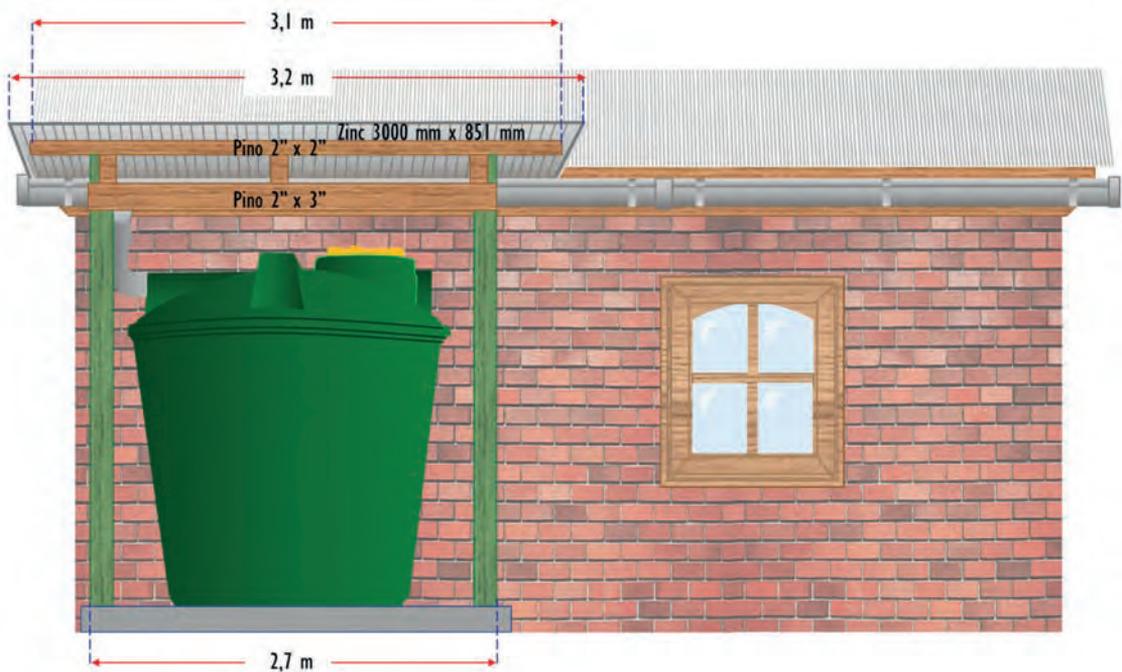


Figura 14: Esquema en vista lateral de instalación de estanque de acumulación sobre radiador y bajo techo de una caída de agua. (Fuente: Elaboración propia).



Para la construcción de radier y techo para estanque de 5.400 litros, se necesitan los siguientes materiales:

	Item	Medidas	Cantidad	Precio	Total
RADIER	Hormigón preparado *	Saco 25 kg	35	\$2.590	\$90.650
	Madera pino bruto	1" x 3" x 3,2 m	4	\$1.200	\$4.800
	Madera Pino bruto	1" x 2" x 3,2 m	1	\$590	\$590
	Malla acma	2,6 m x 5 m (15 cm x 14 cm x 0,42 cm)	0,25	\$14.490	\$3.623
TOTAL COSTO RADIER					\$119.810

Cuadro 6: Costos de materiales para radier soporte de estanque.

* En el caso que se desee disminuir el costo de hormigón preparado y se opte por la opción de mezcla de cemento, arena y grava, se utilizará una dosis de 1:3:6, respectivamente, la cual, para 1 m³ de hormigón se utilizarán 8,4 sacos de cemento de 25 kg; 0,5 m³ de arena y; 1 m³ de grava. Por lo tanto, para un radier de 2,7 m x 2,6 m x 0,06 m (largo x ancho x alto) el volumen de hormigón será: **2,7 m x 2,6 m x 0,06 m = 0,42 m³**

De acuerdo a lo anterior, para 0,42 m³ de hormigón se necesitarán 3,5 sacos de cemento de 25 kg; 0,21 m³ de arena; 0,42 m³ de grava y; 67 litros de agua aproximadamente (construereyingeniería, 2020).

En la construcción del radier, se debe contemplar la instalación de un desagüe en la base del estanque de polietileno, para ello, se perfora un orificio de 32 mm al fondo del estanque, ubicando una salida de estanque de 32 mm y conducción de PVC de 32 mm con tubería y llave de bola (Figura 15). Para facilitar el desagüe, se debe dejar en el radier un espacio de suelo libre orientado hacia la pendiente natural del terreno, con una distancia de 0,5 m del borde del radier. La instalación debe ser referencial según la Figura 15.

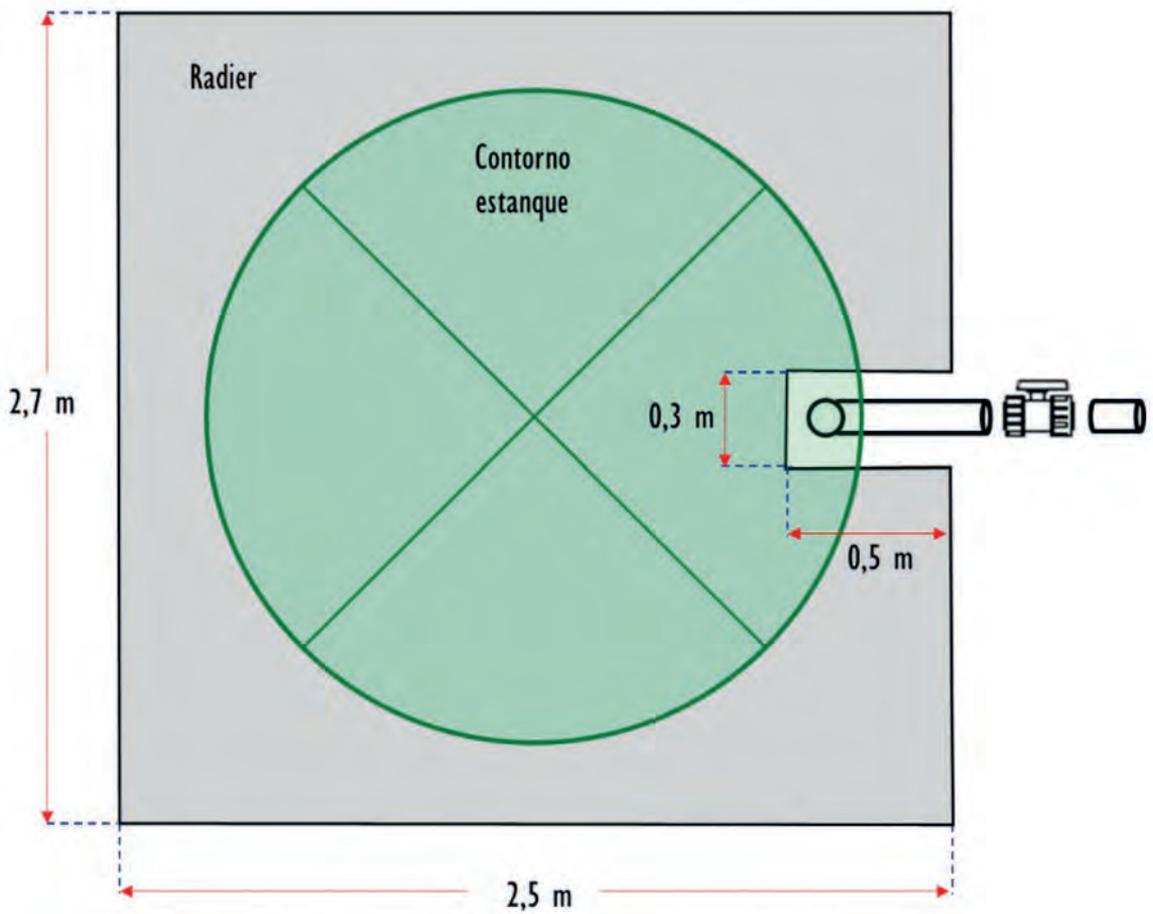


Figura 15: Esquema de radier, ubicación del estanque y desagüe en su base. Fuente: Elaboración propia.

Item	Medidas	Cantidad	Precio	Total
Pino dimensionado	3"x 3"x 3,2 m	4	\$3.590	\$14.360
Pino dimensionado	2"x 3"x 3,2 m	5	\$1.770	\$8.850
Pino dimensionado	2"x 2"x 3,2 m	5	\$1.590	\$7.950
Plancha zinc acanalada	3000 mm x 851 mm x 0,35 mm	4	\$6.690	\$26.760
Tornillo vulcanita zincado	2"x 6	55	\$25	\$1.375
Golilla engomada techo	10 mm	55	\$10	\$550
Perno coche (con tuerca y golilla plana)	3/8" x 6"	4	\$600	\$2.400
Hormigón preparado	Saco 25 kg	4	\$2.590	\$10.360
Tornillo vulcanita zincado	3"x 6	15	\$30	\$450
Tornillo para madera	4"	4	\$150	\$600
Tornillo para madera	5"	2	\$200	\$400
PVC hidráulico (C 10)	32 mm x 1 m	1	\$990	\$990
Codo PVC hidráulico SO	32 mm	1	\$190	\$190
Llave de bola PVC SO	32 mm	1	\$4.490	\$4.490
Salida de estanque SO	32 mm	1	\$1.590	\$1.590
TOTAL COSTO TECHO ESTANQUE				\$ 81.315

Cuadro 7: Costos de materiales para techo de protección de estanque 5.400 litros y desagüe de agua.

La cuadratura, tanto del radier, como de los pilares para el techo, deben realizarse de la misma forma que se explica en la Figura 1. Cada pilar deberá ser enterrado al menos unos 45 cm, para lo cual, se utilizará un saco de hormigón preparado por cada hoyo.

La altura del techo del estanque, ya sea, en la su parte más alta o más baja, dependerán claramente de la altura del acumulador, pero también, de la altura de la canaleta de la casa, solo en el caso que se deseen utilizar estas para conducir el agua del cobertizo que protege al estanque (Figuras 13 y 14). Para el buen escurrimiento del agua de lluvia colectada desde el techo del estanque, se recomienda una pendiente mínima de 10°.

Para la instalación del techo, se dispondrá de 2 palos de pino de 2"x 3"; apernado en ambos extremos a los pilares de 3"x 3", los cuales soportarán otros tres palos de las mismas dimensiones. Estos últimos se atornillarán con tornillos de 4" y 5", y soportarán a los palos de 2"x 2" que serán fijados con tornillos de vulcanita zincados de 3". Sobre los palos de 2"x 2" serán fijadas las planchas de zinc con tornillos de vulcanita de 2", más golilla engomada (Figura 14).



Una vez construido el radier y cobertizo de protección, se procede a la instalación del estanque en su lugar definitivo, el cual, previamente, tendrá instalado el desagüe en su parte basal.

Al ubicar el estanque en su posición definitiva, se colocan las tuberías de llenado y rebalse de agua. Las tuberías de llenado, deben provenir desde las canaletas instaladas en la casa habitación, bodega o, invernadero y/o cobertizo del estanque, asegurando una superficie de captación de al menos 60 m². La unión de las bajadas de agua, provenientes de las diferentes superficies de captación deben originarse antes del filtro de limpieza. La entrada del tubo de bajada debe quedar sobre la parte superior del estanque, terminando en un codo de 90°. No se debe olvidar, que el éxito de los cultivos producidos bajo invernaderos, dependerá de varios factores, muchos de ellos agronómicos, como, por ejemplo: el riego, la fertilización, en control de plagas y enfermedades, entre otros. Sin embargo, gran parte de este éxito dependerá del manejo del invernadero, como: la orientación, decisión de especies a cultivar, manejo de la temperatura, ventilación, humedad relativa, entre otros.

Referencia:

ConstruReyes Ingeniería s.d. (En línea). Disponible en: <http://www.construreyesingenieria.com/2017/06/como-calcular-cantidades-de-materiales.html>



www.cambioclimático-ohiggins.cl

