

**Guía De Construcción y Manejo de un Prototipo de Invernadero
Bioclimático como Estrategia Pedagógica en el Proceso De Enseñanza -
Aprendizaje de las Ciencias Naturales**



Maestranes:

Marolyn Andrea Rodríguez Martínez

marolyn.martinezrod@usantotomas.edu.co

Liliana Karolina Rojas Celis

liliana.celisroj@usantotomas.edu.co

Universidad Santo Tomás

2026

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO 1. Fundamento Teórico	7
1. ¿Qué es un invernadero?	7
2. Descripción general del prototipo de invernadero bioclimático escolar. ..	7
3. Modelos de invernaderos	8
4. Funcionamiento de los invernaderos	10
5. Condiciones para el factor climático	11
5.1. Temperatura	12
5.2. Humedad relativa	12
5.3. Ventilación.	13
5.4. Iluminación	14
6. Sistemas de calefacción	14
7. Sistemas de riego	15
7.1. Sistemas de riego por goteo	16
CAPITULO 2. Construcción de un invernadero	16
8. Descripción del proceso	16
8.1. Paso 1: Cavado de hoyos	16
8.2. Paso 2: Tratamiento de palos o postes	17
8.3. Paso 3: Parado de postes o rollizos	17
8.4. Paso 4: Armado de la estructura del invernadero	17
8.5. Paso 5: Techado del invernadero	18
8.6. Paso 6: Colocación de las paredes con plástico	18
8.7. Paso 7: Ventanas	18
8.8. Paso 8: Construcción de la sala de aclimatación	19
8.9. Paso 9: Anclaje del invernadero	19
8.10. Paso 10: Instalación de puerta de acceso al invernadero	19
CAPITULO 3. Diseño de un invernadero	20
9 Estructura del Prototipo de invernadero Bioclimático.....	20
9.1 Criterios bioclimáticos del diseño.....	25
CAPITULO 4. Cantidades de Obra.....	27

10	Estructura del Prototipo de invernadero Bioclimático.....	27
10.1	Materiales utilizados en la construcción del invernadero.....	29
10.2	Herramientas necesarias para la construcción.....	30
10.3	Consideraciones para la selección de materiales.....	31
10.4	Presupuesto general de materiales.....	32
10.5	Importancia pedagógica de los materiales utilizados.....	33
CAPITULO 5 Operación y Mantenimiento del Invernadero.....		34
11	Operación del Invernadero Bioclimático.....	34
11.1	Puesta en funcionamiento del invernadero.....	36
11.1.1.1	Verificación inicial de la estructura.....	36
11.1.1.2	Procedimiento de puesta en marcha.....	37
11.2	Control de temperatura dentro del invernadero.....	39
11.2.1	Estrategias de control térmico.....	40
11.2.2	Importancia pedagógica del control térmico.....	41
11.3	Manejo de la ventilación.....	42
11.3.1	Procedimientos de ventilación.....	43
11.3.2	Beneficios de la ventilación.....	43
11.4	Manejo de la humedad y riego.....	44
11.4.1	Recomendaciones para el riego.....	45
11.4.2	Aplicación pedagógica.....	45
11.5	Manejo de cultivos dentro del invernadero.....	46
11.5.1	Cultivos sugeridos para clima cálido-.....	47
11.5.2	Recomendaciones de manejo.....	48
11.6	Normas de seguridad y uso.....	49
11.7	Uso pedagógico del invernadero.....	50
11.7.1	Aplicaciones educativas.....	51
11.8	Registro y seguimiento de variables ambientales.....	52
11.9	Importancia del manejo adecuado del invernadero.....	53
12	ANEXOS.....	55
13	REFERENCIAS.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo estructural de invernadero tipo raspa y amagado aplicado a diseño bioclimático.	8
Figura 2. Modelo estructural de invernadero tipo Túnel.	9
Figura 3. Modelo estructural de invernadero tipo Capilla.	9
Figura 4. Funcionamiento del efecto invernadero y transferencia de calor en sistemas de cultivo protegidos.	10
Figura 5. Interacción de la radiación solar, materiales y transferencia de calor en un invernadero bioclimático.	11
Figura 6. Esquema del sistema de ventilación de un invernadero	13
Figura 7. Orientación del invernadero en función de la trayectoria solar para optimizar la captación de radiación.	14
Figura 8. Sistemas de Calefacción en invernaderos	15
Figura 9. Planta arquitectónica general del prototipo de invernadero bioclimático	21
Figura 10. Vista volumétrica tridimensional del prototipo de invernadero bioclimático	21
Figura 11. Planta arquitectónica de cubiertas del invernadero bioclimático	22
Figura 12. Fachada frontal del prototipo de invernadero bioclimático	23
Figura 13. Vista lateral derecha del invernadero bioclimático	24
Figura 14. Vista lateral izquierda del invernadero bioclimático	25

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de exigencias de la temperatura para distintas especies	12
Tabla 2. Tabla de HR necesario para crecimiento óptimo de distintas especies.	13
Tabla 3. Materiales del prototipo de invernadero bioclimático tipo túnel semicircular	29
Tabla 4. Herramientas de construcción del prototipo de invernadero bioclimático	31
Tabla 5. Presupuesto estimado del invernadero bioclimático tipo túnel semicircular en PVC	32
Tabla 6. Registro y seguimiento de variables ambientales dentro del invernadero bioclimático	53

INTRODUCCIÓN

El proyecto tiene como iniciativa la implementación de un prototipo de invernadero bioclimático en el Colegio Agroindustrial de Puerto Nuevo como una estrategia pedagógica innovadora que promueve ambientes de aprendizaje significativos fuera del aula. Este proyecto responde a la necesidad de fortalecer la enseñanza de las ciencias naturales mediante la experimentación, la práctica y la interdisciplinariedad, fomentando la construcción del pensamiento científico y la investigación como eje de la formación integral de los estudiantes.

La propuesta reconoce la importancia del contexto rural y busca motivar a los estudiantes a participar activamente en su proceso de aprendizaje, comprendiendo los objetivos de las actividades y aportando desde sus saberes. La viabilidad del proyecto depende del compromiso institucional, la formación docente, la planificación adecuada de actividades y el apoyo de la comunidad educativa, respaldado por guías y materiales didácticos de organismos educativos.

El diseño metodológico se basa en una secuencia didáctica centrada en la práctica experimental, que incluye huertas escolares, debates sobre sistemas de riego sostenibles, experimentos sobre transferencia de calor, medición de condiciones ambientales y el uso de TIC para el registro y análisis de datos. Estas actividades han generado resultados satisfactorios, evidenciando mejoras en el aprendizaje, el desarrollo de competencias científicas e interdisciplinarias, el trabajo colaborativo y una mayor conciencia ambiental en los estudiantes (Díaz-Barriga, 2013; Hernández et al., 2021).

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTO TEÓRICO

1. ¿QUÉ ES UN INVERNADERO?

Un invernadero es una construcción cuya cubierta o techo es de una materia que deja pasar a luz solar, facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiendo o lentamente durante la noche, cuando las temperaturas descienden drásticamente, De esta manera se evitan las pérdidas de los cultivos ocasionadas por las heladas, así como por las bajas temperaturas (FAO, 2021).

El invernadero permite controlar el ambiente interno, modificando el clima y creando las condiciones para el desarrollo de los cultivos en cualquier época del año. De esta manera, las temperaturas a interior de invernadero durante la noche siempre serán mayores que las de afuera.

En Colombia, las temperaturas en invernadero se manejan generalmente entre 18°C y 28°C, variando según el cultivo, aunque rangos de 15°C a 25°C son comunes para hortalizas, con una diferencia de 5 -7°C entre día y noche beneficiosa; es crucial controlar picos de calor (por encima de 27°C - 30°C) y frío (por debajo de 10°C - 15°C) mediante ventilación y sombreado, especialmente en zonas tropicales donde el calor es un desafío (Jaramillo et al., 2020; FAO, 2021).

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO DE INVERNADERO BIOCLIMATICO ESCOLAR

El prototipo de invernadero bioclimático escolar constituye una estrategia pedagógica contextualizada que integra principios de sostenibilidad, aprovechamiento climático y aprendizaje experiencial. Además de favorecer procesos de cultivo protegido, funciona como un entorno de aprendizaje activo que fortalece competencias científicas, ambientales y de trabajo

colaborativo mediante experiencias prácticas vinculadas al contexto escolar y rural (Díaz-Barriga Arceo, 2005; UNESCO, 2021).

3. MODELOS DE INVERNADEROS

Existen diversos parámetros con los cuales clasificar a los invernaderos. Algunos de estos pueden ser según materiales de cubierta, estructura, forma o por rangos de temperatura a mantener en el invernadero. A continuación, mencionaremos algunos de los más importantes según su conformación estructural.

Invernadero tipo Parral: El invernadero tipo Parral o “Raspa y Amagado” es una estructura ampliamente utilizada en sistemas de agricultura protegida, especialmente en zonas mediterráneas. Su diseño estructural favorece la evacuación eficiente de aguas lluvias y mejora la estabilidad mecánica mediante el uso de tensores y soportes metálicos, permitiendo cubrir grandes extensiones agrícolas con materiales plásticos translúcidos (Novagric, s.f.).

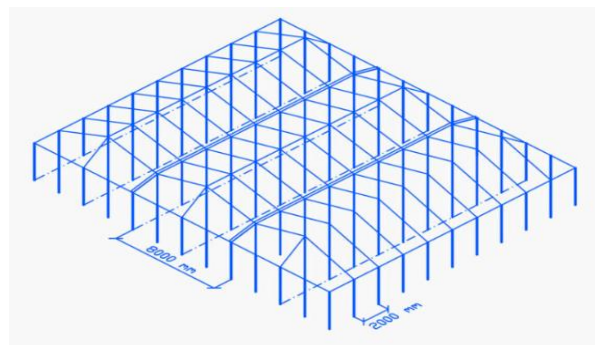


Figura 1. *Modelo estructural de invernadero tipo raspa y amagado aplicado a diseño bioclimático.*

Invernadero Túnel: Diseñado especialmente para pequeños cultivos y superficies. Como se observa en la figura 2 es una estructura que se caracteriza por su sencillez, resistencia y facilidad para trasladar. Su cobertura es curva, brinda un gran control sobre los factores climáticos, tiene una buena ventilación y una gran

resistencia al viento. La altura de estos invernaderos oscila entre los 3.5 y 5m (Agropinos, s.f.)

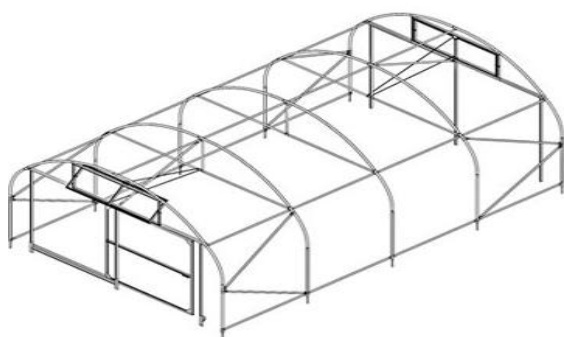


Figura 2. *Modelo estructural de invernadero tipo Túnel.*

Invernadero tipo Capilla: Este tipo de estructuras se logra identificar fácilmente debido a los dos planos inclinados que forman el techo del invernadero como se observa en la figura 3, aunque también pueden presentar arcos curvos semicirculares. Su instalación y conservación logran llevarse a cabo fácilmente, ya que son prefabricadas. También se les facilita la evacuación del agua lluvia y muy eficiente para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta, por lo que podría utilizar o complementar con mallas para invernadero. Su uso se recomienda en climas templados o fríos, aunque pueden modificarse para poder operarlas en casi todo tipo de condiciones climáticas (Agropinos, s.f.)

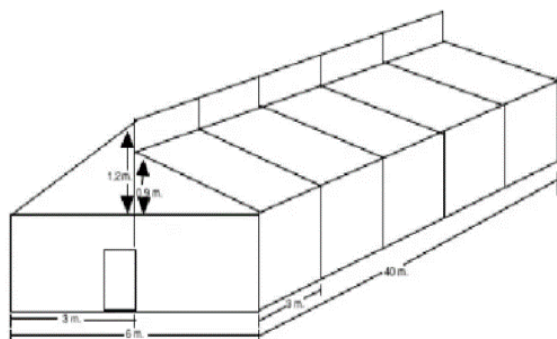


Figura 3. *Modelo estructural de invernadero tipo Capilla.*

4. FUNCIONAMIENTO DE LOS INVERNADEROS

Los invernaderos son estructuras diseñadas para generar condiciones controladas de temperatura y humedad que favorecen el crecimiento de las plantas, incluso en climas adversos o durante temporadas frías. Su funcionamiento se basa en la captación y acumulación de energía solar mediante cubiertas translúcidas de vidrio o plástico, las cuales permiten el ingreso de la radiación y retienen el calor para mantener una temperatura interna adecuada. Asimismo, los invernaderos actúan como sistemas de transferencia de calor, donde este se transmite por irradiación, conducción, infiltración y convección, regulando tanto el calentamiento como el enfriamiento del ambiente interno (FAO, 2021; Castilla, 2013).

Figura 4. *Funcionamiento del efecto invernadero y transferencia de calor en sistemas de cultivo protegidos.*

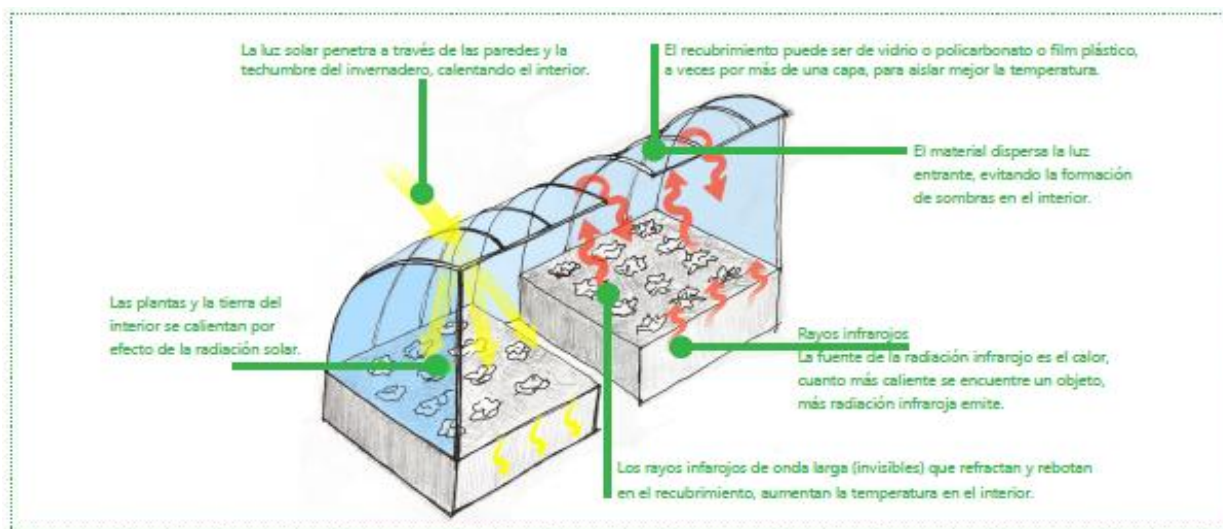


Nota. Adaptado de *Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos* (p. 35), por G. Labbé Weber, 2013.

El invernadero crea condiciones climáticas óptimas para el crecimiento de las plantas, ya que su desarrollo depende de factores fisiológicos como la fotosíntesis y la transpiración, y de factores físicos como la luz, la temperatura, la humedad y el CO₂. Su cubierta

translúcida permite el paso de la radiación solar, pero impide que la radiación infrarroja emitida por la tierra escape, generando una “trampa energética” conocida como efecto invernadero. Además, reduce la pérdida de calor por convección al evitar el contacto directo con el aire exterior.

Figura 5. Interacción de la radiación solar, materiales y transferencia de calor en un invernadero bioclimático.



Nota. Adaptado de *Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos* (p. 36), por G. Labbé Weber, 2013.

5. CONDICIONES PARA EL FACTOR CLIMATICO

El desarrollo fisiológico de los cultivos está condicionado por variables ambientales fundamentales como la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y la concentración de dióxido de carbono (CO₂). La interacción equilibrada de estos factores permite el adecuado funcionamiento de los procesos metabólicos y fotosintéticos de la planta; por tanto, alteraciones fuera de los rangos óptimos pueden generar estrés fisiológico y limitar el crecimiento vegetal (Taiz et al., 2017).

5.1 Temperatura

Es necesario controlar la temperatura dentro del invernadero, ya que influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20°C. Para poder mantener una temperatura adecuada es preciso conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada y conocer los límites de temperatura en los que puede desarrollarse. Dentro del invernadero es importante tener el manejo de tres tipos de temperatura que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tabla 1. *Tabla de exigencias de la temperatura para distintas especies*

	TOMATE	PIMIENTO	BERENJENA	PEPINO	MELÓN	SANDÍA
T° MÍNIMA LETAL	0-2	(-1)	0	(-1)	0-1	0
T° MÍNIMA BIOLÓGICA	10-12	10-12	10-12	10-12	13-15	11-13
T° ÓPTIMA	13-16	16-18	17-22	18-20	18-21	17-20
T° MÁXIMA BIOLÓGICA	21-27	23-27	22-27	20-25	35-30	23-28
T° MÁXIMA LETAL	33-38	33-35	43-53	31-35	33-37	33-37

Nota. *Adaptado de Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos (p. 37), por G. Labbé Weber, 2013.*

5.2 Humedad relativa

La humedad es la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire. La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma temperatura. Existe una relación inversa de la temperatura con la humedad, a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la humedad relativa. Con temperaturas bajas, el contenido en humedad relativa (HR) aumenta. Cada especie de vegetal tiene una humedad ambiental idónea para desarrollarse en buenas condiciones.

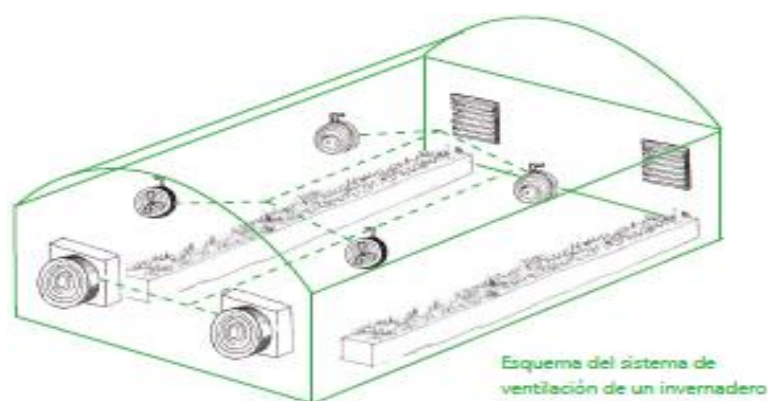
Tabla 2. *Tabla de HR necesario para crecimiento óptimo de distintas especies.*

	TOMATE	PIMIENTO	BERENJENA	PEPINO	MELÓN	SANDÍA
HR necesario	50-60%	50-60%	50-60%	65-80%	60-70%	70-90%

Nota. Adaptado de *Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos* (p. 38), por G. Labbé Weber, 2013.

5.3. Ventilación

La ventilación consiste en la renovación del aire dentro del recinto del invernadero. Al renovar el aire podemos influir sobre la temperatura, la humedad, el contenido de CO₂ y el oxígeno que hay en el interior. La ventilación puede hacerse de forma natural o forzada.

Figura 6. *Esquema del sistema de ventilación de un invernadero*

Nota. Adaptado de *Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos* (p. 40), por G. Labbé Weber, 2013.

5.3.1. Ventilación natural pasiva

Se basa en la disposición, en las paredes y en el techo del invernadero, de un sistema de ventanas que generan corrientes de aire que contribuyen a disminuir las temperaturas elevadas y a reducir la humedad.

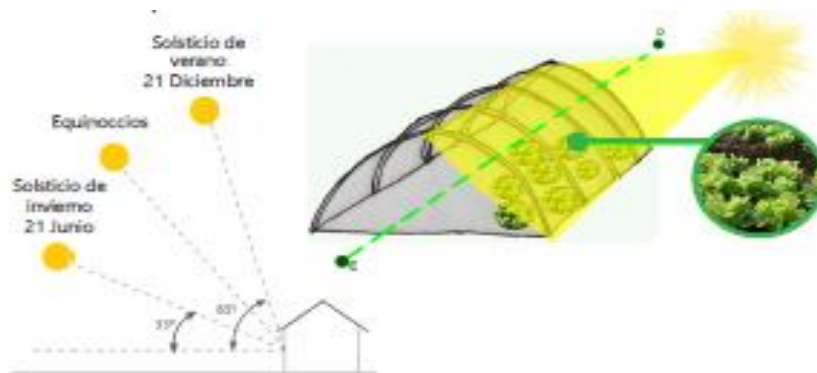
5.3.2. Ventilación mecánica o forzada

Son sistemas que producen corriente de aire mediante ventiladores extractores. Se extrae aire caliente del invernadero y el volumen extraído es ocupado inmediatamente por aire de la atmósfera exterior. Con este sistema solamente se puede conseguir una temperatura idéntica a la del exterior.

5.4 Iluminación

En el interior de un invernadero ocurre que, a mayor luminosidad, se debe aumentar la temperatura, la humedad y el CO₂, para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores.

Figura 7. Orientación del invernadero en función de la trayectoria solar para optimizar la captación de radiación.



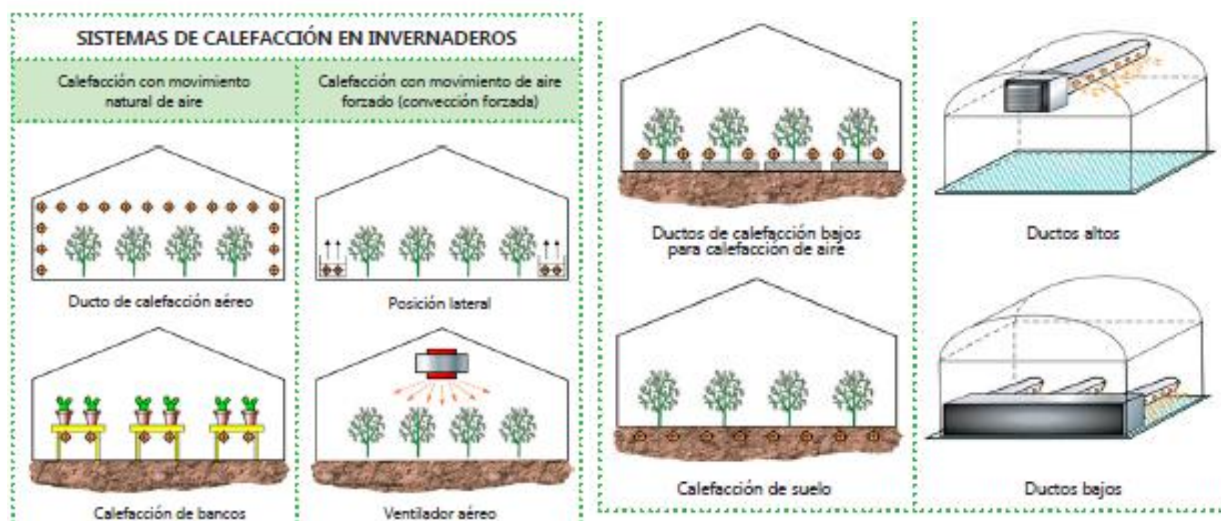
Nota. Adaptado de *Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos* (p. 41), por G. Labbé Weber, 2013.

6. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Los sistemas de calefacción en invernaderos permiten mantener condiciones térmicas adecuadas mediante mecanismos de transferencia de calor por convección y conducción. En la

convección, el aire interno es calentado y distribuido dentro de la estructura, mientras que en la conducción el calor se transmite directamente al suelo o a superficies específicas. Estos sistemas pueden operar de forma activa o forzada mediante dispositivos generadores de aire caliente y tecnologías de acumulación térmica que optimizan el microclima del cultivo (Castilla, 2013).

Figura 8. *Sistemas de Calefacción en invernaderos*



Nota. Adaptado de *Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos* (p. 47), por G. Labbé Weber, 2013.

7. SISTEMAS DE RIEGO

Las plantas obtienen del suelo el agua indispensable para la absorción y transporte de nutrientes minerales, participando además en procesos fisiológicos fundamentales como la fotosíntesis y la regulación térmica. El agua no utilizada es liberada a la atmósfera mediante la transpiración. Por ello, los sistemas de riego son esenciales para garantizar condiciones hídricas adecuadas en los cultivos, destacándose métodos como el riego por gravedad y por aspersión, ampliamente utilizados en sistemas agrícolas y de agricultura protegida (Taiz et al., 2017; FAO, 2021).

7.1 Sistemas de riego por goteo

El riego por goteo es un sistema de riego localizado utilizado principalmente en cultivos establecidos en línea, debido a su eficiencia en la aplicación del agua y nutrientes directamente en la zona radicular de las plantas. En este sistema, el agua circula a presión a través de una red de tuberías distribuidas sobre o bajo la superficie del suelo, llegando hasta emisores o goteros que liberan pequeñas cantidades de agua de manera controlada. Este método permite reducir pérdidas por evaporación y escorrentía, optimizando el uso del recurso hídrico y favoreciendo el desarrollo uniforme de los cultivos. Asimismo, estos sistemas requieren filtros y mantenimiento periódico para evitar la obstrucción de las tuberías y garantizar el adecuado funcionamiento de la red de distribución (FAO, 2021; Martínez & García, 2022).

CAPÍTULO 2. CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNADERO

8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación, describiremos el paso a paso para la construcción de un invernadero bioclimático tipo capilla a dos caídas.

8.1 Paso 1: Cavado de hoyos

Una vez marcada la ubicación de los hoyos, se procede a realizar la excavación. Para facilitar este trabajo, se recomienda humedecer el terreno la noche anterior en la zona donde se efectuará el cavado. La profundidad mínima recomendada para los palos rollizos laterales es de 60 cm, mientras que para los postes centrales, debido a su mayor altura y función estructural, se aconseja una excavación de aproximadamente 1 metro de profundidad. Esto permite brindar mayor estabilidad a la estructura y resistencia frente a vientos fuertes que podrían debilitar el

invernadero. Asimismo, los hoyos deben realizarse de acuerdo con las medidas establecidas en el diseño técnico para evitar variaciones en el requerimiento de materiales (Durán Auccatinco et al., 2016).

Paso 2: Tratamiento de palos o postes

Los palos rollizos deben ser preparados antes de su uso. Se recomienda descortezar y limpiar los palos a fin de que no dañen los plásticos y su periodo de duración mínimamente llegue a los 5 años. Asimismo, estos palos deben estar cubiertos con brea por lo menos sobre un metro de la base del palo. El anclado de los palos laterales se realiza mínimo a 70 cm. de profundidad y el anclado de los palos centrales mínimamente a un metro de profundidad. El anclado de los postes debe estar a una profundidad de 50 a 60 cm., dependiendo del tipo de suelo (Durán Auccatinco et al., 2016).

8.2 Paso 3: Parado de postes o rollizos

El parado de postes se realiza tomando en cuenta que la parte tratada con brea ingresa al hoyo junto al cual se va colocando piedras o, en todo caso, se utiliza solo tierra agrícola. En el caso del uso de esta última, se recomienda ejercer suficiente presión, apisonando bien la tierra, para que los postes tengan mayor estabilidad (Durán Auccatinco et al., 2016).

8.3 Paso 4: Armado de la estructura del invernadero

Para la unión de los postes y vigas se usarán pernos de 1/2 pulgada a 3/8", así como clavos de 5 pulgadas. En el armado de la estructura del techo del invernadero, la pendiente que va a tener el techo juega un papel muy importante para el desagüe de las aguas de lluvias y de granizos. Es así que, en zonas lluviosas como la región andina, los techos requieren de una

pendiente mayor al 40% y, en zonas de poca precipitación, los techos pueden tener pendientes menores al 25%.

En el armado de la estructura del invernadero es muy importante verificar que los postes estén suficientemente lisos, sean homogéneos y se coloquen nivelados, con la finalidad de no dañar o rasgar los plásticos al momento del tensado (tecleado) de los plásticos de los invernaderos. Asimismo, es muy importante proyectar la ubicación de las ventanas y de la puerta del invernadero, para lo cual se colocarán los correspondientes postes rollizos, sobre los cuales se fijarán los plásticos. (Durán Auccatinco et al., 2016).

8.4 Paso 5: Techado del invernadero

Se realiza con plástico agrofilm de 250 micras o calibre 10, porque es un plástico que resiste al cambio climático brusco que se presenta en la zona alto andina. El techado debe de hacerse en horas de la mañana cuando el sol empiece a calentar fuerte para poder estirar mejor el plástico y ser fijado con los listones de madera. (Durán Auccatinco et al., 2016).

8.5 Paso 6: Colocación de las paredes con plástico

El colocado de los plásticos se realiza en todo el perímetro del invernadero; se recomienda en este proceso utilizar el tecle para un estirado homogéneo del plástico agrofilm. (Durán Auccatinco et al., 2016).

8.6 Paso 7: Ventanas

Una vez cubiertos los laterales con plástico se tiene que abrir las ventanas. Para esto, lo primero será cortar cuidadosamente el plástico sin dañarlo, a la altura de los postes rollizos que se han colocado como parte de la infraestructura de las ventanas; en segundo lugar, se enrollará el plástico en listones de madera de 1" x 1"; luego, estos listones de madera se fijarán en la estructura de las ventanas y de la puerta. Con el uso de estos listones de madera se tendrá un

acabado homogéneo y se mantendrán estiradas las paredes de plástico. A las ventanas se les colocará malla antiáfida o mosquitera y un plástico exterior para cerrarlas. Esto facilitará el flujo e entradas y salidas del aire al interior del invernadero, protegiéndolo igualmente del ingreso de insectos. Nunca debe quedar solo la malla en la ventana prescindiendo del plástico. (Durán Auccatinco et al., 2016).

8.7 Paso 8: Construcción de la sala de aclimatación

Todo invernadero debe contar con un espacio llamado sala de aclimatación, con la finalidad de que al abrir la puerta exterior e ingresar al interior del invernadero no se produzcan cambios bruscos de temperatura y mantener así la temperatura adecuada. También puede ser usada como espacio para la desinfección de manos y calzados antes de ingresar al invernadero, así como también para la colocación de ropa reglamentaria para el ingreso mismo. Las dimensiones sugeridas de la instalación de 1.50 m x 2.00 m (Durán Auccatinco et al., 2016).

8.8 Paso 9: Anclaje del invernadero

El invernadero debe contar con un mecanismo de anclaje, ya que está expuesto a que los vientos fuertes y granizadas, y ellos pueden debilitar su estructura; por ello, se recomienda anclar con alambre galvanizado a los lados del invernadero. (Durán Auccatinco et al., 2016).

8.9 Paso 10: Instalación de puerta de acceso al invernadero

A continuación, construya la puerta del invernadero. Use una escuadra de carpintero en la construcción de la puerta, para asegurar que las esquinas están en ángulo recto. Colocar las puertas de acuerdo a las medidas pre establecidas para que tenga un adecuado acceso al invernadero. Colocar varios tornillos de 2" en cualquier esquina, después de haber perforado los agujeros piloto (para evitar que la madera se parta). Cerrar la puerta en su posición mediante el

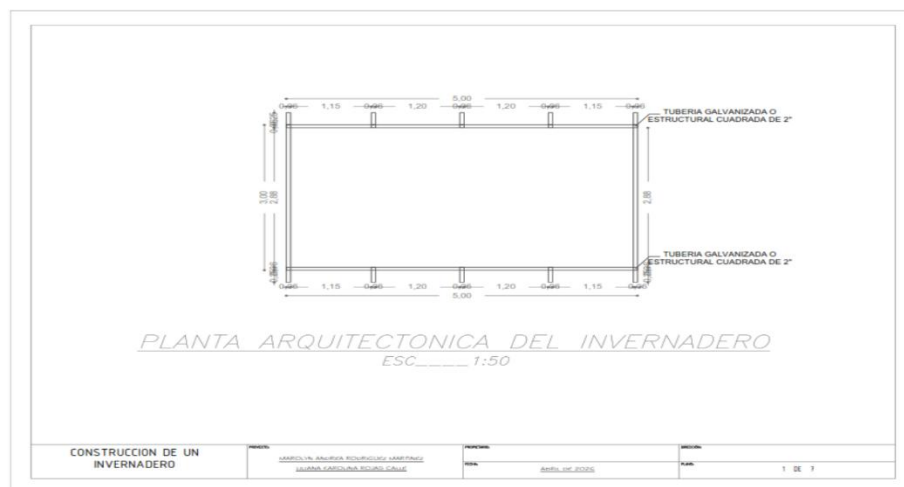
uso de 3 bisagras; luego, nivelar la puerta e insertar los tornillos. Por último, pero no menos importante, instalar armellas para colocar un candado de seguridad y/o un cerrojo para que sea funcional. Finalmente, dar una nomenclatura, para registrar e identificar a cada uno de los invernaderos de un productor en forma independiente (Durán Auccatinco et al., 2016).

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE UN INVERNADERO

9. ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO DEL INVERNADERO

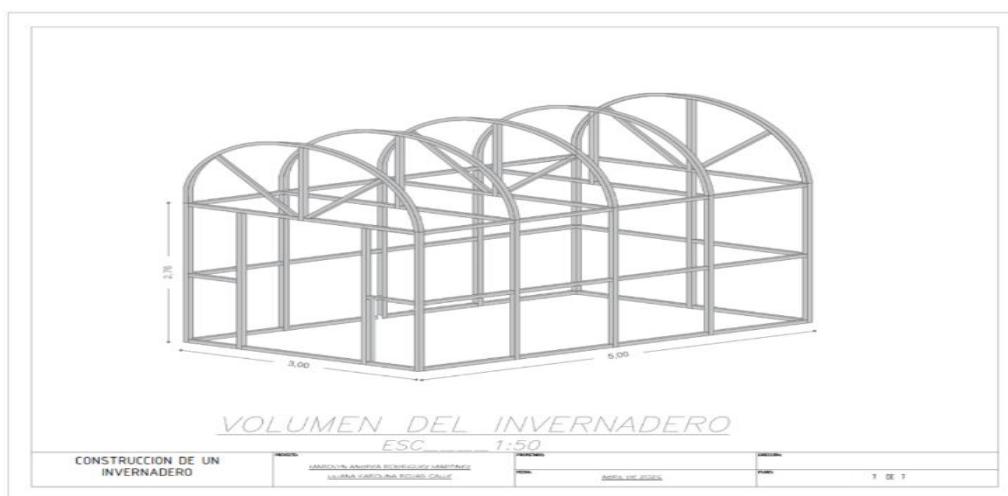
El prototipo de invernadero bioclimático propuesto corresponde a una estructura de tipo túnel semicircular, diseñada como estrategia pedagógica para fortalecer la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales desde un enfoque práctico, contextualizado y ambiental. Su diseño se proyecta con dimensiones generales de 5,00 m de largo por 3,00 m de ancho, alcanzando una altura aproximada de 2,76 m, lo que permite un espacio funcional para el desarrollo de actividades experimentales, observación de cultivos, medición de variables ambientales y prácticas escolares relacionadas con temperatura, humedad, radiación solar, ventilación y crecimiento vegetal.

Figura 9. Planta arquitectónica general del prototipo de invernadero bioclimático



Nota. La figura presenta la distribución arquitectónica general del invernadero bioclimático con dimensiones aproximadas de 5,00 m × 3,00 m y estructura elaborada en tubería galvanizada o estructural cuadrada de 2". Adaptado de Construcción de un invernadero por Rodríguez Martínez y Rojas Celis (2026).

Figura 10. Vista volumétrica tridimensional del prototipo de invernadero bioclimático



Nota. La figura corresponde a la representación tridimensional del diseño final del invernadero bioclimático, evidenciando la configuración espacial, la estructura tubular y la cubierta semicircular. Adaptado de Construcción de un invernadero por Rodríguez Martínez y Rojas Celis (2026).

La estructura principal está planteada en tubería galvanizada o estructura cuadrada de 2 pulgadas, material seleccionado por su resistencia mecánica, durabilidad frente a condiciones ambientales y facilidad de montaje. En la planta general se observa una distribución rectangular de 5,00 m $\times$ 3,00 m, con módulos estructurales repartidos longitudinalmente en tramos aproximados de 1,15 m y 1,20 m, lo cual favorece la estabilidad del sistema y permite organizar internamente zonas de trabajo, circulación y posibles áreas de cultivo. (ver figura 9)

La cubierta se plantea como un sistema curvo tipo túnel, apoyado sobre arcos estructurales distribuidos a lo largo del invernadero. Esta forma favorece el escurrimiento del agua lluvia, mejora la captación de radiación solar y reduce la acumulación de calor en puntos críticos. La planta de cubiertas muestra la modulación de los elementos superiores y refuerzos transversales, necesarios para sostener el material de cerramiento y aportar rigidez a la estructura.

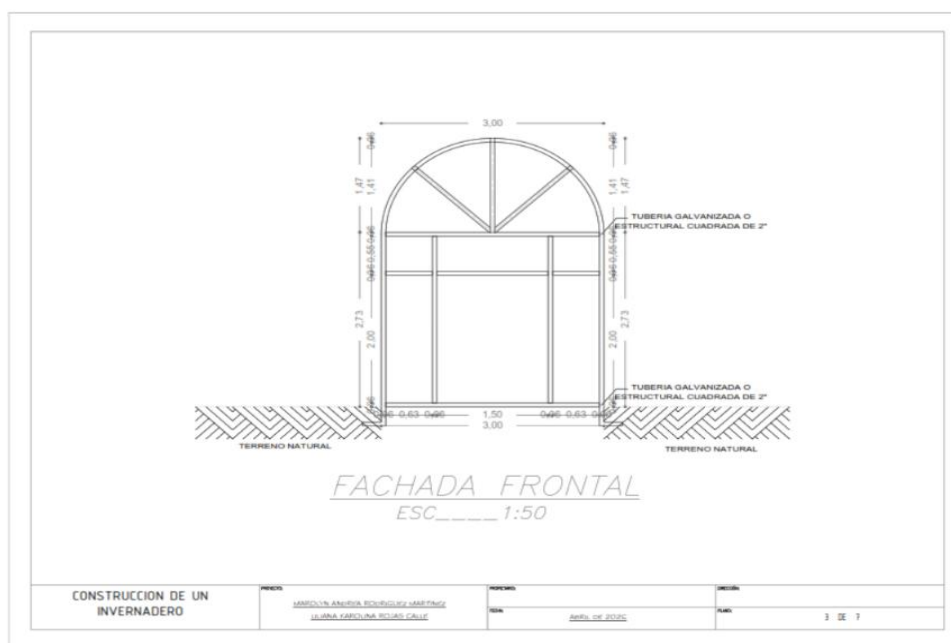
Figura 11. *Planta arquitectónica de cubiertas del invernadero bioclimático*



Nota. La figura representa la distribución estructural de la cubierta superior y los elementos de soporte utilizados para favorecer la captación de radiación solar y el manejo del agua lluvia. Adaptado de Construcción de un invernadero por Rodríguez Martínez y Rojas Celis (2026).

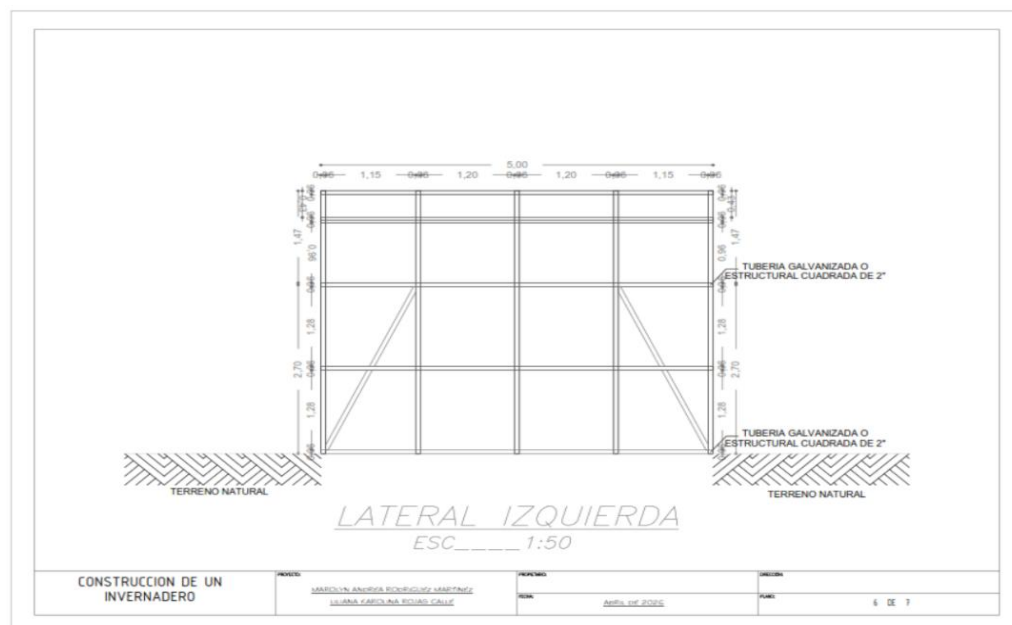
En la fachada frontal se evidencia una altura lateral aproximada de 2,00 m hasta el inicio de la cubierta curva, con una altura total aproximada de 2,73 m a 2,76 m. Esta configuración permite el ingreso cómodo de estudiantes y docentes, así como la instalación de una puerta frontal y la posible ubicación de sistemas de ventilación natural. La cubierta semicircular permite mayor circulación del aire caliente hacia la parte superior, favoreciendo el control térmico interno del invernadero.

Figura 12. Fachada frontal del prototipo de invernadero bioclimático



Nota. La fachada frontal evidencia la geometría semicircular del diseño tipo túnel, permitiendo mayor circulación de aire y aprovechamiento térmico dentro de la estructura. Adaptado de Construcción de un invernadero por Rodríguez Martínez y Rojas Celis (2026).

Figura 14. Vista lateral izquierda del invernadero bioclimático



Nota. La vista lateral izquierda complementa la representación estructural del prototipo y permite observar la modulación de los soportes y la configuración del cerramiento lateral. Adaptado de Construcción de un invernadero por Rodríguez Martínez y Rojas Celis (2026).

9.1 Criterios bioclimáticos del diseño

El diseño del invernadero bioclimático se fundamenta en principios de arquitectura bioclimática y agricultura protegida, cuyo propósito es aprovechar las condiciones climáticas naturales del entorno para regular el microclima interno, disminuyendo la dependencia de sistemas mecánicos y favoreciendo la eficiencia energética y ambiental. Este enfoque permite generar condiciones adecuadas para el desarrollo vegetal y, al mismo tiempo, fortalecer procesos pedagógicos relacionados con la sostenibilidad y las Ciencias Naturales (Castilla, 2013; FAO, 2021).

Orientación solar: Se recomienda ubicar el eje longitudinal del invernadero en dirección este-oeste o según las condiciones específicas del terreno, con el fin de maximizar la captación de radiación solar durante el día y evitar sombras permanentes producidas por árboles, edificaciones u otras estructuras. Una adecuada orientación favorece la iluminación natural y contribuye a mantener temperaturas óptimas para el crecimiento de los cultivos (Durán Auccatinco et al., 2016).

Ventilación natural: Las fachadas laterales deben permitir aperturas parciales mediante ventanas enrollables o mallas antiáfidas, facilitando la circulación del aire y el intercambio térmico entre el interior y el exterior. La ventilación natural contribuye al control de la temperatura, la humedad relativa y la acumulación de gases, además de disminuir riesgos asociados a enfermedades fúngicas y exceso de calor en ambientes protegidos (Castilla, 2013).

Control de radiación: La utilización de plástico agroindustrial transparente en la cubierta permite el ingreso de radiación solar necesaria para la fotosíntesis y el calentamiento interno del invernadero. Asimismo, el uso complementario de polisombra durante periodos de alta radiación ayuda a reducir el estrés térmico de las plantas, especialmente en regiones de clima cálido y húmedo como el contexto rural de Santander (FAO, 2021).

Manejo del agua: La cubierta curva del invernadero facilita el escurrimiento del agua lluvia hacia los laterales, evitando acumulaciones que puedan afectar la estabilidad estructural. Este diseño puede complementarse con canaletas para la recolección y aprovechamiento del agua lluvia, promoviendo prácticas de uso eficiente del recurso hídrico y educación ambiental dentro del contexto escolar (Durán Auccatinco et al., 2016).

Uso pedagógico: El invernadero se concibe como un laboratorio vivo de aprendizaje que posibilita el desarrollo de actividades relacionadas con medición de variables ambientales,

crecimiento vegetal, análisis del suelo, germinación, fotosíntesis, ciclo del agua, adaptación de las plantas y sostenibilidad ambiental. De esta manera, se favorece el aprendizaje experiencial y la integración interdisciplinaria de contenidos científicos desde un enfoque práctico y contextualizado (Díaz-Barriga Arceo, 2005; UNESCO, 2021).

CAPITULO 4. CANTIDADES DE OBRA

10. MATERIALES Y HERRAMIENTAS

La selección de materiales y herramientas para la construcción del prototipo de invernadero bioclimático constituye una fase fundamental dentro del proceso de diseño y ejecución del proyecto. La adecuada elección de los recursos garantiza no solo la estabilidad estructural del invernadero, sino también su funcionalidad pedagógica, sostenibilidad ambiental, bajo costo y adaptabilidad a las condiciones climáticas del municipio de Simacota, Santander.

En el presente proyecto se priorizó el uso de materiales económicos, resistentes y de fácil acceso en el contexto rural, con el propósito de facilitar la construcción y replicabilidad del prototipo por parte de docentes, estudiantes y comunidad educativa. Esta decisión responde a principios de sostenibilidad y apropiación tecnológica, promoviendo estrategias pedagógicas contextualizadas que fortalezcan la enseñanza de las Ciencias Naturales mediante experiencias prácticas y participativas. Además, el empleo de materiales accesibles favorece la viabilidad técnica y económica del invernadero escolar, permitiendo su implementación en instituciones educativas rurales con recursos limitados (Durán Auccatinco et al., 2016; UNESCO, 2021).

Asimismo, en el diseño del prototipo se incorporaron principios bioclimáticos fundamentales como la ventilación natural, el aprovechamiento de la radiación solar y el control de la humedad interna. Estos criterios permiten regular de manera pasiva las condiciones

ambientales del invernadero, optimizando el crecimiento vegetal y reduciendo la necesidad de sistemas mecánicos de climatización. De igual manera, el diseño bioclimático contribuye al uso eficiente de la energía y del recurso hídrico, fortaleciendo procesos de educación ambiental y sostenibilidad dentro del contexto escolar (Castilla, 2013; FAO, 2021).

El diseño estructural propuesto corresponde a un invernadero de 5,00 m de largo, 3,00 m de ancho y una altura aproximada de 2,76 m, con geometría semicircular y estructura construida principalmente en PVC hidráulico de presión. Este material fue seleccionado debido a sus ventajas en términos de resistencia, bajo costo, facilidad de ensamblaje y disponibilidad en contextos rurales, características que favorecen la implementación de proyectos pedagógicos escolares y la participación activa de la comunidad educativa en los procesos de construcción y apropiación tecnológica. Además, el PVC presenta buena durabilidad frente a condiciones de humedad y facilita la elaboración de estructuras ligeras y funcionales para prototipos de agricultura protegida (Durán Auccatinco et al., 2016; FAO, 2021).

La propuesta busca consolidar un prototipo funcional y pedagógico que permita desarrollar experiencias de aprendizaje relacionadas con agricultura sostenible, transferencia de calor, efecto invernadero, sostenibilidad ambiental y apropiación de tecnologías agrícolas escolares. Desde esta perspectiva, el invernadero se concibe como un laboratorio vivo de aprendizaje que fortalece competencias científicas, investigativas y ambientales mediante actividades prácticas y contextualizadas, favoreciendo la articulación entre teoría y experimentación dentro de la enseñanza de las Ciencias Naturales (Díaz-Barriga Arceo, 2005; UNESCO, 2021).

Asimismo, la geometría semicircular del diseño favorece la distribución homogénea de la radiación solar y mejora la circulación natural del aire al interior de la estructura, contribuyendo

al control térmico y a la reducción de acumulación de humedad, aspectos fundamentales en sistemas de diseño bioclimático aplicados a la agricultura protegida (Castilla, 2013).

10.1 Materiales utilizados en la construcción del invernadero

A continuación, se describen los materiales requeridos para la construcción del prototipo de invernadero bioclimático, especificando sus características, función dentro de la estructura y criterios de selección.

Tabla 3. *Materiales del prototipo de invernadero bioclimático tipo túnel semicircular*

Material	Especificación técnica	Cantidad	Función dentro de la estructura	Características y ventajas
Tubo PVC presión	PVC hidráulico 1" × 6 m	14	Conformación de arcos principales, columnas y estructura portante	Material liviano, resistente a la humedad, fácil de ensamblar, económico y de rápida instalación
Tubo PVC auxiliar	PVC hidráulico ¾" × 6 m	6	Refuerzos laterales y longitudinales	Flexible, adaptable a estructuras curvas y útil para mejorar estabilidad estructural
Codos PVC	1" presión	12	Unión de esquinas y cambios de dirección	Alta resistencia y facilidad para el ensamblaje seguro de la estructura
Uniones tipo T	PVC 1"	14	Conexión entre elementos horizontales y verticales	Permiten distribución modular y mayor rigidez estructural
Adaptadores PVC	Uniones varias	10	Acople entre diferentes conexiones	Facilitan mantenimiento, modificaciones y compatibilidad estructural
Pegante PVC	Alta resistencia	1	Fijación permanente de conexiones	Adhesivo impermeable y durable que evita desprendimientos y filtraciones

Material	Especificación técnica	Cantidad	Función dentro de la estructura	Características y ventajas
Abrazaderas plásticas	Industriales UV	2 paquetes	Sujeción de cubierta y refuerzos	Resistentes al sol y humedad, permiten instalación rápida y económica
Tornillos y amarres	Galvanizados	1 kit	Ajuste y fijación de componentes	Resistentes a la corrosión y útiles para mejorar estabilidad y durabilidad
Cable tensor	Nylon o galvanizado	15 m	Refuerzo lateral y superior	Alta resistencia a tensión, reduce movimientos por acción del viento
Estacas metálicas	Anclaje estructural	10	Fijación al terreno	Mejoran estabilidad y resistencia del prototipo
Plástico agrícola UV calibre 6	Cubierta agrícola	45 m ² aprox.	Cubierta principal del invernadero	Material translúcido con protección UV que conserva temperatura y protege cultivos
Polisombra o malla antiinsectos	Polietileno agrícola	12 m ² aprox.	Ventilación lateral y control biológico	Permite circulación de aire, disminuye plagas y reduce exceso de calor
Cinta térmica agrícola	Cinta de fijación UV	2 rollos	Sujeción del plástico agrícola	Alta resistencia climática que evita desprendimiento de la cubierta
Tensores laterales	Nylon o acero	4 unidades aprox.	Refuerzo estructural lateral	Incrementan estabilidad y resistencia frente al viento
Pintura protectora UV	Recubrimiento protector	1 galón	Protección del PVC ante radiación solar	Prolonga la vida útil de la estructura y disminuye deterioro por exposición solar

Nota. Elaboración propia a partir de Castilla (2013), FAO (2021) y Durán Auccatinco et al. (2016).

10.2 Herramientas necesarias para la construcción

Para el ensamblaje y adecuación del prototipo se requieren herramientas básicas de construcción y medición.

Tabla 4. *Herramientas de construcción del prototipo de invernadero bioclimático*

Herramienta	Función
Flexómetro	Medición
Taladro	Perforaciones
Sierra manual o cortatubo	Corte de PVC
Llaves mecánicas	Ajuste
Martillo	Instalación
Escalera	Trabajo en altura
Nivel	Verificación estructural
Equipo de seguridad	Protección personal

Nota. *Elaboración propia a partir de Durán Auccatinco et al. (2016) y FAO (2021).*

10.3 Consideraciones para la selección de materiales

La utilización de PVC hidráulico de presión como material estructural responde a criterios de bajo costo, accesibilidad, facilidad de transporte, ligereza y rápida instalación, características que lo convierten en una alternativa adecuada para contextos educativos rurales. Además, este material facilita los procesos de ensamblaje y manipulación por parte de docentes y estudiantes, favoreciendo la participación activa de la comunidad educativa en la construcción del prototipo y fortaleciendo procesos de apropiación tecnológica y aprendizaje experiencial. Su resistencia a la humedad y durabilidad frente a condiciones ambientales variables permiten desarrollar estructuras funcionales orientadas a la enseñanza de las Ciencias Naturales y la implementación de estrategias de educación

ambiental dentro del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) (FAO, 2021; Durán Auccatinco et al., 2016).

Asimismo, el uso de PVC en estructuras experimentales escolares favorece el desarrollo de procesos de validación pedagógica mediante actividades prácticas relacionadas con agricultura sostenible, transferencia de calor, efecto invernadero y manejo de variables ambientales. Desde esta perspectiva, el prototipo se consolida como un laboratorio vivo de aprendizaje que articula teoría y práctica en escenarios contextualizados de formación científica y ambiental (Díaz-Barriga Arceo, 2005; UNESCO, 2021).

Desde el punto de vista bioclimático, la estructura tipo túnel semicircular favorece la distribución homogénea de la radiación solar, facilita la evacuación de aguas lluvias y mejora la circulación natural del aire dentro del invernadero. Estas características contribuyen al control térmico interno y al mantenimiento de condiciones microclimáticas adecuadas para el crecimiento vegetal, reduciendo la acumulación excesiva de humedad y optimizando el aprovechamiento de la energía solar en sistemas de agricultura protegida (Castilla, 2013).

10.4 Presupuesto general de materiales

El costo estimado de los materiales para la construcción del prototipo asciende aproximadamente a \$2.513.500 COP

Tabla 5. *Presupuesto estimado del invernadero bioclimático tipo túnel semicircular en PVC*

Material	Cantidad	Valor unitario aprox.	Valor total
Tubo PVC presión 1" x 6 m	14	\$42.000	\$588.000
Tubo PVC ¾" x 6 m	6	\$28.000	\$168.000
Codos PVC 1"	12	\$3.500	\$42.000

Material	Cantidad	Valor unitario aprox.	Valor total
Uniones T PVC 1"	14	\$4.000	\$56.000
Adaptadores PVC	10	\$2.500	\$25.000
Pegante PVC	1	\$55.000	\$55.000
Abrazaderas plásticas	2 paquetes	\$25.000	\$50.000
Tornillos y amarres	1 kit	\$35.000	\$35.000
Madera inmunizada para base	6 tablas	\$38.000	\$228.000
Plástico agrícola UV	45 m ²	\$11.000	\$495.000
Polisombra o malla antiinsectos	12 m ²	\$9.000	\$108.000
Bisagras para puerta	2	\$12.000	\$24.000
Pasador metálico	1	\$12.000	\$12.000
Cable tensor	15 m	\$2.500	\$37.500
Estacas metálicas	10	\$5.000	\$50.000
Pintura protectora UV	1 galón	\$70.000	\$70.000
Transporte	1	\$120.000	\$120.000
Mano de obra básica	1	\$350.000	\$350.000

Nota. Elaboración propia a partir de cotizaciones comerciales de materiales para construcción de invernaderos agrícolas en Colombia, consultadas en almacenes de ferretería y distribuidores agrícolas durante el año 2026.

Este valor puede variar dependiendo de la disponibilidad de materiales, ubicación geográfica y costos de transporte.

El presupuesto estimado evidencia que la utilización de PVC hidráulico representa una alternativa significativamente más económica, permitiendo reducir los costos de construcción sin afectar el propósito pedagógico del prototipo.

Además, el uso de materiales livianos facilita el montaje participativo, el aprendizaje práctico, la manipulación segura por parte de estudiantes, y la replicabilidad del proyecto en contextos rurales escolares.

10.5 Importancia pedagógica de los materiales utilizados

Los materiales seleccionados para la construcción del prototipo no solamente cumplen una función estructural, sino también una finalidad didáctica, ya que posibilitan la integración de conceptos científicos relacionados con transferencia de calor, radiación solar, ventilación natural, sostenibilidad, uso eficiente de los recursos, diseño bioclimático y agricultura sostenible. Desde esta perspectiva, el invernadero se convierte en un entorno de aprendizaje experiencial donde los estudiantes pueden observar, analizar y experimentar fenómenos físicos, biológicos y ambientales en situaciones reales y contextualizadas, fortaleciendo la comprensión de las Ciencias Naturales mediante la relación entre teoría y práctica (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

Asimismo, el empleo de materiales accesibles y funcionales favorece procesos de apropiación tecnológica y educación ambiental, promoviendo prácticas sostenibles orientadas al cuidado de los recursos naturales y al desarrollo de competencias científicas e interdisciplinarias. En este sentido, el prototipo de invernadero bioclimático actúa como una estrategia pedagógica que fomenta el aprendizaje activo, la investigación escolar y la sensibilización ambiental dentro del contexto rural y del PRAE institucional (UNESCO, 2021).

Desde el enfoque bioclimático, materiales como el PVC, el plástico agrícola y las mallas de ventilación permiten evidenciar de manera práctica cómo la radiación solar, el flujo de aire y las propiedades térmicas de los materiales influyen en la regulación del microclima interno del invernadero. Esto facilita el análisis de procesos asociados al efecto invernadero, la conservación térmica y el control de humedad, elementos fundamentales en sistemas de agricultura protegida y sostenibilidad agrícola (Castilla, 2013; FAO, 2021).

CAPITULO 5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL INVERNADERO

11. OPERACIÓN DEL INVERNADERO BIOCLIMATICO

La operación del invernadero bioclimático comprende el conjunto de procedimientos, acciones y estrategias necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento de la estructura, el desarrollo óptimo de los cultivos y el aprovechamiento pedagógico del espacio como laboratorio vivo para la enseñanza de las Ciencias Naturales. Su manejo adecuado permite controlar variables ambientales como la temperatura, la humedad, la ventilación y la radiación solar, factores que influyen directamente en el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas. Asimismo, la regulación de estas condiciones favorece la creación de microclimas adecuados para la agricultura protegida y fortalece procesos de aprendizaje práctico relacionados con sostenibilidad ambiental y experimentación científica (Castilla, 2013; FAO, 2021).

En el contexto rural del Colegio Agroindustrial de Puerto Nuevo, ubicado en el municipio de Simacota, Santander, caracterizado por presentar temperaturas elevadas, alta humedad relativa y fuertes periodos de radiación solar, el manejo adecuado del invernadero resulta fundamental para crear condiciones microclimáticas favorables para los cultivos y para el desarrollo de experiencias significativas de aprendizaje.

Desde un enfoque pedagógico, el invernadero bioclimático se configura como un laboratorio vivo de aprendizaje que posibilita el desarrollo de experiencias experimentales y procesos de investigación escolar asociados a fenómenos físicos, biológicos y ambientales. Su implementación favorece el aprendizaje activo, el pensamiento científico y la construcción colaborativa del conocimiento a partir de situaciones reales relacionadas con sostenibilidad, agricultura protegida y educación ambiental (UNESCO, 2021).

Asimismo, el manejo adecuado del invernadero favorece el fortalecimiento de competencias científicas, ambientales y tecnológicas, permitiendo que los estudiantes relacionen

los contenidos teóricos abordados en el aula con situaciones reales del contexto agroindustrial y agrícola de la región.

11.1 Puesta en funcionamiento del invernadero

Antes de iniciar las actividades de siembra y operación del invernadero bioclimático, es indispensable realizar una revisión general de la estructura con el propósito de garantizar condiciones seguras, funcionales y adecuadas para el desarrollo de las actividades pedagógicas y agrícolas. Esta inspección preliminar permite verificar el estado de los materiales, la estabilidad de la estructura, la correcta fijación de las cubiertas y el funcionamiento de los sistemas de ventilación y riego, reduciendo riesgos asociados a fallas estructurales o alteraciones del microclima interno (Durán Auccatinco et al., 2016).

La puesta en funcionamiento del invernadero constituye una etapa fundamental, ya que permite comprobar que las condiciones ambientales internas favorezcan el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Variables como temperatura, humedad, ventilación y radiación solar deben mantenerse dentro de rangos adecuados para optimizar la producción vegetal y prevenir problemas asociados al exceso de calor, condensación o deficiente circulación de aire. Asimismo, el monitoreo inicial facilita la identificación temprana de posibles ajustes técnicos necesarios para garantizar la eficiencia del sistema y la sostenibilidad del prototipo (Castilla, 2013; FAO, 2021).

11.1.1 Verificación inicial de la estructura

Antes de iniciar las actividades de siembra y operación del invernadero bioclimático, se recomienda realizar una inspección general de la estructura con el propósito de garantizar

condiciones adecuadas de funcionamiento, seguridad y estabilidad. Esta verificación preventiva permite identificar posibles fallas estructurales, deterioro de materiales o alteraciones en las condiciones ambientales internas que puedan afectar el desarrollo de los cultivos y las actividades pedagógicas. Asimismo, el mantenimiento periódico contribuye a prolongar la vida útil del invernadero y optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles (Durán Auccatinco et al., 2016; FAO, 2021).

Durante la inspección inicial se deben revisar los siguientes aspectos:

Estado de la cubierta plástica o malla polisombra.

Fijación y estabilidad de tubos, uniones y soportes estructurales.

Condiciones de ventilación y circulación natural del aire.

Limpieza interna y externa de la estructura.

Adecuación, drenaje y nivelación del terreno.

Disponibilidad y acceso al recurso hídrico.

Estado de puertas, bisagras y sistemas de cierre.

Condiciones de seguridad para el ingreso y permanencia de estudiantes y docentes.

Funcionamiento de sistemas de riego y evacuación de aguas lluvias.

Presencia de elementos que puedan generar riesgos físicos o deterioro del material agrícola.

La revisión periódica de estos elementos disminuye riesgos de deterioro, mejora la estabilidad estructural y favorece la conservación de condiciones microclimáticas adecuadas para el crecimiento vegetal. Además, estas actividades permiten fortalecer procesos de formación ambiental y responsabilidad en el cuidado de espacios experimentales dentro del PRAE institucional (Castilla, 2013).

11.1.2 Procedimiento de puesta en marcha

Para iniciar la operación del invernadero bioclimático se recomienda seguir un procedimiento técnico y organizativo que garantice condiciones adecuadas de funcionamiento, seguridad y aprovechamiento pedagógico del espacio. La puesta en marcha permite verificar la estabilidad estructural, preparar el ambiente de cultivo y asegurar que las condiciones microclimáticas favorezcan el desarrollo vegetal y las actividades experimentales. Asimismo, este proceso fortalece la organización del trabajo colaborativo y promueve prácticas de responsabilidad ambiental dentro del contexto escolar (Durán Auccatinco et al., 2016; FAO, 2021).

El procedimiento recomendado es el siguiente:

Verificar la estabilidad general de la estructura.

Revisar que no existan filtraciones, daños o desprendimientos en cubiertas, uniones o soportes.

Realizar limpieza interna y externa del espacio.

Adecuar camas de cultivo, recipientes de siembra o áreas experimentales.

Humedecer el suelo antes de la siembra para favorecer las condiciones iniciales de germinación y adaptación vegetal.

Organizar herramientas, materiales e insumos de trabajo.

Identificar zonas de ventilación, circulación y acceso seguro.

Verificar el funcionamiento básico del sistema de riego y drenaje.

Socializar normas de uso, bioseguridad y cuidado de la estructura con los estudiantes.

Establecer responsables o grupos de trabajo para el seguimiento de las actividades pedagógicas y agrícolas.

Este procedimiento permite establecer condiciones óptimas para el desarrollo de actividades experimentales y agrícolas, favoreciendo la conservación del microclima interno, el adecuado crecimiento de los cultivos y el fortalecimiento de procesos de aprendizaje activo relacionados con sostenibilidad, agricultura protegida y Ciencias Naturales. Además, la participación de los estudiantes en estas actividades promueve el pensamiento científico, la observación sistemática y el trabajo colaborativo dentro del PRAE institucional (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.2 Control de temperatura dentro del invernadero

La temperatura constituye uno de los factores ambientales más importantes en el funcionamiento de un invernadero, debido a que regula procesos fisiológicos fundamentales de las plantas como la fotosíntesis, la respiración, la germinación, la transpiración y la absorción de nutrientes. El mantenimiento de rangos térmicos adecuados favorece el crecimiento vegetal, el desarrollo de tejidos y la productividad de los cultivos, mientras que variaciones extremas pueden alterar el metabolismo de las plantas y afectar su rendimiento fisiológico (Taiz et al., 2017).

En climas cálidos y húmedos como el de Simacota, Santander, el exceso de temperatura puede generar estrés térmico en los cultivos, ocasionando deshidratación, marchitez, disminución de la fotosíntesis y afectaciones en el desarrollo vegetal. Por esta razón, el diseño bioclimático del invernadero incorpora estrategias de regulación térmica orientadas a disminuir el sobrecalentamiento y mantener condiciones ambientales más estables. Entre estas estrategias se destacan la ventilación natural, el uso de polisombra, la circulación de aire mediante ventanas laterales y el aprovechamiento controlado de la radiación solar, elementos que permiten mejorar

el confort térmico del cultivo y optimizar el microclima interno del invernadero (Castilla, 2013; FAO, 2021).

Asimismo, el control de la temperatura dentro del invernadero tiene una importante función pedagógica, ya que posibilita el desarrollo de actividades experimentales relacionadas con transferencia de calor, efecto invernadero, radiación solar y sostenibilidad ambiental, fortaleciendo la comprensión de fenómenos físicos y biológicos desde experiencias prácticas contextualizadas (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.2.1 Estrategias de control térmico

El control térmico constituye uno de los aspectos más importantes en la operación de un invernadero bioclimático, debido a que las variaciones excesivas de temperatura pueden afectar el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos. En regiones de clima cálido como Simacota, Santander, la regulación de la temperatura interna permite disminuir el estrés térmico, controlar la pérdida de agua por transpiración y mantener condiciones microclimáticas adecuadas para el desarrollo vegetal. Por ello, los sistemas de ventilación y sombreado cumplen una función esencial dentro de los procesos de agricultura protegida (Castilla, 2013; FAO, 2021).

Entre las principales estrategias de control térmico implementadas en el prototipo se encuentran:

Apertura parcial de puertas y zonas de ventilación durante las horas de mayor radiación solar.

Uso de malla sombra o polisombra para disminuir la incidencia directa de los rayos solares.

Monitoreo constante de la temperatura interna mediante termómetros ambientales.

Riego moderado del suelo para favorecer procesos de evaporación y regulación térmica.

Evitar acumulación excesiva de humedad y calor dentro de la estructura.

Favorecer la circulación natural del aire mediante ventilación cruzada.

Realizar inspecciones periódicas del estado de cubiertas y ventanas para optimizar el intercambio térmico.

Implementar horarios de manejo y riego acordes con las condiciones climáticas del entorno.

Estas estrategias permiten reducir el sobrecalentamiento del invernadero, mejorar las condiciones de crecimiento de las plantas y optimizar el aprovechamiento de la radiación solar. Asimismo, desde el enfoque pedagógico, el monitoreo de la temperatura facilita el desarrollo de actividades experimentales relacionadas con transferencia de calor, efecto invernadero, evaporación y sostenibilidad ambiental, fortaleciendo el aprendizaje práctico de las Ciencias Naturales mediante experiencias contextualizadas (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.2.2 Importancia pedagógica del control térmico

El control de temperatura dentro del invernadero permite desarrollar actividades pedagógicas relacionadas con fenómenos físicos, biológicos y ambientales observables en contextos reales de aprendizaje. Entre las principales temáticas abordadas se encuentran: Transferencia de calor por conducción, convección y radiación.

Efecto invernadero.

Energía térmica.

Relación entre temperatura y crecimiento vegetal.

Impacto del cambio climático en los cultivos.

Estas experiencias favorecen el aprendizaje contextualizado y la comprensión de fenómenos científicos mediante la observación, experimentación y análisis de variables ambientales dentro del entorno escolar. Asimismo, el uso del invernadero como laboratorio vivo fortalece el pensamiento científico, la formulación de hipótesis, la interpretación de datos y el trabajo colaborativo, promoviendo la articulación entre teoría y práctica en la enseñanza de las Ciencias Naturales (Díaz-Barriga Arceo, 2005; UNESCO, 2021).

Desde el enfoque pedagógico, el aprendizaje basado en experiencias prácticas facilita una mayor apropiación de conceptos relacionados con sostenibilidad ambiental, transferencia de energía y adaptación de los cultivos frente a las condiciones climáticas, permitiendo que los estudiantes comprendan fenómenos científicos a partir de situaciones reales y contextualizadas de su entorno rural (FAO, 2021).

11.3 Manejo de la ventilación

La ventilación es un proceso esencial dentro del invernadero bioclimático, ya que permite la renovación del aire interno, la regulación de la temperatura y el control de la humedad relativa. Una adecuada circulación de aire favorece procesos fisiológicos fundamentales como la fotosíntesis y la transpiración de las plantas, además de disminuir la proliferación de hongos, bacterias y otras enfermedades asociadas al exceso de humedad. Asimismo, la ventilación contribuye a evitar el sobrecalentamiento de la estructura y facilita el equilibrio térmico del microclima interno, mejorando las condiciones para el crecimiento y productividad de los cultivos (Castilla, 2013; FAO, 2021).

En los invernaderos bioclimáticos, la ventilación natural se logra mediante ventanas laterales, aperturas superiores y sistemas de circulación cruzada del aire, estrategias que permiten reducir el uso de mecanismos mecánicos y favorecer un manejo más sostenible y eficiente del

ambiente de cultivo. Desde el enfoque pedagógico, el análisis de la ventilación dentro del invernadero posibilita el desarrollo de actividades experimentales relacionadas con transferencia de calor, circulación del aire, humedad ambiental y sostenibilidad, fortaleciendo el aprendizaje contextualizado de las Ciencias Naturales (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.3.1 Procedimientos de ventilación

Se recomienda:

Mantener abiertas las áreas de ventilación durante el día.

Evitar obstrucciones en puertas y zonas de circulación de aire.

Supervisar el flujo de aire en temporadas de altas temperaturas.

Realizar monitoreo periódico de la humedad ambiental.

Mantener limpias las mallas y aperturas laterales.

11.3.2 Beneficios de la ventilación

Una adecuada ventilación dentro del invernadero bioclimático contribuye significativamente al mantenimiento de condiciones ambientales favorables para el desarrollo de los cultivos. Entre sus principales beneficios se encuentran:

Disminuir enfermedades causadas por exceso de humedad.

Regular la temperatura interna del invernadero.

Mejorar el intercambio gaseoso de las plantas.

Favorecer la fotosíntesis y los procesos metabólicos vegetales.

Reducir el estrés térmico y fisiológico de los cultivos.

La circulación adecuada del aire permite controlar la acumulación de vapor de agua y disminuir la presencia de hongos y enfermedades fitosanitarias asociadas a ambientes cerrados y húmedos. Asimismo, el intercambio de gases favorece la entrada de dióxido de carbono (CO₂),

elemento fundamental para la fotosíntesis y el crecimiento vegetal. De igual manera, la ventilación natural ayuda a disipar el exceso de calor generado por la radiación solar, manteniendo un microclima más estable dentro de la estructura y mejorando las condiciones de producción agrícola (Castilla, 2013; FAO, 2021).

Desde el enfoque pedagógico, el análisis de los procesos de ventilación permite desarrollar actividades experimentales relacionadas con circulación del aire, transferencia de calor, humedad ambiental y sostenibilidad, fortaleciendo la comprensión de fenómenos físicos y biológicos mediante experiencias prácticas contextualizadas en el entorno escolar (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.4 Manejo de la humedad y riego

El manejo adecuado del agua es fundamental para garantizar el crecimiento saludable de las plantas y promover el uso sostenible de los recursos naturales dentro del invernadero bioclimático. El agua participa en procesos fisiológicos esenciales como la fotosíntesis, el transporte de nutrientes, la regulación térmica y el mantenimiento de la turgencia celular, por lo que un suministro hídrico adecuado favorece el desarrollo y productividad de los cultivos (Taiz et al., 2017).

La humedad excesiva puede favorecer la aparición de hongos, bacterias y enfermedades fitosanitarias, mientras que el déficit hídrico afecta la absorción de nutrientes, limita el crecimiento vegetal y genera estrés fisiológico en las plantas. Por esta razón, es necesario implementar estrategias de riego eficientes y adaptadas a las necesidades específicas de cada cultivo, considerando factores como temperatura, humedad ambiental, tipo de suelo y etapa de desarrollo vegetal. El uso de sistemas de riego controlado permite optimizar el aprovechamiento

del agua, disminuir pérdidas por evaporación y promover prácticas de agricultura sostenible y conservación ambiental (FAO, 2021).

Asimismo, el manejo del agua dentro del invernadero tiene una importante función pedagógica, ya que posibilita el desarrollo de actividades experimentales relacionadas con ciclo del agua, evapotranspiración, sostenibilidad ambiental y uso eficiente de los recursos naturales, fortaleciendo el aprendizaje contextualizado y el pensamiento científico de los estudiantes (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.4.1 Recomendaciones para el riego

Realizar riego preferiblemente en horas de la mañana.

Evitar encharcamientos y acumulaciones de agua.

Verificar constantemente la humedad del suelo.

Aplicar riegos moderados y controlados.

Implementar sistemas de ahorro y reutilización de agua cuando sea posible.

11.4.2 Aplicación pedagógica

El manejo adecuado de la humedad dentro del invernadero bioclimático permite abordar contenidos relacionados con el ciclo del agua, la conservación hídrica, la infiltración y absorción del suelo, las variables ambientales y el uso eficiente de los recursos naturales. La regulación de la humedad constituye un factor fundamental para mantener condiciones adecuadas de crecimiento vegetal, ya que influye directamente en procesos fisiológicos como la absorción de nutrientes, la transpiración y la fotosíntesis de las plantas (Taiz et al., 2017).

Además, el análisis de la humedad favorece el desarrollo de actividades experimentales en las que los estudiantes pueden observar y comprender la relación existente entre agua, suelo y crecimiento vegetal mediante experiencias prácticas contextualizadas. Estas actividades

promueven el aprendizaje activo, el pensamiento científico y la interpretación de variables ambientales dentro de escenarios reales de experimentación escolar, fortaleciendo la educación ambiental y la apropiación de prácticas sostenibles en el contexto rural (Díaz-Barriga Arceo, 2005; UNESCO, 2021).

Asimismo, el monitoreo de la humedad dentro del invernadero contribuye a prevenir problemas asociados al exceso o déficit de agua, favoreciendo el manejo eficiente del recurso hídrico y el desarrollo de estrategias de agricultura sostenible orientadas a la conservación ambiental y al uso responsable de los recursos naturales (FAO, 2021).

11.5 Manejo de cultivos dentro del invernadero

El manejo de cultivos dentro del invernadero debe orientarse hacia especies adaptadas a las condiciones climáticas locales y que permitan desarrollar experiencias pedagógicas significativas dentro del contexto escolar. La selección adecuada de los cultivos favorece mejores niveles de adaptación, crecimiento y productividad, además de facilitar el análisis de variables ambientales relacionadas con temperatura, humedad, radiación solar y manejo sostenible de los recursos naturales. Asimismo, el uso de especies adaptadas al entorno contribuye a reducir riesgos fitosanitarios y optimizar el aprovechamiento de las condiciones bioclimáticas del invernadero (FAO, 2021).

Desde el enfoque pedagógico, los cultivos seleccionados deben posibilitar el desarrollo de actividades experimentales y procesos de observación científica vinculados con germinación, fotosíntesis, nutrición vegetal, ciclos biológicos y sostenibilidad ambiental. De esta manera, el invernadero se convierte en un laboratorio vivo de aprendizaje que fortalece el pensamiento científico, el trabajo colaborativo y la relación entre teoría y práctica en la enseñanza de las Ciencias Naturales (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

Además, la incorporación de cultivos de ciclo corto y especies de interés agrícola local facilita la participación activa de los estudiantes en el seguimiento y análisis del crecimiento vegetal, promoviendo la apropiación de conocimientos relacionados con agricultura sostenible y seguridad alimentaria en contextos rurales (UNESCO, 2021)..

11.5.1 Cultivos sugeridos para clima cálido-húmedo

En climas cálidos y húmedos, como el de Simacota, Santander, se recomienda el cultivo de especies adaptadas a altas temperaturas y condiciones de humedad relativa elevada, debido a que presentan mejor capacidad de crecimiento, adaptación y productividad dentro de sistemas de agricultura protegida. Entre las especies sugeridas para el trabajo escolar en el invernadero bioclimático se encuentran:

Cilantro.

Lechuga.

Pepino.

Tomate.

Pimentón.

Plantas aromáticas.

Estas especies presentan ciclos de crecimiento adecuados para el desarrollo de actividades pedagógicas, permitiendo observar procesos biológicos y agronómicos relacionados con germinación, fotosíntesis, crecimiento vegetal, floración, manejo hídrico y adaptación climática. Además, facilitan la realización de experiencias prácticas orientadas a la enseñanza de las Ciencias Naturales, la sostenibilidad ambiental y la agricultura escolar, favoreciendo el aprendizaje contextualizado y el trabajo colaborativo dentro del entorno educativo (FAO, 2021). Asimismo, la diversidad de cultivos posibilita el análisis comparativo de variables ambientales y

fisiológicas, fortaleciendo competencias científicas e investigativas mediante procesos de observación, registro y experimentación escolar en condiciones reales de producción agrícola (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.5.2 Recomendaciones de manejo

El manejo adecuado de los cultivos dentro del invernadero bioclimático es fundamental para garantizar el crecimiento saludable de las plantas, optimizar el uso de los recursos y favorecer el desarrollo de actividades pedagógicas relacionadas con agricultura sostenible y Ciencias Naturales. La implementación de prácticas de mantenimiento preventivo permite reducir la aparición de enfermedades, mejorar la productividad vegetal y conservar condiciones ambientales adecuadas dentro del sistema de cultivo protegido (FAO, 2021).

Entre las principales recomendaciones de manejo se destacan:

Mantener una separación adecuada entre plantas para favorecer la circulación del aire y evitar competencia excesiva por agua, luz y nutrientes.

Retirar hojas secas, marchitas o enfermas para prevenir la propagación de plagas y enfermedades.

Realizar control manual de malezas para disminuir competencia por recursos y evitar el uso excesivo de productos químicos.

Hacer seguimiento semanal del crecimiento y desarrollo de las plantas.

Registrar observaciones, mediciones y cambios en bitácoras escolares como estrategia de seguimiento experimental.

Aplicar prácticas de agricultura sostenible orientadas al uso responsable del agua, conservación del suelo y manejo ecológico de cultivos.

Estas acciones favorecen el desarrollo de procesos de observación científica y aprendizaje experiencial, permitiendo que los estudiantes analicen variables ambientales, crecimiento vegetal y prácticas sostenibles mediante actividades prácticas contextualizadas. Asimismo, el uso de registros y bitácoras fortalece competencias investigativas relacionadas con la recolección, análisis e interpretación de datos dentro del entorno escolar (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.6 Normas de seguridad y uso

Debido a que el invernadero bioclimático será utilizado por estudiantes y docentes como espacio pedagógico y experimental, es necesario establecer normas de seguridad que garanticen un ambiente adecuado para el desarrollo de las actividades académicas, agrícolas y ambientales.

La implementación de medidas preventivas contribuye a disminuir riesgos de accidentes, proteger la integridad de los participantes y conservar en buen estado la estructura y los materiales utilizados dentro del invernadero. Asimismo, estas normas favorecen el fortalecimiento de hábitos de responsabilidad, trabajo colaborativo y cuidado ambiental en el contexto escolar (FAO, 2021).

Normas generales

No correr dentro del invernadero.

Manipular herramientas únicamente bajo supervisión docente.

Mantener orden y limpieza en las áreas de trabajo.

Utilizar guantes y elementos de protección cuando sea necesario.

Evitar golpear, forzar o deteriorar la estructura.

No ingresar sustancias químicas sin autorización.

Realizar disposición adecuada de residuos orgánicos e inorgánicos.

Mantener libres las zonas de circulación y ventilación.

Evitar el ingreso de objetos que puedan generar riesgos o daños a los cultivos.

Estas medidas contribuyen a prevenir accidentes y promover condiciones seguras para el desarrollo de actividades experimentales y agrícolas. Además, fortalecen procesos de educación ambiental y convivencia escolar, permitiendo que los estudiantes desarrollen actitudes de responsabilidad, autocuidado y uso sostenible de los recursos naturales mediante experiencias prácticas contextualizadas (UNESCO, 2021; Díaz-Barriga Arceo, 2005).

11.7 Uso pedagógico del invernadero

El invernadero bioclimático funciona como una estrategia pedagógica innovadora que transforma los espacios escolares en ambientes de aprendizaje activo y contextualizado. El uso de ambientes controlados como laboratorios vivos favorece metodologías activas basadas en la experimentación, el aprendizaje experiencial y la investigación escolar, permitiendo que los estudiantes construyan conocimientos científicos a partir de la observación directa y la interacción con fenómenos reales relacionados con el clima, el crecimiento vegetal, la sostenibilidad y la agricultura protegida (UNESCO, 2021).

Asimismo, este tipo de estrategia pedagógica facilita la integración interdisciplinaria de contenidos de Ciencias Naturales, educación ambiental, tecnología y matemáticas, fortaleciendo competencias científicas, investigativas y ambientales mediante experiencias prácticas desarrolladas dentro del contexto rural. El invernadero permite analizar variables ambientales como temperatura, humedad, radiación solar y ventilación, promoviendo el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo en escenarios reales de aprendizaje (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

Desde esta perspectiva, el invernadero bioclimático se consolida como un recurso didáctico que favorece la articulación entre teoría y práctica, incentivando procesos de apropiación tecnológica, sostenibilidad ambiental y participación activa de los estudiantes en proyectos escolares orientados al cuidado de los recursos naturales y la investigación educativa (FAO, 2021).

11.7.1 Aplicaciones educativas

El invernadero bioclimático constituye un espacio pedagógico que favorece el desarrollo de experiencias de aprendizaje basadas en la observación, la experimentación y el análisis de fenómenos naturales en contextos reales. Su implementación permite integrar contenidos científicos y ambientales mediante metodologías activas orientadas al aprendizaje experiencial y la investigación escolar, fortaleciendo la relación entre teoría y práctica dentro de la enseñanza de las Ciencias Naturales (UNESCO, 2021).

Dentro del invernadero pueden desarrollarse actividades relacionadas con:

Experimentos sobre temperatura y humedad.

Observación del crecimiento y desarrollo vegetal.

Estudios de fotosíntesis, respiración y transpiración de las plantas.

Análisis del efecto invernadero y transferencia de calor.

Conservación ambiental y uso eficiente de los recursos naturales.

Agricultura sostenible y producción agrícola escolar.

Desarrollo de competencias científicas, investigativas y ambientales.

Registro y análisis de variables climáticas mediante instrumentos de medición.

Elaboración de bitácoras y proyectos de investigación escolar.

Actividades interdisciplinarias relacionadas con matemáticas, tecnología y educación ambiental.

Estas aplicaciones educativas favorecen el pensamiento científico, la formulación de hipótesis, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo, permitiendo que los estudiantes comprendan fenómenos biológicos, físicos y ambientales a partir de experiencias contextualizadas dentro de su entorno rural. Además, el uso del invernadero como laboratorio vivo fortalece procesos de educación ambiental y apropiación de prácticas sostenibles orientadas al cuidado de los recursos naturales (Díaz-Barriga Arceo, 2005; FAO, 2021).

11.8 Registro y seguimiento de variables ambientales

El monitoreo constante de variables ambientales dentro del invernadero bioclimático permite evaluar el comportamiento del microclima interno y analizar su influencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. El seguimiento de factores como temperatura, humedad relativa, radiación solar, ventilación y estado del suelo resulta fundamental para identificar condiciones favorables o limitantes para los cultivos, permitiendo realizar ajustes oportunos en el manejo del invernadero y optimizar el desarrollo vegetal (Castilla, 2013; FAO, 2021).

Asimismo, el registro sistemático de estas variables favorece procesos de observación científica, análisis de datos y experimentación escolar, fortaleciendo competencias investigativas y el pensamiento crítico de los estudiantes. El uso de instrumentos de medición como termómetros, higrómetros y luxómetros facilita la comprensión de fenómenos físicos y biológicos asociados al efecto invernadero, la transferencia de calor y la relación entre las condiciones ambientales y el crecimiento de las plantas (Taiz et al., 2017).

Desde el enfoque pedagógico, el seguimiento de variables ambientales convierte el invernadero en un laboratorio vivo de aprendizaje, donde los estudiantes pueden formular

hipótesis, interpretar resultados y registrar información mediante bitácoras escolares y tablas de seguimiento. Estas actividades promueven el aprendizaje experiencial y la integración entre teoría y práctica dentro de la enseñanza de las Ciencias Naturales y la educación ambiental (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

Tabla 6. Registro y seguimiento de variables ambientales dentro del invernadero bioclimático

Variable	Instrumento	Frecuencia
Temperatura	Termómetro	Diario
Humedad	Higrómetro	Diario
Crecimiento vegetal	Regla o cinta métrica	Semanal
Estado del suelo	Observación directa	Semanal
Radiación solar	Observación o luxómetro	Semanal

Nota. Elaboración propia a partir de FAO (2021), Castilla (2013) y Taiz et al. (2017).

El registro de información fortalece procesos investigativos y permite desarrollar habilidades relacionadas con la recolección y análisis de datos científicos.

11.9 Importancia del manejo adecuado del invernadero

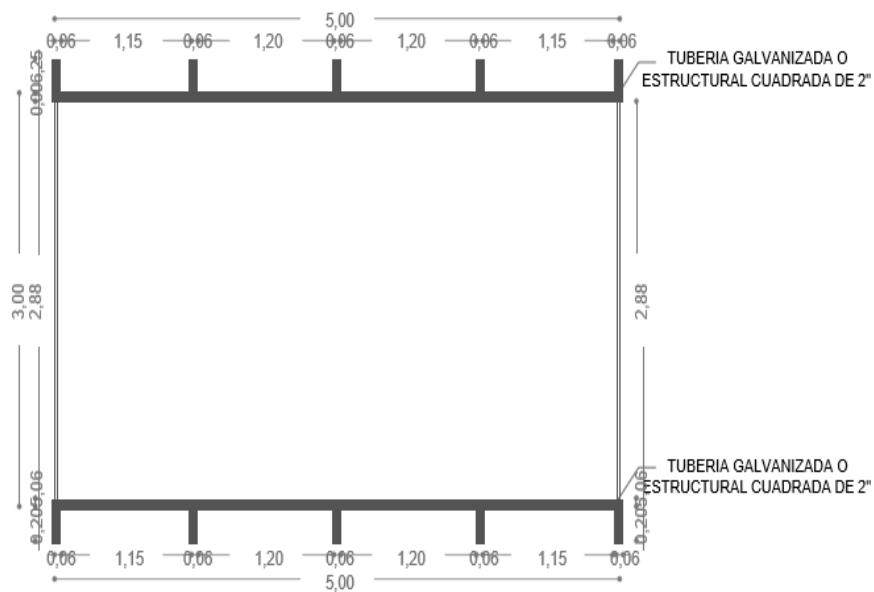
El adecuado funcionamiento del invernadero bioclimático favorece tanto los procesos agrícolas como pedagógicos dentro de la institución educativa. Su correcta operación permite mantener condiciones ambientales óptimas para los cultivos, optimizar el uso del agua y otros recursos naturales, así como promover prácticas orientadas a la sostenibilidad ambiental y la agricultura protegida. Asimismo, el control adecuado de variables como temperatura, humedad, ventilación y radiación solar contribuye al crecimiento saludable de las plantas y al aprovechamiento eficiente del microclima interno del invernadero (Castilla, 2013; FAO, 2021).

Desde el enfoque educativo, el invernadero facilita la integración entre teoría y práctica en la enseñanza de las Ciencias Naturales, fortaleciendo el aprendizaje experiencial mediante actividades de observación, experimentación y análisis de fenómenos ambientales y biológicos. Además, este espacio favorece el desarrollo de competencias científicas, ambientales e investigativas, promoviendo el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo entre los estudiantes (Díaz-Barriga Arceo, 2005).

De igual manera, el uso pedagógico del invernadero incentiva procesos de investigación escolar relacionados con sostenibilidad, cambio climático, transferencia de energía, manejo de cultivos y conservación de los recursos naturales, permitiendo que los estudiantes comprendan fenómenos científicos desde situaciones reales y contextualizadas de su entorno rural. En consecuencia, el invernadero bioclimático se consolida como una herramienta pedagógica contextualizada que contribuye a la formación integral de los estudiantes y al fortalecimiento de la educación ambiental dentro del PRAE institucional (UNESCO, 2021).

ANEXOS

Planos del prototipo del invernadero bioclimático



PLANTA ARQUITECTONICA DEL INVERNADERO
ESC____ 1:50

CONSTRUCCION DE UN
 INVERNADERO

PROYECTO:

MAROLYN ANDREA RODRIGUEZ MARTINEZ
LILIANA KAROLINA ROJAS CELIS

PROPIETARIO:

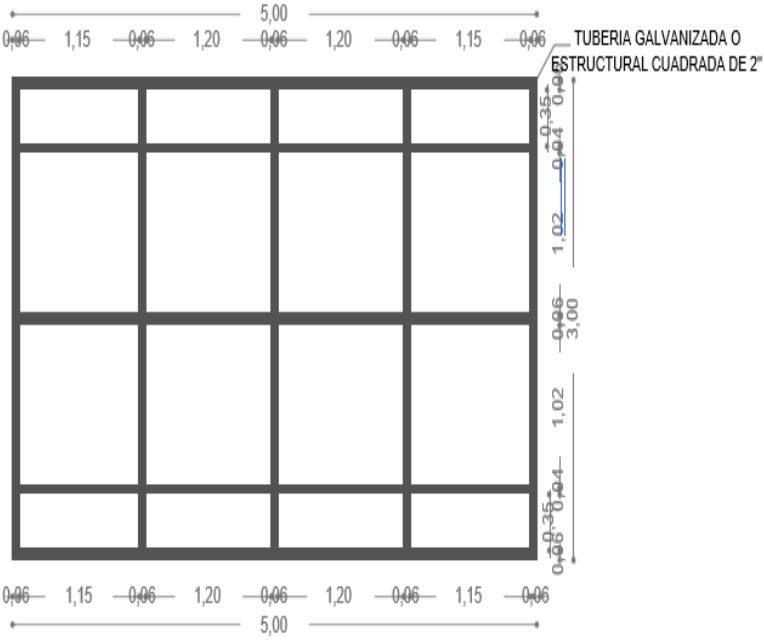
FECHA:

ABRIL DE 2026

DIRECCION:

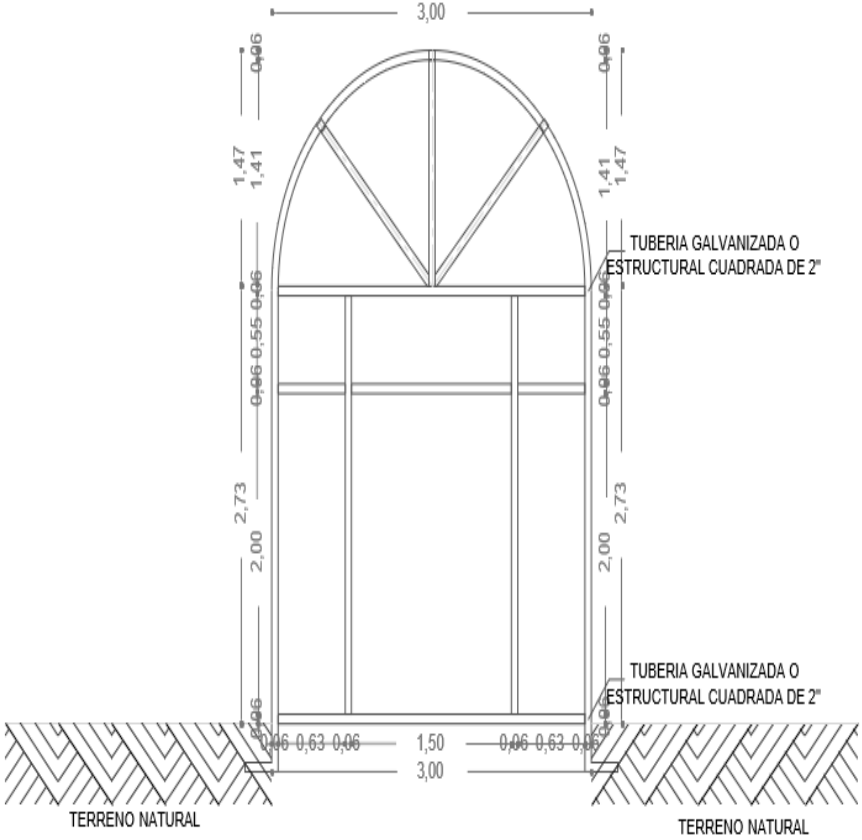
PLANO:

1 DE 7



PLANTA ARQUITECTONICA DE CUBIERTAS
ESC_____1:50

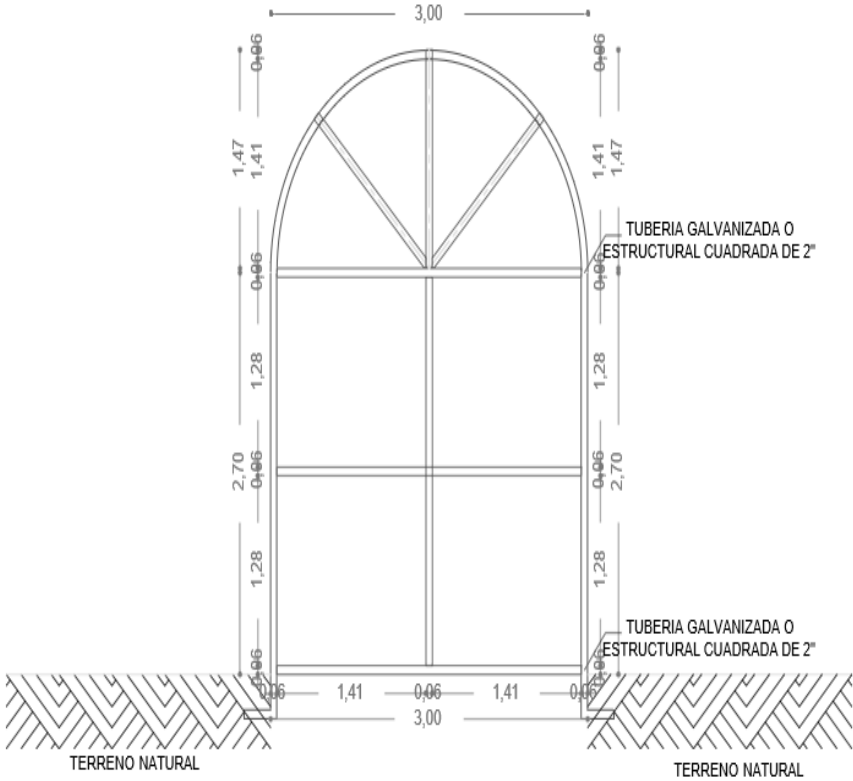
CONSTRUCCION DE UN INVERNADERO	PROYECTO: <u>MAROLYN ANDREA RODRIGUEZ MARTINEZ</u> <u>LILIANA KAROLINA ROJAS CELIS</u>	PROPIETARIO:	DIRECCION:
		FECHA: <u>ABRIL DE 2026</u>	PLANO: <u>2 DE 7</u>



FACHADA FRONTAL

ESC____ 1:50

CONSTRUCCION DE UN INVERNADERO	PROYECTO	PROYECTANTE	DIRECCIÓN
	MAROLYN ANDREA RODRIGUEZ MARTINEZ LILIANA KAROLINA ROJAS CELIS	FECHA ABRIL DE 2026	PLANO 3 DE 7



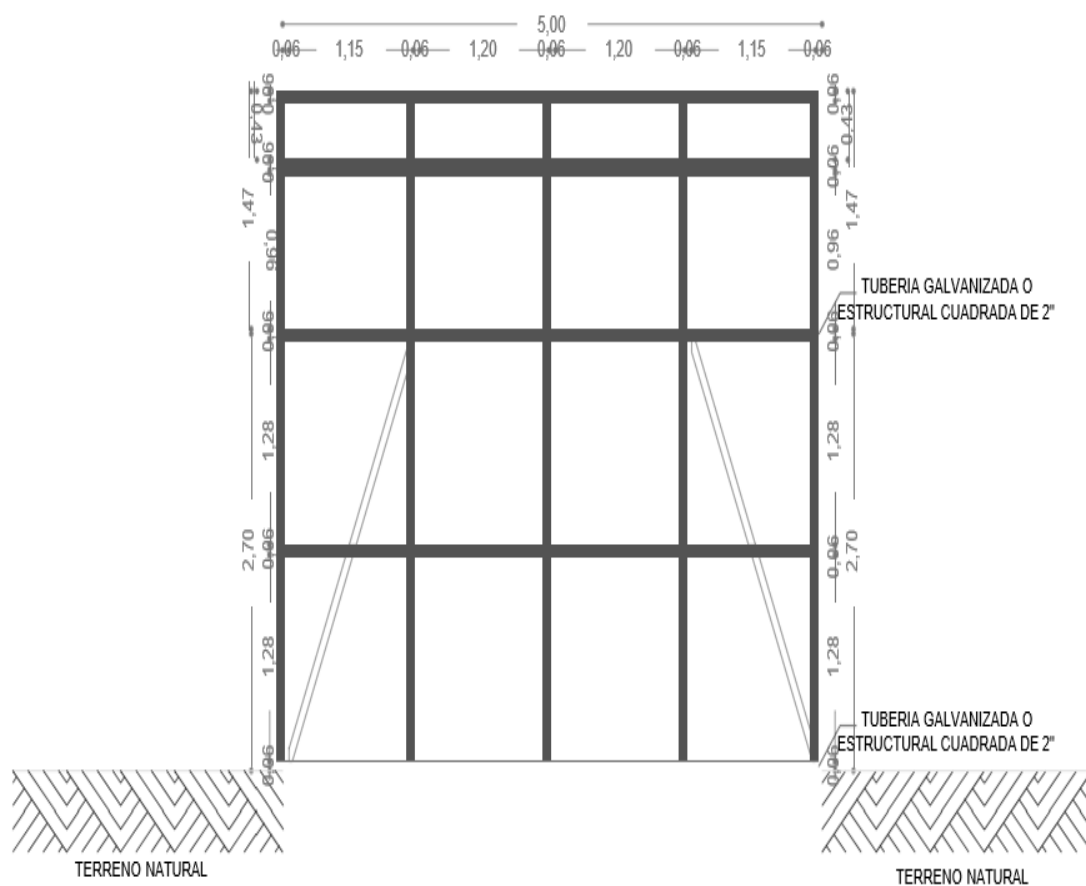
FACHADA POSTERIOR
ESC____ 1:50

CONSTRUCCION DE UN
INVERNADERO

PROYECTO:
MAROLYN ANDREA RODRIGUEZ MARTINEZ
LILIANA KAROLINA ROJAS CELIS

PROYECTO:
FECHA:
ABRIL DE 2026

DISEÑO:
PLANO:
4 DE 7



LATERAL IZQUIERDA

ESC. 1:50

CONSTRUCCION DE UN
INVERNADERO

PROYECTO:

MAROLYN ANDREA RODRIGUEZ MARTINEZ

LILIANA KAROLINA ROJAS CELIS

PROPIETARIO:

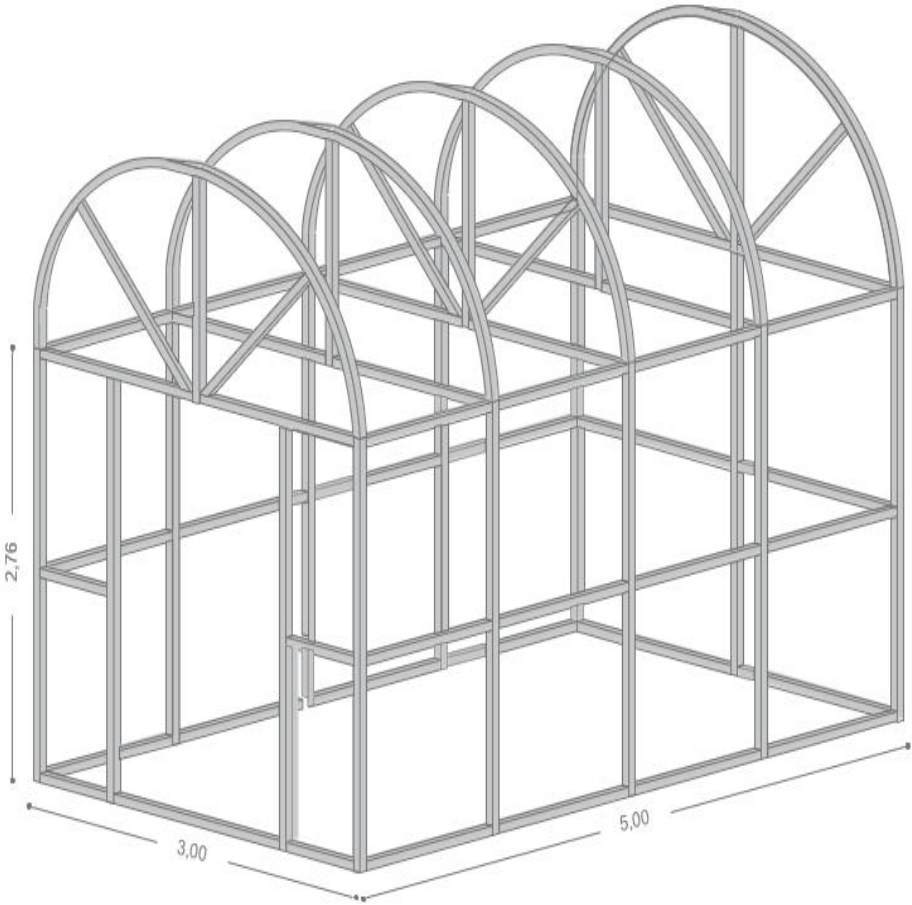
FECHA:

ABRIL DE 2026

DIRECCION:

PLANO:

6 DE 7



VOLUMEN DEL INVERNADERO
ESC_____1:50

CONSTRUCCION DE UN INVERNADERO	PROYECTOR	PROPELADOR	DIRECCION
	MAROLYN ANDREA RODRIGUEZ MARTINEZ LILIANA KAROLINA ROJAS CELIS	FECHA ABRIL DE 2026	PLANO 7 DE 7

REFERENCIAS

- Instituto Colombiano Agropecuario. (2020). Manual técnico para producción agrícola bajo cubierta. ICA.
- Labbé Weber, G. (2013). Invernadero modular para el aprendizaje de cultivos orgánicos [Memoria para optar al título de Diseñadora Industrial, Universidad de Chile]. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Diseño.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Manual básico de agricultura protegida. FAO.
- Rodríguez Martínez, M. A., & Rojas Celis, L. K. (2026). Construcción de un invernadero: planos arquitectónicos del prototipo bioclimático [Planos técnicos]. Colegio Agroindustrial de Puerto Nuevo, Simacota, Santander.
- Villagrán Munar, E. A., Jaramillo Noreña, J. E., Rodríguez Roa, A. O., León Pacheco, R. I., & Yacomelo Hernández, M. J. (2021). Invernadero bioclimático y modular para clima cálido: Diseño, construcción, operación y mantenimiento. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA); FONTAGRO.
- Díaz-Barriga, Á. (2013). Guía para la elaboración de una secuencia didáctica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). Metodología de la investigación (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2021). Protected cultivation: Greenhouse construction and management. FAO.

- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2020). Buenas prácticas agrícolas en sistemas de producción bajo invernadero en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Díaz-Barriga Arceo, F. (2005). Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida. McGraw-Hill.
- UNESCO. (2021). Education for sustainable development: A roadmap. UNESCO.
- Novagric. (s.f.). Tipos de invernaderos: características y diferencias.
- Castilla, N. (2013). Greenhouse technology and management (2nd ed.). CABI Publishing.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). Plant physiology and development (6th ed.). Sinauer Associates.
- Martínez, J., & García, P. (2022). Tecnologías de riego eficiente y manejo sostenible del agua en la agricultura. Editorial Académica Española.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2021). Irrigation and drainage systems for sustainable agriculture. FAO.
- Durán Aucatinco, J., Cutipa Zamalloa, D., Quispe Pérez, H., Amézaga Rodríguez, C., & Salcedo Torcello, A. (2016). Guía de construcción y manejo de invernaderos para la producción de hortalizas y frutas en zonas alto andinas. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de Las Casas (CBC) & Fundación Syngenta para la Agricultura Sostenible.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). Plant physiology and development (6th ed.). Sinauer Associates.