



El Primer Invernadero de **Alta Tecnología** para el **Cultivo de Tomate en Colombia** y sus Consideraciones Generales de Manejo

Módulo **1** El invernadero



DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INNOVADOR DE ALTA TECNOLOGÍA QUE APALANCARÁ E IMPULSARÁ EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE CULTIVO DE TOMATE EN EL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO.

Copyright:

© 2024 Sáenz Fety S.A.S.

Todos los derechos reservados.

Primera edición

Bogotá D.C., diciembre de 2024

Edición:

Hernán Javier Monroy

Director Técnico Hortalizas Sáenz Fety

Rodrigo Gil Castañeda

Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia

Lady Diana Arias

Pasante universitario del Centro de Innovación y Desarrollo (CID), Sáenz Fety - Universidad Nacional de Colombia

Andrés Sáenz Merino

Director de Proyectos e Innovación Sáenz Fety

Carlos Méndez

Coordinador Centro de Innovación y Desarrollo (CID), Sáenz Fety

Juan David Rosero

Ingeniero agrónomo del Centro de Innovación y Desarrollo (CID), Sáenz Fety

Corrección de estilo:

Laura Alfonso Villamarín

Gestor de comunicaciones Sáenz Fety

Diseño y diagramación:

En Algún Lugar Estudio S.A.S.

Fotografías e imágenes:

Sáenz Fety

SÁENZ FETY S.A.S. | Tel: +57 (601) 674 0055

Cel: +57 311 516 9295 | info@saenzfety.com

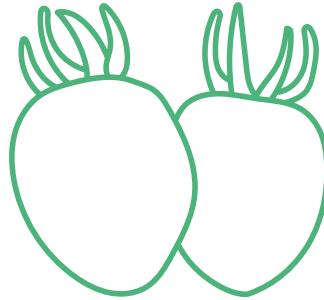
Oficina Principal:

Calle 127A # 7 – 19 Of. 401 - Bogotá D.C.

Centro Logístico:

Km 1.5 Vía Funza – Siberia, Parque Industrial San Diego, Bodega C3, Funza, Cundinamarca. Colombia, Sur América

*Queda prohibida la reproducción total o parcial de este ejemplar por cualquier procedimiento sin la autorización del titular de los derechos patrimoniales.



DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INNOVADOR DE ALTA TECNOLOGÍA QUE APALANCARÁ E IMPULSARÁ EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE CULTIVO DE TOMATE EN EL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO.

Esta publicación ha sido elaborada por el Departamento de Innovación, Investigación y Desarrollo de Sáenz Fety S.A.S. con el apoyo de la facultad de Ciencias Agrarias (sede Bogotá) de la Universidad Nacional de Colombia y el financiamiento del Ministerio de Ciencias Tecnología e Innovación de Colombia (Minciencias).

Autores:

Hernán Javier Monroy
Ingeniero Agrónomo
Director Técnico Hortalizas - Sáenz Fety

Rodrigo Gil Castañeda
Ingeniero Agrónomo
Profesor Asociado - Universidad Nacional de Colombia



2024

¿Quiénes somos?

Somos una empresa colombiana con más de 70 años de experiencia, dedicada a la importación y distribución de insumos para el sector agropecuario del país, dentro de los cuales se destacan semillas, productos para la nutrición animal, sustratos, entre otros.

¿Qué hacemos?

Sáenz Fety se dedica a proporcionar a ganaderos y agricultores las mejores alternativas en insumos de alta tecnología e innovación a través de nuestras tres líneas especializadas **Agro, Bio y Pecuaria**. Nuestro compromiso es brindarles herramientas avanzadas y eficientes que les permitan alcanzar un rendimiento óptimo en sus actividades agrícolas y pecuarias.

Propósito:

Aportar al sector agropecuario colombiano desde la innovación, el desarrollo y la transferencia de conocimiento, para empoderar a los productores a que sean más sostenibles económica, ambiental y socialmente.





Nuestro portafolio

	Semillas	Sustratos	Insumos
	Cultivo Profesional Baby Leaves Aromáticas Microgreens Huerta Casera Césped (Ornamental - Deportivo)	Cocos Turbas	Bandejas para germinación Macetas para hidroponía Macetas ornamentales
	Semillas para producción de forraje	Inoculantes para ensilaje	Nutrición Animal Lactoreemplazadores para:
	Clima Cálido Clima Frío Maíces Sorgos	MAGNIVA	Terneras Lechones Potros
	Coberturas	Trampas cromáticas para plagas	
	Agribon® Pinturas para invernaderos	Monitoreo Trampeo masivo	

¡Escanea para descubrir toda la información que tenemos para ti!
Conoce nuestro portafolio, sus recomendaciones de uso y contacta a nuestro asesor técnico de tu zona:



¿Qué hacemos en nuestras líneas especializadas?

▶ AGRO

- Identificar las mejores variedades de semillas para las condiciones colombianas.
- Aprender el manejo óptimo de cada material.
- Transferir el conocimiento adquirido al productor.

▶ PECUARIA

- Encontrar materiales que aumenten la productividad de la ganadería de carne y leche.
- Fomentar la productividad ganadera disminuyendo la deforestación.
- Incrementar la sostenibilidad del sector ganadero colombiano.

▶ BIO

- Innovar en alternativas de control biológico de plagas y enfermedades.
- Promover la inocuidad de la producción agropecuaria.
- Aportar al desarrollo sostenible de los agro-ecosistemas.

▶ CENTRO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO - CID

- Adaptar modelos de producción a partir de la investigación.
- Transferir el conocimiento adquirido a agricultores y ganaderos para mejorar sus estándares de producción.
- Ser pioneros en el uso e implementación de agro-tecnologías.

El Centro de Innovación y Desarrollo (CID) - Sáenz Fety

En el Centro de Innovación y Desarrollo (CID), nos dedicamos a impulsar el éxito económico de los productores a través de la investigación y desarrollo de técnicas innovadoras para el uso y manejo de semillas forrajeras, hortalizas e insumos agropecuarios.



Nuestro objetivo es encontrar soluciones que se adapten a las necesidades de los productores, ofreciendo insumos de alta calidad y maximizando el rendimiento de los cultivos.

Aportar al sector agropecuario colombiano desde la innovación, el desarrollo y la transferencia de conocimiento, para empoderar a los productores a que sean más sostenibles económica, ambiental y socialmente.

Un espacio creado para la investigación de la adaptabilidad, uso y manejo de semillas y cultivos de forrajes, hortalizas e insumos agropecuarios; con el fin de garantizar la calidad de nuestros productos a los clientes y el éxito en su actividad económica.

Transferir conocimiento de generación en generación es la única manera de especializar y modernizar el sector agropecuario en Colombia.

Por ello, en el Centro de Desarrollo e Innovación tenemos los siguientes pilares:



Catálogo vivo.



Investigación y desarrollo.



Centro de transferencia de conocimiento.

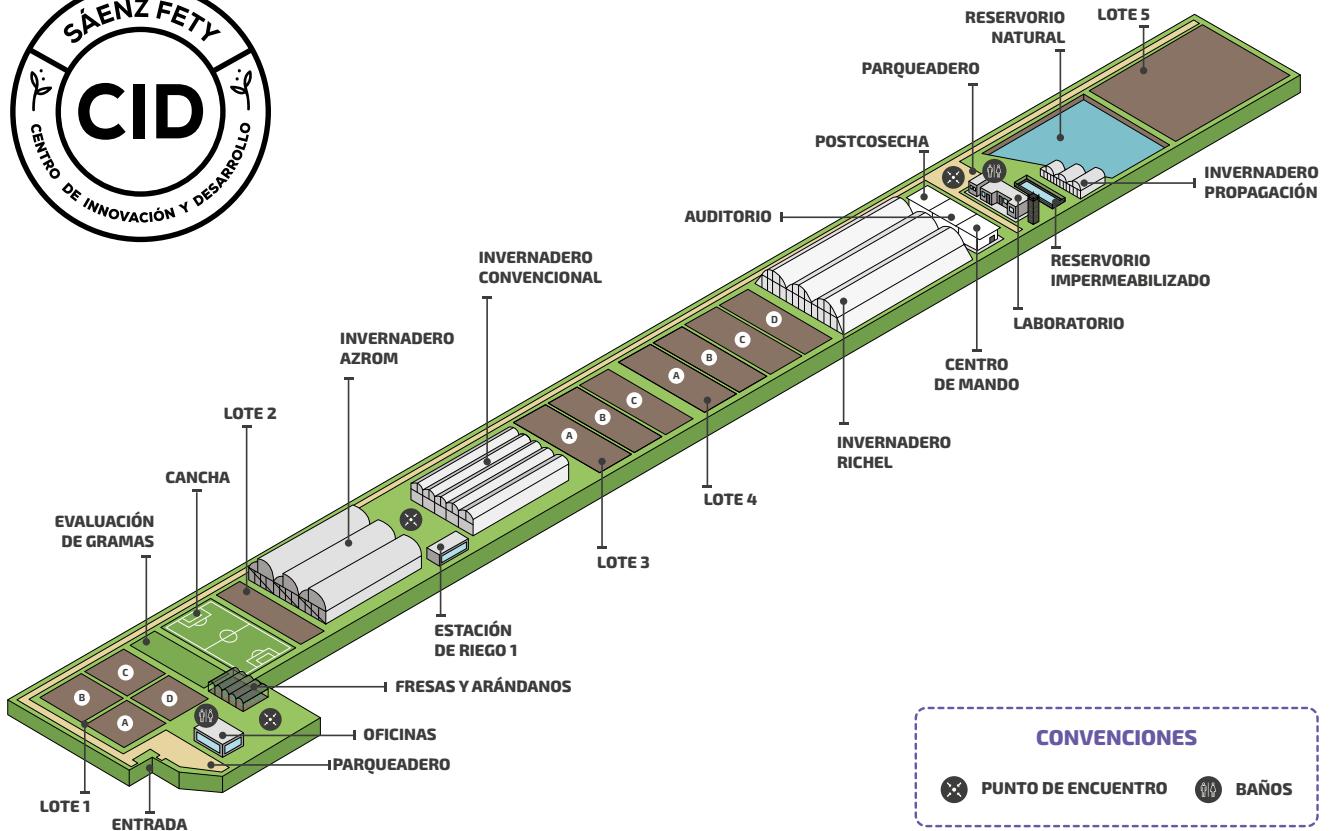


Mix experiencia agropecuaria en Colombia.

Información General del CID

- **Ubicación:** Funza, Cundinamarca.
- **Temperatura media:** 14°C
- **Altitud:** 2,550 m.s.n.m.
- **7 Hectáreas** de Investigación.
- **+500** variedades de hortalizas y forrajes de clima frío.
- **Tipo de suelo:** Franco Limoso.
- **Pluviosidad:** 800 mm/año.

Mapa Instalaciones





Sobre los autores

Hernán Javier Monroy



Hernán Monroy es **Ingeniero Agrónomo** de la Universidad Nacional de Colombia, con **18 años de experiencia en el área técnica y de innovación y desarrollo** del sector hortícola. Posee amplios conocimientos en el desarrollo técnico e introducción comercial de nuevos productos de frutas y hortalizas en el mercado colombiano.

Cuenta con una destacada trayectoria en la asesoría técnica de cultivos, entre los que se incluyen tomate, pimentón, lechuga, zanahoria, cebolla, melón y papaya, entre otros. Asimismo, tiene experiencia en el manejo de sistemas hidropónicos y conocimientos especializados en la automatización, control climático y fertirriego en invernaderos.

Rodrigo Gil Castañeda



Rodrigo Gil Castañeda es **Ingeniero Agrónomo y Magíster en Geomática** de la Universidad Nacional de Colombia. Obtuvo el título de **Doctor en Ingeniería de Biociencias** en la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica. Cuenta con más de **17 años de experiencia en el sector hortícola**, destacándose en los campos de la investigación y la docencia.

Como docente universitario, ha impartido cursos sobre nutrición vegetal, cultivos bajo invernadero y sistemas de producción hidropónicos. En su faceta como investigador, se ha enfocado en evaluar el impacto de nuevas tecnologías aplicadas al sector agrícola, con especial atención al uso de ambientes protegidos para la producción hortícola. Además, ha trabajado en el desarrollo de modelos que representan fenómenos como la transpiración, el crecimiento vegetal y el movimiento del agua en el suelo, analizando cómo estos afectan procesos relevantes, como la contaminación por nitratos en aguas subterráneas.

Recientemente, se integró como profesor de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, donde lidera el área de producción de hortalizas.

Contenido





DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INNOVADOR DE ALTA TECNOLOGÍA QUE APALANCARÁ E IMPULSARÁ EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE CULTIVO DE TOMATE EN EL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO.

El Primer Invernadero de Alta Tecnología para el Cultivo de Tomate en Colombia y sus Consideraciones Generales de Manejo

Módulo 1

El invernadero

Módulo 2

Control climático

Módulo 3

Cultivo en sistema hidropónico en sustrato

Módulo 4

Automatización del fertirriego

Módulo 5

Sanidad del cultivo

Módulo 6

Producción y calidad



Introducción

El consumo de hortalizas ha aumentado significativamente en los últimos años debido a la creciente tendencia mundial hacia una alimentación balanceada, orientada a mejorar la salud y la calidad de vida. Este aumento en la demanda de hortalizas y frutas ha impulsado avances importantes en los campos genético y comercial. **Hoy en día, se desarrollan cultivares con mayor productividad, resistencia a problemas fitosanitarios y mejores características organolépticas**, ofreciendo tanto a productores como a consumidores una amplia variedad de opciones adaptadas a sus necesidades.

Para satisfacer esta creciente demanda, los sistemas de producción han evolucionado gracias al uso de tecnología avanzada. Esto ha permitido **optimizar los procesos, incrementar la eficiencia y proporcionar ventajas competitivas** que aseguran una mayor participación en el mercado.

El tomate, una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, destaca como un ejemplo clave. **En países como Estados Unidos y Países Bajos, donde los sistemas de producción son altamente tecnificados, se alcanzan rendimientos excepcionales de 80 - 100 kg/m² por año**, cumpliendo con altos estándares de calidad e inocuidad. En contraste, en países de Centroamérica, con niveles tecnológicos intermedios, los rendimientos oscilan entre 60 - 80 kg/m² por año. **En Colombia, la producción anual varía en un rango de 10 - 16 kg/m² debido al limitado uso de tecnología.**

Sáenz Fety, reconocido como un **líder en innovación hortícola en Colombia**, ha introducido durante más de treinta años cultivares mejorados de hortalizas. Estas iniciativas tienen como objetivo **ofrecer opciones innovadoras y de alto desempeño agronómico y comercial.**





El desarrollo de nuevos productos ha incluido tecnología avanzada y mejoras en los sistemas productivos, destacando que el éxito del cultivo depende en un 50% de la selección adecuada de la semilla o variedad, y en un 50% del ambiente y manejo.

En colaboración con la Facultad de Ciencias Agrarias (sede Bogotá) de la Universidad Nacional de Colombia y el financiamiento de Minciencias, mediante el proyecto **CNBT: 0463-913-93763**. Sáenz Fety construyó el **primer invernadero de alta tecnología para el cultivo de tomate en Colombia**. Este proyecto combina elementos de los sistemas holandés, francés e israelí, logrando **optimizar el uso de recursos, incrementar la producción y mejorar la calidad del producto**.

El objetivo general del proyecto es mejorar significativamente los procesos productivos de cultivo de tomate en el sector agrícola colombiano, por medio del diseño, desarrollo e implementación de un sistema de invernadero altamente innovador.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- 1 Diseñar el nuevo sistema de invernadero.
- 2 Desarrollar el nuevo sistema de invernadero.
- 3 Implementar el nuevo sistema de invernadero.
- 4 Validar por medio del primer ciclo productivo el nuevo sistema de invernadero.

Uno de los principales logros fue la **elaboración y sometimiento de un artículo científico** titulado ***Evaluation of novel agricultural techniques for enhancing crop production in high-elevation tropical Andean*** en la revista **Engineering in Agriculture, Environment and Food**. Este artículo explica de manera técnica y detallada las investigaciones realizadas y las comparaciones del uso de **baja, media y alta tecnología en la producción de tomate en Colombia**.

Adicionalmente, se sometió el resumen de un segundo artículo titulado ***Insights into Fertigation in Systems with Organic Substrates: Lessons Learned in the High Andean Tropics*** para ser candidato a presentación en el simposio ***GreenSys2025 - International Symposium on Advanced Technologies and Management for Sustainable Greenhouse Systems*** de la revista ***Acta Horticulturae***. Ambos sometimientos ocurrieron en el mes de diciembre de 2024.

Como complemento a estas producciones científicas, se presenta este compendio de publicaciones divulgativas, cuyo objetivo es resumir y facilitar la comprensión de dichos resultados. Este material, diseñado como una serie de documentos divulgativos denominados módulos, está **dirigido a agricultores, asistentes técnicos y profesionales del sector hortícola**. Su propósito es servir como una **guía práctica sobre los beneficios de implementar tecnología en cultivos bajo invernadero**, con un enfoque especial en la producción de tomate en Colombia.

Además, busca establecer un **punto de referencia** para horticultores interesados en adoptar este sistema productivo o en **integrar algunos de sus componentes** a sus sistemas actuales, promoviendo así el avance hacia prácticas más eficientes y sostenibles que contribuyan al **desarrollo tecnológico del sector agrícola** colombiano.





El Primer Invernadero de **Alta Tecnología para el Cultivo de Tomate en Colombia** y sus Consideraciones Generales de Manejo

Módulo 1

- **El invernadero**
-

Módulo 2

- **Control climático**
-

Módulo 3

- **Cultivo en sistema hidropónico en sustrato**
-

Módulo 4

- **Automatización del fertirriego**
-

Módulo 5

- **Sanidad del cultivo**
-

Módulo 6

- **Producción y calidad**

Los módulos de divulgación **se pueden encontrar digitalmente en:**



Módulo 1

El invernadero

Un **invernadero es una estructura cerrada diseñada para crear un microclima controlado** que favorece el crecimiento óptimo de las plantas. Estas estructuras protegen los cultivos de condiciones climáticas adversas, como heladas, lluvias excesivas o vientos fuertes. También permiten optimizar variables esenciales como temperatura, humedad, luz y concentración de dióxido de carbono (CO₂), además de reducir la exposición de las plantas a plagas y enfermedades.

Por lo general, los invernaderos están contruidos con **armazones de metal, madera o plástico y cubiertas transparentes** de vidrio o plástico. Se pueden clasificar en diversas categorías según sus características específicas, como se detalla en la tabla a continuación:

Tipos de invernadero de acuerdo con sus principales características.

Característica	Tipos de invernadero
Nivel de Tecnología	Alta tecnología, baja tecnología.
Tipo de Estructura	Túneles simples, multi-túneles, en forma de capilla, etc.
Material de Cubierta	Vidrio, plástico, malla.
Clima Controlado	Activos (automatizados), pasivos (naturales).
Método de Ventilación	Natural, forzada.
Sistema de Producción	En suelo, hidropónicos, aeropónicos.



Los **invernaderos tradicionales utilizados en el cultivo de tomate en Colombia** se caracterizan por un **bajo nivel de tecnología**. Se trata de estructuras pasivas con cubiertas plásticas, sistemas de ventilación natural y producción en el suelo. A pesar de ser una opción económica, solo ofrecen protección básica y no permiten un control climático preciso.

En contraste, el invernadero recientemente construido representa un sistema de alta tecnología. Este incorpora características activas, un sistema de ventilación mixto y producción en un sistema hidropónico, lo que optimiza la producción y mejora la calidad de los productos.

Invernadero tradicional colombiano:

Son estructuras simples construidas con materiales básicos como madera, plástico y malla. Estas requieren mayor intervención manual para controlar los factores ambientales y el manejo de los cultivos.

- Presentan variaciones en diseño, altura y sistemas de ventilación (lateral, frontal y cenital).
- Para el cultivo de tomate, predominan invernaderos con una altura de cumbre entre 4.5 m – 5.5 m, con ventilación lateral de 2 - 3 m y escasa o nula ventilación cenital, que varía entre 0 – 0.6 m.



Invernadero de alta tecnología:

Un **invernadero de alta tecnología** es una estructura avanzada diseñada para **optimizar el cultivo agrícola mediante el uso de sistemas automatizados y tecnología especializada**. Estos invernaderos cuentan con sensores que monitorean y regulan variables clave como clima, riego y nutrición en tiempo real, asimismo, incluyen sistemas avanzados de ventilación, calefacción, enfriamiento y tecnología de fertirrigación lo que garantiza condiciones óptimas para el crecimiento de los cultivos.



A continuación, se describe el invernadero de alta tecnología analizado en este documento:

El invernadero está ubicado en el **Centro de Innovación y Desarrollo (CID) de Sáenz Fety, en Funza, Cundinamarca**. Esta región se encuentra a una altitud de 2,550 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media de 14°C y una precipitación anual promedio de 800 mm.

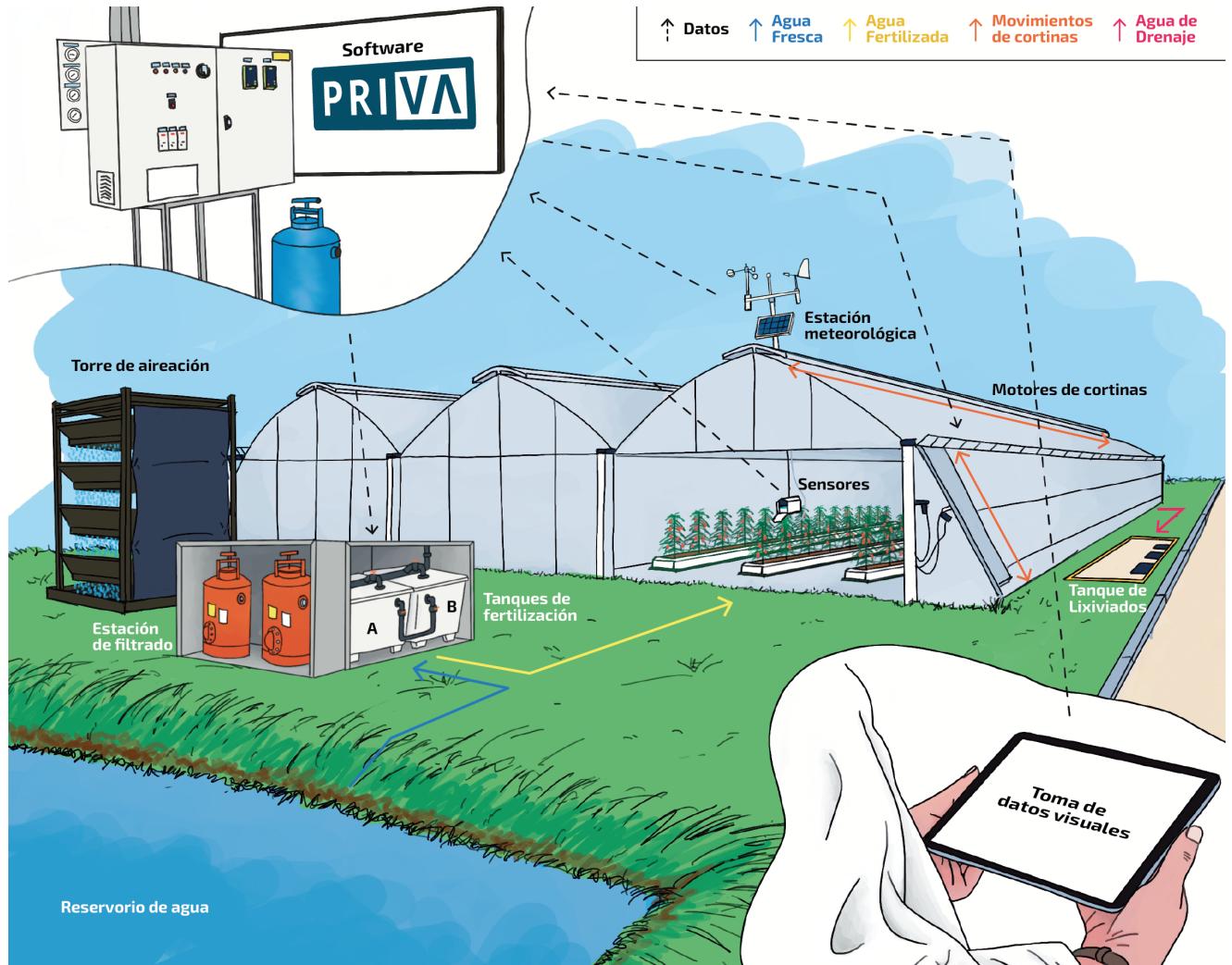


Este invernadero fue construido en acero y presenta un diseño multitúnel tipo arco gótico con doble ventilación cenital. Sus medidas son las siguientes:

- **Altura bajo canal:** 6.5 m.
- **Altura máxima en la cumbre:** 11.5 m.
- **Apertura de las cortinas laterales:** hasta 3.0 m.
- **Apertura de las cortinas cenitales:** hasta 2.0 m.



La estructura consta de tres túneles, cada uno con un ancho de 12.8 m y una longitud de 116 m, lo que da un área total de **4,454 m²**. Además, el sistema incluye canales y tubos para la recolección eficiente de agua.



Flujos de información y movimiento de aguas y cortinas del Invernadero.

La cubierta del invernadero está hecha con **polietileno de baja densidad calibre 6**. Este material tiene las siguientes características:

- Difusión de luz del 55%
- Transmitancia de luz PAR del 89% (Región Fotosintéticamente Activa por sus siglas en inglés: Photosynthetic Active Region).
- Bloqueo de rayos UV.

Las cortinas laterales y cenitales están operadas por motores eléctricos y están recubiertas con malla de polietileno de **50 MESH**, lo que **ayuda a reducir la presencia de insectos**. Además, el techo tiene una doble capa de polietileno que se infla automáticamente para crear un **colchón de aire que funciona como aislante térmico**.



Ventiladores de recirculación.



MESH: término utilizado para describir el tamaño de las partículas de un material, determinado por su capacidad para pasar a través de una malla o tamiz con una densidad específica.

En el interior del invernadero, se encuentran **nueve ventiladores de recirculación de aire** ubicados en la parte superior de los túneles, asegurando así una adecuada distribución de aire. El sistema de tutoraje con guayas tiene una altura de **4.0 metros**, y el suelo está cubierto con una **película negra en su interior y blanca en el exterior**, lo que contribuye a la reflexión de luz y evita el crecimiento de malezas.



Sistema de tutoraje con guayas.



Suelo con cobertura blanca antes de la instalación de las canaletas.

El sistema de control climático se realiza a través de una **caja climática que mide temperatura y humedad relativa en el dosel del cultivo**. Los sensores funcionan en rangos de 2.5 a 50°C, con una precisión de $\pm 0.3^\circ\text{C}$ para temperaturas entre 15 y 35°C, y una precisión similar fuera de ese rango. La humedad relativa se mide entre 20 - 100%, con una precisión de $\pm 3\%$

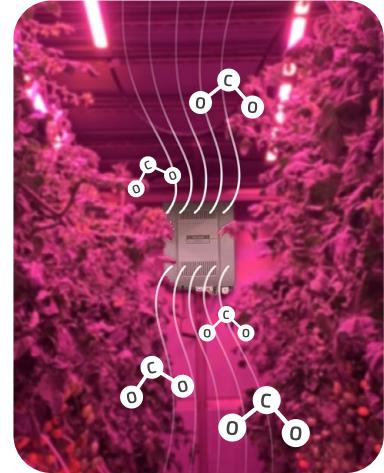
Además, una **estación meteorológica externa complementa los datos internos**, midiendo variables como temperatura, radiación solar y velocidad del viento. Sus mediciones tienen un alto nivel de precisión, con rangos como:

- **Temperaturas:** de -40°C a 80°C .
- **Radiación solar:** entre -100 y $2,000 \text{ W/m}^2$
- **Velocidad del viento:** 0 - 36 m/s.



La automatización del invernadero incluye sistemas como cortinas, ventiladores y fertirriego, y es gestionada mediante el sistema holandés Compact CC de Priva®, integrado con el software Priva Office Direct®.

Si bien actualmente no se incluyen elementos como calefacción, dióxido de carbono (CO_2) o luz artificial, el diseño tiene la capacidad de incorporar estos componentes en el futuro.





Tanque de reserva de agua y tanques de fertilización.



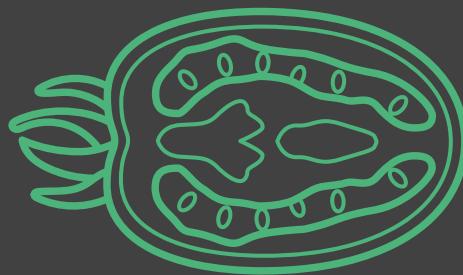
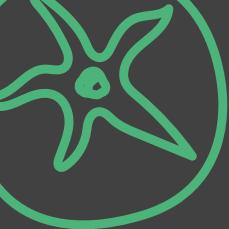
Estación meteorológica.

La construcción del invernadero de alta tecnología en Colombia representa un avance significativo para la producción hortícola del país. **Este invernadero combina un diseño avanzado, sistemas automatizados y materiales de alta calidad para optimizar el control climático, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y garantizar la calidad del producto final.** La integración de sensores, sistemas de fertirrigación y ventilación automatizada no solo optimiza las condiciones de crecimiento, sino que también permite alcanzar mayores rendimientos en comparación con los métodos tradicionales.



Este proyecto evidencia el impacto positivo de la tecnología en la agricultura nacional y establece un modelo replicable para modernizar la horticultura en Colombia, con proyección hacia mercados de exportación.

En el siguiente módulo, se explorará en detalle **el manejo del invernadero y su aplicación práctica en el cultivo de tomate.**



Fecha de publicación: Diciembre de 2024

Encuentra **todos los módulos** de divulgación digitalmente en:

