

## Diseño de invernadero para cultivo de vegetales

## Greenhouse Design for Growing Vegetables

Wilmer Cruz G.<sup>ad</sup>, Daniel Peñarete M.<sup>be</sup>, Roberto Durango L.<sup>cf</sup><sup>a</sup> Ingeniero Mecánico, Universitaria Agustiniana – Uniagustiniana, Colombia<sup>b</sup> Ingeniero Mecatrónico, Universitaria Agustiniana – Uniagustiniana, Colombia<sup>c</sup> Estudiante Ingeniería Mecatrónica, Universitaria Agustiniana – Uniagustiniana, Colombia<sup>d</sup> wilmer.cruz@uniagustiniana.edu.co | <https://orcid.org/0000-0001-9348-2384><sup>e</sup> daniel.penarete@uniagustiniana.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-8059-0404><sup>f</sup> roberto.durango@uniagustiniana.edu.co | <https://orcid.org/0000-0003-4644-1605>

**Citation:** Cruz G. W., Peñarete M. D., Durango L. R. (2024). Diseño de invernadero para cultivo de vegetales. *Mutis*, 14(1). 1-14.  
<https://doi.org/10.21789/22561498.1946>

**Recibido:** 28 de noviembre de 2022  
**Aceptado:** 3 de febrero de 2023

**Copyright:** © 2024 por los autores. Licenciado para *Mutis*. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## RESUMEN

En el presente artículo se desarrollan las primeras fases del diseño de un invernadero urbano inteligente que permita cultivar vegetales representativos de la agricultura colombiana con la finalidad de mejorar la calidad y la cantidad de los cultivos bajo techo. La metodología de diseño contempla, inicialmente, la selección del tipo de invernadero mediante matrices de decisión; luego se emplea la casa de la calidad QFD para la definición del producto y se realiza el diseño conceptual para seleccionar el concepto. Finalmente se realiza el diseño en detalle.

**Palabras clave:** diseño; invernaderos; vegetales; ingeniería.

## ABSTRACT

This article shows the first design stages of an intelligent urban greenhouse made to grow vegetables representative of Colombian agriculture. The objective of this project is to improve the quality and quantity of indoor crops. The design methodology contemplated, initially, the selection of the type of greenhouse through decision matrices. Then the QFD quality house was used to define the product and the conceptual design was conducted to select the concept. Finally, the design was made in detail.

**Keywords:** Design; Greenhouses; Vegetables; Engineering.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, la producción de hortalizas se realiza principalmente a campo abierto. Productos como arveja, cebolla, habichuela, lechuga, pimentón, repollo y tomate se obtienen en zonas de pisos térmicos templado y frío de los departamentos de Antioquia, Boyacá, Cundinamarca y Nariño. En la región Caribe predomina el clima cálido y los cultivos de hortalizas que se producen tradicionalmente son los ajíes dulces, ahuyama, habichuela larga, berenjena, frijol, cilantro y tomate. Sin embargo, exceptuando el tomate y el cilantro, la oferta de semillas mejoradas y certificadas son limitadas, por lo que usualmente las semillas son proporcionadas por los mismos cultivos que no cuentan con prácticas agronómicas adecuadas para la producción de semilla de calidad, ocasionando problemas fitosanitarios importantes (Correa, 2020).

Así mismo, la producción de hortalizas se enfrenta actualmente a los efectos ambientales adversos generados por el cambio climático que se manifiestan

con altas temperaturas y prolongadas sequías e inundaciones cada vez más frecuentes, lo que representa una mayor vulnerabilidad de la producción de hortalizas en condiciones de campo abierto (Jaramillo et al., 2022).

En el mundo, el área destinada a los invernaderos se estima en 500 000 hectáreas, siendo China con 82 000 ha y España con 70 000 ha los países con mayor área destinada a esta actividad (Rijswick, 2018). En Suramérica se cuenta con 14 000 ha de invernaderos, teniendo Colombia 7 700 ha en las cuales se cultivan principalmente ornamentales, lo que lo hace uno de los países destacados de la región (Superintendencia de Industria y Comercio, 2014).

En Colombia el diseño de los invernaderos es atribuido a los agricultores que, en busca de una mayor productividad, han propuesto diferentes alternativas para modernizar la infraestructura; sin embargo, estos emprendimientos no son numerosos ni constantes debido a que su efectividad se mide a largo plazo. Así mismo, los invernaderos para el cultivo de vegetales mantienen el diseño empleado para producir ornamentales, estructuras de bajo costo y bajo nivel tecnológico que generalmente no suplen de manera adecuada los requerimientos climáticos del cultivo (Gómez, 2020).

Los invernaderos permiten a los agricultores sembrar y cosechar durante todo el año debido a que los cultivos se benefician de un microclima durante su ciclo productivo y se clasifican de acuerdo con los materiales empleados para su construcción, la cobertura y las características del techo (Eralte, 2018). Los más usados son los de tipo túnel, capilla, capilla modificado, diente de sierra, techo curvo, parral y holandés (Cruz, W, et al., 2022), siendo el tipo de cultivo y el clima local los aspectos más relevantes para seleccionar el invernadero adecuado (Valenxi, 2011)

Las características climáticas internas de un invernadero, diferentes a las del resto de la zona donde se encuentra ubicado, se denomina microclima (Guerrero, 2012). Los microclimas de los invernaderos tienen como propósito maximizar la entrada de radiación para que las plantas hagan la mayor fotosíntesis posible y son efecto de la cubierta que se coloca sobre el cultivo y de otra serie de variables que lo caracterizan, como la temperatura, altitud-latitud, topografía, humedad, vegetación y luz.

Al interior del invernadero se contemplan las siguientes variables: temperatura, humedad, ventilación, riego e iluminación y, aunque en este trabajo no se contempla la inclusión de tecnología en el mismo, este sí es el primer paso la construcción y posterior automatización

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Selección del invernadero**

Para seleccionar el tipo de invernadero, el equipo de diseño evaluó a partir de matrices de decisión la versatilidad, el factor económico, la transmisión de luz solar, la resistencia estructural y la facilidad para implementar diferentes sistemas de control, características consideradas relevantes en los invernaderos.

Como se evidencia en la Tabla 1, el tipo de invernadero con menor puntaje fue el tipo parral, siendo descartado inmediatamente ya que resulta ineficiente para las condiciones propuestas. A diferencia del tipo parral el invernadero tipo Domo geodésico fue el diseño con mayor puntuación, cumpliendo satisfactoriamente en mayor proporción las características establecidas por los diseñadores, siendo de esta manera el tipo de invernadero seleccionado.

**Tabla 1.** Resultados de la selección del invernadero

<b>Tipos de Invernaderos</b>	<b>Puntuación Total</b>
Invernadero Túnel	152
Invernadero capilla	129
Invernadero dientes de sierra	124
Invernadero tipo capilla modificado	145
Invernadero techumbre curva	117
Invernadero tipo parral	88
Invernadero tipo venlo (holandés)	112
Invernadero tipo Domo Geodésico	207

Fuente: elaboración propia.

### Definición del invernadero

La definición de la necesidad se obtiene a partir de las respuestas a tres preguntas (Correa, 2020):

- ¿Qué se quiere? Diseñar un prototipo de invernadero que mejore de manera eficaz los procesos de producción de vegetales bajo techo.
- ¿Quién lo utilizará? El invernadero está dirigido a todo el sector agrícola de Colombia y el mundo. Se puede definir como un ejemplo inicial los agricultores de zanahoria del país.
- ¿En qué situación o momento se utilizará? Abarcará todo el proceso de producción del ciclo de cultivo del vegetal, iniciando en la siembra y finalizando en la cosecha.

Luego, a partir de múltiples entrevistas con los posibles usuarios finales. Se identificaron varios requerimientos importantes en aspectos externos como internos para los procesos de control y producción del cultivo, como se evidencia en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Requerimientos del cliente

<b>Cliente</b>	<b>Requerimientos</b>
Área exterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La apariencia del invernadero debe ser agradable a la vista</li> <li>• Que cumpla con los parámetros estructurales</li> <li>• Que tenga un espacio eficiente para su uso</li> </ul>
Área interior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Que mejore el proceso de producción agrícola</li> <li>• Que permita controlar los procesos</li> <li>• Que disminuya las pérdidas de producto</li> <li>• Que mejore la calidad del producto</li> <li>• Que reduzca los contratiempos de producción</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Cada uno de estos requerimientos se expresa formalmente y el equipo de diseño le asigna un nivel de importancia, como se puede ver en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Requerimientos del cliente y nivel de importancia.

Requerimientos del cliente	Nivel de importancia
Factor Económico	5
Impermeabilidad	4
Eficiencia estructural	4
Luminosidad	4
Flujo de aire	3
Irrigación	4
Agentes patógenos	3
Fertilidad del terreno	5
Humedad	4
Daños y errores	3

Fuente: elaboración propia.

Por cada requerimiento del cliente (el qué se debe hacer) se tiene una especificación de ingeniería (el cómo se debe hacer), como se evidencia en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Requerimientos del cliente vs. especificación de ingeniería

Requerimientos del cliente	Especificación de ingeniería
Factor Económico	Materiales de bajo costo
Impermeabilidad	Sistema hermético
Eficiencia estructural	Materiales resistentes
Luminosidad	Materiales transparentes
Flujo de aire	Sistema de ventilación
Irrigación	Sistema de riego
Agentes patógenos	Componentes resistentes a químicos
Fertilidad del terreno	Abonos y fertilizantes
Humedad	Sistema de climatización
Daños y errores	Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

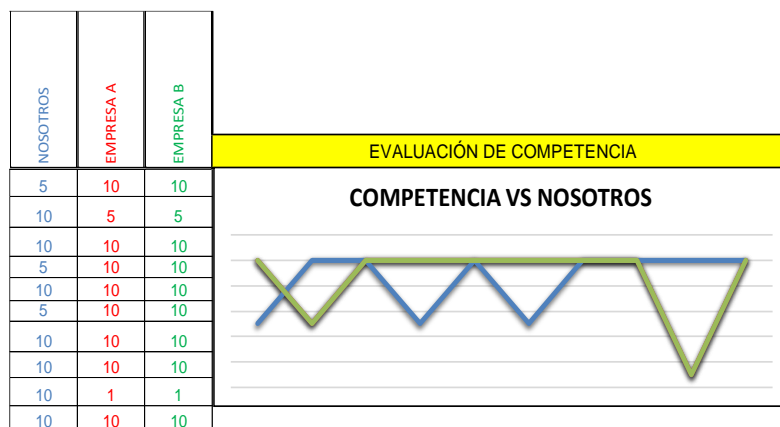
Para identificar las ventajas o desventajas que pueda tener el invernadero frente a productos similares que se ofertan en el mercado, se realiza una comparación competitiva frente a dos empresas (empresas A y B):

- **Empresa A:** es una empresa nacional con alcance internacional enfocada al diseño, construcción, adecuación y mantenimiento de invernaderos. Esta empresa tiene como fin convertirse en una de las más representativas en Colombia y América Latina en el desarrollo de invernaderos capaces de albergar diversas tecnologías de control para el mejoramiento de la producción agrícola con los mayores estándares de calidad. Su catálogo contempla los invernaderos de apertura superior, tipo chimú, tipo diente de sierra, tipo hobby, entre otros.
- **Empresa B:** se caracteriza por dar el máximo valor y rentabilidad en los cultivos, teniendo una experiencia de más de 40 años en los sectores agrícolas

de Colombia. Esta empresa, además de enfocarse en los diseños de invernaderos también realiza asesorías en temas agrícolas, de automatización, de obras civiles y ofrece diversos productos como mallas y plástico agrícola.

Cada producto de la competencia se evalúa respecto a los requerimientos expresados por los clientes y se grafican los resultados, como se evidencia en la Figura 1:

Figura 1. Comparación competitiva en la casa de la calidad QFD.



Fuente: elaboración propia.

Al desarrollar la casa de la calidad, se relacionan los requerimientos del cliente con las especificaciones de ingeniería, lo cual se encuentra en la Figura 2:

Figura 2. Desarrollo de la casa de la calidad QFD.

	Qué?		Material (estructural de bajo costo)	Abonos y fertilizantes	Sistema hermético (telas o componentes herméticos)	Materiales resistentes (acero o tubería pvc)	Material transparente	sistema de climatización	Sistema de ventilación	Sistema de riego por goteo	Componentes resistentes a Fungicidas y herbicidas	Garantía y mantenimiento
<b>1. REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES</b>												
1	Factor Economico	4	10	10	10	10	10	10	5	10	10	5
2	Fertilidad del terreno	5	1	10	1	10	1	10	5	10	5	1
3	Impermeabilidad	5	1	1	10	1	1	1	1	1	1	5
4	Eficiencia estructural	3	10	10	1	10	1	10	5	10	1	5
5	Luminosidad	2	1	1	10	1	10	1	1	1	1	5
6	Humedad	5	1	10	1	10	1	10	5	1	10	5
7	Flujo del aire	3	1	1	1	1	1	1	10	1	5	1
8	Irrigación	5	1	1	1	1	1	1	10	5	5	5
9	Agentes patógenos	4	1	1	1	1	1	10	5	5	10	1
10	Daños y errores	4	10	1	5	5	5	10	5	10	10	10
<b>EVALUACION DE IMPORTANCIA</b>	<b>ABSOLUTA</b>		<b>139</b>	<b>193</b>	<b>155</b>	<b>209</b>	<b>110</b>	<b>265</b>	<b>167</b>		<b>245</b>	<b>172</b>
	<b>RELATIVA (%)</b>		<b>24</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>19</b>	<b>46</b>	<b>29</b>	<b>0</b>	<b>42</b>	<b>30</b>

Fuente: elaboración propia.

Obteniendo que:

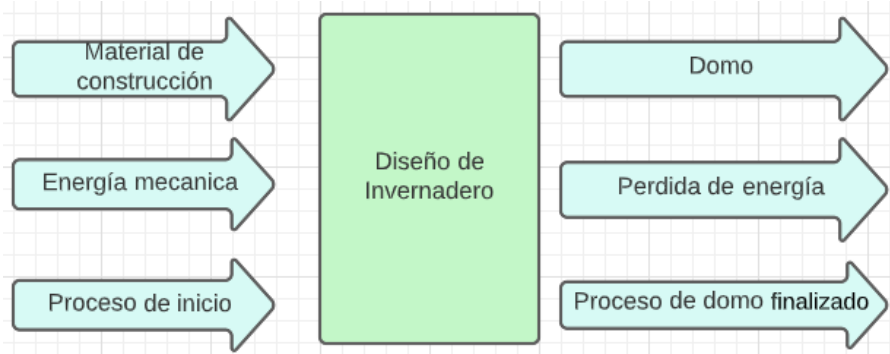
- Los requerimientos más significativos para el cliente son fertilidad del terreno, impermeabilidad, humedad e irrigación.
- La ventaja con el mayor puntaje frente a la competencia es el “Sistema de climatización”, que permite satisfacer el requerimiento de humedad y la desventaja con mayor puntaje frente a la competencia es “Material transparente” concebida para satisfacer el requerimiento de luminosidad.
- Los parámetros de “Sistema de riego” y “Componentes resistentes a químicos” tienen el mismo valor para cumplir los requerimientos de irrigación y agentes patógenos, respectivamente.
- Los parámetros con los mayores puntajes son: “Sistema de climatización”, “Sistema de riego”, “Componentes resistentes a químicos” y, finalmente, “Materiales resistentes”.

### Diseño conceptual del invernadero

Tomando como referencia la metodología presentada por Correa (2020), el procedimiento para generar los conceptos se presenta a continuación:

1. **Aclarar el problema:** el modelo de la caja gris para el diseño del invernadero se aborda desde tres entradas y tres salidas asociadas a materiales, energía y señal, como se evidencia en la Figura 3:

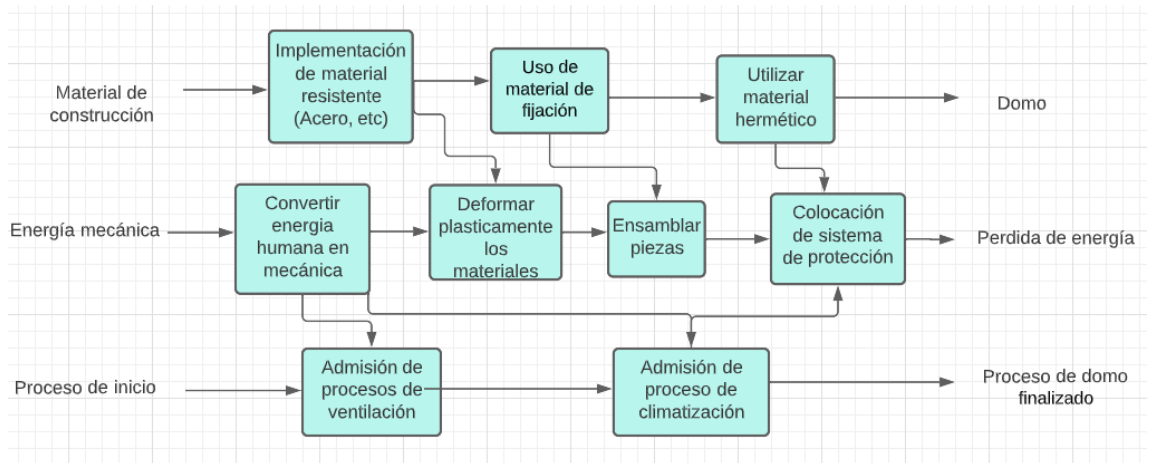
**Figura 3.** Modelo de caja gris para el diseño del invernadero.



Fuente: elaboración propia.

A partir del modelo de la caja gris se desarrolla la descomposición funcional y se establecen nueve subfunciones, cada de las cuales describe específicamente lo que debe realizar cada elemento para implementar la función general del invernadero. Esto se observa en la Figura 4.

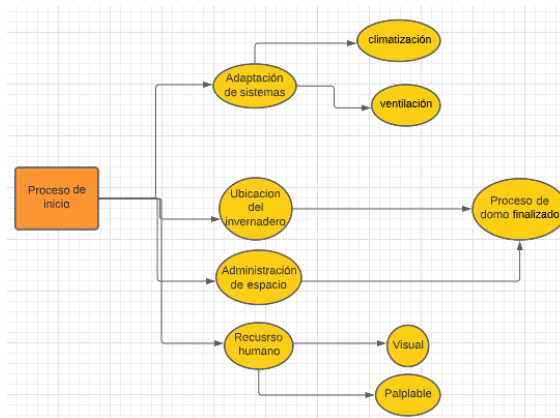
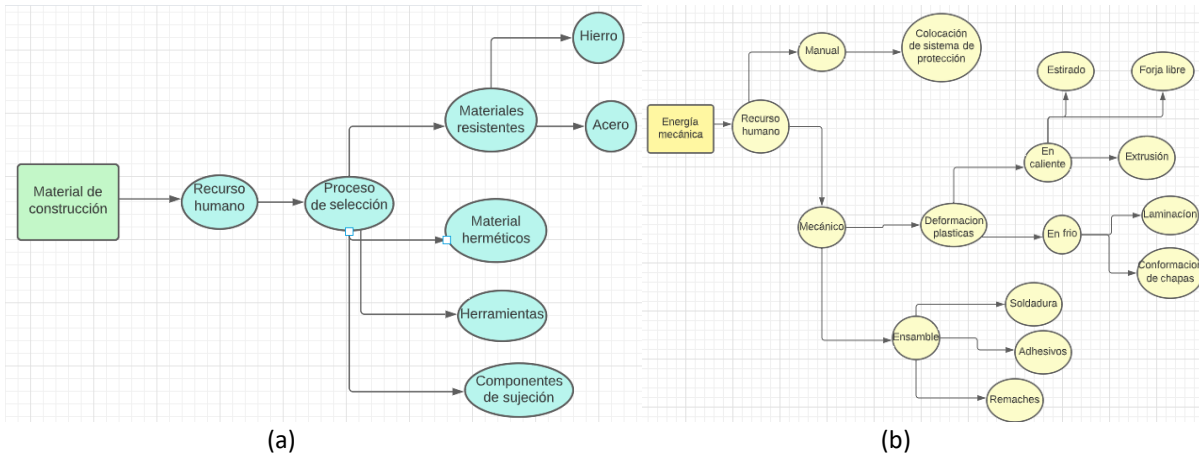
**Figura 4.** Caja gris que muestra las subfunciones.



Fuente: elaboración propia.

2. **Explorar sistemáticamente:** El árbol de clasificación de conceptos (Figura 5) y la tabla de combinación de conceptos (Tabla 5) se emplean como herramientas para comparar y seleccionar los posibles conceptos de solución para cada una de las entradas (materiales, energía y señal).

Figura 5. Árboles de clasificación de concepto. (a) Material de construcción, (b) Energía mecánica y (c) Proceso de inicio



(c)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Integración de posibles conceptos de solución

Material de construcción	Energía mecánica	Proceso de inicio
Proceso de selección	Deformación plástica	Adaptación de sistemas
Material hermético	Ensamble	Administración de espacio
Materiales Resistentes	Sistema de protección	Recurso humano
Componentes de sujeción	NA	NA

Fuente: elaboración propia.

Las soluciones potenciales al problema general se forman al combinar los posibles conceptos de solución. De las 36 posibles soluciones se consideran las tres más prometedoras:

- **Concepto 1:** considera la madera como material estructural formando geometrías irregulares de tipo triangular. El recubrimiento tiene un material polimérico de apariencia tradicional rustica y con la posibilidad

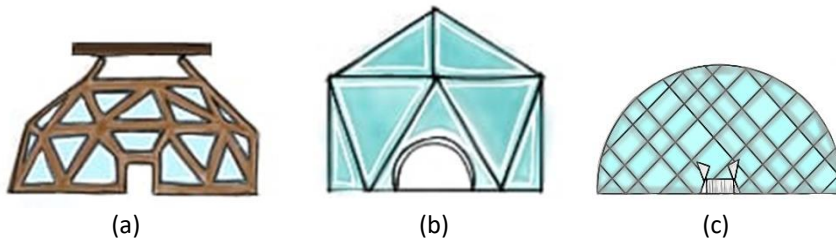


de admitir sistemas de climatización, irrigación, iluminación y ventilación.

- **Concepto 2:** considera un material cerámico (vidrio) como material de construcción formando geometrías homogéneas de tipo triangular con apariencia moderna, elegante y con la posibilidad de admitir sistemas de climatización, irrigación, iluminación y ventilación.
- **Concepto 3:** considera geometrías homogéneas de tipo triangular formadas en un material metálico (acero) cubierto por material polimérico transparente de apariencia moderna y sofisticada y con la posibilidad de admitir sistemas de climatización, irrigación, iluminación y ventilación.

En la Figura 6 se muestran las representaciones de solución para los diferentes conceptos evaluados:

**Figura 6.** Conceptos de solución, (a) concepto 1, (b) concepto 2 y (c) concepto 3.



Fuente: elaboración propia.

El proceso de selección del concepto de solución se realiza mediante matrices de decisión en las cuales se comparan y evalúan aspectos relevantes de los conceptos respecto a los requerimientos del cliente. La primera matriz corresponde a los juicios de factibilidad (Tabla 6).

**Tabla 6.** Juicios de factibilidad.

Juicios de factibilidad	Concepto 1	Concepto 2	Concepto 3
¿Es posible que funcione el concepto?	SI	SI	SI
¿Es atractivo el concepto para el equipo de diseño?	SI	SI	SI
¿Alguna norma/estándar impide el uso del concepto?	NO	NO	NO

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 6, los tres conceptos de solución cumplen con los aspectos evaluados en los juicios de factibilidad; por tanto, pasan a una segunda matriz de revisión sobre la tecnología necesaria (Tabla 7).

**Tabla 7.** Revisión sobre la tecnología necesaria.

<b>Tecnología necesaria</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
¿Puede obtenerse la tecnología requerida con procesos conocidos y existentes?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Están identificados los parámetros críticos?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Se conocen los valores límites de los parámetros críticos?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Se han identificado los modos de falla?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Es controlable la tecnología durante todo el ciclo de vida del producto?	SÍ	SÍ	SÍ
¿Están demostrados los cinco ítems anteriores?	SÍ	SÍ	SÍ

Fuente: elaboración propia.

Al aplicar la revisión sobre la tecnología necesaria a cada concepto (tabla 7), se valida la posibilidad de materializar cada concepto de solución y controlar su funcionalidad durante todo ciclo de vida.

**Tabla 8.** Revisión sobre el cumplimiento de las funciones.

<b>Función</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
Implementar el material resistente	8	10	9
Usar el material para fijar	7	2	9
Utilizar el material	7	3	8
Convertir energía humana en mecánica	6	7	8
Deformar plásticamente los materiales	7	6	8
Ensamblar piezas	8	8	8
Colocar el sistema de fijación	7	8	7
Admitir procesos de ventilación	9	10	10
Admitir procesos de climatización	9	10	10
<b>Puntuación total</b>	<b>68</b>	<b>64</b>	<b>77</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tercera matriz que se observa en la Tabla 8, las funciones se evalúan de 0 a 10, siendo 0 el valor que refleja el no cumplimiento de la función y 10 el valor que refleja el cumplimiento pleno de la función. El 50% del total de la puntuación más alta se considera como el umbral mínimo a satisfacer por cada concepto para continuar en la etapa de selección, los tres conceptos cumplen con este requerimiento. Finalmente, en la matriz de la Tabla 9 se evalúan los conceptos de solución respecto a los requerimientos del cliente.

**Tabla 9.** Revisión del cumplimiento de los requisitos del cliente.

<b>Función</b>	<b>Concepto 1</b>	<b>Concepto 2</b>	<b>Concepto 3</b>
Factor Económico	8	1	8
Fertilidad del terreno	9	10	9
Impermeabilidad	7	5	8
Eficiencia estructural	6	4	8
Luminosidad	7	10	9
Humedad	8	8	8
Flujo del aire	7	7	8
Irrigación	6	10	10
Agentes patógenos	6	10	10
Daños y errores	9	5	9
<b>Puntuación total</b>	<b>73</b>	<b>70</b>	<b>87</b>

Fuente: elaboración propia.

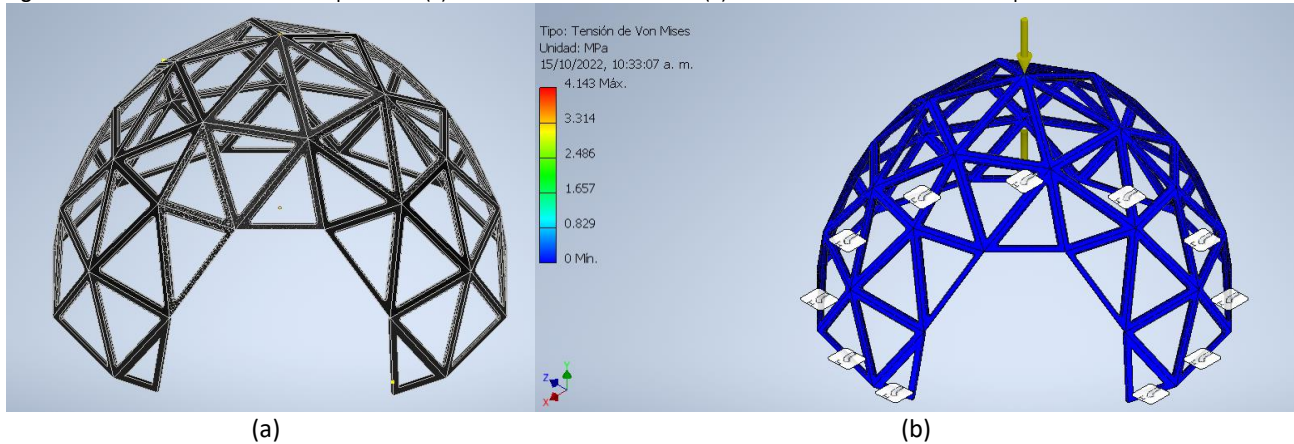
La calificación más alta la obtiene el concepto de solución 3, siendo el seleccionado para desarrollar a nivel de detalle.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diseño del invernadero

El modelo CAD del invernadero se realiza teniendo en cuenta toda la metodología expuesta anteriormente. El software utilizado para la realización del diseño es Autodesk Inventor en el cual se realiza una aproximación del sistema mecánico del domo. Adicionalmente, se genera un análisis de esfuerzos para garantizar la integridad y seguridad estructural, teniendo en cuenta las propiedades de los aceros disponibles en el país y comúnmente usados por los fabricantes de este tipo de sistemas (Figura 7).

**Figura 7.** Diseño CAD el invernadero tipo domo. (a) Diseño base del invernadero (b) Análisis de esfuerzos admisibles para estructura del invernadero.



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 7 se visualiza los elementos fijos en la base del invernadero, las dos fuerzas que interactúan en el sistema: la fuerza de la gravedad de 9.8 m/s y la fuerza aplicada de 1000 N. Esta última basada en el promedio de subsistemas de control y alimentación eléctrica, que podrán disponerse dentro y fuera de la estructura. De esta manera, el software determina un máximo de 4,143 MPa como esfuerzo máximo.

Sabiendo que el esfuerzo de fluencia del acero A-36 (acero utilizado en el invernadero) es de 250 MPa, se procederá a calcular el factor de seguridad de la estructura del invernadero. Para hallar el factor de seguridad se utiliza la ecuación 1:

$$FS = \frac{\sigma_y}{\sigma_{VM}} = \frac{250\text{Mpa}}{4,143\text{Mpa}} = 60,34 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde

FS= Factor de seguridad

$\sigma_y$ = Esfuerzo fluencia

$\sigma_{VM}$ = Esfuerzo admisible

El factor de seguridad calculado para el sistema es de 60,34 indicando que tiene una alta capacidad para soportar más carga de la que se tiene prevista para el sistema.

### Construcción del invernadero tipo Domo

Para los materiales de construcción el invernadero se utilizaron elementos comerciales de fácil obtención en el país, que cumplan con las restricciones y necesidades presentadas en los requerimientos del cliente y tratadas bajo la casa de calidad QFD.

**Tabla 10.** Materiales de construcción para el invernadero tipo Domo.

Materiales
Tubo acero A-36 ¾" x6 m
Lamina de policarbonato 120x180cm
Tubo cuadrado de acero A-36 ¾" x ¾" x1.1 mm
Rollo de Polietileno 1x10m
Tornillos de ¼"
Tuercas y arandelas de ¼"

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 8 se muestra el resultado final del invernadero tipo Domo instalado en la sede Tagaste de la Universitaria AgustiniANA UNIAGUSTINIANA.

**Figura 8.** Invernadero tipo Domo – UNIGUSTINIANA sede Tagaste.



*Fuente:* elaboración propia.

### CONCLUSIONES

Una vez realizada la metodología de diseño se puede evidenciar la fiabilidad de la misma para atender los requerimientos del cliente y convertirlos en especificaciones de ingeniería que, a la postre, permitirán traducirse en un diseño confiable.

El invernadero tipo domo admite hasta 30 macetas para cultivar vegetales en dos niveles. Además, por sus dimensiones garantiza el ingreso del personal y permite incorporar sistemas de climatización, irrigación, iluminación y ventilación.

El diseño del invernadero podría ser el punto de partida para que más personas en la ciudad, e inclusive agricultores, se incentiven a obtener este tipo de estructuras con la finalidad de cultivar vegetales, buscando el mejoramiento de la producción con la seguridad de aumentar el porcentaje de vegetales cosechados con alta calidad en comparación con cultivos a cielo abierto o sistemas no automatizados bajo el concepto de microclimas.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universitaria Agustiniense UNIAGUSTINIANA. A la Vicerrectoría de Investigaciones y a la Decanatura de Ingeniería de la institución por permitir el desarrollo y financiación del proyecto de investigación expuesto en el presente artículo, así como por su interés y compromiso con el desarrollo del país y del sector agricultor, buscando el fortalecimiento de la investigación con un propósito social y sostenible que desembocará en el crecimiento económico y de bienestar de la comunidad agricultora y de la sociedad en general.

## REFERENCIAS

Correa, E. (2020). *La hora de las hortalizas*. Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/analisis/ender-correa2982797/la-hora-de-las-hortalizas-2982626>

Cruz, W. O. & Gutiérrez, J. P. (2021). *Diseño y construcción de un invernadero para el cultivo de fresa*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/40405>.

Eralte, A. (2018). *¿Qué son los invernaderos?* Arquigrafico. <https://arquigrafico.com/que-son-los-invernaderos>

Gómez, A. (2020). *Nivel tecnológico y desarrollo de los invernaderos en Colombia*. Redagráfica. <https://www.redagricola.com/co/nivel-tecnologico-y-desarrollo-de-los-invernaderos-en-colombia/>

Guerrero, P. (2012). *Microclima. La guía*. Recuperado de: <https://geografia.la-guia2000.com/general/microclima>

Jaramillo, J. et al. (2022). *MEMORIA EVENTOS VIRTUALES PROYECTO: Innovaciones para la horticultura en ambientes protegidos en zonas cálidas: opción de intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto de cambio climático en ALC*. Fontagro. [https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16343\\_-\\_Producto\\_8.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16343_-_Producto_8.pdf)

Rijswick, C. (2018). *World Vegetable Map 2018 More than Just a Local Affair*. RaboResearch Food & Agribusiness. [https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-foodagri/world\\_vegetable\\_map\\_2018.html](https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-foodagri/world_vegetable_map_2018.html)

Superintendencia de Industria y Comercio (2014). *Tecnología relacionada con invernaderos para flores. Banco de patentes SIC*. Editorial de la Superintendencia de Industria y Comercio.

Valensi, S. (2011). *Ventilation in greenhouses*. Azrom. <https://azrom.com/technology-highlights/ventilation-ingreenhouses>