

MODELO D+i
FASE II : Diseño e implementación
Punto de control
#PC5

Datos generales

ECOcultivosolar
Ingeniería en energía y petróleo
Proyectos 4
4to semestre
Patricia Yolanda Pool Contreras

Idea del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un invernadero de dimensiones $2 \times 3 \times 2.2$ metros, elaborado con materiales accesibles como PVC, Mallas, lona y bloques, donde se cultivará chile piquín en un ambiente controlado. Además, se integrará un sistema fotovoltaico con panel solar, lo que refuerza el enfoque de sustentabilidad, eficiencia energética e innovación tecnológica. Por ello, el nombre del proyecto debe reflejar estos tres ejes fundamentales: agricultura, energía limpia y formación académica.

Objetivo

General

Diseñar y construir un invernadero académico de pequeña escala durante un año para demostrar la viabilidad del chile piquín en Yucatán con el uso de energías limpias.

Específicos

- Analizar condiciones de crecimiento del chile piquín.
- Construir invernadero académico con materiales accesibles.
- Integrar un panel solar como fuente renovable.
- Evaluar crecimiento del chile piquín en el semestre.
- Demostrar la utilidad de invernaderos pequeños en lo académico.
- Analizar beneficios ambientales (menos pesticidas, energía limpia).

Diseño del proyecto

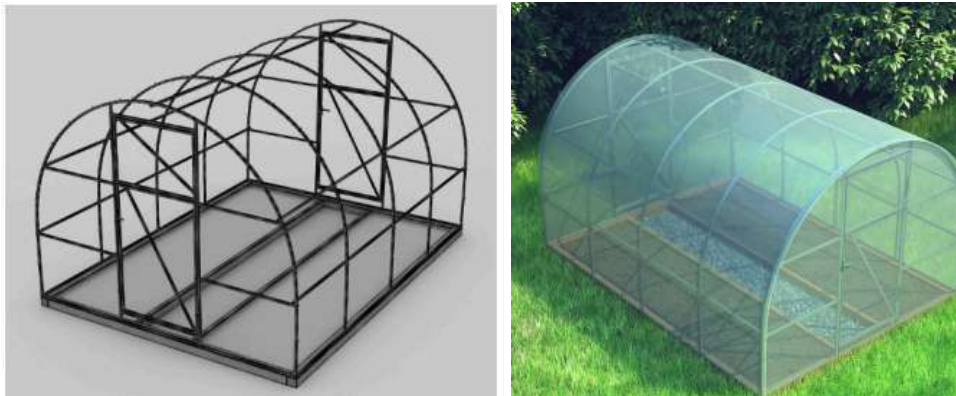
El diseño del invernadero se realizó considerando:

- Dimensiones del terreno disponible.
- Orientación para mejor aprovechamiento solar.
- Materiales de bajo costo pero resistentes.

El diseño del proyecto se basó en la elaboración de un invernadero sustentable que aprovecha la energía solar para mantener un ambiente controlado ideal para el cultivo de chile piquín. El proceso de diseño inició con la creación de un boceto a escala, donde se definieron las dimensiones generales del invernadero:

- Largo: 3 metros
- Ancho: 2 metros
- Altura: 2.2 metros

La estructura fue pensada con tubos de PVC, debido a su bajo costo, facilidad de ensamblaje y resistencia a la intemperie. Se utilizarán block y PVC flexible para armar los arcos. Todas las conexiones se fijarán con cables y sinchos, y cemento para fijar la estructura garantizando la rigidez de la estructura. Además el toldo y las paredes del invernadero estarán forradas con malla para protección Uv, tendrá sistema de riego autónomo que funcionará por medio de un panel solar.



Simulación

Se realizó una simulación del sistema de riego automático alimentado con energía solar para evaluar su funcionamiento y eficacia. Durante la prueba se verificó el desempeño del panel solar, la distribución del agua y el funcionamiento del sistema de goteo.

Resultados de la simulación

- El panel solar proporcionó la energía suficiente para alimentar el sistema de riego.
- El agua se distribuyó correctamente a través de las mangueras y goteros.
- Se comprobó que el sistema mantiene un riego uniforme en las plantas.
- El sistema funcionó de manera automática sin necesidad de conexión eléctrica externa.
- Se observó un ahorro de agua gracias al riego por goteo controlado.

Conclusión de la prueba

La simulación demostró que el sistema de riego solar es una solución eficiente y funcional para el suministro de agua en cultivos pequeños o invernaderos, permitiendo optimizar recursos y aprovechar energía renovable.



Características

1. Block 15x20x40 MAPSA (48 piezas)

- Se usan para construir paredes, cimientos o estructuras básicas. Proporcionan resistencia y estabilidad a la construcción.

2. Cemento Jaguar 25 kg (1 pieza)

- Material esencial para unir bloques y hacer mezclas de concreto o mortero para pisos, cimientos o reparaciones.

3. Polvo de piedra (1 unidad)

- Se utiliza como agregado en mezclas de cemento, aumentando la dureza y durabilidad de la mezcla.

4. Sacos de polietileno 50 kg (1 unidad)

- Para almacenar materiales secos (como cemento, arena o tierra) y protegerlos de la humedad o transportarlos.

5. Sacos de tierra (10 unidades)

- Se usaron para llenar las camas de cultivo del invernadero y preparar el suelo para sembrar.

6. Tubos verdes flexibles (10 unidades)

- Se utilizaron para hacer los arcos de la estructura del invernadero, proporcionando forma y soporte para

cubrir el área con lona o malla.

7. Kit sistema de riego solar (batería, bomba y sistema de goteo) (1 unidad)

- Permite regar plantas o cultivos de manera automática usando energía solar, ahorrando agua y tiempo.

8. Lona translúcida (15 metros)

- Se usa para cubrir los arcos del invernadero, permitiendo el paso de luz natural mientras protege de lluvia, viento o exceso de sol.

PRECIOS

1. **Block 15x20x40 MAPSA** – 48 piezas – \$20.42 c/u – **\$980.00**

2. **Cemento Jaguar 25 kg** – 1 pieza – \$101.72 c/u – **\$101.72**

3. **Polvo de piedra** – 1 unidad – \$30.17 c/u – **\$30.17**

4. **Sacos de polietileno 50 kg** – 1 unidad – \$6.90 c/u – **\$6.90**

5. **Sacos de tierra** – 10 unidades – \$50.00 c/u – **\$500.00**

6. **Tubos verdes flexibles** – 10 unidades – \$50.00 c/u – **\$500.00**

7. **Kit sistema de riego solar** (batería, bomba y sistema de goteo) – 1 unidad – \$1,680.00 – **\$1,680.00**

8. **Malla agricultura**– 15 metros – **\$2,400.00**



Pruebas

Pruebas preliminares

Prueba de Rigidez de la Base y Estructura

- *Verificar la estabilidad mecánica del invernadero ante condiciones de viento y el peso de los componentes.*

- Se aplicaron cargas laterales controladas a la estructura y se verificó el anclaje de la base al suelo. Se comprobó que el soporte de los paneles solares no afectará el centro de gravedad del prototipo.
- La estructura mostró una rigidez adecuada, manteniendo la integridad de las uniones y soportando el peso de la bomba y la red de **tubos flexibles** sin deformaciones.

Pruebas de Acondicionamiento de la Cama de Sembrado

- Determinar la composición ideal del sustrato y la distribución del riego por goteo.
- Se realizaron pruebas de filtración en las camas, utilizando capas de grava para drenaje y una mezcla de tierra rica en materia orgánica para el **Chile Piquín**.

Cimentación y Base de Bloques: Se inició con la edificación de una base perimetral utilizando **bloques de concreto**. Esta base fue fundamental para elevar el prototipo del nivel del suelo, proporcionando un anclaje sólido y pesado que garantiza la rigidez necesaria para soportar el peso de los componentes y las ráfagas de viento, mejorando además el drenaje del área de cultivo.



Estructura de Tubos
bloques, se montó el
utilizando **tubos verdes**.
proporcionando la
traslúcida y el panel solar de 100W, manteniendo una configuración ligera pero resistente.

Verdes: Sobre la base de
armazón principal
Estos tubos actúan como el esqueleto del invernadero,
estructura necesaria para sostener la cubierta plástica



Acondicionamiento de la Cama de Siembra: Se preparó el interior del invernadero mediante la creación de camas de cultivo con sustratos específicos para el **Chile Piquín**, asegurando que el terreno estuviera listo para la fase de plantación iniciada en marzo

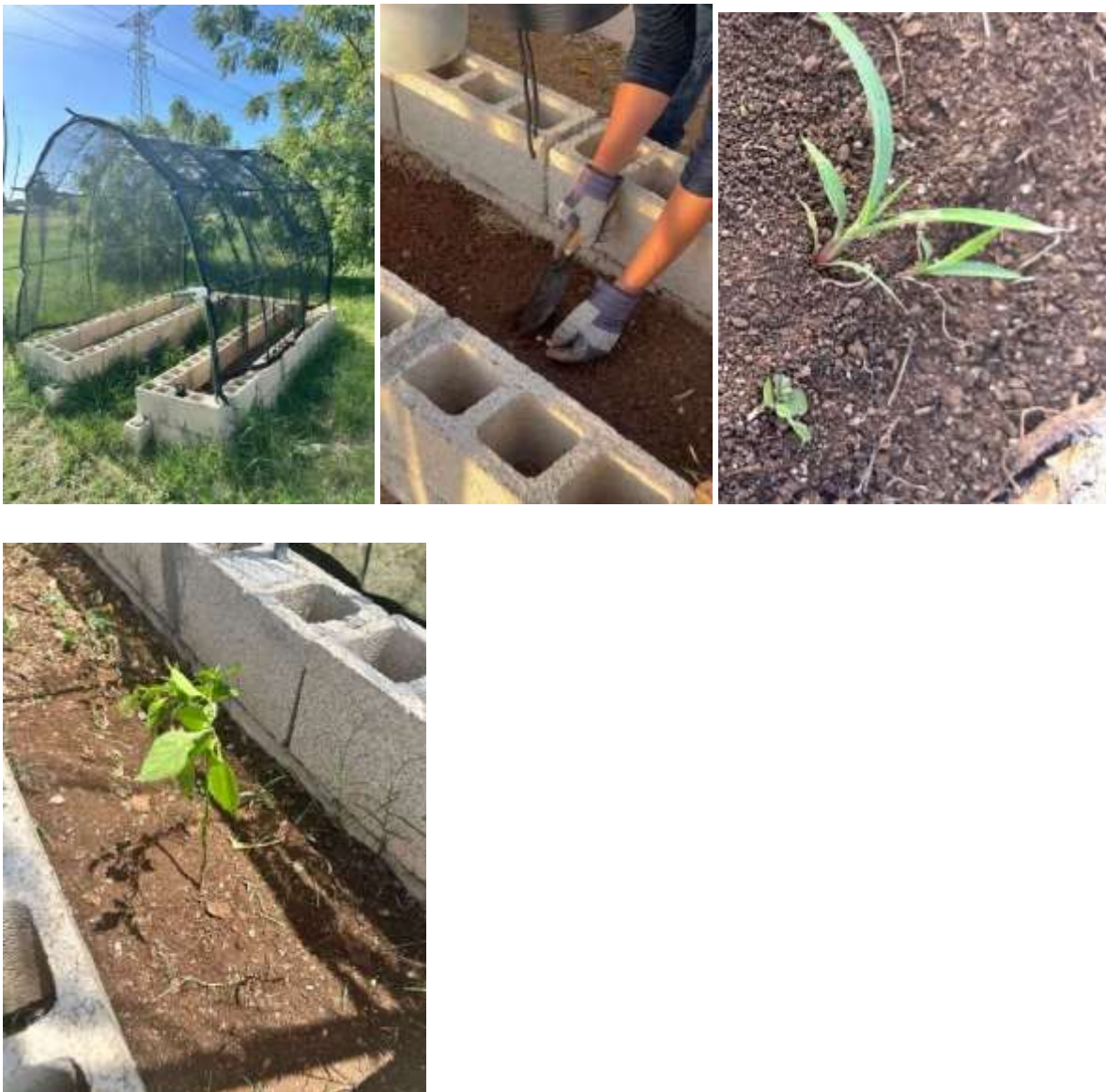
Resultados

Durante las pruebas realizadas al prototipo de riego automático solar se comprobó el correcto funcionamiento del sistema de distribución de agua y del suministro de energía mediante el panel solar. El sistema activó el riego adecuadamente y permitió mantener húmedo el sustrato durante gran parte del periodo de prueba.

En el proyecto se sembró chile piquín en diferentes etapas. Una de las plantas fue sembrada antes del periodo vacacional de Semana Santa, logrando presentar un crecimiento inicial favorable durante las primeras semanas. Sin embargo, debido a las altas temperaturas registradas en esta temporada en Yucatán, el desarrollo del cultivo comenzó a verse afectado progresivamente.

Las temperaturas extremas y la intensa exposición solar provocaron un aumento considerable en la evaporación del agua y estrés térmico en la planta. Como consecuencia, el chile piquín dejó de crecer y posteriormente presentó un secado total.

A pesar de ello, las pruebas permitieron comprobar que el sistema de riego y el panel solar funcionaron correctamente, demostrando la viabilidad del prototipo y permitiendo identificar factores ambientales que influyen directamente en el desarrollo del cultivo.



Bitácora de seguimiento del cultivo de chile piquín

Proyecto: Sistema de riego automático solar

Cultivo: Chile piquín

Periodo de evaluación: Marzo – 13 de mayo de 2026

18 de marzo de 2026

Se realizó la primera siembra de semillas de chile piquín en macetas con sustrato preparado. Durante los primeros días el riego se realizó manualmente para mantener la humedad adecuada y favorecer la germinación.

27 de marzo de 2026

Comenzaron a aparecer los primeros brotes de una de las semillas sembradas. La planta presentó un crecimiento inicial favorable gracias al riego constante realizado manualmente.

5 de abril de 2026

La planta continuó creciendo de manera estable. Se observaron hojas verdes y un tallo más firme. Debido a las altas temperaturas registradas en la temporada, se incrementó la frecuencia de riego manual para conservar la humedad del sustrato.

10 de abril de 2026

Antes del periodo vacacional de Semana Santa, la planta mostró un crecimiento favorable y logró adaptarse correctamente al sustrato. Fue la única planta que presentó desarrollo visible durante esta etapa.

21 de abril de 2026

Al regresar del periodo vacacional se realizaron nuevas siembras de chile piquín para continuar las pruebas del proyecto. Sin embargo, las temperaturas ambientales aumentaron considerablemente durante esos días.

28 de abril de 2026

Las nuevas semillas sembradas no lograron desarrollarse adecuadamente. Algunas no germinaron y otras comenzaron a secarse debido al intenso calor y a la rápida evaporación del agua en el sustrato.

22 de abril de 2026

Se inició el ensamblaje e instalación del sistema de riego automático alimentado mediante panel solar para mejorar la distribución del agua y mantener una humedad más constante en el cultivo.

25 de abril de 2026

Se realizaron las primeras pruebas del sistema de riego automático, comprobando el correcto funcionamiento de los goteros y del panel solar. El agua se distribuyó de manera uniforme.

2 de mayo de 2026

La única planta que había presentado crecimiento comenzó a mostrar signos de estrés térmico debido a las altas temperaturas registradas en Yucatán. El crecimiento disminuyó notablemente.

8 de mayo de 2026

A pesar del funcionamiento adecuado del sistema de riego, la planta presentó secado progresivo causado por el exceso de calor y la intensa exposición solar.

13 de mayo de 2026

En la revisión final del proyecto se observó el secado total de la planta de chile piquín. Las demás siembras realizadas después de Semana Santa no lograron desarrollarse debido a las condiciones climáticas extremas. Sin embargo, el sistema de riego automático solar funcionó correctamente y permitió comprobar la viabilidad del prototipo para futuras mejoras y aplicaciones agrícolas.

Conclusión de la bitácora

Las pruebas realizadas permitieron comprobar el funcionamiento del sistema de riego automático solar y la correcta distribución del agua. Únicamente la siembra realizada antes de Semana Santa presentó crecimiento favorable durante varias semanas; sin embargo, las altas temperaturas registradas en Yucatán afectaron posteriormente el desarrollo del cultivo hasta provocar su secado total. Las siembras realizadas después de Semana Santa no lograron germinar y desarrollarse adecuadamente debido al exceso de calor y la rápida evaporación de la humedad del suelo.

Seguimiento del plan de trabajo

Explicar y evidenciar el seguimiento de las actividades de acuerdo con el plan de trabajo planteado inicialmente.

Actividades		Entregables	Feb (11-18)	Feb (18-25)	Feb (25-04)	Mar (04-11)	Mar (11-18)	Mar (18-25)	Mar (25-01)
Diseño y cimentación del invernadero	Planos finales								
Instalación de paneles solares y cableado	Sistema eléctrico								
Preparación de sustrato y macetas	Prototipo armado								
Siembra y trasplante de Chile Piquín	Documento: Mezcla								
Inicio de Bitácora (Humedad y Luz)	Reporte fotográfico								
Montaje del sistema de riego y sensores	Bitácora digital								
Monitoreo de crecimiento y riego	Datos semanales								
Mantenimiento y limpieza de panel	Bitácora técnica								
Registro de cambios fenológicos	Fotos de cambios								
Análisis de eficiencia del sistema	Reporte de energía								
Presentación de resultados finales	Presentación								

Actualmente se continúa realizando el monitoreo del crecimiento y riego del cultivo de chile piquín, principalmente en la planta correspondiente a la primera siembra realizada antes de Semana Santa, debido a que fue la única que presentó desarrollo favorable durante las primeras semanas del proyecto. Se siguen realizando observaciones constantes para evaluar el estado de la planta y el comportamiento del sistema de riego automático.

De igual manera, se mantiene el mantenimiento y limpieza del panel solar y de los componentes del sistema de riego, verificando periódicamente las conexiones, goteros y distribución del agua para asegurar su correcto funcionamiento durante las pruebas restantes.

También continúa el registro de cambios fenológicos observados en la planta, documentando aspectos como el crecimiento, cambios de coloración, pérdida de humedad y efectos ocasionados por las altas temperaturas registradas en Yucatán.

Por último, se encuentra en proceso el análisis de eficiencia del sistema, evaluando el desempeño del riego automático solar y su capacidad para mantener humedad en el sustrato bajo condiciones climáticas extremas. Posteriormente se realizará la integración de resultados finales y la presentación del proyecto.