Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Agricultura

“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE UN INVERNADERO EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS EN LA FINCA LOS GEMELOS, UBICADO EN LA COMARCA LA MONTAÑITA, TISMA DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2026”.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Luz Elena Medina Francis
Carnet: 2019-04551

Tutor:

Ing. Omri David López Canales

19 de agosto de 2026
Managua, Nicaragua

24 de agosto del 2026

MSc. Ing. Silvano Cruz Sánchez

Director DACA

Su despacho

Estimado MSc. Ing. Cruz Sánchez

Reciba un cordial saludo.

Me dirijo a usted para informarle que el trabajo monográfico elaborado por la Br. Luz Elena Medica Francis, titulado **ESTUDIO TECNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE UN INVERNADERO EN LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN LA FINCA LOS GEMELOS, UBICADO EN LA COMARCA LA MONTAÑITA, TISMA DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2026.** ha sido finalizado y debidamente revisado, por lo que dicho trabajo cumple con los requisitos para ser sometido a defensa ante el honorable jurado que usted designo.

Agradeciendo la atención a la presente, me despido deseándole éxito en sus labores diarias.

Atentamente,

_____

Ing. Omri David López Canales

Docente del Programa Académico de Ingeniería Agrícola (PAIA)

Dirección del Área de Conocimiento de Agricultura (DACA)

CC/archivo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios,** primeramente, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría durante esta etapa tan importante en mi formación profesional.

Expreso mis más sinceros agradecimientos a mis padres, **José Medina** y **Cándida Francis**, a mis hermanitos, mis tías **Adelaida y Zayda Canales,** mi primo **Daniel Jhonas** y amigo **Bismarck Monjarrez**, quienes han sido un apoyo fundamental, durante todo este proceso, brindándome motivación, comprensión y confianza en cada momento.

De igual manera agradezco a todos mis Maestros, quienes se esforzaron en mi formación desde mi pre-escolar hasta mi etapa universitaria, al **Ing. Carlos E. Aburto** quien compartió conocimientos, experiencias, consejos y valores que han fortalecido mi desarrollo académico, especialmente a mi tutor **Ing. Omri David López Canales** por su valiosa orientación, dedicación, paciencia y acompañamiento durante este trabajo investigativo, sus conocimientos, recomendaciones y apoyo motivaciones fueron fundamental para la culminación satisfactoria de esta tesis.

Asimismo, agradezco a la **Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo**, Gerente General de la empresa, AGRIZEN S.A por brindarme la oportunidad de hacer pasantillas en su institución, a mis compañeros de labor quienes me brindaron su colaboración y aporte para realizar esta investigación.

Y finalmente agradezco a mis amistades, **Ing. Wendy Vivas y Fabiola Herrera,** quienes fueron una motivación en la carrera, con quienes compartí conocimientos, desafíos, alegrías y tristezas durante mi proceso universitario.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis, en primer lugar, a **Dios** por brindarme la fortaleza, la sabiduría y sobre todo la perseverancia necesaria para culminar esta importante etapa de mi vida.

A mis podres, **José Medina** y **Cándida Francis** por su amor incondicional, sus consejos, sacrificios y apoyo constante a mi Abuelito **Dionicio Francis (Q.E.P.D)** y a mi Tía **Anabel Medina (Q.E.P.D)**, quienes siempre me motivaban a seguir adelante y estuvieron al pendiente durante los momentos más difíciles en la carrera.

A mis tías **Adelaida Canales** y **Rosa Medina** quienes con sus palabras de ánimos y compañía fueron parte fundamental de este logro.

De manera especial, dedico este esfuerzo a mi tutor de tesis, **Ing.Omri David López** por su orientación, paciencia y valioso acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación, contribuyendo significativamente en mi crecimiento profesional.

Finalmente, dedico este logro a mí misma, por la dedicación el esfuerzo y la constancia invertida para una de mis metas más importantes.

RESUMEN

El presente estudio técnico tuvo como objetivo principal diseñar la propuesta de rehabilitación de un invernadero para la producción de hortalizas en la finca los Gemelos, ubicada en la Comarca La Montañita, municipio de Tisma, departamento de Masaya, durante el año 2026. La metodología se basó en un enfoque descriptivo y de campo, implementando el método de observación directa, levantamiento con GPS y medición con cinta para un área de10m de ancho x 21m de largo x 5m de alto cenital.

Los resultados del diagnóstico revelaron un estado patológico critico generalizado por factores climáticos y ausencia de mantenimiento. Se identificaron daños de la cubierta al 100%, sistema de riego 90% en la malla antivirus en el área de desinfección y un 70% en la estructura metálica. La inspección determino que la estructura posee una capacidad operativa real de apenas el 6.50%, a lo que anula la gestión micro climática y expone la producción intensiva a una mortalidad total.
Ante esta situación, se estructuro un plan de intervención que contempla la selección de polietileno con protección UV de alta densidad, malla antivirus, el mantenimiento del sistema de riego y el reforzamiento de marcos con tubos galvanizados y tornillería de acero inoxidable.

Finalmente, la estimación financiera determino que el costo total de la rehabilitación asciende a C$270,025.19, concentrado en el forrado y mano de obra. Al realizar el análisis de viabilidad económica frente a la construcción de un invernadero nuevo cuya inversión total requiere C$ 789,153.95, se concluye que la rehabilitación integral es la alternativa más viable, ya que representa el 24.72% del costo de una obra nueva.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 1
II. ANTECEDENTES 2
III. JUSTIFICACIÓN 4
IV. OBJETIVOS 5
4.1. Objetivo General 5
4.2. Objetivos Específicos 5
V. MARCO TEÓRICO 6
5.1. Agricultura protegida 6
5.1.1. Invernadero 6
5.1.2. Clasificación de los invernaderos 6
5.1.3. Tipos de Invernaderos 7
5.1.4. Ventajas desventajas 9
5.1.5. Desventajas 10
5.1.6. Elección del tipo de invernadero 10
5.1.7. Elementos que componen un invernadero 10
5.2. Rehabilitación de un invernadero 12
5.2.1. Actividades que se realizan 12
5.3. Costos que intervienen en la rehabilitación de un invernadero 14
5.3.1. Tipo de costos 14
5.3.2. Presupuesto 14
VI. DISEÑO METODOLÓGICO 15
6.1. Diseño de la Investigación 15
6.1.1. Según el enfoque de Investigación 15
6.1.2. Según el alcance de los resultados 15
6.1.3. Según en tiempo de ocurrencia 15
6.1.4. Según el periodo que se realiza el estudio 16
6.2. Localización del estudio 16
6.2.1. Macro localización 16
6.2.2. Micro localización 16
6.3. Metodología 17
6.3.1. Unidad de estudio 17
6.3.2. Variables de estudio 17

6.3.3. Evaluación del estado físico y técnico actual de la infraestructura. ... 18
6.3.4. Elaboración del plan de actividades y cronograma de intervención técnica. ... 19
6.3.5. Estimación de los costos de inversión y recursos financieros requeridos. ... 20
VII. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ... 21
7.1. Evaluación del estado físico y técnico actual del invernadero. ... 21
7.1.1. Situación actual del invernadero ... 21
7.1.2. Matriz de Diagnóstico de Infraestructura ... 22
7.1.3. Análisis de Patologías Estructurales ... 25
7.1.4. Capacidad Operativa Actual ... 28
7.2. Plan de actividades y de intervención técnica en la rehabilitación de invernadero. ... 31
7.2.1. Especificaciones Técnicas de Materiales ... 31
7.2.2. Protocolo de Intervención ... 34
7.2.3. Cronograma propuesto para la rehabilitación del invernadero ... 36
7.2.4. Diseño de Planos de Detalle: ... 38
7.3. Costos de inversión en la rehabilitación de invernadero. ... 42
7.3.1. Análisis de Precios Unitarios (APU) ... 42
7.3.2. Presupuesto Detallado ... 46
7.3.3. Resumen de Inversión Total ... 47
7.3.4. Análisis de Viabilidad ... 48
7.3.5. Resumen de costo total de nuevo invernadero ... 52
VIII. CONCLUSIONES ... 54
IX. RECOMENDACIONES ... 55
X. REFERENCIAS ... 56
XI. ANEXOS ... i

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales para invernadero. 13
Tabla 2 Variables e indicadores de estudio 17
Tabla 3: Matriz de infraestructura. 22
Tabla 4: Patología estructural 26
Tabla 5: Daños de los componentes del invernadero 28
Tabla 6: Matriz de Capacidad Operativa Real 30
Tabla 7: Materiales a usar en los perfiles del invernadero 33
Tabla 8: Protocolo de intervención 34
Tabla 9: Diagrama de Gantt de las actividades a realizar 37
Tabla 10: Descripción de forrado del invernadero 42
Tabla 11: Obras grises para el invernadero 43
Tabla 12: Material ferretero para la estructura 44
Tabla 13: Sistema de riego 45
Tabla 14: Instalación del sistema de Agricultura protegida 45
Tabla 15: Costos directos 46
Tabla 16: Costos indirectos 47
Tabla 17: Resumen de Costo total 47
Tabla 18: Costo total de la rehabilitación 48
Tabla 19: Estructura metálica 49
Tabla 20: Materiales ferreteros 49
Tabla 21: Plancheta de desinfección 50
Tabla 22: Materiales para pantalla térmica 50
Tabla 23: Materiales para sistema de riego por goteo 50
Tabla 24: Forrado del invernadero 51
Tabla 25: Fabricación de estructura metálica 52
Tabla 26: Resumen de presupuesto 52
Tabla 27: Bitácora de actividades en campo v

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estatus actual del invernadero 27
Figura 2: Diseño de detalles en arco. 39
Figura 3: Diseño frontal. 39
Figura 4: Diseño trasero 40
Figura 5: Diseño de desinfección 40
Figura 6: Diseño isométrico del invernadero a rehabilitar. 41
Figura 7: Invernadero deteriorado i
Figura 8: Mapa de Macro localización ii
Figura 9: Mapa de micro localización iii
Figura 10: Estructura del invernadero iv
Figura 11: Supervisión de estructura, malla deteriorada y sistema de riego deshabilitado vi
Figura 12 Cubierta de malla rota vii
Figura 13 Ficha técnica de Plástico UV viii
Figura 14 Ficha técnica de Malla antivirus ix
Figura 15 Ficha técnica de Malla sarán x

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura protegida constituye una alternativa estratégica para mejorar la productividad y calidad de las hortalizas, especialmente en zonas donde las condiciones climáticas y fitosanitarias pueden afectar el rendimiento de los cultivos (Lira, 2022). En este contexto los invernaderos representan una herramienta fundamental para optimizar el control ambiental, reducir riesgos y garantizar una producción más eficiente y sostenible.

Los invernaderos han demostrado ser una herramienta clave para mejorar la eficiencia productiva y la sostenibilidad de la agricultura, ya que posibilitan ciclos de cultivo más largo, mayor uniformidad de producto y el manejo racional de recursos como el agua y fertilizantes, lo cual influye positivamente en la rentabilidad de la producción de hortalizas. (Brahmareddy, 2025.)

Esta propuesta se enfoca en la rehabilitación de un invernadero destinado a la producción de hortalizas en la finca los gemelos ubicada en la comarca La Montañita, municipio de Tisma, departamento de Masaya con proyección al año 2026. La iniciativa surge ante la necesidad fortalecer la infraestructura existente, mejorar sus condiciones físicas y técnicas y garantizar su funcionamiento y aprovechar la producción de las hortalizas.

Para ello se contempló el estado físico y técnico actual de la infraestructura, mediante observaciones directa en campo, con el fin de identificar las necesidades críticas de reparación que permitan priorizar intervenciones eficientes, de manera complementaria se elaborara un plan de actividades que influirá en la selección de materiales adecuados, de igual manera se estimaran costos de inversión y recursos financieras requerido para la ejecución de este proyecto basada en cotizaciones de mercado que permita evaluar la viabilidad económica y asegurar la disponibilidad de los recurso necesarios para implementar la rehabilitación del sistema de producción.

II. ANTECEDENTES

Collado & Cajina, (*2023*) realizaron una propuesta de alternativa a la Finca Experimental Agrícola (FAE - UNI) para buscar optimizar el proceso de producción para mejorar la calidad y cantidad de las plántulas, aprovechando las ventajas del invernadero, como el control del clima y la protección contra plagas. La propuesta incluye un análisis del contexto local, se plantean estrategias de manejo agronómico, selección de variedades adecuadas y el diseño del invernadero que permitirá un control más eficiente del microclima, lo que favorecerá el crecimiento y la sanidad de las plántulas, esta propuesta integrar innovación y sostenibilidad en la producción agrícola de la finca, contribuyendo al desarrollo estudiantil de la universidad.

Palma & García (2023). Realizaron un estudio donde confirman que el cambio climático y la incidencia de plagas y enfermedades han impactado negativamente en el rendimiento productivo de los cultivos, en hortalizas a campo abierto. En Nicaragua se está popularizando el cultivo de hortalizas en ambientes protegidos. Este enfoque se ha convertido en una alternativa rentable y sostenible para los productores, ya que estos sistemas permiten un mejor control de plagas y enfermedades, un mejor manejo de los factores ambientales. Los resultados obtenidos en las condiciones de invernadero mostraron que las altas temperaturas al interior (38°C) provocaron aborto floral en el cultivo de tomate, indicando que esta especie no se adapta bien a las condiciones edafoclimáticas.

Santamaria (*2024*) Realizo un diagnóstico sobre la situación socio económico y productiva de las familias productoras de hortalizas y frutales de la comunidad Caño Blanco, municipio de Bluefields, RACCS. La producción de hortalizas y frutales mediante sistemas mejorados en invernaderos climatizados. El segundo capítulo, aborda lo relacionado al proyecto Modelo de invernadero bajo sistemas mejorados resilientes al cambio climático para la producción de hortalizas y frutales con familias protagonistas en la comunidad Caño Blanco, pretende contribuir a la reducción de la pobreza, mejorando la producción y productividad agrícola, aportando a la seguridad alimentaria, nutricional y a la economía de las familias productoras, dando cumplimiento con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de acuerdo a la agenda 2015

– 2030 y al Plan Nacional de la Lucha Contra la Pobreza para el Desarrollo Humano 2022-2026.

Campana et al., (2025) El sector agrícola debe afrontar desafíos cada vez más urgentes relacionados con el crecimiento poblacional y el cambio climático. En este contexto, el cultivo en invernadero representa una solución estratégica capaz de evolucionar hacia modelos más sostenibles desde un punto de vista económico y ambiental. Esta revisión adopta un enfoque multidisciplinario para llenar el vacío de una visión integral, analizando las principales estrategias para mejorar la eficiencia del uso de energía, agua, nutrientes y CO_2 en invernaderos. Si bien las fuentes de energía renovables pueden reducir los costos energéticos a largo plazo, su alta inversión inicial puede limitar su adopción sin incentivos suficientes. Además, los sistemas sin suelo pueden mejorar la eficiencia del agua hasta en un 90%; sin embargo, en muchas regiones áridas, la escasez de agua dulce requiere la exploración de fuentes alternativas.

III. JUSTIFICACIÓN

La producción de hortalizas bajo el sistema de agricultura protegida se ha consolidado como una alternativa eficiente para enfrentar las limitaciones climáticas y fitosanitarias que afectan los cultivos en campo abierto, según Palma & García (2023). Los invernaderos permiten un mejor control de las condiciones ambientales, favoreciendo el desarrollo de los cultivos y contribuyendo al incrementar la productividad agrícola (Lira, 2022; Villagrán et al., 2021).

El presente trabajo monográfico surge ante la necesidad de rehabilitar el invernadero de la Finca Los Gemelos, ubicada en la comarca La Montañita, municipio de Tisma, debido al deterioro que presentan sus principales componentes estructurales y funcionales. Esta situación limita su operación y reduce las ventajas que ofrece la agricultura protegida para la producción sostenible de hortalizas.

Desde el punto de vista técnico, el estudio permitirá realizar un diagnóstico del estado actual de la infraestructura y formular una propuesta de rehabilitación que contribuya a mejorar las condiciones adecuadas de operación. La intervención propuesta contempla la recuperación de elementos esenciales como la cubierta, el sistema de riego, la malla antivirus y la estructura metálica, garantizando mejores condiciones para el manejo del cultivo

El ámbito económico y productivo, la rehabilitación representa una alternativa viable para optimizar el uso recursos existenciales, evitando inversiones mayores asociada a la inversión de una infraestructura, así mismo fortalecer la capacidad de producción en la finca contribuyendo a mejorar la disponibilidad de hortalizas, la generación de ingresos y la sostenibilidad de la unidad de producción.

Finalmente, desde la perspectiva académica, esta investigación aporta información técnica sobre la evaluación y rehabilitación de invernaderos en condiciones reales de producción, constituyendo una referencia para futuros estudios relacionados con agricultura protegida y sistemas productivos.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Realizar un estudio técnico para la rehabilitación de un invernadero en la producción de hortalizas en la Finca Los Gemelos, ubicado en la comarca La Montañita, Tisma departamento de Masaya, 2026.

4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el estado físico y técnico actual de la infraestructura identificando las necesidades críticas de reparación mediante el método de observación directa en campo.

- Elaborar el plan de actividades y de intervención técnica a través de la selección de materiales adecuados.

- Estimar los costos de inversión requeridos mediante la elaboración de un presupuesto técnicos del proyecto.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Agricultura protegida

La agricultura protegida es un sistema de producción agrícola que utiliza estructuras físicas como invernaderos, túneles y mallas junto con tecnologías específicas para modificar y controlar el ambiente donde crecen los cultivos**.** Esto permite protegerlos de condiciones climáticas adversas (como lluvia, viento, calor o frío) y de plagas, y crear condiciones óptimas de temperatura, humedad, radiación y otros factores ambientales para mejorar el rendimiento, la calidad y la disponibilidad de los cultivos a lo largo del año. (Betancourt, 2025)

5.1.1. Invernadero

Son estructuras cerradas y cubiertas con plástico o vidrio pueden ser simples (una sola nave) o de varias naves pueden Controlar el clima interno (luz, temperatura, humedad, niveles de CO2, etc.). (Betancourt, 2025)

Así mismo Betancourt (2025) expresa que se puede producir fuera de época o en zonas difíciles hay muchos tipos y tamaños: desde caseros hasta industriales. Los más comunes usan estructura de acero o bambú y cobertura de plástico en los techos con sustancias especiales que permiten dispersar o filtrar la luz y que las plantas puedan aprovechar mejor la energía solar para la fotosíntesis

5.1.2. Clasificación de los invernaderos

- Micro túnel: Son estructuras pequeñas (0.5 a 1 metro de altura), fáciles de armar y baratas. Pueden construirse de plástico, malla antiáfidos, madera, alambre galvanizado, tubos PVC, bambú, etc. Se usan para proteger a las plantas las primeras etapas de crecimiento (etapa de plántula). Protegen de lluvias, viento, plagas y enfermedades. Las labores de manejo se realizan desde el exterior. (Betancourt, 2025)

- Macro túneles: Son estructuras más altas y largas (hasta 3.5 metros). - Permiten entrar a trabajar con facilidad se cubren con plástico, malla

sombra o agribón muy útiles para tomate, fresa, chiltoma, entre otros parecidos a un invernadero, pero sin control automático de la temperatura**.** (Betancourt, 2025)

- Casa malla o casa sombra: Se usan para dar sombra y bajar la temperatura reducen la luz solar directa, evitan quemaduras en la planta bajan el uso de agua y fertilizantes porque disminuyen la evaporación se usan mucho en almácigos y viveros de hortalizas y cultivos como el café y el cacao las mallas pueden presentar diferentes porcentajes de sombra: 30%, 50% 70 %, etc. (Betancourt, 2025)

5.1.3. Tipos de Invernaderos

- Invernadero capilla de ala ancha: El techo de este tipo de invernaderos está formado por dos planos inclinados con caída simétrica a ambos lados de la cumbrera: “Invernaderos capilla a dos aguas”.(Rey, 2021)

- Invernadero tipo Venlo: También es otra estructura de acero prefabricada con cubierta de vidrio y tiene origen holandés. Es muy frecuente en el centro-norte de Europa y admite usos de producción tanto de hortalizas como de flores y plantas en macetas. El techo de este invernadero es multica pilla y está cubierto por paneles de vidrio que descansan directamente sobre los canalones de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. (Rey, 2021)

- Invernadero Capilla curva: Como su propio nombre indica son invernaderos de techo curvo. Esta capilla curva normalmente está fabricada con perfiles tubulares rectangulares galvanizados bien mediante galvanizado, sistema continuo o bien mediante inmersión en caliente sistema discontinuo**.** (Rey, 2021)

- Invernadero gótico: Los invernaderos góticos o multigóticos (si se adosan sucesivamente varias naves) son una variante del multitúnel. Los perfiles de los pilares son los mismos y su galvanizado también. Donde reside la principal diferencia es en la presencia de las denominadas carracas o arcos góticos realizados en tubo de sección con diámetro de 60mm. en acero galvanizado, Z-275. Normalmente este tipo de invernaderos es utilizado en climas cálidos y tropicales ya que la forma de sus ventilaciones cenitales facilita ya aumenta la ventilación del invernadero. (Rey, 2021)

- Invernadero multitúnel: La estructura principal está formada por pilares de sección rectangular, canalones de chapa galvanizada, y techo formado por arcos en tubo normalmente de sección 60 o 50mm. de diámetro también en acero galvanizado, Z-275 curvados dependiendo de la anchura de la nave ancho del invernadero.(Rey, 2021)

- Invernadero gótico asimétrico o con ventilación fija: Este invernadero ha sido ideado para climas cálidos y tropicales, de hecho, también es conocido como invernadero tropical o invernadero con ventilación estática o fija. (Rey, 2021)

- Invernadero tipo túnel: Los invernaderos túnel, a diferencia del invernadero tipo multitúnel, este tipo de invernadero no tiene pilares. Consta de arcos anclados directamente al suelo. Es una estructura sencilla que hace que el montaje pueda ser realizado con facilidad por el particular lo que se traduce en un importante ahorro económico. (Rey, 2021)

- Invernadero tipo parral: Es el invernadero más habitual en el paisaje de Almería, conocido de manera popular como “mar de plástico”, debido a su intensa concentración de invernaderos con cubierta de plástico tipo film.

Son invernaderos de bajo precio y techo plano, por lo que nos es recomendable su instalación en zonas donde existan precipitaciones regulares que pueden presentar problemas por formación de bolsas de agua en la cubierta de plástico polietileno o tipo film con el consecuente riesgo de hundimiento de la estructura. (Rey, 2021)

- Invernadero de raspa y amagado: También muy típico de la zona de El Ejido y muy similar al tipo parral, pero variando la forma de la cubierta ya que en este caso se trata de un invernadero asimétrico. La altura máxima del invernadero hasta la cumbrera aumenta hasta los 3 metros aproximadamente formando lo que se conoce como raspa. El amagado constituye la parta más baja dónde se atan las mallas de cubierta al suelo mediante vientos y horquillas que permiten colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. (Rey, 2021)

5.1.4. Ventajas desventajas

Según Betancourt (2025), Las ventajas principales de cultivar en invernaderos incluyen un menor riesgo ante el clima extremo, un uso más eficiente del agua y los fertilizantes, un control superior de plagas y enfermedades, la capacidad de producir durante todo el año, y un mayor rendimiento por unidad de área.

Protección y Control:

- Menor riesgo de producción: Protege los cultivos contra heladas, granizo, lluvias fuertes y sequías.
- Control del microclima: Regula la temperatura, la humedad y la luz para dar a las plantas un entorno ideal.
- Gestión de plagas: Las estructuras cerradas o herméticas frenan el paso de insectos y animales dañinos.

Productividad y Recursos:

- Cultivo todo el año: Permite cosechar fuera de temporada sin depender del clima exterior.

- Uso eficiente de insumos: Optimiza el agua y los nutrientes mediante sistemas como el riego por goteo o la fertirrigación.
- Mayor rendimiento: Aumenta la cantidad y la calidad de los frutos gracias a la densidad de siembra y la estabilidad del ambiente.

5.1.5. Desventajas

Según Betancourt (2025), Las ventajas de los invernaderos son las siguientes:

- La inversión inicial es más alta.
- Requiere conocimiento técnico.
- Es un sistema delicado, que necesita cuidado constante.

5.1.6. Elección del tipo de invernadero

Gonzalo Rey (2021) considera que los condicionantes a tener en cuenta a la hora de encarar el proyecto de la construcción de un invernadero son los siguientes:

- Localización
- Clima de la zona
- Suelo
- Agua de riego
- Orientación del invernadero
- Pendiente de la cubierta del invernadero

El tipo de invernadero que se elija debe cumplir con los requisitos para posibilitar la actividad que se pretende desarrollar en él. Se puede hacer un análisis multicriterio de las diferentes alternativas ponderando los diferentes criterios en función de la importancia que se le quiera dar a cada uno de ellos, para que de esta forma el criterio más importante tenga mayor peso sobre la solución final adoptada.

5.1.7. Elementos que componen un invernadero

Según Sistemas Hortícolas Almería S.L. (2025)es importante conocer todas las partes de un invernadero y sus funciones básicas. A continuación, se detallan:

- **La estructura:** Es el armazón del invernadero y, por ello, la parte más importante de su construcción. Debe diseñarse teniendo en cuenta las necesidades de los cultivos y las características concretas de la zona en la que se va a ubicar. Por supuesto, es fundamental que se construya con materiales de calidad para garantizar su durabilidad.

- **La cubierta:** Todos los elementos que se colocan sobre la estructura. Principalmente nos referimos a los plásticos para invernadero, pero también se incluyen otros materiales fundamentales como las mallas mosquiteras o las mallas de sombreo. En su caso pueden sustituirse estos materiales por policarbonato.

- **El área de crecimientos de los cultivos:** Es decir, la zona en la que se van a plantar las semillas o plantones; ya sea en el suelo, en mesas de cultivo, en semilleros o en bolsas de cultivo.

- **El sistema de riego y drenaje:** En función del tipo de riego que se utilice en el invernadero será más o menos sofisticado. Este apartado incluye tanto las posibles tuberías para la instalación de un sistema de riego automatizado como las canillas para la evacuación del agua de lluvia, por ejemplo.

- **El sistema de ventilación:** Todas las puertas y ventanas que pueden activarse de forma manual o automatizada, así como los ventiladores, y otros sistemas para mover el aire.

- **El sistema de calefacción o aire acondicionado** en función de las necesidades propias de la zona.

- **El sistema de iluminación** en caso de que sea necesario contar con el apoyo de un sistema de luz artificial para complementar a la iluminación natural.

- **Todos los sistemas mecánicos y de automatización:** Cualquier elemento que se utilice para mecanizar ciertas labores dentro del invernadero. Por ejemplo, los motores para facilitar la apertura de puertas y ventanas.

5.2. Rehabilitación de un invernadero

La rehabilitación de invernaderos implica la limpieza, reparación de cubiertas de polietileno, tensado de estructuras, revisión de sistemas de riego y ventilación para asegurar un ambiente controlado. Es fundamental limpiar con agua y jabón suave, reparar roturas con cintas especiales y revisar ventiladores para evitar la degradación del plástico. Estas acciones aumentan la rentabilidad y productividad, permitiendo el cultivo de hierbas, hortalizas y plantas diversas. (*Down*, 2014)

5.2.1. Actividades que se realizan

- Revisión y Limpieza Estructural: Limpiar las cubiertas para asegurar la máxima entrada de luz, usando agua tibia y jabón suave.
- Revisar el apriete de cables y la estructura metálica: Limpiar cunetas y asegurar que las tuberías de desagüe estén despejadas.
- Reparación de la Cubierta (Plásticos): Tapar rasgaduras en el polietileno con cinta de reparación especial para invernaderos.
- Cambiar el polietileno si está muy degradado, asegurando que la cubierta esté tensa.
- Utilizar soluciones adhesivas de alta calidad para reparar geo membranas y plásticos de suelo.
- Mantenimiento de Sistemas Auxiliares: Verificar motores de ventiladores (sopladores) y reemplazarlos si es necesario al cambiar el plástico.
- Implementar mallas anti plagas en las paredes para un control biológico eficiente.

- Asegurar el funcionamiento del sistema de riego por goteo o aspersión.

5.2.2. Reactivación y Producción

Aprovechar estructuras abandonadas para la producción de cultivos rentables como hierbas y micro vegetales. (*NCAT*, 2025.)

Según DryGair (*2021*) estos procesos se pueden realizarse de varias maneras. Primero, es importante sellar cualquier orificio en el material de la cubierta, grietas entre los cristales de las ventanas, rejillas de ventilación sueltas, etc. Una vez que el espacio esté bien sellado, se puede comenzar a trabajar en un entorno cerrado, es decir, con ventanas, puertas y rejillas de ventilación completamente cerradas. Esto permite optimizar el control del clima y ajustar las condiciones de cultivo.

En lo que respecta a producción ya una vez asegurado que toda la estructura este en buen estado y con sus condiciones, según González, (2022) se proceden a preparar el sustrato, se escoge el tipo de bandeja y el sistema de riego a usar.

5.2.3. Material que conforman un invernadero

Los materiales que generalmente son utilizados en la construcción de un invernadero son fundamentales para garantizar su durabilidad y eficiencia generalmente se realizan utilizando los siguientes materiales:

Tabla 1: Materiales para invernadero.

ESTRUCTURA	OBRAS GRISES	SISTEMA DE FORRADO
Tubo redondo Galván	Cemento	Malla antivirus
Tubo cuadrado Galván	Arena	Plástico UV
Locke	Piedrín	Malla sarán
Golosos	Varilla corrugada	
Tensores		
Resorte zigzag		
Cable acerado		

Fuente: AGRIZEN S.A (2026).

5.3. Costos que intervienen en la rehabilitación de un invernadero

Para saber esto necesitamos llevar registro de todos los gastos en que incurrimos (MCA/Nicaragua,2016) en la rehabilitación y según, Aparicio (2008), expresa que los costos de construcción de un invernadero tienden a ser muy variable, éstos dependen de muchos factores, tales como: tamaño, estructura, tipo de tecnología, materiales y zona de ubicación así lo indicó (Ferrato y Herrera 1994).

Según Kingsley (*2024*) la rehabilitación de un invernadero implica costos estructurales y técnicos, enfocándose en materiales de cobertura (plástico/policarbonato), reparación de la estructura metálica, sistemas de riego, ventilación y calefacción. Otros gastos clave incluyen la mano de obra para montaje y, en ocasiones, adecuación del suelo, con precios que varían según la tecnificación, desde soluciones rústicas hasta industriales.

5.3.1. Tipo de costos

- Directo: Son los desembolsos económicos necesarios para la realización de un proyecto, esto va incluido en los gatos como: materiales y mano de obra como los indirectos (como costos administrativos y de operación) (Mosquera, 2023)

- Indirecto: Representa el consumo de recursos económicos para obtener bienes o servicios que no generan un beneficio futuro. Los gastos se consumen completamente en el momento de su realización y no se espera que generen un retorno económico. (Mosquera, 2023)

5.3.2. Presupuesto

Se refiere al desembolso de recursos financieros con el objetivo de obtener beneficios futuros. Las inversiones pueden realizarse en diversos activos, como bienes raíces, acciones, o proyectos empresariales, con la expectativa de generar ingresos o incrementar el valor del capital invertido (FAO, 2023)

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Diseño de la Investigación

6.1.1. Según el enfoque de Investigación

La investigación tiene un enfoque mixto, al integrar métodos cualitativos y cuantitativos para el análisis del invernadero en estudio. El componente cualitativo permitió evaluar las condiciones físicas y funcionales de la infraestructura mediante inspección técnica de los elementos estructurales, cobertura, sistema de riego y demás componentes del sistema de agricultura protegida. Por su parte, el componente cuantitativo comprendió el levantamiento de dimensiones, la cuantificación de daños, la estimación de materiales requeridos y la elaboración del presupuesto técnico para la rehabilitación del invernadero.

6.1.2. Según el alcance de los resultados

La investigación se califica como descriptiva y propositiva. Es descriptiva porque permitió caracterizar el estado físico y técnico actual del invernadero mediante la identificación y análisis de las principales deficiencias presentes en sus componentes estructurales y operativos. Asimismo, es propositiva porque, a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico, se formuló una propuesta técnica de rehabilitación orientada a restablecer las condiciones funcionales de la infraestructura para la producción de hortalizas bajo ambiente protegido.

6.1.3. Según en tiempo de ocurrencia

Es una investigación de tiempo transversal, debido a que la recolección de información y el diagnóstico del estado físico y técnico del invernadero se realizaron en un único periodo de estudio durante el año 2026. La información obtenida permitió analizar las condiciones existentes de la infraestructura en un momento determinado y generar la propuesta de rehabilitación correspondiente.

6.1.4. Según el periodo que se realiza el estudio

El estudio es de carácter prospectivo, ya que la información recopilada durante el proceso de investigación fue utilizada para formular una propuesta técnica de rehabilitación cuya ejecución se proyecta a futuro. En este sentido, los resultados obtenidos permiten definir las acciones, materiales, actividades y recursos necesarios para recuperar la funcionalidad del invernadero y mejorar las condiciones de producción de la finca.

6.2. Localización del estudio

Se muestra la ubicación del área de estudio abarcando tanto la macro localización y micro localización, donde se centran las características específicas del entorno para la restauración del invernadero. *(ver anexo, figura 2)*

6.2.1. Macro localización

El proyecto se llevó a cabo en el departamento de Masaya, situado en el pacífico del país de Nicaragua, limitando al Norte con el departamento Managua, al sur con municipio de Catarina, al Este con el departamento de Granada, y al Oeste con la laguna de Masaya. *(ver anexo, Figura 3)*

6.2.2. Micro localización

El proyecto se realizó específicamente en el municipio de Tisma, ubicada a 38.4 km del departamento de Managua específicamente en la comarca La Montañita. *(ver anexo 2).* Esta Comarca limita al Norte con La comarca de Tisma (Cabecera Municipal de Tisma), al Sur con la Comarca La Montañita No.2, al este con la comarca La Montañita No. 1 y al oeste con la Comarca La Piedra. (*ver anexo, Figura 4)*

6.3. Metodología

6.3.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio corresponde a la infraestructura del invernadero ubicado en la Finca Los Gemelos, localizada en la comarca La Montañita, municipio de Tisma, departamento de Masaya. La evaluación comprendió los componentes estructurales, cobertura, sistema de ventilación, sistema de riego, área de desinfección y demás elementos que forman parte del sistema de agricultura protegida.

6.3.2. Variables de estudio

En la siguiente tabla se presentan los parámetros de la operacionalización de variables.

Tabla 2 Variables e indicadores de estudio

OBJETIVO	VARIABLE	INDICADOR
Evaluar el estado actual del invernadero	Estado físico y técnico	% de deterioro por componente
Elaborar plan de intervención	Necesidades de rehabilitación	Actividades y materiales propuestos
Estimar costos de inversión	Inversión requerida	Presupuesto total (C$)

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan la metodología para la realización de los objetivos planteados

6.3.3. Evaluación del estado físico y técnico actual de la infraestructura.

Para la obtención de la información se utilizó la técnica de observación directa mediante visitas de campo al invernadero. Como instrumentos se emplearon una guía de inspección técnica, cámara fotográfica para el registro visual, receptor GPS para georreferenciación del sitio y cinta métrica para el levantamiento dimensional de la infraestructura.

- **Método de observación directa**

Para evaluar el estado físico y técnico actual del invernadero se efectuó una inspección visual detallada de todos los elementos estructurales y funcionales. Se registraron evidencias fotográficas, dimensiones, condiciones de operación y nivel de deterioro de los componentes para elaborar un diagnóstico técnico de la infraestructura.

La metodología de inspección abordada se fundamentó en los criterios de diagnóstico estructural propuestos por Castilla (2007). El trabajo de campo comenzó con una visita en la Finca los Gemelos para la observación del estado físico actual del invernadero en la cual nos permite evaluar detalladamente la infraestructura en todos sus componentes estructurales: arcos metálicos y pilares como se muestra en la imagen *(ver anexo, figura 5).*

Asimismo, en la inspección se incluyó la examinación de la cubierta y las paredes laterales (Malla antivirus) donde se observan roturas, (ver anexo, figura 5) y pérdidas de funcionalidad lo que afecta las condiciones internas del sistema de agricultura protegida, también se verifico el estado físico del sistema de riego instalado, comprobando su estado operativo.

- **Determinación de la capacidad operativa del invernadero**

La capacidad operativa del invernadero fue estimada mediante una matriz de ponderación de componentes críticos para la producción bajo ambiente protegido. Para ello se asignó un peso funcional a cada componente de acuerdo con su importancia dentro del funcionamiento general del sistema, considerando la

cubierta, el sistema de riego, la malla antivirus, la estructura metálica y el sistema de desinfección.

Posteriormente se determinó el porcentaje de deterioro de cada componente a partir de la inspección técnica realizada en campo. La capacidad residual se obtuvo mediante la relación entre el peso funcional asignado y el estado actual de cada elemento, permitiendo calcular la capacidad operativa global del invernadero y establecer el nivel de funcionalidad existente previo a la propuesta de rehabilitación.

6.3.4. Elaboración del plan de actividades y cronograma de intervención técnica.

La formulación del plan de intervención se realizó con base en los resultados obtenidos durante el diagnóstico técnico. Usando los principios de Matallana y Montero (2010); se definieron actividades correctivas, materiales requeridos, secuencia constructiva y programación de ejecución mediante diagramas de Gantt.

Una vez teniendo definidas en el diagrama de Gantt, el cual ayudo a tener un mejor orden de tareas, posteriormente se usó el programa Microsoft Project, que nos permitió digitalizar las actividades planeadas de nuestro proyecto y validar la secuencia, materiales y ventas de trabajo, permitiendo el aprovechamiento de los recursos disponibles.

El cronograma permite establecer la secuencia lógica de las actividades, identificar los tiempos de ejecución y optimizar el uso de los recursos durante el desarrollo de la intervención.

También en esta etapa, se esquematizó el diseño del invernadero proporcionado mediante un diseño en AutoCAD, para los planos de detalles con las medidas exactas del mismo y un Excel con las listas de materiales.

6.3.5. Estimación de los costos de inversión y recursos financieros requeridos.

La estimación de costos se realizó mediante la cuantificación de materiales, insumos, mano de obra y actividades necesarias para ejecutar la rehabilitación propuesta. Los precios unitarios fueron obtenidos mediante cotizaciones actualizadas de mercado proporcionadas por proveedores de materiales agrícolas, ferreteros y servicios especializados.

Posteriormente se elaboraron análisis de precios unitarios y presupuestos detallados que permitieron determinar la inversión total requerida para la rehabilitación del invernadero. Finalmente, se realizó una comparación económica entre la alternativa de rehabilitación y la construcción de una infraestructura nueva de características similares, con el propósito de evaluar la conveniencia técnica y financiera de la propuesta.

VII. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1. Evaluación del estado físico y técnico actual del invernadero.

En este acápite se presenta el diagnóstico de la situación actual del invernadero en la Finca Los Gemelos, basándose en la inspección técnica visual, el levantamiento con GPS y cinta métrica, estos datos se registraron en formato de visita de campo. (Ver tabla 27 de los anexos)

7.1.1. Situación actual del invernadero

En la primera visita de campo se realizó anotaciones de las coordenadas y ubicación del invernadero mediante GPS, tanto datos de sus dimensiones con cinta métrica, el cual es de 10 metros de ancho por 21 metros de largo por 5 metros de alto hasta el cenital, así como; daños que se observaban en la estructura, cubierta y sistema de riego. *(ver anexo, figura 5,6).*

En la estructura se observó que los perfiles se encontraban oxidados y los arcos desnivelados, estos presentan corrosión en varios de sus elementos especialmente en las uniones y soportes horizontales con deformaciones leves en algunos de sus segmentos.

La cobertura plástica se encuentra desgastada, con presencia de roturas, parches improvisados y zonas desprendidas, lo que afecta la hermeticidad del sistema y permite el ingreso no controlado de factores externos como: viento, sol, lluvia e insectos. *(ver anexo 7).*

Las mallas laterales presentan rasgaduras y acumulación de suciedad, el plástico roto con malezas a sus alrededores y algunas mallas desprendidas en la parte inferior del invernadero.

Las camas de siembra están deterioradas con presencia de residuos orgánicos y vegetación no controlada en algunas áreas, lo que hace que el interior no tenga las condiciones para trabajar, este estado se da por el total abandono de la estructura evidenciando la falta de mantenimiento.

El sistema de riego instalado actualmente no tiene una funcionalidad por lo que el invernadero está inhabilitado esto ha ocasionado que las mangueras se obstruyeran y se desconectaran por lo que se requiere de una conexión y lavado de las cintas.

Los hallazgos obtenidos permitieron identificar diversas afectaciones en los componentes estructurales y funcionales del invernadero, cuyos resultados se presentan de manera detallada en la matriz de diagnóstico mostrada en la Tabla 3.

7.1.2. Matriz de Diagnóstico de Infraestructura

En la matriz Presentada en la tabla 3, organiza los hallazgos encontrados durante la visita a la Finca Los Gemelos en Tisma y del estado actual. A continuación, se presentan los resultados.

Tabla 3: Matriz de infraestructura.

COMPONENTES	DAÑOS OBSERVADOS	ACCIÓN TÉCNICA	ESTADO ACTUAL
Estructura metálica	Presencia de corrosión, uniones débiles y ligeras deformaciones	Limpieza de óxido, aplicación de pintura anticorrosiva	Regular
Cobertura plástica	Plástico roto, parchado y despendido en varias áreas	Sustitución total por polietileno con protección UV de alta densidad	Critico
Malla lateral	Rasgaduras suciedad acumulado y deterioro general	Reemplazo de mayas laterales para garantizar el control biológico	Critico
Sistema de riego	Tuberías desordenadas, sedimentos y gusanos posible desconexión y falta de funcionamiento	Descalificaciones de emisores y sustitución de tramos dañados	Critico
Sistema de ventilación	Cortinas laterales en mal estado sin control adecuado	Mantenimiento preventivo y revisión de sistemas de apertura.	Critico
Estado General	Apariencia de abandono, desorden interno y compuertas dañadas	Implementación de plan general de rehabilitación integral del invernadero	Critico
Cimentación de concreto	Ninguno	Ninguno	Bueno

Fuente: Datos tomados de bitácora de campo. Elaboración propia.

Cada uno de los componentes presentados en la tabla 2 son de suma importancia para el bienestar del invernadero y que este pueda aprovecharse al máximo. Teniendo en cuenta esto, se procede a revalidar el papel que juega cada una de ellas, así como un análisis más detallado de su afectación:

- La cubierta del invernadero es fundamental para el cultivo de hortalizas, evita la luz directa y la humedad en las plantas, protegen los cultivos contra agentes atmosféricos que puedan causar abortos florales, además nos ha permitido convertir tierras aparentemente improductivas en modernas explotaciones agrícolas, por lo que se han incrementado las superficies de hortalizas producidas en invernaderos.

  Barquero, (2001) en su estudio reafirma lo anterior expuesto, ya que la agricultura protegida ayuda a contrarrestar los fenómenos ambientales que afectan la mayoría de hortalizas. Los invernaderos han sido utilizados con el objetivo de cultivas bajo condiciones de clima controlado.

- La Malla antivirus, protege los cultivos de mosquitos y otros vectores que viene del exterior y protege contravientos, entonces el estado crítico de la malla antivirus reduce su función como barrera física contra insectos transmisores de virus (trisps, mosca blanca, pulgones) y una buena ventilación para las plantas. En zonas cálidas como Nicaragua, se recomienda tener al menos dos tipos de ventanas, o mejor los tres, para que el aire circule bien y no se acumule mucho calor.

  Según Sánchez y Moreno (2017), los Invernaderos más altos, permiten una mejor ventilación y son menos calurosos, pero requieren que la infraestructura sea resistente.

- Largo del invernadero: Entre más largo, más área de ventilación, ya que toda el área lateral del mismo esta forrada con malla anti-áfidos que permite que entre el aire cargado de CO2 y se ventilen las plantas.

  De igual forma se puede utilizar una pantalla térmica o el sistema de nebulización en el interior del invernadero que garantice un clima cálido y

más controlado para la producción de las hortalizas. Así, no solo obtendrá el máximo rendimiento, sino también un producto de la mejor calidad para el consumidor, sin generar daños al medio ambiente.

- El sistema de riego es esencial en un invernadero porque permite controlar la temperatura y además que ayuda al crecimiento y desarrollo de las plantas para una mejor producción y calidad del cultivo.

  Los invernaderos, con su estructura alta y fija, controlan eficientemente factores ambientales clave para el desarrollo de los cultivos, como lluvias e inundaciones, la estructura del invernadero es el elemento cualitativamente más importante de la explotación y del que depende en gran medida la calidad productiva de la misma. A su vez, es el elemento que libera la producción agrícola del azar meteorológico. Así lo afirma el estudio llevado a cabo por un equipo de técnicos de la Estación Experimental de Las Palmerillas, sobre la prevención de siniestros de invernaderos. (*fhalmería*, 2007)

- La ventilación natural del invernadero es la técnica de climatización menos costosa y generalmente la peor manejada. Permite actuar sobre las estructuras, el contenido de humedad relativa del aire y la renovación de anhídrido carbónico. De muchas experiencias surge que el área mínima de ventanas del invernadero debe representar por lo menos el 25% de la superficie de suelo cubierta.

- Las aberturas cenitales, aunque difíciles de implementar en los invernaderos con doble techo, son de suma importancia en situaciones de falta de viento y cuando el cultivo es alto y obstruye las aberturas laterales. Estas aberturas deben cerrarse muy bien durante los períodos fríos, para evitar filtraciones de aire. Se sugiere que represente como mínimo el 10% de la superficie de suelo cubierta. Como la principal función de las aberturas cenitales es

permitir el escape de aire caliente que se genera en el interior, convendría que su orientación sea contraria a la de los vientos predominantes en verano, para evitar así esa salida: Ejemplo: un invernadero orientado E-O en una zona de vientos estivales predominantes del sector N, debería tener la abertura cenital hacia el S (Iglesias, 2006).

- Una de las decisiones más importantes en cualquier proyecto de invernadero es el diseño de los cimientos. Los cimientos determinan la estabilidad de la estructura, la eficiencia con la que retiene el calor y su integración con sistemas como GAHT (Transferencia de Calor del Suelo al Aire) que permiten que un invernadero regule la temperatura de forma natural.

- Unos cimientos y un piso de invernadero bien diseñados soportan la estructura, protegen contra el movimiento de las heladas, permiten el aislamiento y garantizan la compatibilidad con sistemas climáticos avanzados. Ya sea que estés planeando un invernadero solar pasivo, una instalación de cultivo comercial o un invernadero en el patio trasero, comprender tus opciones de cimientos te ayudará a evitar errores costosos y a construir un invernadero que funcione durante décadas.(Scheffer, 2026)

7.1.3. Análisis de Patologías Estructurales

En este acápite se presenta el análisis de la patología estructurales que están afectando el invernadero en estudio donde se detalla:

Tabla 4: Patología estructural

PATOLOGÍA OBSERVADA	DESCRIPCIÓN	PARTE AFECTADA
Corrosión galvánica	Proceso electroquímico que deteriora metales cuando dos materiales diferentes entran en contacto físico o eléctrico en presencia de un electrolito (agua, humedad o salinidad)	Puerta, entrada desinflación
Fallo de estructura	Causado por vientos fuertes y Anclajes deficientes puede provocar colapsos	Laterales y arcos
Roturas de mallas	Entrada de plagas, mayor luz solar y viento	Laterales y frontal
Rotura de plástico	Daño físico en la película del polietileno causando que la Radiación UV afecte directamente a los cultivos además se mantengan a la intemperie; los factores que hacen este daño son (viento, lluvia y frio) en el caso de nuestro invernadero fue la lluvia y el sol.	Parte superior
Obstrucción en materiales de riego	Es el bloqueo total del paso del agua por Emisores saturados por plagas y sedimentos evita el funcionamiento óptimo del sistema esto se debe al abandono del invernadero y fuente de agua no adecuada.	Laterales y conducción

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 3 podemos observar que las patologías encontradas ha afectado a todo el invernadero y que lo tienen imposibilitado para operar, estas se ha desarrollado debido a clima y una mala gestión en el mantenimiento, ya que es evidente la corrosión en la estructura metálica misma; entrada desinfección, perfiles laterales y arcos, más que todo en los tubos de acero galvanizado (redondos y cuadrados) de igual forma se notó algunos arcos desprendidos por inestabilidad y vegetación

anclada a ello y en puertas de desinfección, las mallas y los plásticos con rasgaduras por vientos, obstrucción en emisores de riego por plagas y sedimentos.

Según el registro fotográfico presentado a continuación en la figura. 1 como muestra lo anterior descrito.

Figura 1: Estatus actual del invernadero



Fuente: En esta imagen se refleja el estado actual del invernadero en la primera visita. Elaboración propia.

La rehabilitación de este invernadero constituye para la Finca los Gemelos una estrategia fundamental para reestablecer y optimizar las condiciones de producción agrícola en ambiente protegido, es por tal razón que se justifica la rehabilitación del mismo. La inspección visual confirma los daños descritos en la Tabla 3, observándose deterioro generalizado en la cubierta, mallas laterales y estructura metálica, lo que afecta directamente el control ambiental requerido para la producción de hortalizas bajo condiciones protegidas.

En la Figura 1 se puede observar que, con el paso del tiempo, la estructura sufrió deterioro debido a factores climáticos, desgastes de materiales y falta de

mantenimiento, lo que ha repercutido directamente en la eficiencia productiva y el control ambiental y la calidad de los cultivos.

Esta intervención representa una alternativa más rentable frente a la construcción de un nuevo invernadero, ya que optimiza el uso de recursos existentes y reduce costos de inversión. De igual manera, promueve la sostenibilidad al prolongar la vida útil de la infraestructura y minimizar el desperdicio de materiales.

7.1.4. Capacidad Operativa Actual

Para determinar el nivel de eficiencia del invernadero en su función de control climático y protección fitosanitaria, se realizó un diagnóstico físico de sus componentes principales, actualmente la estructura presenta un deterioro critico que impide el cumplimiento de los estándares técnicos requeridos para la producción intensiva.

La capacidad operativa se ve comprometido principalmente por el fallo de la cubierta y el sistema de riego, lo que anula cualquier posibilidad de gestionar las variables ambientales. En la siguiente tabla 4 se detalla el estado actual de los elementos que conforman la unidad productiva.

Tabla 5: Daños de los componentes del invernadero

Componente	Porcentaje de daños	Estado observado
Cubierta	100%	Pérdida total de la capacidad de control térmico y protección contra lluvia
Sistema de Riego	100%	Inoperatividad total; requiere sustitución o reconstrucción.
Malla Antivirus	90%	Rupturas generalizadas que permiten el ingreso libre de vectores y plagas.
Desinfección	90%	Inexistencia o deterioro que rompe el protocolo de inocuidad.

Estructuras Metálica	70%	Corrosión y debilitamiento mecánico que pone en riesgo la estabilidad global.

Fuente: Ponderación de componentes críticos del invernadero. Elaboración Propia.

Seguidamente, procedió a valorar la capacidad operativa actual mediante la ponderación de componentes críticos de control para un invernadero, ya que se deben garantizar tres condiciones mínimas hermeticidad, hidratación y estabilidad:

- Cubierta y malla: con un daño del 100% en la cubierta y 90% en la malla, se pierde totalmente el control de temperatura, humedad y aislamiento biológico. Sin estos la estructura deja de ser un invernadero y pasa a ser un campo abierto sin postes.
- Desinfección y estructura: en daño en desinfección 90% elimina la barrera contra patógenos externos, mientras que el daño estructural 70% compromete la integridad física ante vientos o carga de cultivo.
- Sistema de riego: el daño de 100% en el riego impide la nutrición y el subministro de agua. En un sistema de producción intensiva, esto compromete seriamente la supervivencia y desarrollo adecuado de los cultivos debido a la interrupción del suministro de agua.

Así mismo se utiliza una tabla de ponderación de componentes críticos, en este modelo, el peso representa que tan importante es ese componente para que el invernadero funcione, siendo el riego y la cubierta de los más vitales. La tabla 5, muestra los resultados del cálculo de la capacidad operativa real multiplicando, el peso funcional de cada elemento por su estado actual (100% menos el % de daño).

La ponderación funcional fue establecida con base en la importancia operativa de cada componente dentro del sistema de agricultura protegida. El sistema de riego y la cubierta recibieron la mayor ponderación debido a que son indispensables para el abastecimiento hídrico y el control del microclima interno. La malla antivirus, estructura metálica y sistema de desinfección fueron ponderados de acuerdo con

su contribución a la protección fitosanitaria, estabilidad estructural y bioseguridad del sistema.

Tabla 6: Matriz de Capacidad Operativa Real

COMPONENTE CRITICO	PESO FUNCIONAL	ESTADO ACTUAL	CAPACIDAD RESIDUAL	IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN
Sistema de Riego	35%	0	0	Sin agua no hay nutrientes y la producción es importante.
Cubierta	30%	0	0	Pérdida total de control Térmico y protección.
Malla Antivirus	15%	10	1.5	Exposición total a plagas y virus externos
Estructura Metálica	15%	30	4.5	Riesgos de colapso por debilidad mecánica.
Sistema de Desinfección	5%	10	0.5	Ruptura de protocolos de Inocuidad.
TOTAL	100%		6.50%	Capacidad Operativa Critica

Fuente: Elaboración propia.

La capacidad operativa real es del 6.5%; Esto se debe a que los componentes con mayor peso funcional Riego y Cubierta están totalmente inoperativos, lo que genera un efecto de peso en deterioro, la determinación que representa el porcentaje del invernadero cumple su función de control climático ante la intervención.

Los hallazgos en la Finca Los Gemelos evidencian una capacidad operativa del 6.5%, un valor crítico que coincide con lo expuesto por Fhalmería (2007), quienes señalan que la estructura es el elemento de mayor importancia y que, ante el abandono, la liberación del 'azar meteorológico' se revierte, convirtiendo la inversión previa en una pérdida de capital. A diferencia de lo hallado por Palma & García (2023), donde la incidencia de aborto floral se diagnostica a altas temperaturas

internas, en este estudio se determina que la inoperatividad del sistema de ventilación cenital es la causa primaria del estrés térmico. La propuesta de rehabilitación aquí presentada no solo busca corregir la patología estructural descrita en la Tabla 3, sino que alinea la infraestructura con las recomendaciones de diseño de Matallana y Montero (2010), quienes enfatizan que la durabilidad de los materiales (polietileno UV de alta densidad) es la variable de mayor peso en la rentabilidad de los sistemas bajo agricultura protegida.

7.2. Plan de actividades y de intervención técnica en la rehabilitación de invernadero.

En el seguimiento del proceso de la rehabilitación del invernadero estudiado, en este acápite se muestra la propuesta para solventar los problemas detectados. Se basa en la selección técnica de materiales agrícolas especializados.

7.2.1. Especificaciones Técnicas de Materiales

Según los sistemas Hortícolas (2025) indica que las partes de un invernadero son esenciales para la creación de una agricultura protegida y mejora la producción de hortaliza.

Las partes principales considerar según los resultados del diagnóstico anteriormente realizado son: cubierta (plástico, policarbonato, vidrio), ventilaciones (cenitales y laterales), puertas, sistema de riego, y opcionalmente calefacción y pantallas térmicas. Cada componente cumple una función específica en el control ambiental, por lo cual se está tomando en cuenta en este listado y continuación se detallan las especificaciones técnicas de la selección de los materiales.

- La estructura: Según el estudio realizado por Cajina & Collado, (*2023.*) afirma que para la reconstrucción de la estructura de base y marcos laterales un invernadero se debe utilizar: Tubos redondos de 1”, conectados en forma de camisa con tubos de 1¼ incrustados en los pedestales de concreto, y anclados con tornillos de acero inoxidable de ¼” de diámetro y 3” de longitud en base a la estructura remplazable, se debe utilizar tuercas y arandelas adecuadas para un ajuste seguro.

Así mismo los soportes, verticales deben ser de tubos redondos de 1”, colocados cada 2 metros a lo largo de los lados largos y cada 2 metros a lo largo de los lados anchos. Fijados a la base con tornillos y anclajes de concreto si es necesario para fortalecer la estructura del invernadero. Por otro lado, la estructura del Techo, se debe considerara colocar tubos redondos de 1” formando un marco en forma de arco para soportar la ventilación cenital.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones y además que la estructura estudiada no presenta daños significativos, como es el caso del invernadero, solamente se debe de someter a un proceso de mantenimiento que incluya: Lijado y puntura anticorrosiva, para alargar la vida útil del material.

- La cubierta: Todos los elementos que se colocan sobre la estructura principalmente nos referimos a los plásticos para invernadero, en este caso se usara plástico _agrícola UV, anti goteo, polietileno tricapa, espesor 150 a 200 micras, color transparente lechoso transmisión de luz de 80%-90% (luz difusa); (ver anexo, figura 8). con eso aseguramos que esta parte proteja a los cultivos de las variaciones climáticas y se mantenga hasta cinco temporadas agrícolas.

- El sistema de ventilación: Debido a que todas las puertas y ventanas se consideran parte de este sistema y están en buen estado, estas van forradas con malla antivirus, material polietileno de alta densidad (HDPE) estabilizado contra UV, color blanco cristal 50 mesh (0.27 a 0.30 mm de apertura) para uso antivirus, (ver anexo, figura 9), al igual que los laterales. También el invernadero cuenta con una sesión llamada cenital de 1 m de altura, el cual se usará la misma malla.

- Ventilación Cenital: Dado que esta ventanilla del invernadero Ayuda a regular la temperatura interna del mismo tanto que permite la salida del aire caliente, se aseguró que en esta rehabilitación se pueda abrir completamente para maximizar la ventilación en días calurosos.

- Tomando en cuenta que los componentes del invernadero se deben de resocar se usan los perfiles para invernadero, donde la función principal de estos, es fijar el cerramiento (plástico, malla o policarbonato) y reforzar la estructura.

  En este invernadero los Tipos de perfiles usados serían:

Tabla 7: Materiales a usar en los perfiles del invernadero

DESCRIPCIÓN	MATERIAL
Líneas laterales, parales, arcos	Perfiles H
Sujetación de cubiertas o laterales	Resorte zigzag
Soportes y bases de sedimentos	Hormigón
Sujetación de perfiles	Golosos

Fuente: Agrizen, S.A

- Las pantallas térmicas para invernadero o malla sarán, suelen ser de cerramiento, por lo tanto, la malla a usar tiene las siguientes especificaciones: 55% sombra, 3.7mtros de ancho, monofilamento polietileno HDPE (de alta densidad), 100g por metro2, (ver anexo, figura 10), y se usara para el control de radiación solar y temperatura dentro del invernadero. Para la instalación de esta utilizaremos tensores, cable acerado, mecate y rieles que permita correr la malla.
- El sistema de riego y drenaje: En función del tipo de riego que se utilizara cinta de goteo en el invernadero sustituyendo las mangueras en mal estado

se utilizaran los accesorios como conectores y válvulas para la mejora de la instalación.

Se considera utilizar cinta de goteo de 8 milésima para la mantener la eficiencia de las hortalizas, instalar manguera polietileno de 16 mm de diámetro, como candelas donde conectaremos a la cinta con uniones y conector válvula por cinta

7.2.2. Protocolo de Intervención

A continuación, se establece el orden lógico de los trabajos a realizar, el cual se muestran en el siguiente orden plasmados en la tabla 7.

Tabla 8: Protocolo de intervención

NO.	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	MATERIAL
1	Limpieza y desinfección estructural.	Se realizará la limpieza del área general del área interna y externa del invernadero, eliminando residuos vegetales, maleza, sedimentos y agentes contaminantes.	Personal técnico de operación	Escobas, cepillos, detergente, desinfectante agrícola, bombas y fumigación, guantes y mascarillas
2	Tensado y reparación de marcos metálicos.	Se inspeccionará la estructura metálica para identificar deformaciones, corrosión o uniones defectuosas. Luego se procederá a ajuste, soldadura y tensado de los elementos estructurales para recuperar la estabilidad del invernadero.	Técnico soldador y auxiliares	Soldadora, electrodos, lijas, pintura anticorrosiva, llaves mecánicas y cables tensores.
3	Instalación de nueva cubierta y cerramientos.	Se sustituirá la cubierta deteriorada por material nuevo, asegurando el correcto tensado y fijación para evitar filtraciones y perdida de temperatura, así mismo se colocará cimientos laterales para mejorar la protección del cultivo	Personal técnico especializado	Plástico agrícola poli sombra, perfiles de fijación, tornillos, grapas y herramienta manuales

4	Calibración del sistema de riego.	Se verificará el funcionamiento hidráulico del sistema de riego ajustando la presión, caudal de dosificación para garantizar una distribución uniforme en el cultivo	Técnico en riego	Tuberías, cintas de goteo, válvulas, filtros, tanque de fertilización y herramientas de medición.

Fuente: Elaboración Propia

La importancia de este protocolo de intervención es que contribuye a la planificación técnica y operativa de las actividades necesarias para la rehabilitación del invernadero, estableciendo un orden lógico de ejecución que permita garantizar la recuperación estructural y funcional del invernadero.

A manera de detalle el procedimiento se desarrolla en varias actividades donde se empieza principalmente por la limpieza y desinfección estructural, la cual tiene como finalidad eliminar residuos orgánicos, polvo, malezas y posibles focos de contaminación dentro y fuera dl invernadero. Esta etapa es fundamental debido a que permite acondicionar el área de trabajo y reducir la presión de plagas, hongos y bacterias que pueden afectar futuros cultivos.

Posteriormente se ejecuta el tensado y recuperación de los marcos metálicos, durante esta etapa se realizará una inspección técnica de los elementos metálicos para identificar deformaciones, corrosión, uniones debilitadas o daños causado por el desgaste y las condiciones climáticas.

La tercera actividad contempla la instalación de nueva cubierta y cerramiento, debido a que la cobertura existente presenta deterioro que afecta las condiciones internas del invernadero, en esta fase se sustituirá el material de malla y se colocará plástico más pantalla térmica garantizando una fijación para evitar filtraciones agua, perdida de temperatura y afectaciones ocasionadas por el viento.

Finalmente se realizará la calibración del sistema de riego, con el objetivo de verificar y optimizar el funcionamiento hidráulico del sistema de riego. Esta actividad comprende de la revisión de la tubería, cinta de goteo, filtros, así como se muestra en la tabla, la correcta calibración del sistema de riego permita la eficiencia adecuada al desarrollo de los cultivos bajo el ambiente protegido.

7.2.3. Cronograma propuesto para la rehabilitación del invernadero

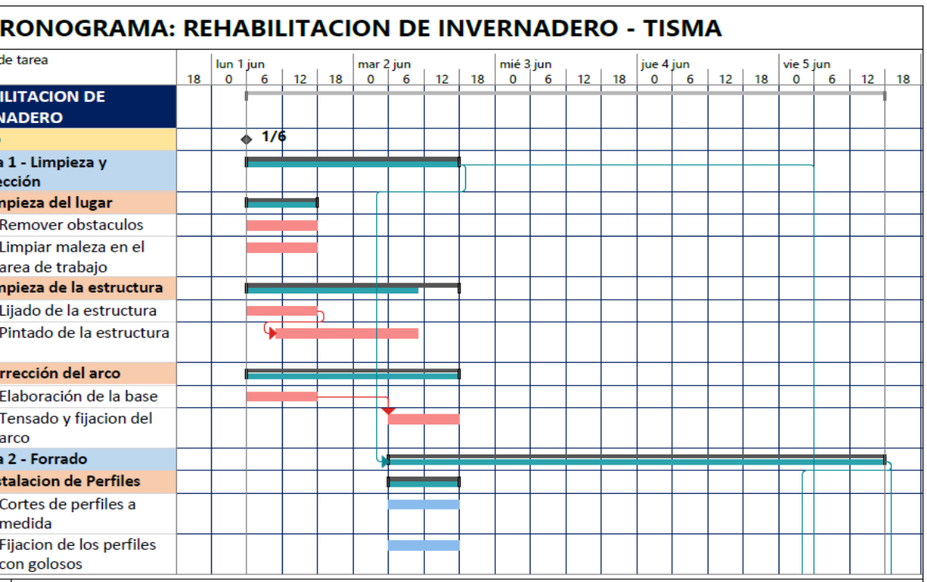
Mediante un diagrama de Gantt ajustado a la realidad de la Finca Los Gemelos, En la tabla 8 se muestran las actividades, los materiales y el tiempo de ejecución, asegurando que la obra no interfiera con los ciclos de siembra previstos para 2026.

Para la realización de este diagrama, se estudiaron las actividades propuestas y se organizaron de modo que no interfieran una con la otra, ya que es importante que cada este tipo de proyecto tenga fluidez en las actividades para que se cumpla en el tiempo estipulado para se cumpla con el establecimiento del cultivo y no la ejecución no se salga del presupuesto.

Tabla 9: Diagrama de Gantt de las actividades a realizar

CRONOGRAMA: REHABILITACION DE INVERNADERO - TISMA

Id	EDT	Nombre de tarea
0		**REHABILITACION DE INVERNADERO**
1		Inicio
2	**1**	**Etapa 1 - Limpieza y Corrección**
3	**1.1**	**Limpieza del lugar**
4	1.1.1	Remover obstaculos
5	1.1.2	Limpiar maleza en el area de trabajo
6	**1.2**	**Limpieza de la estructura**
7	1.2.1	Lijado de la estructura
8	1.2.2	Pintado de la estructura
9	**1.3**	**Corrección del arco**
10	1.3.1	Elaboración de la base
11	1.3.2	Tensado y fijacion del arco
12	**2**	**Etapa 2 - Forrado**
13	**2.1**	**Instalacion de Perfiles**
14	2.1.1	Cortes de perfiles a medida
15	2.1.2	Fijacion de los perfiles con golosos



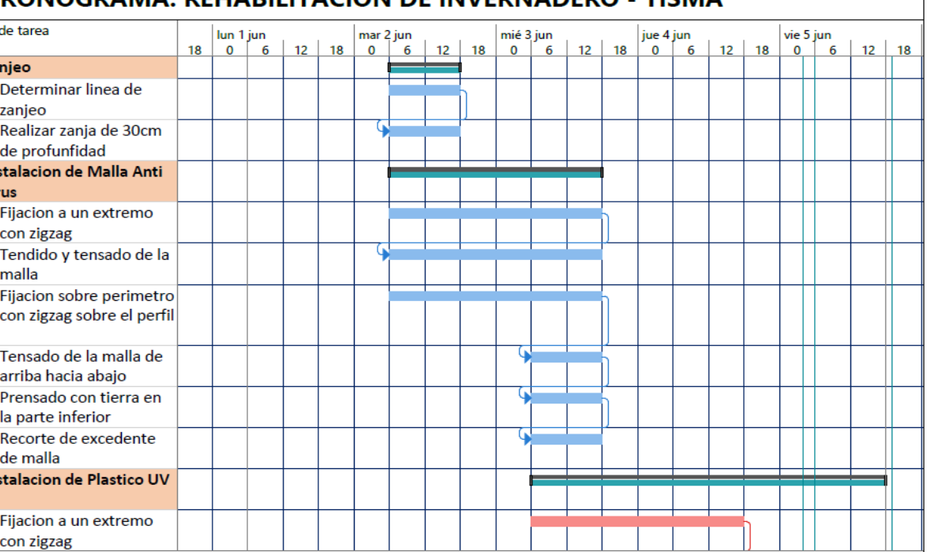
Centro de estudio: UNI-RUPAP
Elaborado por: Br. Luz Medina
Fecha:mar 19/5/26

Tarea, División, Hito, Resumen, Resumen del proyecto, Tarea inactiva, Hito inactivo, Resumen inactivo, Tarea manual, solo duración, Informe de resumen manual, Resumen manual, solo el comienzo, solo fin, Tareas externas, Hito externo, Fecha límite, Tareas críticas, División crítica, Progreso, Progreso manual

Página: 1 de 3

CRONOGRAMA: REHABILITACION DE INVERNADERO - TISMA

Id	EDT	Nombre de tarea
16	**2.2**	**Zanjeo**
17	2.2.1	Determinar linea de zanjeo
18	2.2.2	Realizar zanja de 30cm de profunfidad
19	**2.3**	**Instalacion de Malla Anti virus**
20	2.3.1	Fijacion a un extremo con zigzag
21	2.3.2	Tendido y tensado de la malla
22	2.3.3	Fijacion sobre perimetro con zigzag sobre el perfil
23	2.3.4	Tensado de la malla de arriba hacia abajo
24	2.3.5	Prensado con tierra en la parte inferior
25	2.3.6	Recorte de excedente de malla
26	**2.4**	**Instalacion de Plastico UV**
27	2.4.1	Fijacion a un extremo con zigzag



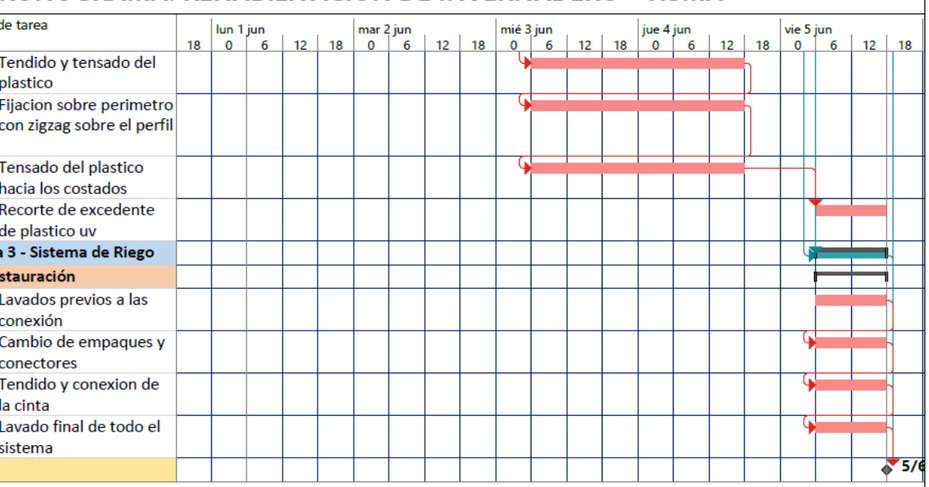
Centro de estudio: UNI-RUPAP
Elaborado por: Br. Luz Medina
Fecha:mar 19/5/26

Tarea, División, Hito, Resumen, Resumen del proyecto, Tarea inactiva, Hito inactivo, Resumen inactivo, Tarea manual, solo duración, Informe de resumen manual, Resumen manual, solo el comienzo, solo fin, Tareas externas, Hito externo, Fecha límite, Tareas críticas, División crítica, Progreso, Progreso manual

Página: 2 de 3

CRONOGRAMA: REHABILITACION DE INVERNADERO - TISMA

Id	EDT	Nombre de tarea
28	2.4.2	Tendido y tensado del plastico
29	2.4.3	Fijacion sobre perimetro con zigzag sobre el perfil
30	2.4.4	Tensado del plastico hacia los costados
31	2.4.5	Recorte de excedente de plastico uv
32	**3**	**Etapa 3 - Sistema de Riego**
33	**3.1**	**Restauración**
34	3.1.1	Lavados previos a las conexión
35	3.1.2	Cambio de empaques y conectores
36	3.1.3	Tendido y conexion de la cinta
37	3.1.4	Lavado final de todo el sistema
38		Final



Centro de estudio: UNI-RUPAP
Elaborado por: Br. Luz Medina
Fecha:mar 19/5/26

Tarea, División, Hito, Resumen, Resumen del proyecto, Tarea inactiva, Hito inactivo, Resumen inactivo, Tarea manual, solo duración, Informe de resumen manual, Resumen manual, solo el comienzo, solo fin, Tareas externas, Hito externo, Fecha límite, Tareas críticas, División crítica, Progreso, Progreso manual

Página: 3 de 3

Fuente: Diagrama elaborado en el programa Microsoft Project. Elaboración propia.

Según se puede observar que en la primera etapa del día uno se debe hacer limpieza de todo el sitio y de toda la estructura, posteriormente realizar la base que ayudara al enderezado y fijado de una parte de la estructura.

En la etapa dos se realizara el corte de los perfiles a las medidas adecuadas al invernadero procediendo a la instalación inmediata de los perfiles con golosos, posteriormente se determina la línea del zanjeo donde se realiza a 30cm, en los bordes del sistema de agricultura protegida para la instalación de la malla antivirus fijándolos con zigzag en cada perfil colocados en la estructura del invernadero, se debe tensar de arriba hacia debajo dejando un espacio de manera que el sobrante quede en los 30cm de zanjeo prensado con el suelo removido.

En el tendido del plástico para la cubierta se utiliza zigzag para la fijación del tendido, así como se menciona anteriormente en con la malla antivirus y se recorta el excedente que se presente en cada parte donde se sujeta al locker.

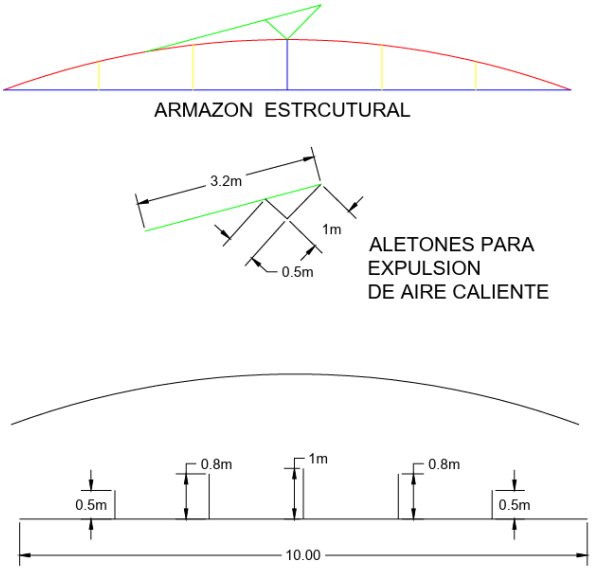
Así en la etapa tres se realiza restauración del sistema de riego, previo a eso se hará un lavado en las conexiones, cambio de empaques y conectores, tendido y conexión de cinta de goteo, al realizar la sustitución del sistema se deberá realizar un lavado final para un mejor funcionamiento del sisma de riego.

7.2.4. Diseño de Planos de Detalle:

Una vez teniendo claro las partes a mejorar en la rehabilitación y los materiales a usar se procedió a esquematizar en un diseño técnico el cual consta con un armazón metálico galvanizados, recubierta con un material transparente la cual es un plástico agrícola y malla antivirus o policarbonato donde su función principal es controlar factores climáticos como temperatura, Humedad, ventilación y radiación solar creando condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

En la figura 2 se muestra el arco con una longitud de 12.0 m, la cual forma parte de detalle del invernadero. Ver los detalles en el Plano 1 del Anexo de Plano.

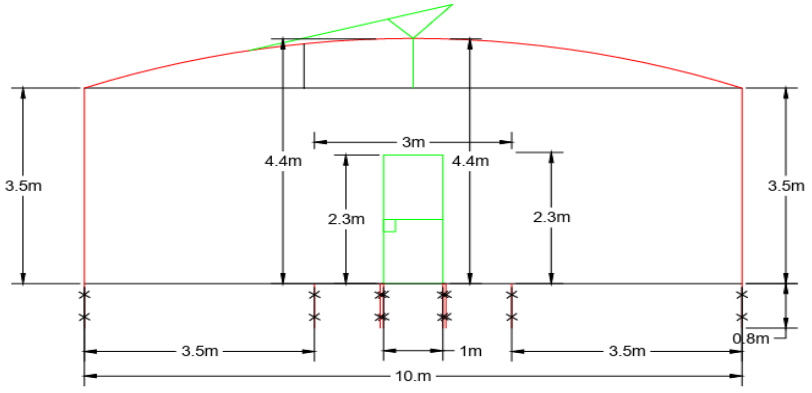
Figura 2: Diseño de detalles en arco.



Fuente: Plano base proporcionado por el propietario y adecuaciones realizadas en el presente

En la figura 3 se muestra a detalle la parte frontal del Invernadero. Ver los detalles en el Plano 2 del Anexo de Plano.

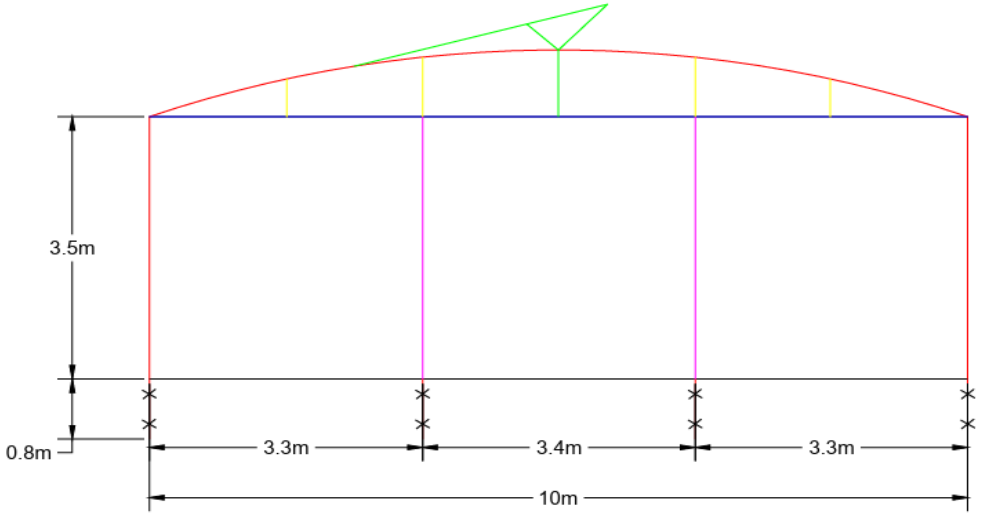
Figura 3: Diseño frontal.



Fuente: Plano base proporcionado por el propietario y adecuaciones realizadas en el presente estudio.

En la figura 4 se muestra la parte posterior del invernadero a rehabilitar. Ver los detalles en el Plano 3 del Anexo de Plano.

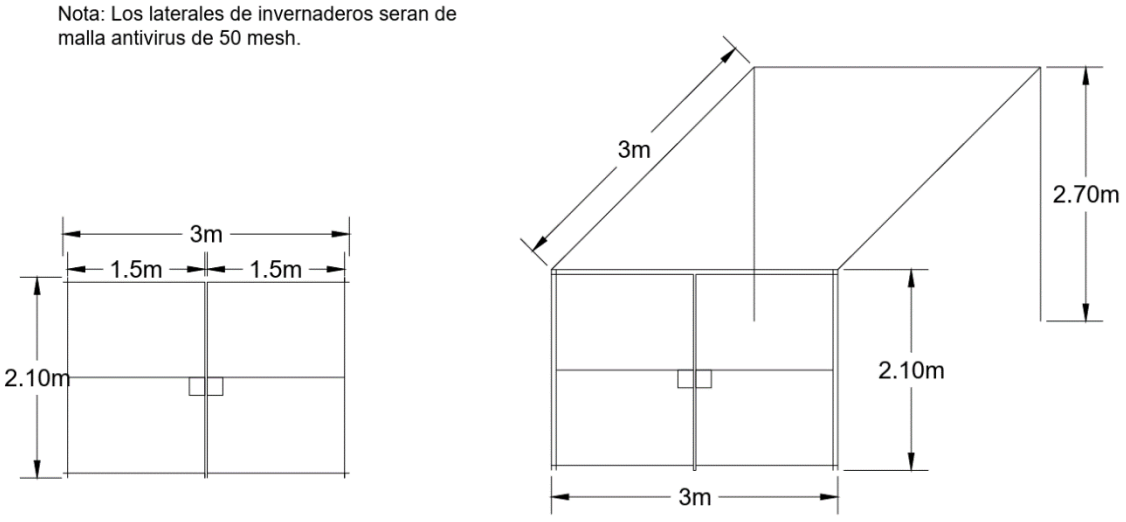
Figura 4: Diseño trasero



Fuente: Plano base proporcionado por el propietario y adecuaciones realizadas en el presente.

En la figura 5 se se visualiza a detalle la desinfeccion del invernadero. Ver los detalles en el Plano 4 del Anexo de Plano.

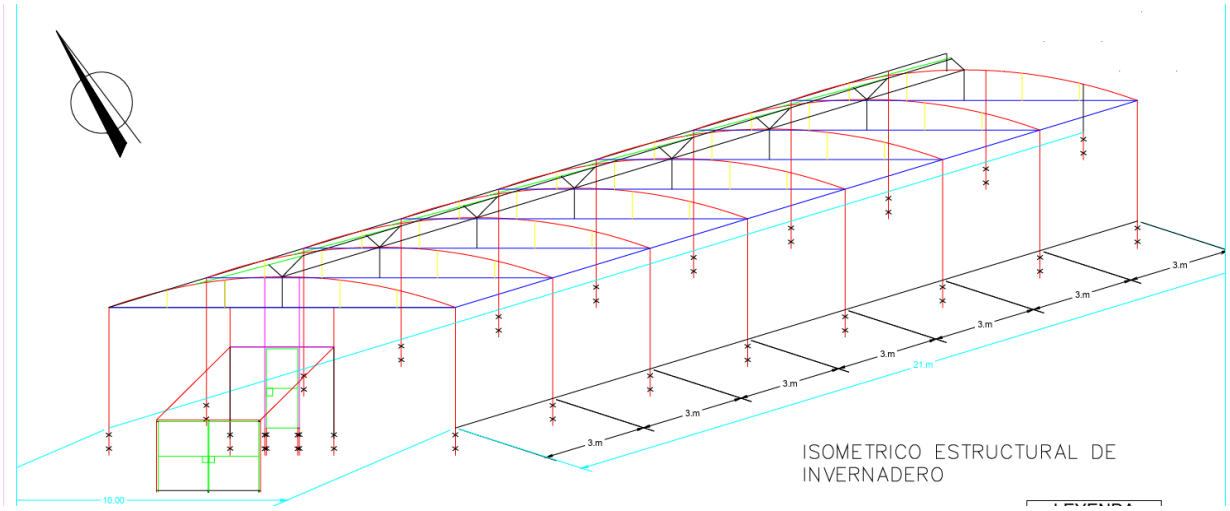
***Figura 5*:** Diseño de desinfección



Fuente: Plano base proporcionado por el propietario y adecuaciones realizadas en el presente

En la figura 6 se muestra el isométrico del diseño del invernadero existente en la Finca los Gemelos. Ver los detalles en el Plano 5 del Anexo de Plano.

Figura 6: Diseño isométrico del invernadero a rehabilitar.



Fuente: Plano base proporcionado por el propietario y adecuaciones realizadas en el presente.

Como podemos ver en la esquematización que se realizó del invernadero para efecto de presupuesto, este mantiene una adecuada ventilación natural, ya que para el establecimiento del invernadero se consideraron diversos factores para su diseño y construcción, como la poción y altura que favorece la recirculación del aire, tal como lo dice Conellan (2022), que en regiones de clima cálido o semiárido una buena ventilación debe ser considerada básica para su funcionamiento.

Siendo el sistema de ventilación es el factor clave a considerar porque impacta directamente sobre las condiciones climáticas producidas dentro de la estructura y consecuentemente, en el desarrollo del cultivo, se considera que el invernadero a rehabilitar posee esta condición desde su diseño, reafirmando que la ventilación de los invernaderos depende de la estructura del propio invernadero; un mal diseño del mismo puede crear problemas de "estratificación" debido a fenómenos de transferencia de energía, como el flujo de energía por convección, circulando a través del cultivo. (Flores-Velázquez & Villarreal-Guerrero, 2015)

Adicionalmente, como se puede observar que este invernadero cuenta con una zona de transfer con placa en concreto reforzado, doble puerta, para tener un control de ingreso de personal al área de cultivo. Esta zona es un espacio que debe manejarse con un riguroso control para prevenir el ingreso de insectos plaga y patógenos que puedan causar algún tipo de enfermedad; a su vez, es una zona donde se pueden llevar a cabo actividades de desinfección de herramientas, vestuario de trabajo y calzado.

7.3. Costos de inversión en la rehabilitación de invernadero.

En este acápite se presenta el análisis financiero que determina la viabilidad del proyecto para el dueño de la finca.

7.3.1. Análisis de Precios Unitarios (APU)

Los Costos unitario de cada material presentado en la tabla 9 se obtuvieron de la elaboración del diseño de la rehabilitación del invernadero donde incluye instalación de los forrados, transporte y supervisión del personal a cargo de la obra.

Tabla 10: Descripción de forrado del invernadero

DESCRIPCION DE FORRADO	U/M	CANTIDAD	PRECIO	SUB-TOTAL	IVA	TOTAL
PLASTICO UV 7.3M DE ANCHO	MT	60	C$ 225.96	C$ 13,557.60	C$ 2,033.64	C$ 15,591.24
MALLA SARAN 55%	MT	63	C$ 585.99	C$ 36,917.29	C$ 5,537.59	C$ 42,454.89
MALLA ANTI VIRUS 3.7M DE ANCHO 50 MESH	MT	88	C$ 107.12	C$ 9,426.56	C$ 1,413.98	C$ 10,840.54
PERFILES GALV 6M DE LARGO	UND	32	C$ 558.77	C$ 17,880.64	C$ 2,682.10	C$ 20,562.74
RESORTE ZIGZAG 2M DE LARGO	UND	96	C$ 12.77	C$ 1,225.92	C$ 183.89	C$ 1,409.81
				C$ 79,008.01	C$ 11,851.20	C$ 90,859.22

Fuente: Elaboracion Propia.

En la tabla 10 se muestra que la malla sarán representa el 46% del costo de forrado la cual es de C$ 42,454.89 córdobas, es importante mencionar que para el forrado del invernadero se ocupará 60m de plástico con protección UV, resinas polémicas,

63m la malla sarán 55% sombra la cual es el protector térmico del invernadero, 88m de malla antivirus para una mejor ventilación, para la instalación del forrado se ocupará una 32m de locker en toda la estructura y 96 resorte zigzag de 2m de longitud de manera que el forrado quede tensado y óptimo.

Seguidamente se muestra la tabla 10 donde se detallan los costos del material para obras grises la cual, se utilizará para la elaboración de una base de soporte en el invernadero.

Tabla 11: Obras grises para el invernadero

DESCRIPCION DE OBRAS GRIS	U/M	CANT.	PRECIO	SUB-TOTAL	IVA	TOTAL
CEMENTO	BOLSA	1	430	C$ 430.00	C$ 64.50	C$ 494.50
ARENA	M3	4	40	C$ 160.00	C$ 24.00	C$ 184.00
PIEDRIN	M3	4	40	C$ 160.00	C$ 24.00	C$ 184.00
VARILLA CORRUGADA 3/8"	QL	1	900	C$ 900.00	C$ 135.00	C$ 1,035.00
VALDE	UND	1	120	C$ 120.00	C$ 18.00	C$ 138.00
PALA	UND	1	470	C$ 470.00	C$ 70.50	C$ 540.50
				C$ 2,240.00	C$ 336.00	C$ 2,576.00

Fuente: Elaboración Propia.

Estos materiales se ocuparán en el enderezado de una parte de la estructura realizando una base reforzada donde el costo mayor es C$ 1,035.00 córdoba, el cual representa con el 40.17%, equivalente a ½ quintal de varillas, una bolsa de cemento y cuatro latas de arena para moldear la estructura (arco).

En la tabla 12 se muestra la descripción de productos ferreteros varios la son indispensables para la construcción y detalles del invernadero en rehabilitación.

Tabla 12: Material ferretero para la estructura

DESCRIPCION	U/M	CANT.	PRECIO	SUB-TOTAL	IVA	TOTAL
TENSOR OJO DE GANCHO	UND	5	C$ 309.65	C$ 1,548.25	C$ 232.24	C$ 1,780.49
CABLE ACERADO	MT	1	C$ 5,323.58	C$ 5,323.58	C$ 798.54	C$ 6,122.12
GRILLETE	UND	10	C$ 3.92	C$ 39.20	C$ 5.88	C$ 45.08
MECATE	MT	1	C$ 6,100.00	C$ 6,100.00	C$ 915.00	C$ 7,015.00
PERNOS 5/16X3"	UND	145	C$ 28.50	C$ 4,132.50	C$ 619.88	C$ 4,752.38
GOLOSOS	UND	300	C$ 1.50	C$ 450.00	C$ 67.50	C$ 517.50
BISAGRAS	UND	8	C$ 150.00	C$ 1,200.00	C$ 180.00	C$ 1,380.00
PASADORES	UND	3	C$55.00	C$ 165.00	C$ 24.75	C$ 189.75
SPRAY CRIS MATE	UND	3	C$ 90.00	C$ 270.00	C$ 40.50	C$ 310.50
BROCA	UND	1	C$ 120.00	C$ 120.00	C$ 18.00	C$ 138.00
ARANDELA	UND	145	C$ 2.50	C$ 362.50	C$ 54.38	C$ 416.88
SELLADOR PARA INVERNDERO	UND	2	C$ 1,850.00	C$ 3,700.00	C$ 555.00	C$ 4,255.00
CEPILLO DE ALAMBRE	UND	4	C$ 105.00	C$ 420.00	C$ 63.00	C$ 483.00
THINNER ACRILICO	GL	2	C$ 2,560.00	C$ 5,120.00	C$ 768.00	C$ 5,888.00
				C$ 28,951.03	**C$ 4,342.65**	**C$ 33,293.68**

Fuente: Elaboración Propia.

Para detalles del invernadero se ocupó materiales ferreteros que se muestran en la tabla 11 que ayudan al soporte de la estructura como: bisagras para las puertas y pasadores y parte la colocación de la pantalla térmica se ocupara el cable acerado, que tuvo un costo de C$ 6,122.12 donde representa el 18.38% de los gastos, en comparación a los demás materiales como: tensores, grillete, mecate, así mismo spray y anticorrosivos para la durabilidad de la malla antivirus en los laterales del invernadero.

La tabla 12 representa los materiales que se ocupara para la sustitución del sisma d riego en el invernadero.

Tabla 13: Sistema de riego

DESCRIPCION	U/M	CANT.	PRECIO	SUB-TOTAL	IVA	TOTAL
CINTA DE GOTEO 8 MILESIMA 2LPH	MT	80	C$ 2.68	C$ 214.14	C$ 32.12	C$ 246.27
MANGUERA 16MM	MT	5	C$ 16.00	C$ 80.00	C$ 12.00	C$ 92.00
GROMET 16MM	UND	6	C$ 6.50	C$ 39.00	C$ 5.85	C$ 44.85
CONECTOR INICIAL PVC	UND	6	C$ 15.00	C$ 90.00	C$ 13.50	C$ 103.50
CONECTOR VALVULA X CINTA	UND	6	C$ 37.00	C$ 222.00	C$ 33.30	C$ 255.30
				C$ 645.14	C$ 96.77	C$ 741.92

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado la rehabilitación completa del invernadero se procede al cambio del sistema de materiales de riego se ocupa 80 metros de cinta que se colocara dos metros de distancia entre lateral, se conectara a las candelas con conector de cinta. El costo mayor en estos materiales es el conector válvula por cinta con un costo unitario de 37 córdobas donde representa el 34.45% del gasto.

La tabla 14 representa el costo mayoritario de la rehabilitación del invernadero de la Finca los Gemelos en Tisma.

Tabla 14: Instalación del sistema de Agricultura protegida

COSTO MANO DE OBRA		
DESCRIPCIÓN DE INSTALACIÓN	**Cantidad**	**Monto a cobrar**
FORRADO DE PLÁSTICO	1	C$ 43,948.08
FORRADO DE MALLA	1	C$ 36,623.4
PANTALLA TÉRMICA	1	C$ 21,974.04
SISTEMA DE RIEGO	1	C$ 3662.34
ENDEREZADO DE ARCO METÁLICO	1	C$ 5493.51
Total:		C$ 111,701.37

Fuente: Elaboración Propia.

Para la rehabilitación del sistema de agricultura protegida se tomó en cuenta el costo de instalación por cada una de las descripciones que se especifican donde el mayor costo se refleja en el forrado del plástico que va en la parte de la cubierta en el invernadero, que representa el 39.34% de la instalación completa de todo el sistema.

7.3.2. Presupuesto Detallado

Los costos directos: son aquellos que corresponden a todos los materiales, insumos y actividades que intervienen de manera inmediata en la ejecución y rehabilitación del invernadero.

Estos costos pueden identificarse fácilmente en la tabla 14, ya que forman parte esencial de la construcción e instalación de los diferentes componentes estructurales y funcionales.

Tabla 15: Costos directos

CONCEPTO	TOTAL (C$)
MATERIAL DE FORRADO	C$ 90,859.22
OBRAS GRISES	C$ 862.50
MATERIAL FERRETERO	C$ 33,293.68
SISTEMA DE RIEGO	C$ 741.92
INSTALACIÓN DE FORRADO	C$ 111,701.37
TOTAL COSTOS DIRECTOS	**C$ 237,458.69**

Fuente: Elaboración Propia.

En este caso incluyen materiales de forrado, obras grises, material ferretero y sistema de riego, donde C$ 237,458.69 fueron necesarios para garantizar el adecuado funcionamiento del invernadero.

Los costó indirecto: son aquellos gastos complementarios que, aunque no forman parte física de la obra son necesaria para el desarrollo y ejecución del proyecto.

Estos costos de la tabla 15 apoyan a la parte operativa, logística y de supervisión permitiendo que la rehabilitación del invernadero se realice de manera eficiente y organizada.

Tabla 16: Costos indirectos

CONCEPTO	TOTAL (C$)
TRANSPORTE PARA COMPRA DE MATERIALES	C$ 900.00
VISITAS AL LUGAR	C$ 4,500.00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	**C$ 5,400.00**

Fuente: Elaboración Propia.

Dentro de este apartado se consideran gastos como transporte, visitas técnicas y supervisión del sitio donde C$ 5,400.00 fue el costo mayor entre los demás apartados.

En la tabla 16 se describe el costo total presupuestado de todo el proyecto considerando que los márgenes de impuesto en cada costo unitario.

Tabla 17: Resumen de Costo total

Descripción	Total (C$)
TOTAL COSTOS DIRECTOS	C$ 239,172.19
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	C$ 5,400.00
IVA TOTAL	C$ 25,453.60
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	**C$ 270,025.79**

Fuente: Elaboración Propia.

El presupuesto total estimado para la rehabilitación e instalación del invernadero asciende a C$ 270,025.79 (U$7,372.85) equivalente al 88.57% del costo directo considerando materiales, mano de obra, transporte y demás insumos necesarios para la ejecución del proyecto.

7.3.3. Resumen de Inversión Total

En este apartado de la tabla 17 se muestra el monto final necesario para reactivar el sistema de agricultura protegida.

Tabla 18: Costo total de la rehabilitación

	SUB-TOTAL	IVA	TOTAL
COSTO	C$ 229,521.33	C$ 40,503.86	**C$ 270,025.19**
	$ 6,266.91	$ 1,105.92	**$ 7,372.85**

Fuente: Elaboración Propia.

El costo total de la rehabilitación fue presupuestado a C$ 270,025.19 (ciento noventa y cinco mil cientos catorce con veintitrés centésimas, córdobas) donde el forrado tendría un costo de C$ 90,859.22, equivalente al 50.28% de todo el proyecto, en obras grises para la reparación de estructura de C$ 862.50, en materiales ferreteros se gastaría C$ 33,293.68 en ello incluye materiales para la pantalla térmica, los materiales de riego tendría un costo de C$ 741.92 se ocupara el mismo sistema ya que la finca solo cuenta con un tangue para abastarse por gravedad, el costo de mano de obra más visita a la finca será de C$ 69,386.92 en esto incluye viatico del supervisor, transporte y llevado de material al sitio.

7.3.4. Análisis de Viabilidad

En este acápite se realiza análisis del costo total de un invernadero nuevo con el fin de evaluar la conveniencia económica del proyecto en comparación del invernadero existente con características similares.

Para evaluar la conveniencia económica de la propuesta se comparó el costo total de rehabilitación con el costo estimado de construcción de un nuevo invernadero con características similares. Este análisis permitió determinar el nivel de ahorro asociado a la recuperación de la infraestructura existente.

En la tabla 18 se presenta la descripción completa de lo que se requiere para la instalación metálica de un invernadero.

Tabla 19: Estructura metálica

ESTRUCTURA METALICA DE INVERNADERO						
DESCRIPCION	**U/M**	**CANT.**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO TOTAL**	**IVA**	**TOTAL**
Materiales para la construcción de la estructura metálica galvanizada completa.	UNIDAD	C$ 4,687.91	C$ 6,346	C$ 158,632.6	C$ 26,683.7	C$ 180,149.4

Fuente: Elaboración Propia.

Los materiales considerados en esta tabla se refieren a: tubos redondos, cuadrados y varillas corrugadas, donde el costo total de la estructura de un invernadero nuevo es de C$ 180,149.4 equivalente al 26.25% de la inversión total para el sistema de agricultura protegida.

En la tabla 19 se muestra la descripción de todos los materiales ferreteros que se utilizan para la fabricación de la estructura total del nuevo invernadero.

Tabla 20: Materiales ferreteros

MISCELÁNEOS DE MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE ESTRUCTURA						
DESCRIPCION	**U/M**	**CANT.**	**COSTO UNITARIO C$**	**COSTO TOTAL C$**	**IVA**	**TOTAL**
Misceláneo para elaboración de estructura incluye	Und	1	C$ 10,245.80	C$ 10,254.80	C$ 1538.22	C$ 11,793.02
						C$11,793.02

Fuente: Elaboración Propia.

El presupuesto destinado a materiales misceláneos para la elaboración de la estructura del invernadero asciende a C$11,793.02 incluyendo IVA equivalente al 1.49 % lo que incluye: broca, soldadura, discos de corte, disco de pulir, doblada de arcos, pernos, espiches, tensores y alambres de manera que estos materiales representan un porcentaje menor a la inversión total son fundamentales para garantizar la correcta fabricación y ensamblaje del invernadero.

En la tabla 20 se muestra la descripción de los materiales la loza en la entrada a desinfección

Tabla 21: Plancheta de desinfección

DESCRIPCION	U/M	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	IVA	TOTAL
Lote de arena, lote de piedrín cemento, varilla, tablas de madera.	UND	1	C$ 1904.64	C$ 19044.64	C$ 2856.70	C$ 21901.33

Fuente: Elaboración Propia.

La instalación de una loza de desinfección presenta una inversión de C$21901.33 equivalente a 2.02% es una medida preventiva de bioseguridad. Su implementación favorece el mantenimiento de condiciones sanitarias adecuadas dentro del invernadero.

En la tabla 21 se muestran la descripción de los materiales para la instalación de pantalla térmica

Tabla 22: Materiales para pantalla térmica

DESCRIPCION	U/M	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	IVA	TOTAL
Materiales para instalación de pantalla térmica (accesorios, alambres y tensores)	UND	1	C$13,917.23	C$13,917.23	C$2,087.59	C$16,004.82

Fuente: Elaboración propia

La instalación de la pantalla térmica requiere una inversión de C$ 16,004.82 equivalente al 1.86% esta parte del invernadero cumple una función importante en el control del microclima interno del invernadero.

En la tabla 22 se muestra la descripción de los materiales de riego por goteo para la para el invernadero

Tabla 23: Materiales para sistema de riego por goteo

DESCRIPCION	U/M	CANT.	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	IVA	TOTAL
Lote de accesorios PVC , cinta de goteo, conectores iniciales , empaque válvula de aire, equipo de filtrado	UND	**1**	C$10,987.29	C$10,987.29	C$1,648.09	C$12,635.38

Fuente: Elaboración propia

La implementación del riego por goteo demanda una inversión de C$ 12,635.38 equivalente al 1.60% dentro de ellos se considera accesorios PVC, cinta de goteo conectores empaque y válvulas. Además, favorece el ahorro Hídrico, contribuyendo al incremento de la producción y sostenibilidad del sistema bajo invernadero.

En la tabla 23 se muestra la descripción de cada una de mallas para el forrado del invernadero

Tabla 24: Forrado del invernadero

DESCRIPCION	U/M	CANTID.		COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	IVA	TOTAL
Locker de 4 m	**UND**	90	C$167.21	C$512.74	C$46,146.62	C$6921.99	C$53,068.61
Metros cuadrados de malla antivirus	M2	800	C$33.33	C$47.61	C$38,089.27	C$5713.39	C$43,802.66
Metros cuadrados de malla sarán	M2	615	C$33.15	C$67.75	C$41,669.30	C$6,250.39	C$47,919.69
Plástico para invernadero techo y salpicadera	M2	1300	C$29.30	C$45.78	C$59,514.49	C$8,927.17	C$68,441.66
Resorte zigzag forrado 2 m	UNIDAD	310	C$9.27	C$91.56	C$28,383.83	C$4,257.57	C$32,641.41
				TOTAL U$	C$213,803.51		C$245,874.03

Fuente: Elaboración propia

En este apartado se muestra la descripción detallada del forrado para el invernadero donde el costo total es C$ 245,874.03 que equivale al 31.15% que incluye la cubierta laterales y desinfección del sistema de agricultura protegida.

En la tabla 24 se muestra la descripción de la estructura metálica incluyendo su costo total.

Tabla 25: Fabricación de estructura metálica

DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO U$	COSTO TOTAL U$
Fabricación de estructura para dimensiones solicitadas de invernadero	UN	**1**	C$ 54,936.45	C$ 54,936.45

Fuente: Elaboración propia

La fabricación de la estructura tiene un costo de C$ 54,936.45 equivalente al 6.96% esto incluyen los arcos metálicos y las uniones de los perfiles a las dimensiones solicitadas del invernadero.

En la tabla 25 hace referencia a la instalación total de la estructura, forrado, pantalla térmica y sistema de riego del invernadero del invernadero.

7.3.5. Resumen de costo total de nuevo invernadero.

En la tabla 26 se muestra un resumen del costo total de un nuevo invernadero para la producción de hortalizas en la Finca los Gemelos.

Tabla 26: Resumen de presupuesto

RESUMEN DE INVERSION		
# TABLA	**DESCRIPCIÓN**	**PRECIO TOTAL C$**
1	**ESTRUCTURA METALICA**	C$ 180,149.45
2	**MISCELANEOS DE MATERIALES PARA ELABORACION DE ESTRUCTURA.**	C$ 11,793.02
3	**MISCELÁNEOS DE MATERIALES PARA EMBASADO DE PARALES INVERANDEROS A 80 CM DE PROFUNDIDAD.**	C$ 21,901.33
4	**MISCELÁNEOS DE MATERIALES PARA PLANCHETA EN AREA DE DESINFECCION INVERNADERO.**	C$ 16,004.82
5	**MISCELÁNEOS DE MATERIALES PARA INSTALACION DE PANTALLA TERMICA.**	C$ 14,741.28
6	**MISCELÁNEOS PARA INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.**	C$ 12,635.38
7	**PLASTICULTURA.**	C$ 245,874.03
8	**FABRICACION DE ESTRUCTURA.**	C$ 54,936.45

9	**INSTALACIÓN DE INVERNADERO + SISTEMA DE RIEGO.**	C$ 128,185.05			
	Total C$	**C$ 686,220.82**	**$**	**18,736.76**
	Iva C$	**C$ 102,933.12**	**$**	**2,810.51**
	Total C$	**C$ 789,153.95**	**$**	**21,547.28**

Fuente: Elaboración Propia

El presupuesto técnico para un invernadero refleja una inversión total de 789,153.95 córdobas, incluye el impuesto al valor agregado IVA, esta inversión completa todos los componentes necesarios para garantizar la adecuada operación de la infraestructura y el establecimiento de un sistema de producción eficiente.

Del total de la inversión, los rubros con mayor participación económica corresponden a la plasticultura (C$ 245.874.03) y la estructura metálica (C$ 180,149.45), debido a que constituyen los elementos fundamentales para la protección de los cultivos y la estabilidad estructural del invernadero. Así mismo la instalación del invernadero y sistema de riego, (C$ 128,185.05) representando una parte importante del proyecto

Los resultados indican que la rehabilitación demanda únicamente el 24.72% de la inversión requerida para una infraestructura nueva, lo que representa un ahorro aproximado del 75.28%. En consecuencia, la rehabilitación constituye la alternativa técnicamente viable y económicamente más conveniente para la Finca Los Gemelos.

VIII. CONCLUSIONES

La inspección técnica y el levantamiento de campo determinaron que el invernadero en la finca los Gemelos se encuentra en un estado crítico debido a factores climáticos y la falta de mantenimiento. Se identificaron patologías estructurales severas, destacando la corrosión galvánica en la entrada de desinfección, fallos estructurales por vientos en laterales y arcos.

Cuantitativamente la cubierta y el sistema de riego presentan una perdida y destrucción del 100% malla antivirus y sistema de desinfección un 90%, y la estructura metálica un 70%. La evaluación basada en el peso funcional demostró que el invernadero posee una capacidad operática real de apenas 6.50% debido a que las partes fundamentales que son cubierta y riego están completamente inoperativas.

Se diseñó un plan de intervención basada en la selección de materiales agrícolas especializados de alta resistencia. La propuesta se basa en el reemplazo total del forrado y el mantenimiento correctivo de la estructura y el sistema de riego.

Se determinó que el presupuesto final requerido para ejecutar la rehabilitación integral asciende a un monto total de C$ 237,458.69 equivalente a ($ 7,372.85). donde el costo de mano de obra de forrado representa el rubro mayoritario con el 88.57% del proyecto, seguido cada uno de los materiales de forrado.

Al contrastar la propuesta de rehabilitación frente al costo estimado para un invernadero nuevo de características similares cuyo presupuesto técnico total asciende a C$ 789,153.95 equivalente al $ 21,547.28 con el margen correspondiente de impuesto se demuestra la alta viabilidad con el cuatro veces más que la rehabilitación, representando un ahorro de C$ 594,009.72 requiriendo el 24.72% del capital.

IX. RECOMENDACIONES

- Ejecutar la rehabilitación integral del invernadero en el menor plazo posible, priorizando la sustitución de la cubierta plástica, la malla antivirus y la rehabilitación del sistema de riego, debido a que estos componentes presentan niveles de deterioro entre 90% y 100% y condicionan directamente la funcionalidad del sistema productivo.

- Implementar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo semestral, que incluya inspecciones periódicas de la estructura metálica, tensado de mallas, limpieza de cubiertas, revisión de conexiones hidráulicas y aplicación de pintura anticorrosiva, con el fin de prolongar la vida útil de la infraestructura y evitar nuevas pérdidas operativas.

- Establecer protocolos permanentes de bioseguridad dentro del invernadero, garantizando el funcionamiento adecuado del área de desinfección, el control de acceso de personal y visitantes, así como la limpieza y desinfección de herramientas y equipos utilizados en las labores agrícolas.

- Capacitar al personal encargado de la operación y manejo del invernadero en temas relacionados con el uso eficiente del sistema de riego, monitoreo de variables climáticas, control fitosanitario y mantenimiento de estructuras de agricultura protegida, con el propósito de optimizar el rendimiento de los cultivos y asegurar la sostenibilidad de la inversión realizada.

- Aprovechar la infraestructura rehabilitada para desarrollar un sistema de producción intensiva de hortalizas bajo ambiente protegido, incorporando prácticas de manejo agronómico adecuadas y tecnologías de uso eficiente del agua, que permitan incrementar la productividad, mejorar la calidad de las cosechas y fortalecer la rentabilidad de la Finca Los Gemelos.

X. REFERENCIAS

Aparicio, X. A. G. (2008). *“CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTRUCTURAS PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS BAJO TECHO (invernaderos), EN LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ”*. UNIVERSIDAD DE PANAMÁ.

Betancourt, D. F. M. (2025, junio). *Técnicas para la producción segura de hortalizas*.

Campana, E., Ciriello, M., Rouphael, Y., & De Pascale, S. (2025). *A new paradigm in greenhouse horticulture: Integrating resource efficiency for sustainable intensification*. https://doi.org/10.1007/s10668-025-06861-6

Chris Lent, A. P. (2024). *Invernaderos – ATTRA – Agricultura Sustentable*. https://attra.ncat.org/es/temas/invernaderos/

Don Grey. (2014, marzo 26). *From the Top Down: Recovering Poly Greenhouses*. https://www.growertalks.com/Article/?articleid=20667

Dr. Ricardo Hugo Lira Saldívar. (2022). Agricultura Protegida Vertical. *31 de enero 2022*. https://www.ciqa.mx/AgriculturaPV.aspx?utm_source=chatgpt.com

DryGair. (s. f.). *Cómo mejorar la producción en invernadero: 4 consejos para obtener mejores rendimientos y reducir costes* -.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE 2 ESPECIES DE HORTALIZAS CULTIVADAS EN INVERNADERO AUTOMATIZADO UTILIZANDO FERTIRIEGO FAE-UNI 2023. (s. f.).

Flores-Velázquez, J., & Villarreal-Guerrero, F. (2015). Diseño de un sistema de ventilación forzada para un invernadero cenital usando CFD. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *6*(2), 303-316.

González, B. S. B. (2022). *REHABILITACIÓN DEL INVERNADERO Y SISTEMA DE RIEGO EN EL ÁREA AGRONÓMICA DE CIBAC.* Proyecto de Grado para la Obtención de Título de Máster en Gestión y Diseño de Proyectos Sociales.

Jakkireddy Brahmareddy, Prof. P. V. (2025, mayo 8). *Cultivo protector en la agricultura: Una revisión de sus beneficios y estrategias de comercialización – Revista Internacional de Investigación e Innovación Científica (IJRSI)*. https://rsisinternational.org/journals/ijrsi/articles/protective-cultivation-in-agriculture-a-review-of-its-benefits-and-marketing-strategies/?utm_source=chatgpt.com

kingsley felix. (2024, abril 12). *¿Cuánto cuesta construir un invernadero?* https://homequirer.com/how-much-does-it-cost-to-build-a-greenhouse/?utm_source=chatgpt.com

La importancia de la estructura de los invernaderos para la producción hortofrutícola de Almería—Noticias—Fhalmería. (2007, mayo 7). https://www.fhalmeria.com/noticia-9622/la-importancia-de-la-estructura-de-los-invernaderos-para-la-produccion-hortofruticola-de-almeria

Lira Saldívar, R. H. (2022). *Agricultura protegida vertical*. Centro de Investigación en Química Aplicada. https://www.ciqa.mx/AgriculturaPV.aspx

Modelo de invernadero bajo sistemas mejorados resilientes al cambio climático para la producción de hortalizas y frutales con familias protagonistas en la comunidad Caño Blanco, municipio de Bluefields, RACCS, 2022-2023. (s. f.).

PROPUESTA DE DESARROLLO DE UN PLAN DE PRODUCCIÓN DE PLANTULAS DE HORTALIZAS EN MICRO TUNEL, EN LA FINCA AGRÍCOLA EXPERIMENTAL, UBICADA EN LA COMUNIDAD LA BOLSA, DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2023. (s. f.).

Rey, G. (2021, marzo 26). *Clasificación de invernaderos según su tipo de estructura | Sistemas DR*. https://www.sistemasdr.es/invernaderos/clasificacion-de-invernaderos-segun-su-tipo-de-estructura/

Schaffer, M. (2026, marzo 17). Greenhouse Foundation Options | Ceres Greenhouses. *Ceres Greenhouse Solutions*. https://ceresgs.com/greenhouse-foundations/

Sistemas Hortícolas Almería. (2025). *Partes de un invernadero—Sistemas Hortícolas Almería*.

Villagrán, (2023). ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO en sistemas de producción agrícola. Colombia. (s. f.).

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* (Primera). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7404890

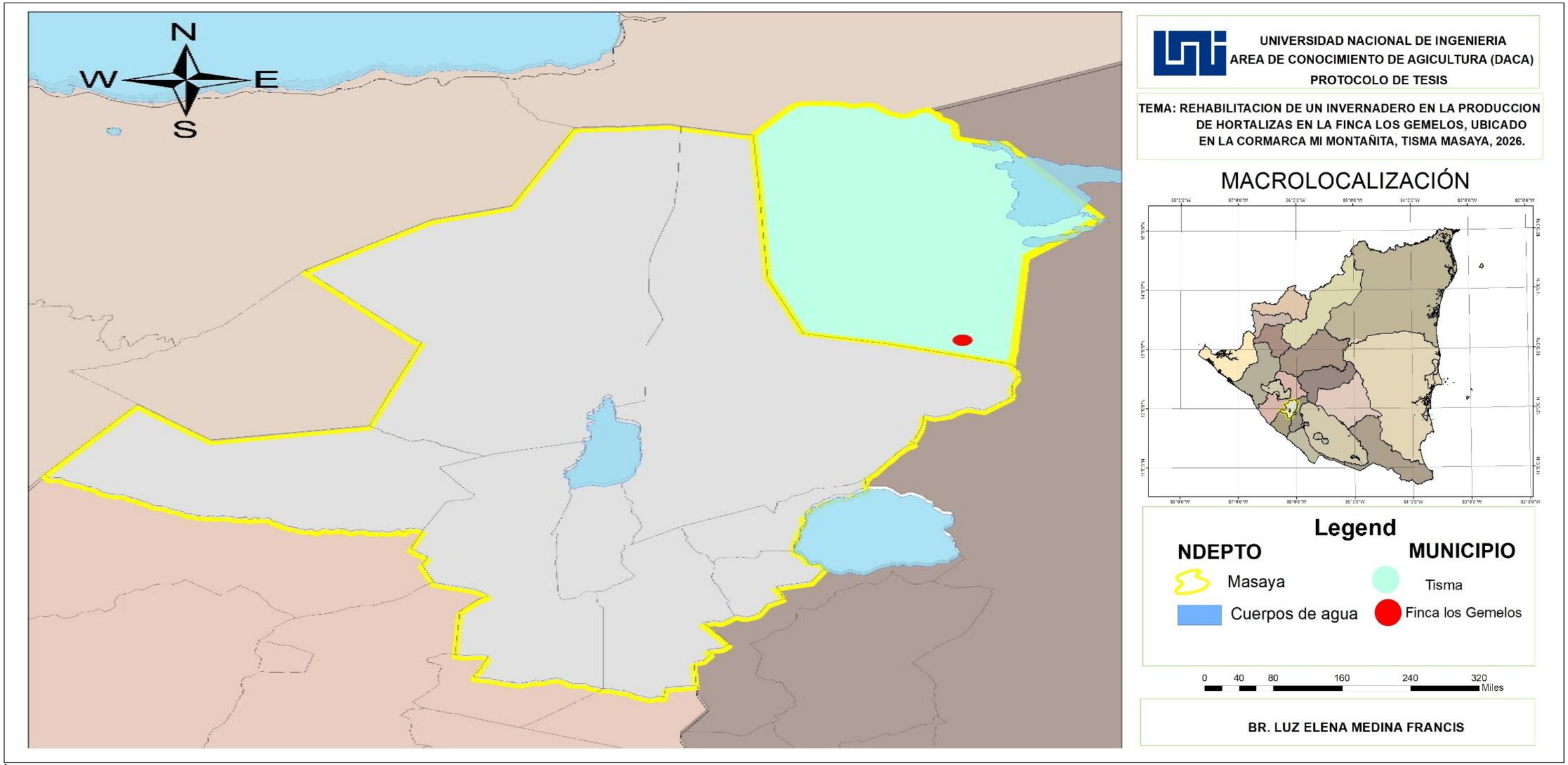
XI. ANEXOS

Figura 7: Invernadero deteriorado



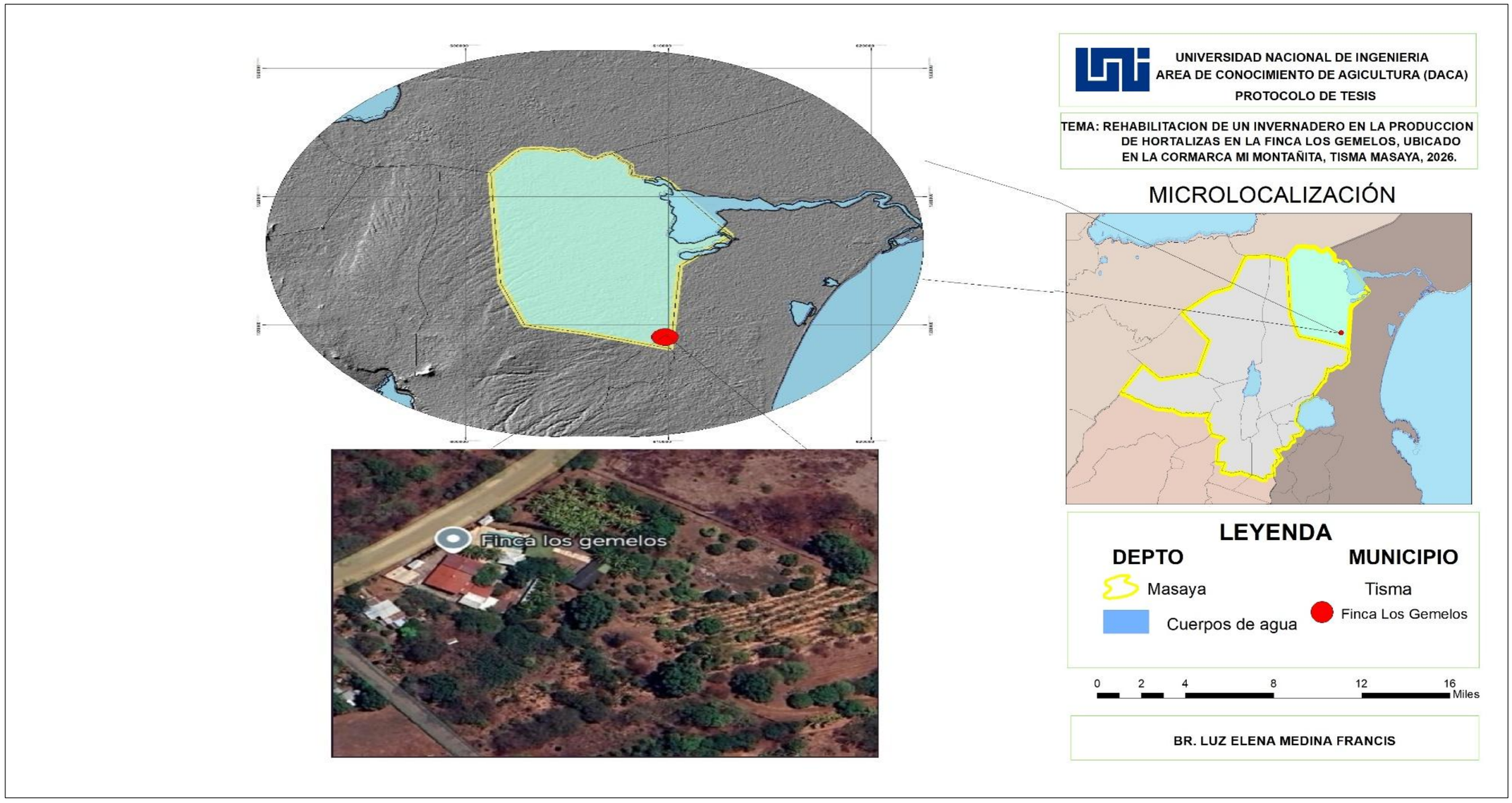
Fuente: Propietario de la zona.

Figura 8: Mapa de Macro localización



Fuente: Elaboración propia (2026), mediante software ArcGIS

Figura 9: Mapa de micro localización



Fuente: Elaboración propia (2026), mediante software ArcGIS y usando imágenes de Google Earth

Figura 10: Estructura del invernadero



Fuente: malla deteriorada. Elaboración Propia

Tabla 27: Bitácora de actividades en campo

BITÁCORA DE ACTIVIDADES		
PROYECTO:	FINCA LOS GEMELOS – LA MONTAÑITA, TISMA, MASAYA	**Fecha**
	Visita de campo para diagnóstico y rehabilitación de invernadero	15/4/26
ÍTEM	**ACTIVIDADES REALIZADAS**	**FECHA**
1	Visita de inspección y reconocimiento general del sitio donde se encuentra ubicado el invernadero.	15/4/26
2	Recorrido por el área para identificar las condiciones actuales de la infraestructura.	15/4/26
3	Levantamiento de las dimensiones principales del invernadero utilizando cinta métrica.	15/4/26
4	Verificación de la ubicación y orientación de la estructura mediante GPS. (605375.30E,1332042.46N)	15/4/26
5	Inspección visual de los elementos estructurales: arcos, pilares, perfiles y elementos de unión.	15/4/26
6	Evaluación del estado de la cubierta, malla antivirus y malla sombra, identificando rupturas, deterioro y zonas que requieren sustitución.	15/4/26
7	Revisión del sistema de riego existente, verificando tuberías, accesorios y condiciones generales de funcionamiento.	15/4/26
8	Identificación de malezas y vegetación presente alrededor y dentro del área del invernadero.	15/4/26
9	Registro fotográfico de los principales daños y condiciones encontradas durante la inspección.	15/4/26
10	Identificación preliminar de los elementos que requieren reparación, sustitución o mantenimiento para la rehabilitación.	15/4/26
11	Recopilación de información de campo necesaria para elaborar el diagnóstico físico y técnico de la infraestructura.	15/4/26
12	Anotación de observaciones y recomendaciones preliminares para las posteriores actividades de rehabilitación.	15/4/26
OBSERVACIONES	Estado general de la infraestructura: Se observó deterioro en diferentes componentes del invernadero, principalmente presencia de corrosión en elementos metálicos, perfiles desviados y desgaste de la estructura. Se identificó además malla antivirus rota y deteriorada, malla sombra en condiciones deficientes y arco estructural desviado. En el interior y alrededores se observó presencia considerable de malezas, evidenciando falta de mantenimiento del área. El sistema de riego se encontró deshabilitado, por lo que se considera necesario realizar una evaluación posterior de sus componentes para determinar las condiciones de tuberías, accesorios y demás elementos que lo conforman. La información obtenida mediante mediciones, inspección visual, ubicación GPS y registro fotográfico servirá como base para determinar las necesidades de reparación, sustitución y mantenimiento requeridas para la rehabilitación del invernadero.	
RECURSOS UTILIZADOS: Cinta métrica, GPS, teléfono celular para registro fotográfico, libreta de campo y formatos de inspección.		
PERSONAL PARTICIPANTE: Equipo encargado del levantamiento e inspección técnica de la infraestructura.		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Supervisión de estructura, malla deteriorada y sistema de riego deshabilitado



Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Cubierta de malla rota



Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Ficha técnica de Plástico UV

HANWO

PLÁSTICO PARA INVERNADERO

- Espesor: 150 um
- Color: blanco translucido
- Composición: Lámina de polietileno de baja densidad (LDPE)
- Tratamiento Uv : Si
- Duración aproximada 3 años
- Resistencia al azufre: 3.3000 Pmm
- (Resistencia al azufre Almeria)
- Pentacapa

Características:

Plástico térmico compuesto de resinas poliméricas especiales que contienen un Co-Polímero EVA y cargas minerales, por lo que la transmisión y difusión de la luz son muy altas.
De esta manera se mantienen las condiciones de luminosidad más apropiadas para la actividad fotosintética reduciendo así posibles efectos adversos como el "black spot" (quemaduras en la parte superior de las plantas)
Estabilizado a la radiación ultravioleta.

Ventajas:

- Aditivos conservantes del calor, aumenta la temperatura interior del invernadero
- Optimo efecto termo- aislante(14%) reduciendo el enfriamiento nocturno
- Gran resistencia mecánica y al envejecimiento
- Alta difusión de la luz (60%), evitando sombras en el invernadero
- Efecto invernadero excelente gracias a su formulación EVA junto con las cargas minerales.
- Proporciona un microclima constante

DIMENCIONES	UNIDAD	TOTAL
6 M X 55 M	M2	330
8 M X 55 M	M2	440
12 M X 55 M	M2	660

Uso previsto

Elaboracion de invernadero



Fuente: Hanwo

Figura 14 Ficha técnica de Malla antivirus



Fuente: Pro plantas.

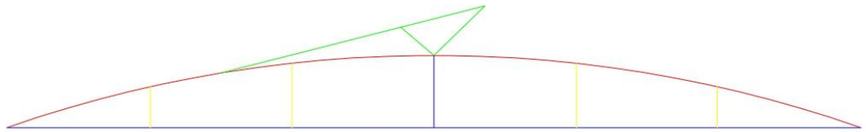
Figura 15 Ficha técnica de Malla sarán



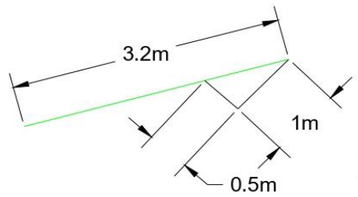
Fuente: Green-Lake

x

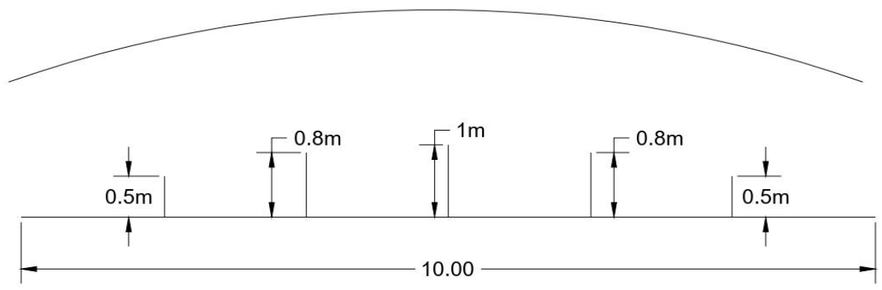
ANEXO DE PLANOS



ARMAZON ESTRCUTURAL



ALETONES PARA
EXPULSION
DE AIRE CALIENTE



UNIONES Y ARCOS

LEYENDA	
Tubo red 2"	
Tubo red 1.5"	
Tubo red $\frac{3}{4}$"	
Tubo red 1"	

PROYECTO:

ESTUDIO TECNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE UN INVERNADERO EN LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN LA FINCA LOS GEMELOS, UBICADO EN LA COMARCA LA MONTAÑITA, TISMA DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2026..

DIBUJADO POR:

BR. LUZ ELENA MEDINA FRANCIS 2019–0455I

REVISADO POR:

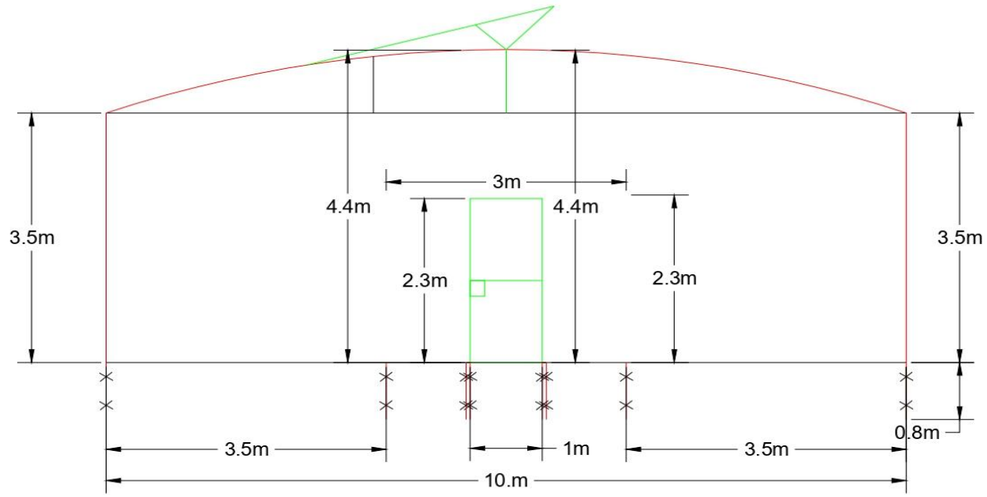
ING. OMRI DAVID LOPEZ

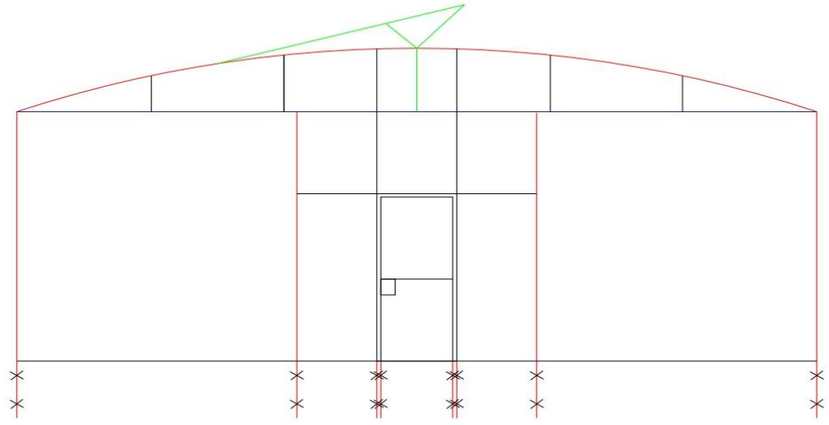
DETALLE DE ARCO

ESC: 1:25

1

5





LEYENDA
Tubo red 2"
Tubo red 1.5"
Tubo red 3/4"
Tubo red 1"
Tubo cuad2"

PROYECTO:

ESTUDIO TECNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE UN INVERNADERO EN LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN LA FINCA LOS GEMELOS, UBICADO EN LA COMARCA LA MONTAÑITA, TISMA DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2026..

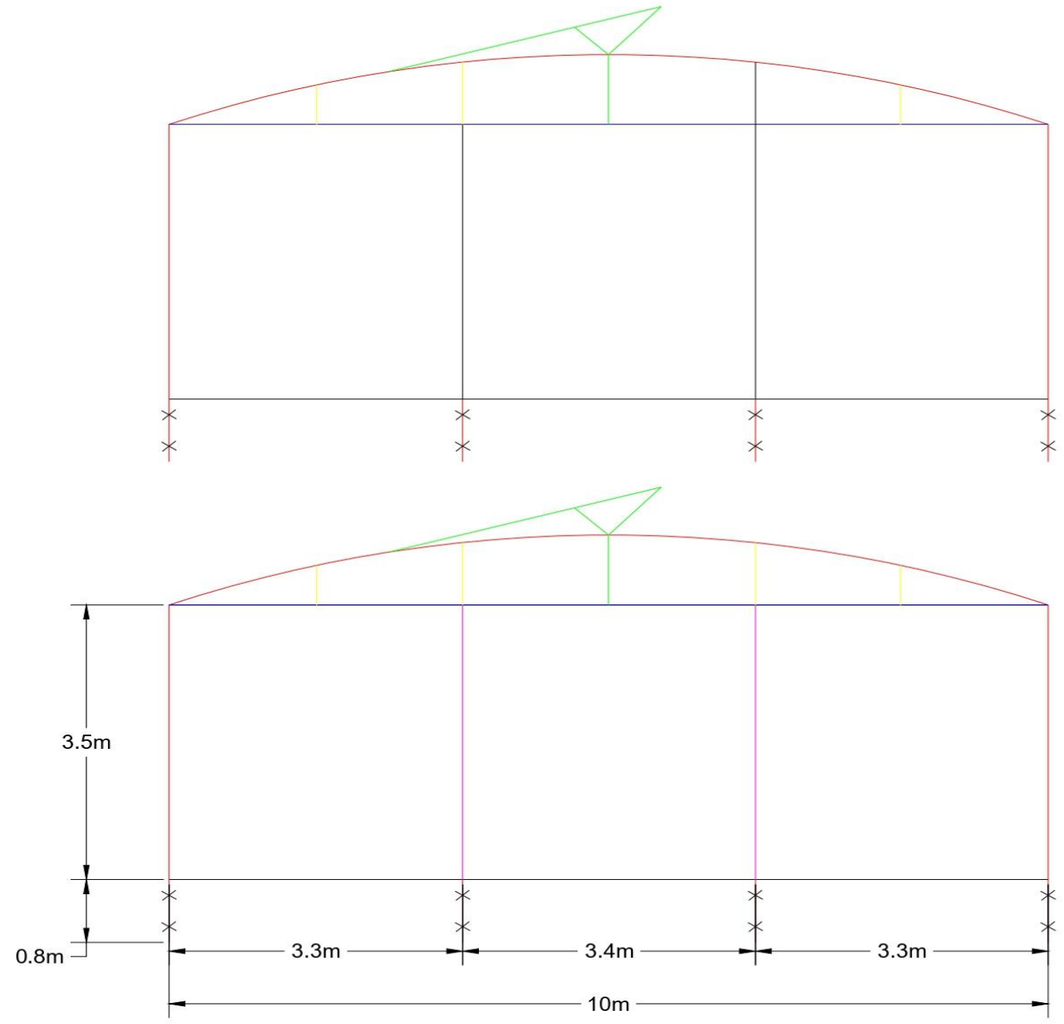
DIBUJADO POR:
BR. LUZ ELENA MEDINA FRANCIS 2019-0455I

REVISADO POR:
ING. OMRI DAVID LOPEZ

DETALLE VISTA FRONTAL DE ARMADO

ESC: 1:25

2
5



Nota: Los laterales de invernaderos seran de malla antivirus de 50 mesh.

LEYENDA
Tubo red 2"
Tubo red 1.5"
Tubo red 3/4"
Tubo red 1"
Tubo cuad 2"

PROYECTO:

ESTUDIO TECNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE UN INVERNADERO EN LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN LA FINCA LOS GEMELOS, UBICADO EN LA COMARCA LA MONTAÑITA, TISMA DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2026..

DIBUJADO POR:

BR. LUZ ELENA MEDINA FRANCIS 2019–0455I

REVISADO POR:

ING. OMRI DAVID LOPEZ

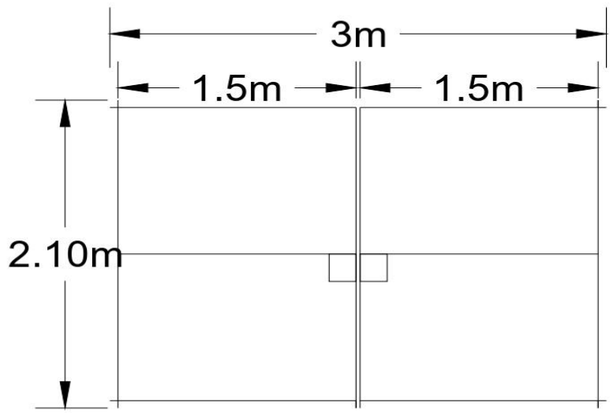
DETALLE VISTA POSTERIOR DE ARMADO

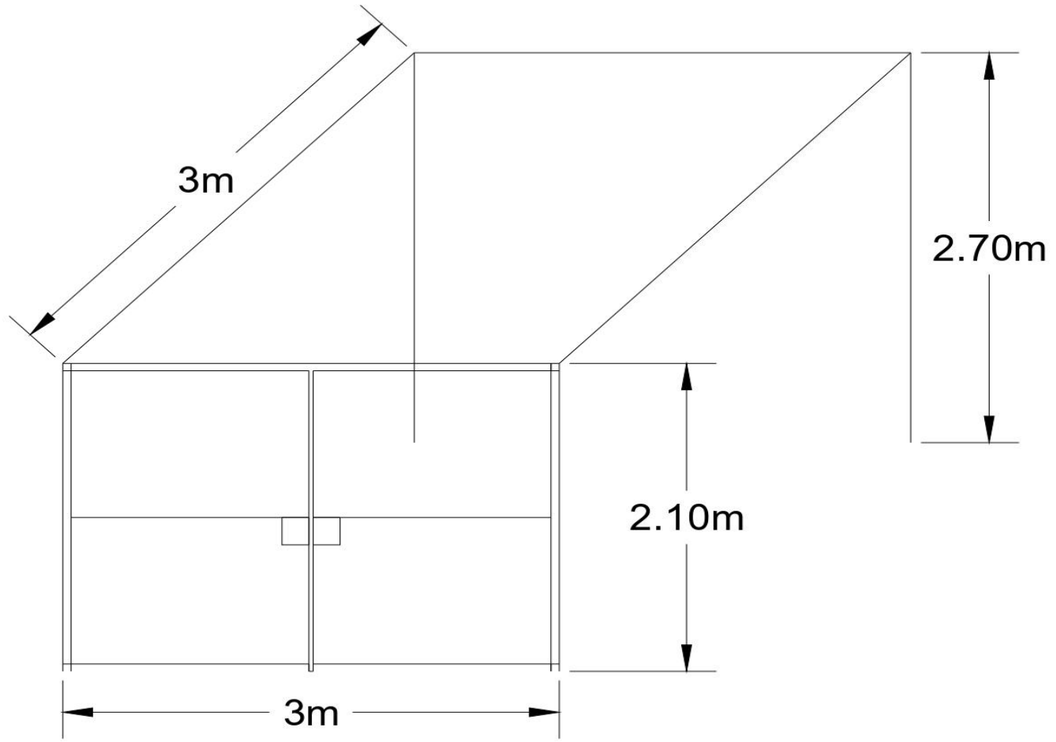
ESC: 1:25

3

5

Nota: Los laterales de invernaderos seran de malla antivirus de 50 mesh.





PROYECTO:

ESTUDIO TECNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE UN INVERNADERO EN LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN LA FINCA LOS GEMELOS, UBICADO EN LA COMARCA LA MONTAÑITA, TISMA DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2026..

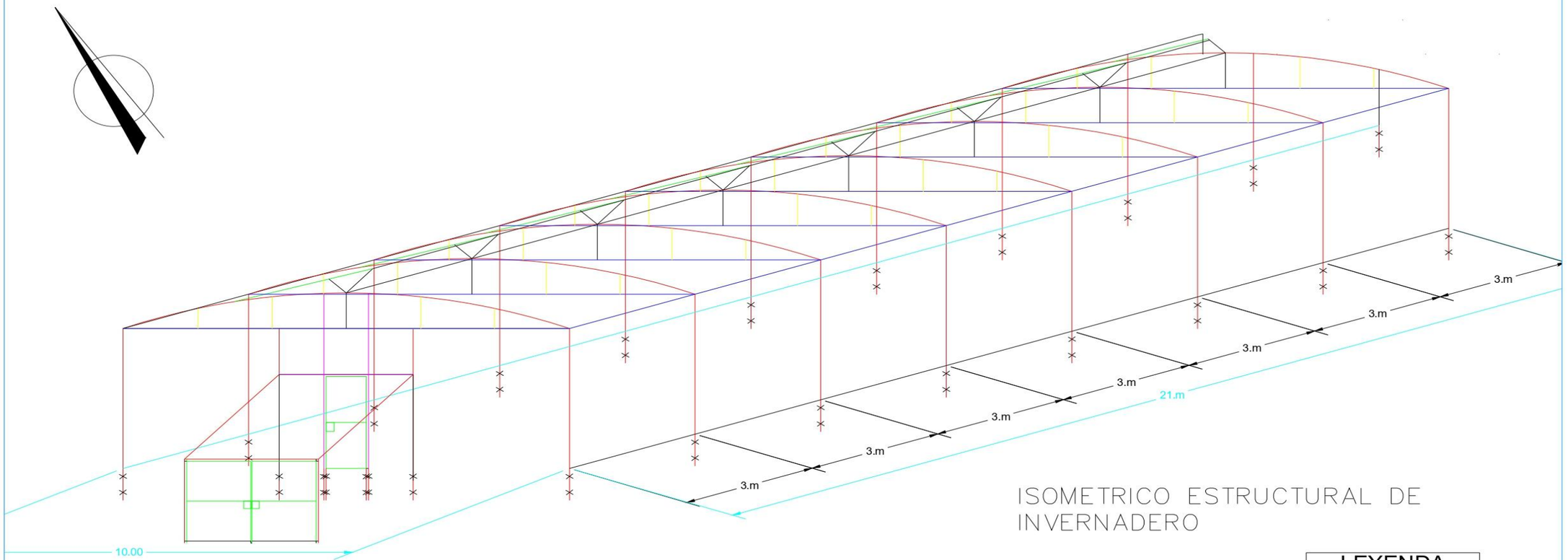
DIBUJADO POR:
BR. LUZ ELENA MEDINA FRANCIS 2019–0455I

REVISADO POR:
ING. OMRI DAVID LOPEZ

DETALLE DE AREA DESINFECCION

ESC: 1:25

4
5



ISOMETRICO ESTRUCTURAL DE INVERNADERO

LEYENDA
Tubo red 2"
Tubo red 1.5"
Tubo red 3/4"
Tubo red 1"
Tubo cuad 2"

PROYECTO:

ESTUDIO TECNICO PARA LA REHABILITACIÓN DE UN INVERNADERO EN LA PRODUCCION DE HORTALIZAS EN LA FINCA LOS GEMELOS, UBICADO EN LA COMARCA LA MONTAÑITA, TISMA DEPARTAMENTO DE MASAYA, 2026..

DIBUJADO POR:

BR. LUZ ELENA MEDINA FRANCIS 2019–0455I

REVISADO POR:

ING. OMRI DAVID LOPEZ

ISOMETRICO DE INVERNADERO

ESC: 1:85

5

5