| Clave de la Propuesta  |             | PP | j   |
|--|-------------|----|---|
| Puntos a considerar  | Si          | No | Observaciones/Comentarios                 |
| ¿Se incluyen los datos de la <b>Portada</b> (licenciatura, título,   |             |    |   |
| modalidad, versión, declaratoria, firmas, etc.)? ¿La extensión del Tí <b>tulo</b> es adecuada y sin                                    |             |    |   |
| abreviaturas?  |             |    |   |
| ¿El <b>Título</b> refleja de forma clara lo que se trabajará en el   |             |    |   |
| proyecto? ¿La Introducción describe en forma concisa el área de  |             |    |   |
| aplicación del proyecto?   |             |    |   |
| ¿Los <b>Antecedentes</b> sitúan el proyecto propuesto  |             |    |   |
| respecto a otros trabajos?   |             |    |   |
| ¿La <b>Justificación</b> describe la razón, relevancia o necesidad que origina el proyecto?  |             |    |   |
| ¿El <b>Objetivo General</b> es claro y tiene relación directa  |             |    |   |
| con el proyecto a realizar?  |             |    |   |
| ¿Los <b>Objetivos Particulares</b> se engloban en el   |             |    |   |
| objetivo general?  |             |    |   |
| ¿La secuencia de actividades que se presenta en la <b>Metodología</b> es congruente con los objetivos y permite que se alcancen éstos? |             |    |   |
| ¿La <b>Descripción Técnica</b> presenta las especificaciones   |             |    |   |
| generales y particulares (materiales, dimensiones,   |             |    |   |
| normas, etc.), así como la explicación funcional de cada uno de los bloques del sistema a desarrollar?                                 |             |    |   |
| ¿La Normatividad mencionada da un marco a la   |             |    |   |
| propuesta?   |             |    |   |
| ¿El <b>Cronograma de Actividades</b> señala con claridad<br>las tareas a realizar para alcanzar los objetivos del<br>proyecto?         |             |    |   |
| ¿El proyecto es realizable en el tiempo propuesto?   |             |    |   |
| ¿Se encuentran indicados los <b>Entregables</b> dentro de la   |             |    |   |
| propuesta? ¿Se incluye explícitamente la entrega del Reporte Final?  |             |    |   |
| ¿Se incluyeron las <b>Referencias Bibliográficas</b> y estas   |             |    |   |
| cumplen con el formato solicitado?   |             |    |   |
| ¿La <b>Terminología</b> especifica del proyecto, que no es del conocimiento general en Ingeniería Mecánica, está                       |             |    |   |
| claramente explicada?  |             |    |   |
| ¿Se indican instalaciones, equipos y materiales que se   |             |    |   |
| requieren para realizar el proyecto?   |             |    |   |
| ¿La propuesta tiene una redacción clara y sin faltas ortográficas?   |             |    |   |
| ¿El enfoque del trabajo corresponde a un proyecto de   |             |    |   |
| Ingeniería Mecánica? Observaciones   |             |    |   |
| Observaciones  |             |    |   |
|  |             |    |   |
|  |             | •  |   |
|  |             |    |   |
|  | <del></del> | 1  |   |
| Estado de la propuesta   |             |    |   |
|  |             |    |   |
| ( ) Autorizada ( ) Revisada ( ) No autoriza  | ada         |    | Comité de Estudios de Ingeniería Mecánica |

Los tres verbos se están aplicando a la automatización y no al invernadero. ¿Qué es lo importante, la automatización o el invernadero? Considerando las actividades descritas, parece que "planeación" no concuerda con la descripción del proyecto.

Licenciatura: Ingeniería mecánica.

Nombre del Proyecto de Integración (PI): Diseño, construcción y planeación de la automatización de un invernadero para pimientos dentro de un sistema acuapónico.

Modalidad: Proyecto Tecnológico

Versión: Primera

Trimestre Lectivo: 211

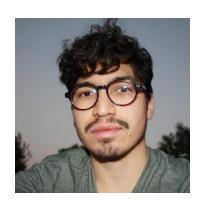
Datos del Alumno:

| Garrido Buendía Santiago. 2172002114 |
|--------------------------------------|
| garridosantiagob@gmail.com           |



Iñiguez González Mauro. 2163000353 mauro.ini.9.com@gmail.com

| Firma. |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|
|        |  |  |  |  |





#### Datos del asesor

M. en C. Meliton Ezequiel Rodriguez Rodriguez

Profesor titular B

Departamento de Electrónica

Teléfono: 5545787608

err@azc.uam.mx

Firma. \_\_\_\_\_

Fecha: 10/04/2021

#### Declaratoria

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

| Firma del alumno: |   |
|-------------------|---|
|                   | Garrido Santiago Buendía                      |
|                   |   |
| Firma del alumno: |   |
|                   | Iñiguez Gonzalez Mauro                        |
|                   |   |
| Firma del asesor: |   |
|                   | M. en C. Meliton Ezequiel Rodriguez Rodriguez |

#### 1. Introducción.

Hort Americas define al invernadero como una estructura utilizada para proteger los cultivos y extender la ventana de producción. La fotosíntesis es el principal proceso relacionado al desarrollo del cultivo. Para promover la fotosíntesis es necesario optimizar el ambiente en el invernadero controlando su temperatura, nivel de humedad, ventilación y luz.

La acuaponía consiste en la integración de dos métodos de cultivos: la acuacultura y la hidroponía. Este método es muy útil en zonas urbanas y uno de los retos de control es el flujo del agua del sistema.

Un invernadero dentro de un sistema acuapónico demanda una operación constante de las variables de ambiente para producir una cosecha rentable y de calidad. Para el control de estas variables la selección de los materiales de construcción es crucial y de ser necesario se utilizan equipos como:

- Extractores y paredes húmedas para aumentar la humedad y bajar la temperatura.
- Quemadores de queroseno para aumentar la temperatura cuando se sufren heladas que producen una temperatura promedio menor a la necesitada por el cultivo.
- Ventiladores calculados para las exigencias del recinto y cultivo
- Lámparas led para controlar el espectro y la duración del día.

La operación del invernadero puede llevarse de manera manual con la ayuda de un operador experimentado, sin embargo, la ineficiencia en la ingeniería del diseño del invernadero y el control

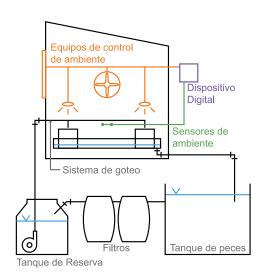


Ilustración 1: Diagrama simplificado del sistema

manual poco preciso resulta en cultivos de mala calidad e incluso pérdida de la producción al enfrentar problemas climáticos.

La selección de los materiales de construcción y el equipo para el manejo y monitoreo de las variables ambientales, dentro del invernadero, así como control de los niveles de agua del tanque de peces y reserva, garantizarán el cumplimiento de las condiciones de operación del cultivo. Así mismo la automatización del sistema proporcionará una mayor eficiencia de operación al invernadero. La Ilustración 1 muestra un diagrama simplificado del sistema completo tentativo

El financiamiento del proyecto correrá por parte de los alumnos.

Describan con mayor amplitud el alcance de la automatización esperada.

#### 2. Antecedentes.

En la Ciudad de México en el año 2014, los alumnos Baltazar Aguilar, J., Enciso Hernández, D. y Vargaz Dominguez, M. A. del Instituto Politécnico Nacional, presentaron su tesis titulada: "Diseño e

implementación de un dispositivo digital para el control de la temperatura en un invernadero de tomate" [1]. En donde propusieron una solución para la automatización en el diseño de un sistema de monitoreo y control de temperatura para el invernadero usando Arduino y PLC (Programmable Logic Controller). Esta tesis servirá para tener precedentes de automatización con Arduino, sus ventajas y desventajas.

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narra, en el año 2011, se presentó la tesis titulada: "Diseño y construcción de invernadero para la producción de hortalizas" por parte de Horel Lucio Santizo Velázquez para el título de Ingeniería agrónoma en irrigación [2]. En su trabajo presentó los parámetros de diseño aceptables para invernaderos, en donde se mencionan los tipos de invernadero, orientación y luminosidad. La construcción del invernadero tendrá una estructura tentativa de tipo inclinado, el cual puede decirse es un fragmento del invernadero de dientes de sierra. En la ilustración 2 se puede observar los tipos de invernadero según la clasificación de Hort Americas

Los alumnos Mauro Iñiguez Gonzalez y Santiago Garrido Buendía, autores de este proyecto tomaron el curso "Ingeniera en Diseño de Invernaderos" de la empresa Hort Americas, impartido por M.C. Karla Patricia García, Investigadora premiada por la Sociedad Internacional de Ciencia en Horticultura en Quebec, Canadá 2016 [3]. En este curso los alumnos se instruyeron en los parámetros del balance de energía necesarios a controlar dentro de un invernadero, así como las variables a controlar como lo son la temperatura, humedad, luz y ventilación para lograr un uso adecuado de la ingeniería de automatización. De igual modo se abordó la importancia en el diseño y construcción de los diferentes tipos de invernadero, tomando como referencia la ubicación, tipo de clima, tipo de siembra, luz solar, entre otros.

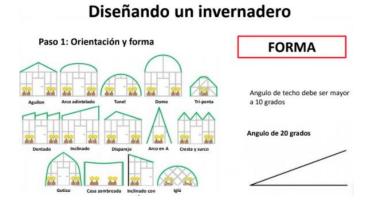


Ilustración 2 Tipos de Invernadero

#### 3. Justificación.

La producción de un cultivo de alta calidad es primordial para cumplir con las exigencias del mercado. El invernadero con ambiente controlado proporciona la capacidad de generar cultivos competitivos y su automatización mejora la eficiencia y rentabilidad de este.

Además, el uso de un sistema acuapónico con invernadero representa una excelente alternativa para la producción de cultivos dentro de la Ciudad de México y para combatir la carencia de acceso a la alimentación creando economías de autoconsumo o comunales [4].

### 4. Objetivos.

#### Objetivo general:

Diseñar un invernadero de pimientos de acuerdo con los balances de energía y diseñar el sistema energético automatizado de temperatura, humedad, ventilación y luz, dentro del invernadero, así como el control de los niveles de agua del sistema acuapónico.

Objetivos particulares:

Diseñar y construir un invernadero de aproximadamente 8m2 para 36 plantas de pimiento tomando en cuenta el balance de transferencias de calor.

Cálculo de ventilación, enfriamiento y calefacción para el invernadero construido.

Seleccionar y ubicar en el plano la instrumentación necesaria para el control de temperatura, humedad, ventilación y luz del invernadero construido.

Diseñar la automatización del sistema mediante el uso de un dispositivo digital Arduino o PLC (Programmable Logic Controller)

Implementar la automatización y control de los niveles de agua en el tanque de peces y tanque de reserva.

Las dos opciones (Arduino y PLC) son muy diferentes en costos, la opción por PLC podría requerir la inversión bastante elevada. ¿porqué no se restringe a una sola opción?

## 5. Descripción técnica

En este proyecto se diseñará un invernadero de estructura de madera de tipo inclinado con un área superficial aproximada de 8m² y un volumen aproximado de 18m³ con cubierta plástica.

Para su control energético se propondrá la instrumentación para la ventilación, el enfriamiento, la calefacción y el manejo de luz integral diaria. ¿Cuáles son los parámetros que se requieren cumplir para su diseño?

Para la automatización se propone utilizar un dispositivo digital PLC o Arduino conectado a relés que activen los equipos a través de la lectura de humedad y temperatura

¿Que tipo de entradas y salidas requieren que debe tener en PLC? ¿Qué tipo de sensores están planeando? ¿Cuántos módulos de acoplamiento de señal requieren? ¿Se cuenta con la licencia para programar el PLC?

#### Normatividad

En la construcción de Invernaderos en México, existe una norma llamada a Norma NMX-E-255-CNCP-2008, la cual especifica el proceso que debe seguirse para el diseño de invernaderos, así como los principios generales, requisitos de resistencia mecánica, estabilidad, estado de servicio y durabilidad para el proyecto y la construcción de estructuras de invernaderos comerciales con

cubiertas de películas plásticas, incluyendo las cimentaciones, para la producción de plantas y cultivos.

Para la instalación eléctrica, este proyecto se basa en la norma NOM-001-SEDE-2012 con el propósito de regular y estandarizar los diferentes tipos de instalaciones eléctricas. En esta parte se engloba todo el proceso de automatización que conlleva nuestro proyecto, así como el centro de control y todas las instalaciones.

Se implementará la norma NOM-007.STPS-2000 la cual se refiere a las actividades agrícolas, instalaciones, maquinaria, equipo y herramientas relacionadas a este ámbito. También se enfoca en las condiciones de seguridad.

## 7. Cronograma de actividades

UEA para la que se solicita autorización:

Proyecto de integración en Ingeniería Mecánica I.

| Actividades del trimestre 21-P                          |  | Semana |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|---|--|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
|   |  | 1      | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 Investigar las condiciones necesarias para el cultivo |  | Х      |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 2   | Realizar el diseño del invernadero                             | Χ      | Χ |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 3   | Elaborar los planos finales y la cotización                    |        |   | Χ |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 4   | Adquirir el material   |        |   | Χ | Χ |   |   |   |   |   |    |    |
| 5   | Construir el invernadero                                       |        |   |   | Χ |   |   |   |   |   |    |    |
| 6   | Selección de la instrumentación                                |        |   |   | Χ | Χ |   |   |   |   |    |    |
| 7   | Elaborar los planos de montaje para los equipos                |        |   |   |   | Χ |   |   |   |   |    |    |
| 8   | Decidir el dispositivo digital a utilizar en la automatización |        |   |   |   |   | Х |   |   |   |    |    |
| 9   | Seleccionar los componentes a utilizar                         |        |   |   |   |   |   | Χ |   |   |    |    |
| 10  | Desarrollar el código de programación                          |        |   |   |   |   |   |   | Χ | Χ |    |    |
| 11  | Adquirir los equipos a implementar                             |        |   |   |   |   |   |   | Χ | Χ | Χ  |    |
| 12  | Implementar y realizar el ajuste final                         |        |   |   |   |   |   |   |   |   | Χ  |    |
| 13  | Elaborar y entregar el reporte final                           | Χ      | Χ | Χ | Χ | Χ | Χ | Χ | Χ | Χ | Χ  | Х  |

### 8. Entregables

- 1) Memoria de cálculos de balances de energía del sistema.
- 2) Plano del invernadero con instrumentación para el control del ambiente.
- 3) Propuesta de la automatización del invernadero
- 4) Evidencias fotográficas
- 5) Reporte final

### 9. Referencias bibliográficas

- [1] Baltazar, J., Enciso, D. y Vargas, M. A., 2014 "Diseño e implementación de un dispositivo digital para el control de la temperatura en un invernadero de tomate," Tesis para obtener título de Ingeniería en control y automatización, Instituto Politécnico Nacional.
- [2] Santizo, H. L., 2011, "Diseño y construcción de invernaderos para la producción de hortalizas". Tesis para obtener título de Ingeniería Agrónoma en Irrigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- [3] Patricia, G., 2021, Gerente Hort Americas México, Instructora avalada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Registro: GACK891213N71-0005
- [4] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural., 2020. "Acuaponía: alimentos sostenibles en formas alternativas", de https://www.gob.mx/agricultura/articulos/acuaponia-alimentos-sostenibles-en-formas-alternativas?idiom=es
- [5] Ponce, P., Molina, A., Cepeda, P. y Lugo, E., 2015, *Greenhouse Design and Control*, CRC Press/Balkema, London, UK.

# 10. Terminología

**Acuaponía:** Sistema de producción cerrado que integra la técnica de la acuicultura con la hidroponía, es decir, es una combinación de la producción de peces y la producción de hortalizas sin suelo por el medio común "agua".

#### 11. Infraestructura

Para el proyecto tecnológico no se hará uso de la infraestructura de la UAM Azcapotzalco. El invernadero se construirá en la azotea de un domicilio particular ubicado en Atizapán de Zaragoza Edo. De Mex.

## 12. Asesoría complementaria

No aplica

# 13. Publicación o difusión de resultados

No aplica