

## **Diseño Conceptual de Sistema para la Automatización del Invernadero uno de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato**

Marcos Rodríguez, Hernando Chagolla y María López

M. Rodríguez, H. Chagolla y M. López  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle-Huanímaro km 1.2, Valle de Santiago, Gto. México,  
C.P. 38400  
Instituto Tecnológico de Querétaro, Av Tecnológico s/n esq. Mariano Escobedo, Querétaro, Qro., México, C.P. 76000  
mrodriguez@utsoe.edu.mx

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## **Abstract**

This paper presents a conceptual framework for automating the greenhouse one of the Technological University of the West of Guanajuato. It is presented as a concept where proposals for climate control of variables such as temperature, humidity, air flow is present; models and run times. The control system for greenhouse vegetables should be such a system that allows control in the first place: The humidity, temperature, air flow and irrigation, so that control can be adjusted depending on the type of vegetable farming.

## **28 Introducción**

La tecnología para la producción de alimentos en invernaderos ha avanzado considerablemente en los últimos años. Hoy en día, el uso de los sistemas electrónicos en la agricultura es imprescindible dado que con el uso de éstos se logra alcanzar un máximo desempeño del terreno cultivado. El control del ambiente aéreo y de raíz es de suma importancia en los sistemas agrícolas, éste control del ambiente recae en los equipos electrónicos.

Los sistemas agrícolas automatizados están equipados para realizar un control de la temperatura del aire y de las raíces, de la intensidad luminosa, del agua y múltiples variables del ambiente, este control protege a los sistemas agrícolas de los climas adversos, creando un ambiente artificial o microclima, el cual ofrece las mejores condiciones de crecimiento y de desarrollo para las plantas.

El desarrollo de un sistema de control climático para invernaderos toma vital importancia debido a las consecuencias favorables que éste método conlleva para con el cultivo, como la producción en todo el año, precocidad, calidad, control sobre el cultivo, menor consumo de agua, más cosechas por año, mayores rendimientos, producción en lugares marginales y cosecha oportuna. Éstas estructuras cuentan con diseños especiales y entre las ventajas más importantes para el agricultor están las siguientes: permite proteger los cultivos de contingencias climatológicas, plagas y enfermedades, además de controlar temperatura, humedad, nutrición y tiempo de riego.

El invernadero es el único sistema de protección que permite el cultivo totalmente fuera de temporada. Las plantas en invernadero necesitan más cuidado y atención en un periodo de tiempo menor al cultivo tradicional; pero los resultados en cuanto a producción son óptimos o las pérdidas son mínimas, en comparación con el tradicional. La calidad del producto final se ve elevada, dándole un valor agregado a la producción.

### **28.1 Metodología**

Se utilizó el S.O.P(Situación-Objetivo-Propuesta) que es una herramienta metodológica de mejoramiento continuo que pertenece al TQE(Total Quality Excellence). Con esto se pretende ver al invernadero como un todo que está íntimamente ligado al sistema de control.

#### **Situación Actual**

Para la determinación del diseño conceptual fue necesario analizar las condiciones en las que se encuentran los sistemas del invernadero y que se mencionan a continuación:

- Cubierta plástica y malla antiáfidos totalmente deterioradas.

- Sistemas electromecánicos como mecanismos de persianas laterales dañados, no se cuenta con ventiladores para flujo de aire forzado, ni con sistema de calefacción artificial.
- Sistema hidráulico incompleto, pues la bomba no tiene instalación eléctrica, la línea de riego solo cuenta con un cabezal, sin derivaciones, los nutrientes se colocan en los depósitos de agua y se dosifica con la misma bomba de agua.
- No se cuenta con instalación eléctrica que alimente los sistemas para el control.
- No cuenta con control climático.

Las siguientes imágenes muestran lo anteriormente dicho.

**Figura 28** Cubierta plástica y mecanismos dañados



**Figura 28.1** Falta de instalación eléctrica y sistema hidráulico incompleto



## **Objetivo**

Establecer un diseño conceptual de sistema para la automatización del invernadero uno de la UTSOE que permita su habilitación para el establecimiento de cultivos que sirvan para la experimentación, la generación de conocimiento y la transferencia de estas tecnologías.

## **Propuestas**

### **Rehabilitación de la cubierta plástica y malla antiáfidos**

Para determinar la cubierta plástica para el invernadero, se definen los cultivos a establecer, los cuales consisten en hortalizas, cuyos requerimientos de luz son semejantes para todas, por lo que se selecciona una cubierta plástica tipo difuso con un 85 % de paso de luz, para la temporada de primavera donde los niveles de iluminación son altos y prolongados, se recomienda usar una malla sombra en el exterior, que también ayuda a disminuir la temperatura.

### **Rehabilitación de los sistemas electromecánicos**

Analizando el estado de los mecanismos, se propone el mantenimiento de los motorreductores existentes, así como de las flechas acopladas al eje que enrolla la cubierta plástica de las ventanas laterales. Para evitar que la temperatura llegue a valores críticos tanto hacia arriba como hacia abajo, se propone la instalación de dos ventiladores extractores para la circulación forzada de aire para el enfriamiento y un sistema de calefacción a base de gas L.P. para elevar la temperatura en tiempo de frío.

### **Rehabilitación del sistema hidráulico**

Derivado del diagnóstico que se realizó a este sistema se propone la instalación independiente del sistema de fertirriego, con bombas dosificadoras independientes y agitadores para el nutriente, además de terminar la instalación de líneas de riego localizado para cada planta.

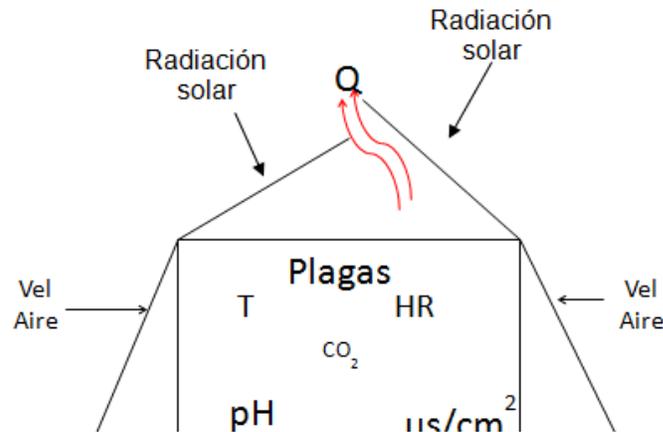
### **Instalación eléctrica**

Se debe realizar el cálculo de los conductores alimentadores, conductores secundarios, las canalizaciones y los dispositivos de protección.

### **Instrumentación y control**

Para poder determinar el concepto para el sistema de control climático es necesario identificar el sistema físico, la siguiente figura muestra los principales parámetros que se tienen que considerar para comenzar con la conceptualización.

**Figura 28.2** Sistema de parámetros físicos de control

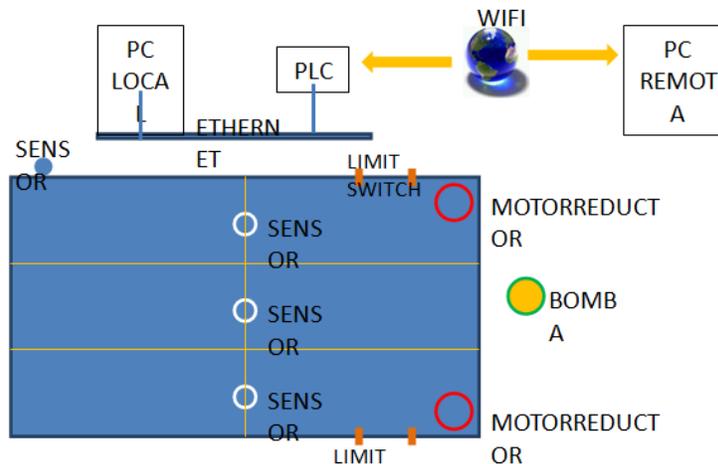


Como puede observarse se tiene como entradas la radiación solar y el aire que en sí lleva consigo temperatura y humedad exteriores que afectan la temperatura y humedad interior.

## 28.2 Resultados y discusión

El sistema de control se conceptualiza como un sistema flexible que permita tener un crecimiento a futuro en cuanto al procesamiento del mayor número de variables a controlar, donde en primera instancia y como alcance del proyecto, se controlará la temperatura, humedad y velocidad del viento. La flexibilidad del sistema debe permitir la capacidad de adicionar el control de otras variables no menos importantes como nivel de CO<sub>2</sub>, pH, conductividad y nivel de iluminación; esto como una segunda etapa. Como tercera etapa se hará una interfaz hombre-máquina para monitoreo tanto local como remoto de dichas variables. A continuación se muestra un diagrama esquemático con los elementos del control climático.

**Figura 28.3** Diagrama esquemático de elementos de control climático



### Elementos que conforman el sistema.

Para el control de temperatura, humedad y flujo de aire, se dispondrá de sensores que permitirán medir y monitorear las diferentes variables, enviando la información al controlador para su procesamiento y toma de acción a través de la manipulación de los actuadores.

### Sensado de Temperatura y Humedad

El crecimiento vegetativo se da gracias al proceso fotosintético, de modo que si el cultivo dispone de suficiente luz, la temperatura es el factor de mayor influencia en su desarrollo. Además, la temperatura ha sido el parámetro tradicionalmente manejado en los invernaderos, por lo que se considera la variable principal a controlar. El sensor a utilizar debe enviar una señal estándar de 4 a 20 mA.

En un invernadero, valores extremos de la humedad del aire limitan determinados procesos fisiológicos del cultivo. Por otro lado, si se produce la condensación del vapor de agua, pueden desarrollarse enfermedades por hongos. Para la medición se hará uso de un sensor de tipo capacitivo, ya que al variar la humedad se modifican las características del dieléctrico del condensador, pudiendo así obtener una referencia de la variable.

Los transmisores programables de temperatura y humedad de la serie T3110 están equipados de sensores para la medida directa de ambas magnitudes así como el cálculo de otras magnitudes derivadas de ambas: temperatura de punto de rocío, humedad absoluta, humedad específica, "mixing ratio" o entalpía. La circuitería del transmisor dispone de un microprocesador de control de los circuitos y está alojada en una carcasa en robusto ABS en la que también se alojan los terminales de conexión.

Todos los sensores de humedad están protegidos con un filtro de acero inoxidable con capacidad de filtrado de 0,025mm. La configuración de las salidas 4-20 mA son ajustables en todo el rango de salida, por el usuario con ayuda del Software T-Sensor suministrado con el equipo.

Un amplio display de dos líneas permite la lectura simultánea de la temperatura y la humedad u otra magnitud derivada de ambas.

Incluye certificado de calibración conforme a EN ISO/IEC 17025

La siguiente figura muestra la forma física de dicho transmisor

**Figura 28.4** Transmisor programable de temperatura y humedad T3110



## Sensado de velocidad del viento

Estas magnitudes no afectan de forma directa al crecimiento del cultivo, pero sí al control del invernadero y principalmente daños a su infraestructura como rompimiento de la cubierta plástica y daños en sus soportes metálicos del invernadero. La velocidad del viento es medida por un anemómetro basado en un encoder incremental. Por su parte, la dirección es captada por una veleta que utiliza un encoder absoluto.

**Figura 28.5** Sensor de velocidad de viento



Las características del sensor de velocidad de viento seleccionado, se muestran a continuación:

- Salida: 4-20 mA
- Rango: 0 a 180 km/h
- Precisión: 3,22 km/h en el rango de 17 a 88 km/h
- Voltaje de operación: 10-36 VDC
- Consumo: El mismo que la salida del sensor
- Respuesta rápida de datos programable a 3 segundos mínimo
- Temperatura de operación: -40°/+55°C
- Tamaño del sensor: 7" diámetro x 8 1/2"

## Controlador

Como controlador se selecciona un PLC ya que tiene la robustez industrial. Dicho PLC corresponde a un Micrologix 1400 Boletín 1766 que se basa en características fundamentales de MicroLogix 1100: EtherNet/IP, edición en línea y una LCD incorporada.

Estos controladores ofrecen mayor conteo de E/S, contador de alta velocidad más rápido, salida de tren de impulsos, capacidades de red con características mejoradas y luz de retroiluminación en la LCD. Los controladores sin puntos de E/S analógicas incorporados proporcionan 32 puntos de E/S digitales, mientras que las versiones analógicas ofrecen 32 puntos de E/S digitales y 6 puntos de E/S analógicas. Puede ampliar todas las versiones con hasta siete módulos de expansión de E/S 1762.

### Características

- El puerto Ethernet proporciona capacidad de servidor web y de correo electrónico, así como soporte del protocolo DNP3
- La LCD incorporada con luz de retroiluminación permite ver el estado del controlador y de las E/S
- La LCD incorporada proporciona una interface simple para mensajes, monitoreo de bits/números enteros y manejo
- Amplía las capacidades de la aplicación con el soporte para un máximo de siete módulos de expansión de E/S MicroLogix 1762 con 256 E/S discretas
- Hasta seis contadores de alta velocidad de 100 kHz incorporados (solo en controladores con entradas de CC)
- Dos puertos serie con soporte de los protocolos DF1, DH-485, Modbus RTU, DNP3 y ASCII
- 10 KB de palabras en la memoria de programas del usuario con 10 KB de palabras en la memoria de datos del usuario
- Hasta 128 KB para registro de datos y 64 KB para recetas

**Figura 28.6** PLC MicroLogix 1400

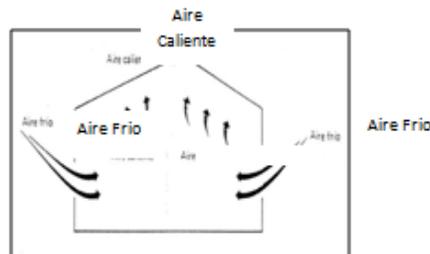


## Actuadores

Estos dispositivos reciben del controlador la orden de intervenir para controlar las variables climáticas interiores del invernadero. En el sistema de control concebido intervienen los siguientes actuadores:

- Ventanas cenitales y ventanas laterales. Su grado de apertura determina el intercambio de aire entre el exterior y el interior del invernadero, provocando la ventilación natural por efecto térmico y eólico, manteniendo dentro de parámetros la temperatura y la humedad, así como la protección de la estructura del invernadero. Las ventanas cenitales son accionadas por un mecanismo de poleas, en cambio las ventanas laterales son accionadas por dos motorreductores con motores trifásicos de  $\frac{3}{4}$  de HP con alimentación a 220 V de c.a.

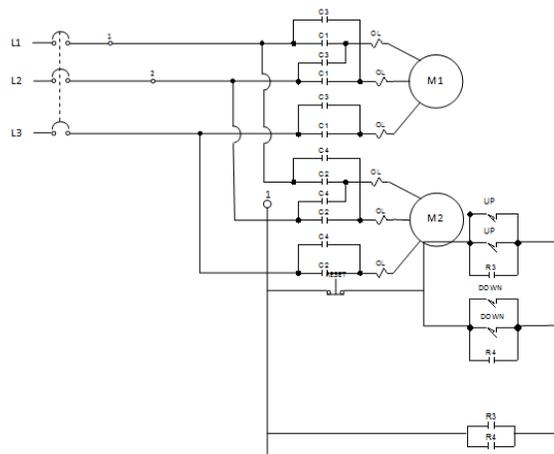
**Figura 28.7** Flujo de aire



## Etapa de potencia del control

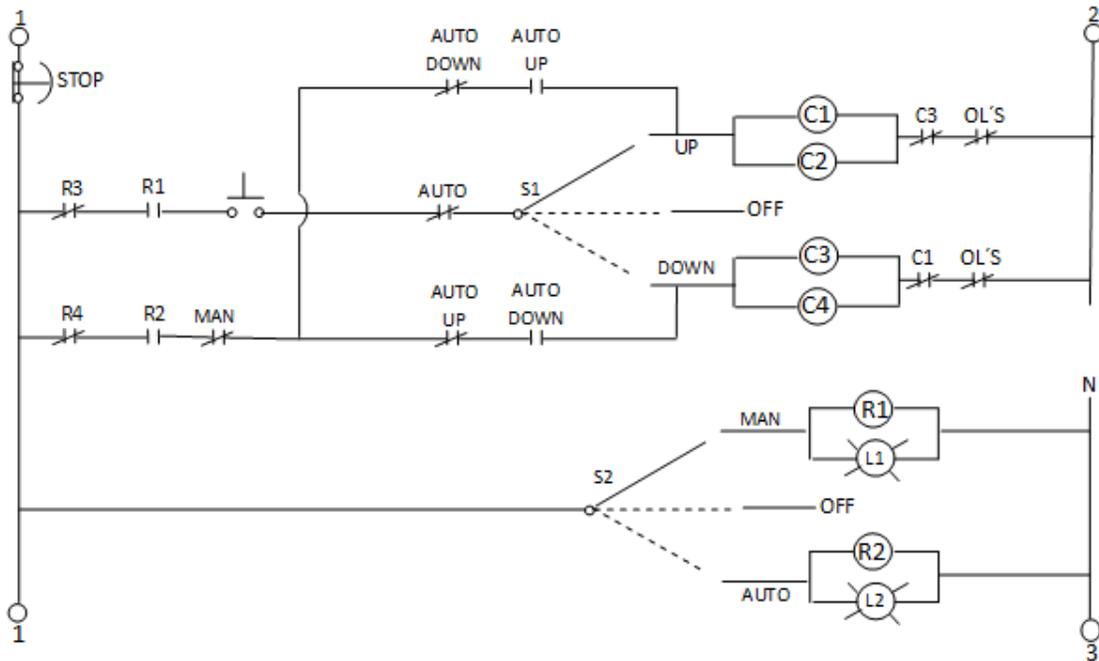
Para que el controlador pueda mandar activar a los actuadores, el sistema de control comprende de una etapa de potencia que consta de dispositivos de control como botoneras, relevadores, contactores y disyuntores para su protección. A continuación se muestra el diagrama eléctrico de la parte de potencia:

**Figura 28.8** Diagrama de Potencia del Invernadero

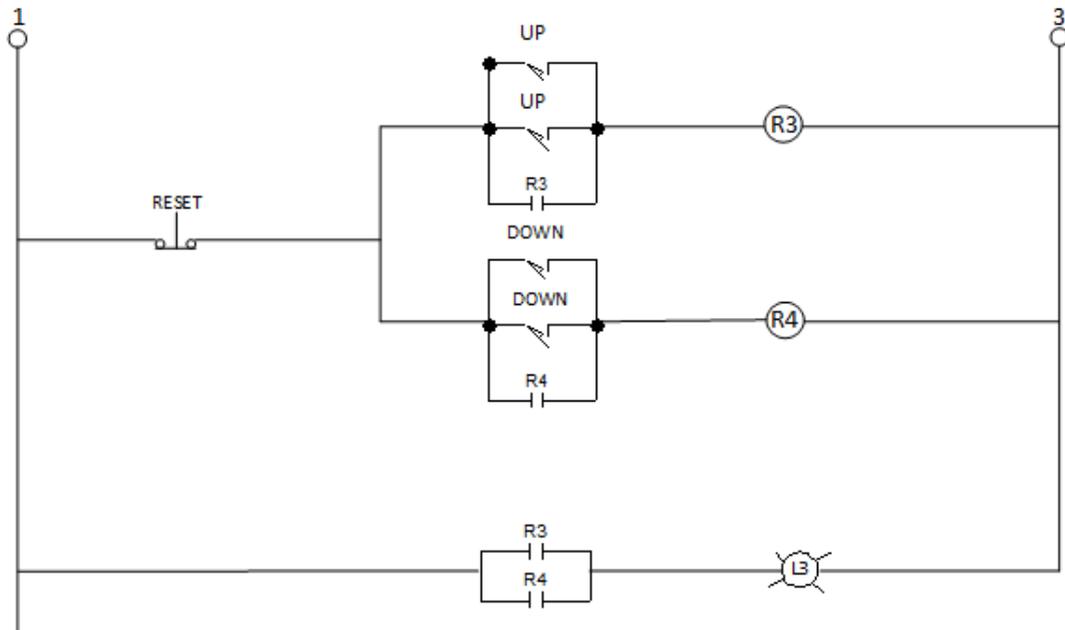


Fuerza de la etapa de

**Figura 28.9** Diagrama de Control de la Etapa de Potencia del Invernadero



**Figura 28.10** Diagrama eléctrico de fuerza y control de la etapa de potencia



## Sensores de inicio y final de carrera

Para proteger a los mecanismos de actuación que corresponden a las ventanas laterales, se dispone de cuatro switches de límite dispuestos en el inicio y final de carrera de los mecanismos en ambas ventanas laterales.

Los interruptores de final de carrera resistentes a la corrosión Nema 802MC vienen precableados y sellados en la fábrica para proporcionar protección contra la corrosión en lugares mojados o secos.

Estos interruptores proporcionan una sólida defensa contra contaminantes ambientales al usar un envoltente polimérico y acero inoxidable Tipo 316 para las piezas de metal expuestas. Cumplen con los requisitos de envoltentes NEMA 1, 4X, 6P y 13.

**Figura 28.11** Switch de límite



## 28.3 Conclusiones

La generación del conocimiento científico y tecnológico derivado del proyecto fortalecerá las competencias del personal docente de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, contribuyendo a su vez al fortalecimiento de los cuerpos académicos, de manera que tengan la capacidad de investigar, desarrollar tecnología, transferirla, brindar soporte técnico como seguimiento para elevar la probabilidad de éxito de los proyectos productivos relacionados con los invernaderos.

El proceso educativo de Agricultura Sustentable tendrá a su disposición un invernadero listo y la posibilidad de automatizar un segundo, para fortalecer la formación de los alumnos, fortalecer la investigación de sus docentes y hasta poder generar un proyecto productivo que sea sostenible.

Se pretende tener un impacto económico al transferir la tecnología del diseño y desarrollo de invernaderos para mejorar sus prácticas agrícolas, a los diferentes productores, pues al tener condiciones ambientales controladas en el cultivo bajo invernadero, se garantizará la producción aun con condiciones climáticas adversas como heladas, granizadas, sequías y hasta plagas derivadas de estas condiciones.

Además al poder controlar estas condiciones se podrá cultivar en temporadas de mas escasas para lograr mejor precio en el mercado.

La parte ambiental se verá favorecida, al contar con un riego controlado, se mejorará el aprovechamiento del agua, pues solo se usará la mínima necesaria, de manera que los mantos freáticos no se afectarían.

Al tener incidencia directa sobre proyectos productivos, socialmente habrá un desarrollo tanto para los profesores que lo plantearon, los alumnos involucrados, la comunidad beneficiada y los proveedores de los materiales e insumos.

En general se pretende a futuro con este tipo de proyectos integrales, un desarrollo sustentable, tanto local como regional; razón por la cual fue establecida la Universidad Tecnológica.

#### **28.4 Agradecimientos**

Proyecto financiado por PRODEP y UTSOE.

#### **28.5 Referencias**

Duarte Galván, C., Torres Pacheco, I., Guevara González, R. G., Romero Troncoso, R. J., Contreras Medina, L., Ríos Alcaraz, M. A., y otros. (2012). Review. Advantages and disadvantages of control theories applied in greenhouse climate control systems. *Spanish Journal of Agricultural Research* .

Herrera Ruiz, G., & Arrollo Contreras, M. (2003). Diseño y construcción de invernaderos de bajo costo. Querétaro, Querétaro, México.

López Vargas, L. A. (Noviembre de 2008). Diseño de un Sistema de Control de Temperatura On/Off para Aplicaciones en Invernadero Utilizando Energía Solar y Gas Natural. Lima, Perú.

Ruiz Herrera, G., & Peniche Vera, R. (2003). Diseño y construcción de invernaderos de bajo costo. Querétaro, Querétaro, México.