

*Automatización y control de un invernadero*  
*Automation and control of a greenhouse*

**Marrero Ramírez Secundino<sup>1</sup>, Suarez Vinueza Rommel<sup>2</sup>, Nata Rivera Edison David<sup>3</sup>  
Silva Pilaguano Jonathan Stalin<sup>4</sup> Álvarez Pastuña Jorge<sup>5</sup>, Ramírez Estrada  
Geovanny<sup>6</sup>**

**RESUMEN:**

La automatización en invernaderos es de gran utilidad en la actualidad, ya que proporciona importantes beneficios para el agricultor, mejorando la productividad de los diferentes cultivos, asegura la calidad y protege a las plantas de las plagas y enfermedades. A través de la automatización desarrollada en el invernadero ha sido posible controlar las variables climatológicas de temperatura y humedad dentro de los rangos adecuados y esto ha permitido un buen desarrollo de las semillas. Para la automatización fue necesario la incorporación de sensores de humedad y temperatura con un PLC conectado a red, lo que permitió realizar las diferentes acciones de control y el monitoreo.

**Palabras clave:** Automatización, temperatura, humedad, tecnología, monitoreo

**ABSTRACT:**

Automation in greenhouses is very useful today, as it provides important benefits for the farmer, improving the productivity of different crops, ensures quality and protects plants from pests and diseases. Through the automation developed in the greenhouse, it has been possible to control the climatic variables of temperature and humidity within the appropriate ranges and this has allowed a good development of the seeds. For automation, it was necessary to incorporate humidity and temperature sensors with a PLC connected to the network, which allowed the different control and monitoring actions to be carried out.

**Keywords:** Automation, temperature, humidity, technology, monitoring.

Recibido 3 de enero de 2020; revisión aceptada 4 de marzo de 2020

---

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. [secundino.marrero@utc.edu.ec](mailto:secundino.marrero@utc.edu.ec)

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. [rommel.suarez@utc.edu.ec](mailto:rommel.suarez@utc.edu.ec)

<sup>3</sup>Ingeniero Eléctrico, Consultor, Quito, Ecuador. [sstalin129504@gmail.com](mailto:sstalin129504@gmail.com)

<sup>4</sup>Ingeniero Eléctrico, Consultor, Quito, Ecuador. [deyvide9@hotmail.com.ar](mailto:deyvide9@hotmail.com.ar)

<sup>5</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. [jorge.alvarezp9@utc.edu.ec](mailto:jorge.alvarezp9@utc.edu.ec)

<sup>6</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. [geovanny.ramirez8171@utc.edu.ec](mailto:geovanny.ramirez8171@utc.edu.ec)

## 1. INTRODUCCIÓN

Un invernadero es una estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro del cual se obtienen condiciones artificiales favorables para producir cultivos agrícolas, así dentro de este se consigue un aislamiento tanto térmico como de agentes contaminantes de cultivos. Sin embargo, es necesario que estos invernaderos cuenten con dispositivos que permitan controlar y modificar las condiciones del microclima generado. Mismo que permitirá proteger a los cultivos de factores climáticos como heladas, granizo, sequías, excesos de viento, y demás factores que pudieran perjudicar un cultivo. Con un invernadero así se podrá cultivar plantas todo el año en condiciones óptimas.

En la actualidad, los mercados agrícolas han perdido la estabilidad que los caracterizaba en décadas pasadas y se han vuelto más dinámicos y competitivos. La globalización de los mercados, las normas internacionales, el cambio en las necesidades y exigencias de los consumidores con la rápida evolución en las tecnologías y la necesidad de un mayor respeto del medio ambiente, han provocado que los productores agrícolas adopten técnicas innovadoras para obtener ventajas competitivas, de tal manera que para mejorar la producción agrícola en invernaderos y hacer frente a los retos anteriormente descritos no solo es necesario tener un buen conocimiento del sistema de cultivo, sino que se deben considerar otros aspectos como las restricciones económicas, climáticas, tecnologías disponibles y aspectos medioambientales.

## 2. METODOLOGÍA

Según la página mexicana Hidro-Environment un invernadero es: “una construcción agrícola de estructura metálica, usada para el cultivo y/o protección de plantas, con cubierta de película plástica translúcida que no permite el paso de la lluvia al interior y que tiene por objetivo reproducir o simular las condiciones climáticas más adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas establecidas en su interior [1].

El invernadero aprovecha el efecto producido por la radiación solar que, al atravesar un vidrio u otro material traslúcido, calienta los objetos que hay adentro; estos, a su vez, emiten radiación infrarroja, con una longitud de onda mayor que la solar, por lo cual no pueden atravesar los vidrios a su regreso quedando atrapados y produciendo el calentamiento [2].

### **Ventajas del empleo de invernaderos**

- Precocidad en los frutos.
- Aumento de la calidad y del rendimiento.

- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejora del control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

### Inconvenientes

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos [2].

### Tipos de invernaderos.

- **Invernadero Capilla (a dos aguas).** Los invernaderos de capilla simple mostrado en la figura 1 tienen la techumbre formada de uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:
  - Es de fácil construcción y de fácil conservación.
  - Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
  - La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
  - Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia. Permite la unión de varias naves en batería.

La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación [3].



**Figura 1.** Invernadero capilla (a dos aguas).  
Fuente: [4].

- **Invernadero de doble capilla.** Los invernaderos de doble capilla como el de la figura 2, están formados por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además, también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales. Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas [3, 4].



**Figura 2.** Invernadero doble capilla.  
Fuente: [4].

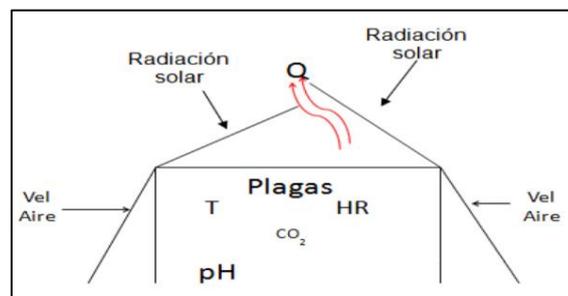
- **Invernadero asimétrico o inacral.** Difiere del tipo raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol y presenta las ventajas de buen aprovechamiento de la luz en la época invernal, elevada inercia térmica, buena estanqueidad a la lluvia y al aire, ventilación satisfactoria debido a su elevada altura y permite la instalación de ventilación cenital a sotavento como se observa en la figura 3. Sus desventajas se asocian al no aprovechamiento de la lluvia y las pérdidas de calor en la cubierta [4]



**Figura 3.** Invernadero asimétrico o inacral.  
Fuente: [4].

También se destacan otros tipos de invernaderos como el de tipo túnel o semicilíndrico que se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, el invernadero en raspa y amagado con estructura muy similar al tipo parral, pero varía la forma de la cubierta donde se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbre, que oscila entre 3 y 4,2 m [4].

Dentro del sistema destinado para el control climático del invernadero es necesario establecer el sistema físico como se muestra en la Figura 4, donde se consideran los parámetros superficiales de control de modo que involucra la radiación solar y el aire, el cual traslada la temperatura y humedad externa que perjudica la temperatura y humedad interna [7, 8].

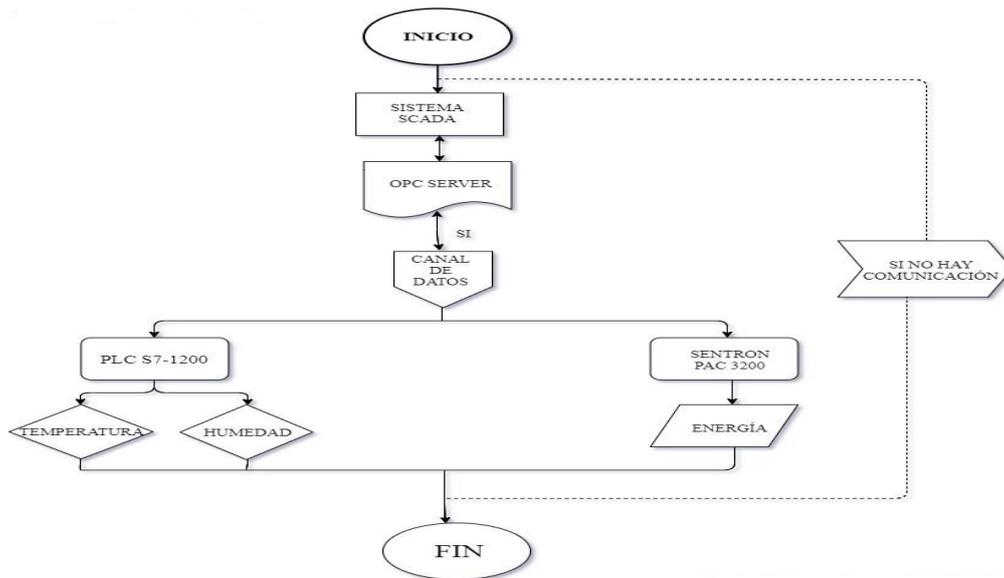


**Figura 4.** Sistema de parámetros físicos de control.

Fuente: [8].

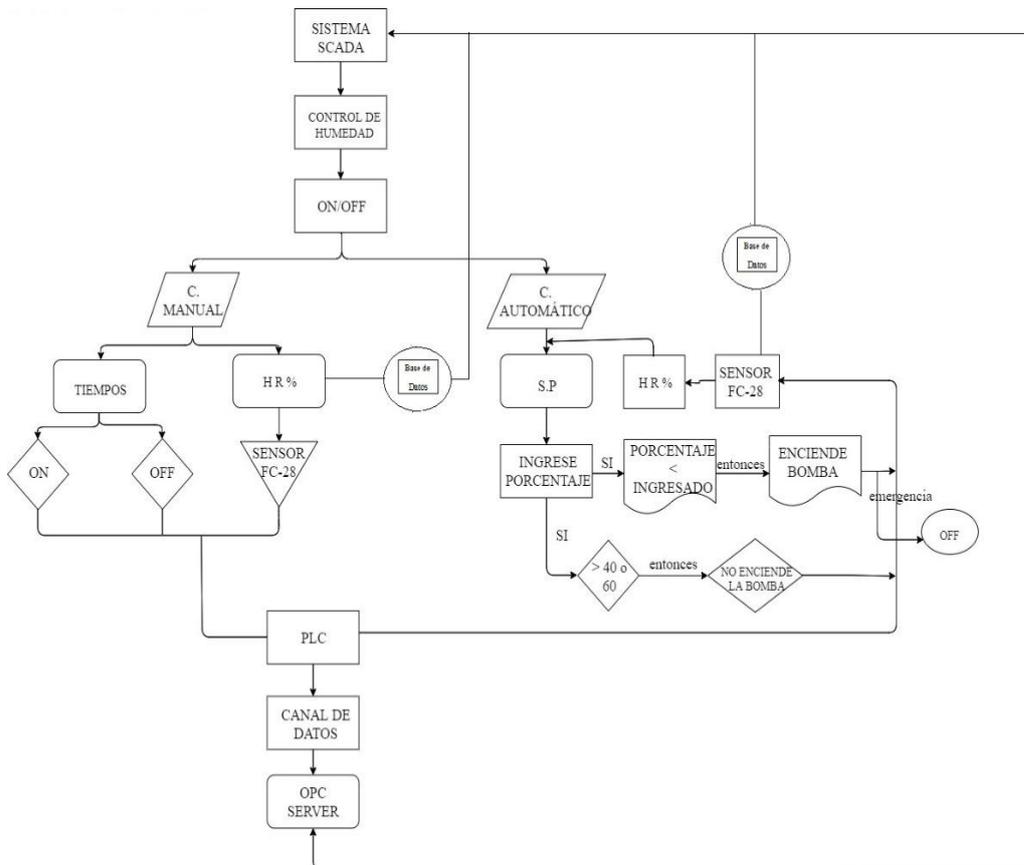
En el presente trabajo fue utilizado un invernadero experimental asimétrico atendiendo a sus ventajas, donde para la comunicación se utilizó el canal de datos de 5Mbps de velocidad. De esta manera se configuran los equipos a ser monitoreados como son el PLC S7-1200 Siemens, pantalla HMI. KTP-400 Simatic HMI. Estos equipos se encuentran ubicados en el tablero de control del sistema, los cuales establecen conexión mediante switch.

La configuración del sistema SCADA, se muestra en la figura 5, la cual indica los equipos a ser monitoreados y los datos de las variables climatológicas consideradas, así como los demás indicadores de operación seleccionados.



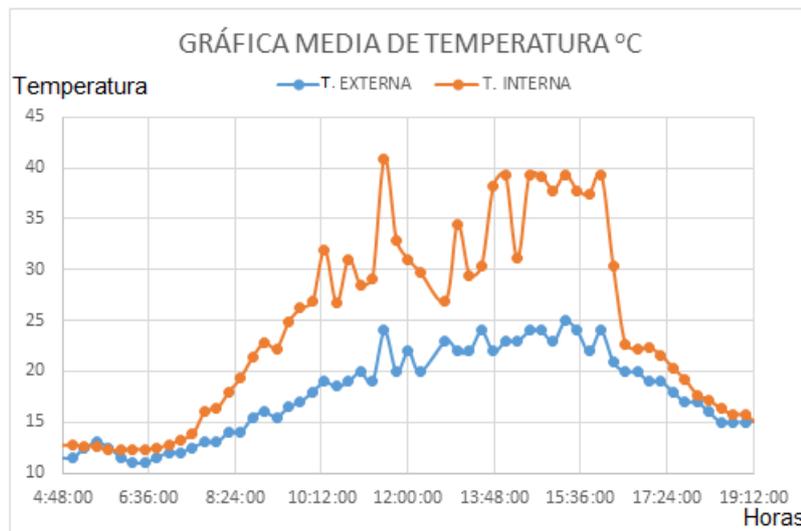
**Figura 5.** Configuración del sistema SCADA

El diagrama del control de humedad (figura 6), muestra que el control se puede realizar de manera manual o automática y para ello se introducirá el porcentaje de humedad en rangos de 40 a 60%, sí el % es menor al valor introducido, se encenderán las bombas para el riego.



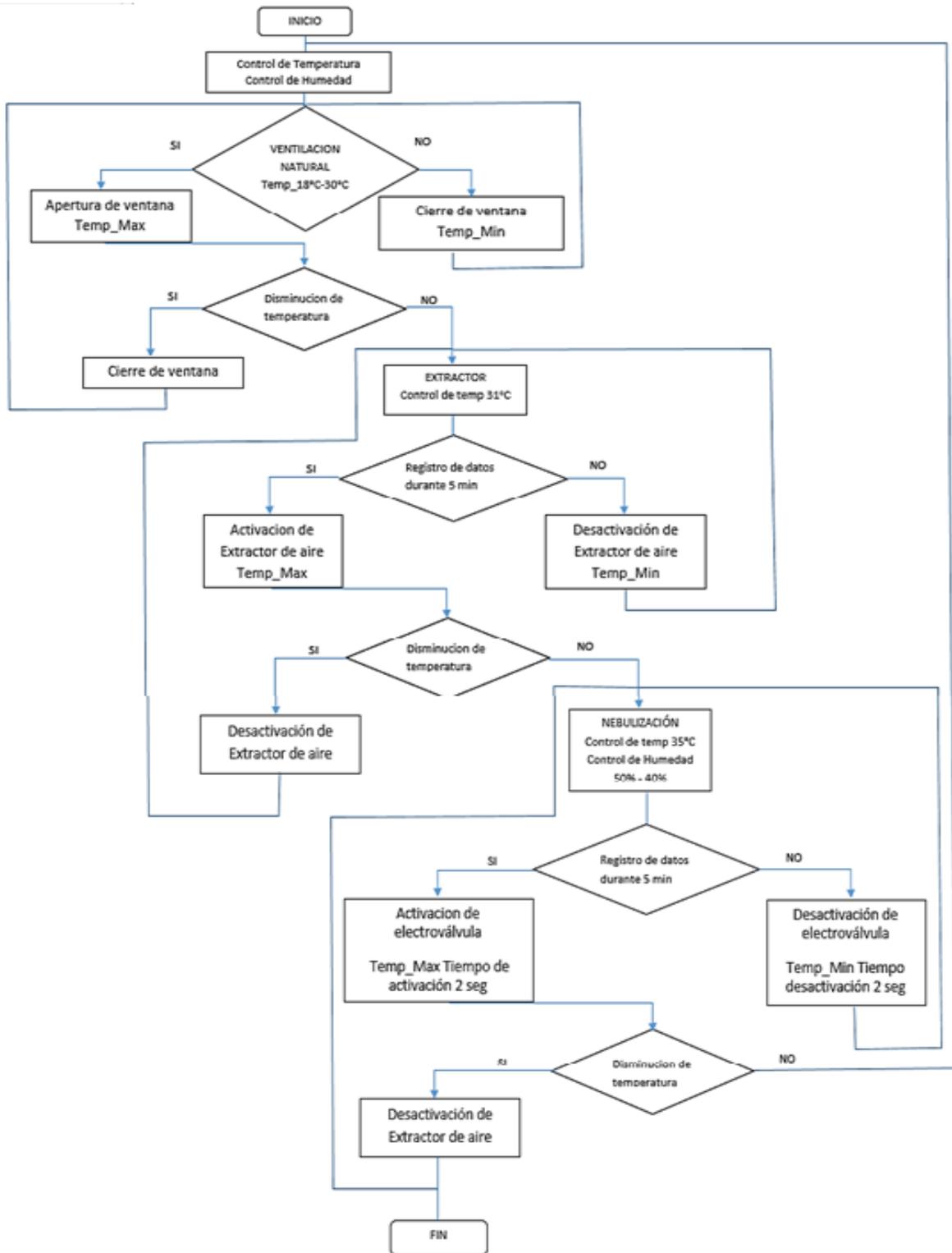
**Figura 6.** Diagrama de bloques del sistema de control de Humedad

Al analizar los mecanismos utilizados en los sistemas de climatización de invernaderos, se destacan la ventilación superior, ventilación lateral y frontal, ventilación forzada y nebulización [6, 7]. Para la evaluación del régimen térmico sin control en el invernadero se realizaron mediciones de la temperatura interna y externa que se encuentran graficadas en la figura 7 con las cortinas del invernadero cerradas durante un periodo de tiempo, donde se obtuvo temperaturas que alcanza en el interior un valor máximo de 41 °C.



**Figura 7.** Gráfica media de temperatura interna y externa.

De igual manera en la figura 8 se puede observar el algoritmo de control de temperatura que ha considerado los resultados expuestos por [9, 10, 11], donde el control manual dispone de dos pulsadores, para poder bajar o subir las ventanas y además presenta un indicador de nivel de temperatura censado por una termocupla tipo k. Mientras que el control automático de temperatura consiste en establecer los rangos de temperatura que van desde los 18 a 30 °C para que el sistema pueda accionar las ventanas y el extractor de aire, si el nivel de temperatura no disminuye con estas dos primeras opciones, entonces entra la etapa del proceso de nebulización en los 30° C, mediante el censo de temperatura durante un periodo de 1 minutos. Por el contrario si ocurre la disminución de temperatura del invernadero, entonces se efectúa el cierre proporcional de persianas, parada de la extracción de aire y el sistema de nebulización, caso contrario si el sistema no efectúa estas acciones, entonces se retorna al ciclo inicial.

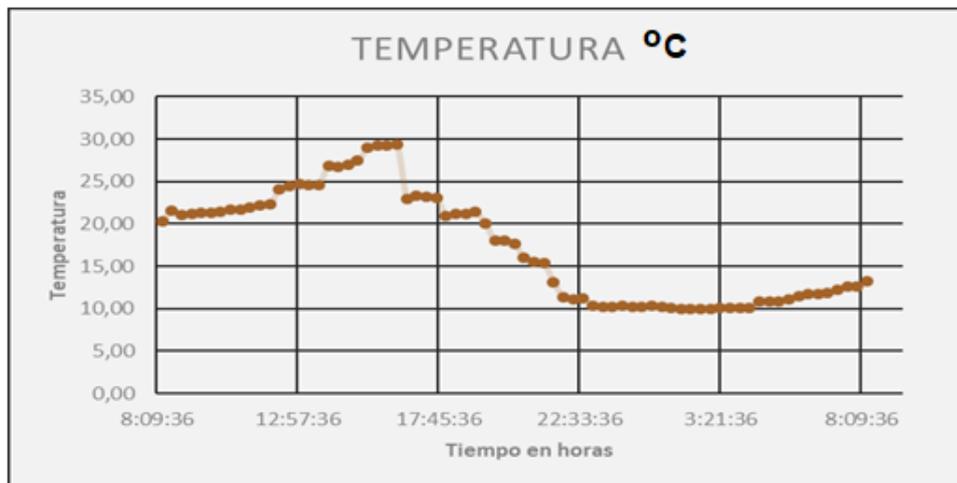


**Figura 8.** Diagrama de bloques del sistema de control de Temperatura.

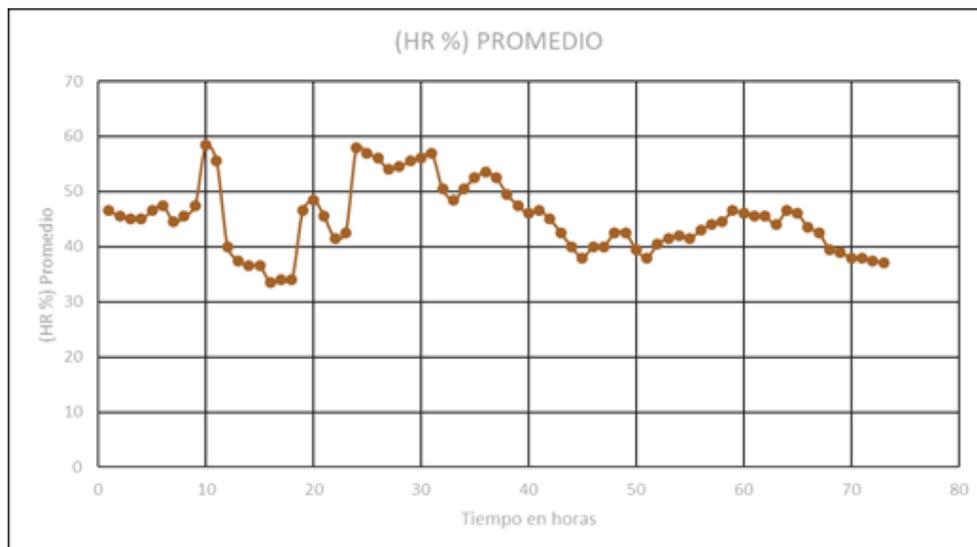
### 3. RESULTADOS

El sistema SCADA está constituido por diferentes pantallas, las cuales se las realizó con respecto a la programación de los sistemas de control de humedad y temperatura, para ello se diseñó una pantalla principal que responden a los algoritmos de las figuras 5 y 7 [6].

En la figura 9 se observa que la temperatura durante la operación del sistema de control varia alcanzando un valor máximo de 30° C debido al clima, donde también se muestran valores bajos de 10° C en horas de la madrugada. Por otra parte, la humedad relativa promedio que se encuentra representada en la figura 10, es obtenida durante un período de 8 días.



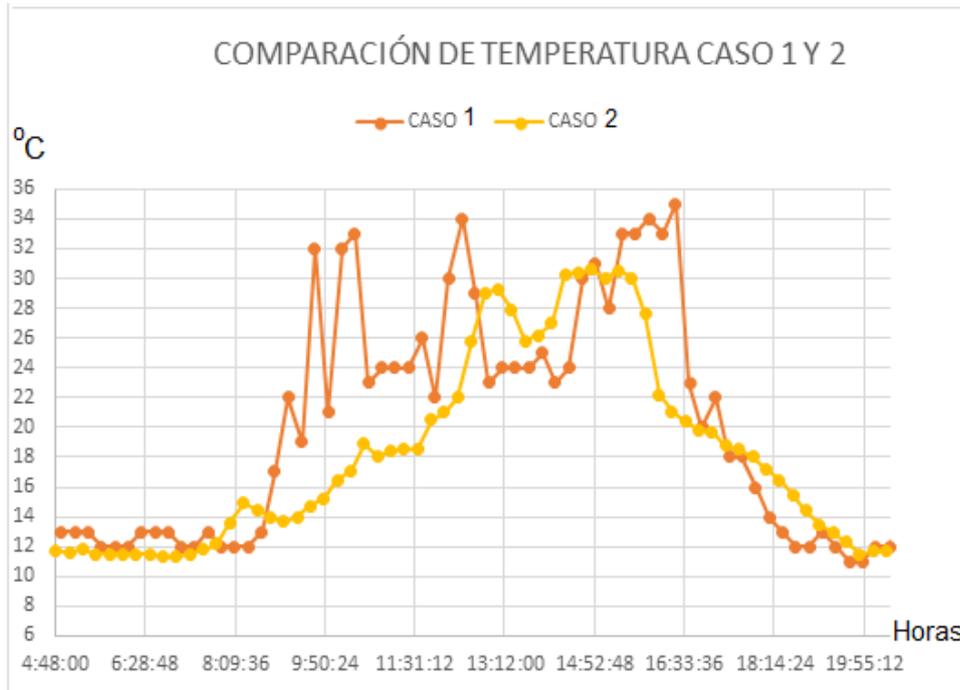
**Figura 9.** Curva de comportamiento de la temperatura ambiental interna.



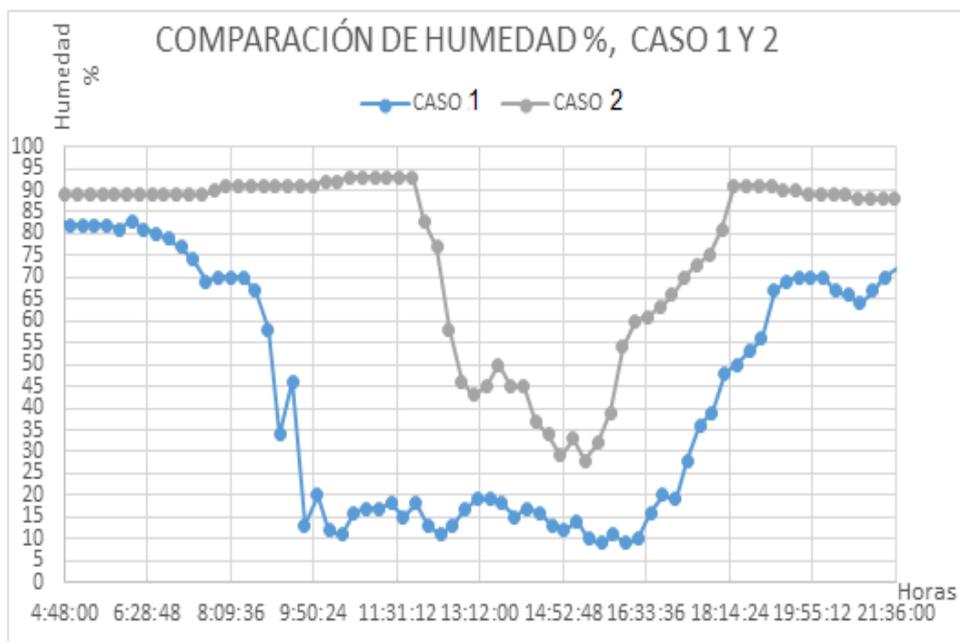
**Figura 103.** Comportamiento promedio de la humedad.

En las pruebas del sistema de control se evaluaron dos casos para establecer la interrelación humedad - temperatura. Para ello en el caso 1 se realiza la toma de datos de temperatura y humedad con las ventanas cerradas del invernadero y en el caso 2 con las ventanas abiertas y el extractor en operación. La comparación entre los casos 1 y 2 que se observa en las figuras 11 y 12, permite evidenciar la variación de los rangos de temperatura y humedad en el invernadero, teniendo en cuenta que las diferencias entre temperaturas máximas son de 5°

C y de mínimas son de 4° C. Esto genera un ambiente bastante adecuado con respecto a los valores necesarios para el desarrollo de los cultivos.



**Figura 114.** Comportamiento de la temperatura interior durante los casos 1 y 2 de operación. Se debe señalar que la humedad más propicia se observa en el caso 2 de la figura 12, al mantener un valor de humedad más estable, lo que contribuye a evitar enfermedades con las diferencias máximas de humedad de 70% y las mínimas de 10%.



**Figura 12.** Comportamiento de la humedad interior durante los casos 1 y 2 de operación.

En las figuras 11 y 12 se observó el comportamiento de las variables climatológicas como son temperatura y humedad, lo que indica que mediante la automatización del invernadero se puede mantener en niveles óptimos para el desarrollo de las semillas. Esto sin dudas constituye una oportunidad para los diferentes productores agrícolas de la zona que podrían introducir esta tecnología para garantizar un clima controlado en invernaderos que puede favorecer el incremento de la productividad y la calidad de cultivos.

#### 4. CONCLUSIONES

- Se determina que en la automatización del invernadero es posible controlar las variables climatológicas, donde la temperatura se logra estabilizar en el valor máximo de 30 °C, mientras que la humedad relativa alcanza valores extremos de 90 % en la jornada matutina y después de la 18.00 horas.
- Se determinó que la variación de temperatura en invernadero del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es adecuada para la germinación de semillas, debido a la automatización realizada en el invernadero, que se puede observar en los registros graficados de la base de datos, donde se muestran los valores máximos, mínimos y promedio
- La mayoría de los invernaderos actualmente usados en la zona carecen de control de los aspectos ambientales (humedad relativa, luminosidad, temperatura, etc.), lo puede afectar los cultivos al ocasionar problemas la deshidratación, la ralentización de la formación de clorofila y el crecimiento de las plantas.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

1. Hidro-Environment, «Que es un invernadero,» [En línea]. Available: [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=44](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=44).
2. J. I. Montero. Desarrollo de estructuras para invernaderos. Cuadernos de estudios Agroalimentarios. 2012. ISSN 2173-7568 | 45-70
3. «HortiCultivos,» 25 01 2020. [En línea]. Available: <https://www.horticultivos.com/agricultura-prottegida/invernaderos/principales-tipos-invernaderos/>.
4. «Info-Agro,» 24 01 2020. [En línea]. Available: [https://www.infoagro.com/documentos/principales\\_tipos\\_invernaderos\\_parte\\_ii.asp](https://www.infoagro.com/documentos/principales_tipos_invernaderos_parte_ii.asp).

5. Sánchez Mónica. Tipos de invernaderos. Disponible en: <https://www.jardineriaon.com/tipos-de-invernaderos-cual-escojo.html>
6. J. E. Álvarez Pastuña y B. S. Mosquera Masabanda, "Implementación del sistema SCADA para el control, monitoreo y análisis de indicadores de operación del invernadero del campus Salache", Tesis grado, UTC. Latacunga, 2020
7. J. I. Montero, C. Stanghellini, N. Castilla. Invernadero para la producción sostenible en áreas de clima de invierno suaves. Rev. Horticultura internacional. 2008.
8. P. O. D. Baraón Alarcón Julio, «Los Libertadores Fundación Universitaria,» 25 01 2020. [En línea]. Available: <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1292/baronjulio2017.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
9. Automatización de invernadero mediante autómeta programable y periferia descentralizada a través de profibus-dp. 10 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/266182638>
10. G. Zhang, X. Liu, Z. Fu, S. Stankovski, X. Li. Precise measurements and control of the position of the rolling shutter and rolling film in a solar greenhouse. Journal of Cleaner Production. Vol. 228. 2019
11. Castañeda R., Herrera G. García Escalante J. Modelación Física de un invernadero para el Desarrollo de un Sistema de Control Climático. Naturaleza y Desarrollo. Vol. 1 Núm. 2, 2003