

## **Aplicación de un prototipo de control remoto para un galpón de pollos y un invernadero según parámetros ambientales de la zona**



*Application of a remote control protocol for a farm house and a greenhouse according to zonal environmental parameters*

Cristian Germán Santiana Espín.<sup>1</sup>, Darío Fernando Guamán Lozada.<sup>2</sup>, Juan José Flores Fiallos.<sup>3</sup>

Recibido: 12-09-2019 / Revisado: 10-10-2019 / Aceptado: 20-10-2019/ Publicado: 08-11-2019

### **Abstract**

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.1.998>

This work has been developed thinking about the evolution of agricultural production, so it is applied in a prototype of greenhouses and a broiler house, in order to provide the entrepreneur in this area with a tool for remote control and monitoring of their culture or its birds. To obtain this monitoring, measurements were obtained of the fundamental parameters involved, such as temperature, relative humidity, CO<sub>2</sub>, lighting and, for the greenhouse, as a particular case, soil moisture; Based on these parameters, the control system makes automatic decisions about the lighting, ventilation, irrigation and activating systems of pumping services for irrigation or drinking water respectively, all these options were proposed so that it could be monitored and controlled from either of these two stations, linked together by wireless Ethernet communication with a point-to-point radio link. For the measurements several sensors are used for each parameter to be measured located in strategic sites, depending on the extension of the facilities, these data will be subsequently averaged, for the comparison of the parameterized values as minimum and maximum in each installation. Finally, favorable results were obtained in what corresponds to the system, in its operation it has a stable system in what corresponds to the communication with an update in the 50 ms measurements according to the programming, the control of activation and deactivation of the actuator systems respond under the parameters set by the operator and above all a very friendly system, not at all complex in its handling.

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador. cristian.santiana@epoch.edu.ec

<sup>2</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. dario.guaman@epoch.edu.ec

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador. juan.flores@unach.edu.ec

**Keywords:** agricultural production, control and monitoring, parameters, actuators, operator.

### **Resumen**

Este trabajo ha sido desarrollado pensando en la evolución de la producción agrícola, por eso se aplicó en un prototipo de invernaderos y un galpón de crianza de pollos, con el fin de proporcionar al emprendedor en esta área una herramienta de control y monitoreo remoto de su cultivo o a sus aves. Para conseguir este monitoreo se obtuvieron medidas de los parámetros fundamentales que intervienen, como es la temperatura, la humedad relativa, CO<sub>2</sub>, iluminación y para el invernadero como caso particular la humedad del suelo; en base a estos parámetros el sistema de control toma decisiones automáticas sobre los sistemas actuadores de iluminación, ventilación, riego y activaciones de servicios de bombeo para el regadío o para los bebederos respectivamente, todas estas opciones se planteó para que se pudiera monitorear y controlar desde cualquiera de estas dos estaciones, enlazadas entre sí por medio de una comunicación Ethernet inalámbrica con un radio enlace de punto a punto. Para las mediciones se usan varios sensores por cada parámetro a medir ubicados en sitios estratégicos, dependiendo de la extensión de las instalaciones, estos datos posteriormente van a ser promediados, para la comparación de los valores parametrizados como mínimos y máximos en cada instalación. Finalmente se obtuvieron resultados favorables en lo que corresponde al sistema, en su funcionamiento se tiene un sistema estable en lo que corresponde a la comunicación con una actualización en las mediciones de 50 ms de acuerdo a la programación, el control de activación y desactivación de los sistemas actuadores responden bajo los parámetros configurados por el operador y sobre todo un sistema muy amigable, para nada complejo en su manipulación.

**Palabras Claves:** Producción agrícola, control y monitoreo, parámetros, actuadores, operador.

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la crianza de pollitos es crítico mantener la temperatura correcta, especialmente durante sus tres primeras semanas de vida (May & Lott, 2000), esto por la dificultad del animal en regular su temperatura corporal. La crianza de pollos se ve afectada por la altura a la cual están expuestos los animales, esto puede dar alteraciones metabólicas en el control de la temperatura de vivencia (Menocal et al., 2002).

Para que el pollo de engorde durante su proceso de crianza es necesario que mantengan sus parámetros micro climáticos a los que están expuestos como: la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire (Calvet & Estellés, 2016). Es importante considerar que las condiciones meteorológicas son cambiantes durante el día y a lo largo del año, con comportamientos cambiantes dependiendo de las estaciones y la región en donde se instale las naves avícolas (Calvet & Estellés, 2016).

Entre estos parámetros la temperatura a la que debería estar un galpón de pollos oscila entre 26 y 29 °C en donde se tiene una disminución leve de alimento con una ingesta nutricional adecuada, con una humedad relativa de 50 a 70%, teniendo como resumen que a temperaturas < 10 °C decremento la ganancia en peso, entre los 29 a 32 °C vamos a tener una disminución en la alimentación y en la ganancia de peso, entre los 32 a 35 °C la alimentación y la ganancia de peso continua disminuyendo, desde 35 a 38 °C disminuye la alimentación e incrementa la bebida y finalmente en temperaturas > 38 °C las condiciones de vida de los pollos se ven amenazadas (Abdullah et al., 2016).

Otro de los factores a monitorear y controlar es con respecto a la contaminación interna del aire esto dice que los pollitos pueden comenzar a intoxicarse con la presencia de 20ppm de amoníaco, esto puede llevar a una reducción considerable del peso, mientras que la alta concentración del sulfuro de hidrogeno puede causar problemas respiratorios en los animales (Abdullah et al., 2016).

En cuanto al uso de invernaderos para el cultivo de vegetales, Steta, V, & Qro-bernal ( 2004) dice que en el mundo el tomate es el vegetal que en su mayoría se cultiva bajo invernaderos, sin descartar que también se puede producir otros tipos de productos incluidos las orquídeas, esto gracias el mejor control que se puede tener en las condiciones y variables ambientales.

En el caso de las orquídeas es necesario mantener las condiciones ambientales bajo parámetros establecidos como valor del PH de 6 a 7, temperatura entre 25-30 °C, humedad relativa en el aire de 60-70 %, una humedad del suelo entre los 60 a 70 % y una intensidad luminosa alrededor de 60 %, condiciones a las cuales las orquídeas tienen un buen crecimiento (Khummanee, Wiangsamut, Sorntepa, Jaiboon, & Agriculture, 2016).

Otro factor que involucre mayor preocupación en el cultivo de es el uso eficiente del agua, Li, Chiu, & Mu, (2019) no dice que es uno de los factores principales que afecta el rendimiento es

la aplicación oportuna y suficiente del riego, esto puede traer complicaciones de orden fisiológico y también contribuir a las enfermedades de la planta

De este modo por ejemplo para cultivos de tomate varia de 200ml por cada planta en su etapa inicial, mientras que en su máxima demanda necesitará aproximadamente 1500ml (Flores J., W. Ojeda-Bustamante , I. López , A. Rojano, 2007), partiendo de esos datos se conoce que el consumo de agua va a variar dependiendo el estado de la planta y sus especie.

Entre otros parámetros que debemos medir se encuentra el CO<sub>2</sub>, esto debe ser controlado para darle una ventilación adecuada al ambiente del invernadero, para disminuir la contaminación ambiental para la planta y los trabajadores (Shi, Li, & Qian, 2019).

Con los avances tecnológicos estos parámetros ambientales, técnicas de riego y control de otros parámetros se puede realizar de forma remota, utilizando variedad de sensores se puede tener un sistema de monitoreo y de control inteligente como se propone en la aplicación(Andrew, 2018), con modelos de control ordinarios o inteligentes como lo muestra.(Khummanee et al., 2016)

Con esto se piensa plantear un prototipo que permita monitorear y gestionar los parámetros de producción en el invernadero y la crianza de pollos, automatizando esta gestión desde un control remoto, el mismo que brinda al operario el uso de cualquier lugar, ya sea desde el galpón de pollos poder controlar y monitorear el invernadero y de forma viceversa.

## 2. MÉTODOS

Para el desarrollo del Sistema de control remoto se utilizó dos tarjetas de adquisición de datos NI DAQ de National Instruments que sirve para la adquisición de datos medidos en y el control de actuadores, mientras que para la gestión y tratamiento de estos datos se utilizó LabView 2016 del mismo fabricante el que realizó las técnicas de control.

En lo que corresponde a los instrumentos de medida se utilizó los siguientes sensores LM35 (sensor de temperatura) que entrega una señal analógica en una razón de 10 mV/ °C, ubicados estratégicamente en el área tanto del galpón de pollos como del invernadero para la prueba del sistema.

Para la maqueta del galpón de pollos en el cual se desea controlar la temperatura interna y ciclo de crianza de las aves utilizando un motor para abrir el techo de la estructura para controlar la temperatura, que será medida por el sensor LM35 y la activación de un sistema de iluminación

que funciona a 110Vca el mismo que regulará la iluminación dependiendo de la necesidad, que dará el sensor de iluminación.

A diferencia del galpón de pollos para el invernadero se mide Humedad del suelo con un higrómetro FC-01, se desea controlar rangos de temperatura y humedad a través y un ventilador y una bomba de agua destinada para el regadío por goteo. Los dispositivos sensoriales utilizados para controlar dichos parámetros son: el sensor de temperatura LM35 y el sensor de humedad relativa HS-02, sensores lineales los cuales nos entregan un voltaje analógico proporcional a la magnitud medida.

Para la comunicación entre el galpón y el invernadero se utilizó un radio enlace con antenas de comunicación bidireccional, formando un sistema de comunicación punto a punto entre los procesos estarán ubicados a una distancia de 180m, para establecer la comunicación se utiliza antenas sectoriales polarización marca Teletronic que funcionan a una frecuencia de 5.8Ghz y una potencia de 15dBi. bajo el protocolo Ethernet TCP/IP.



**Figura 1.** Diseño del Sistema de Control Remoto

En la figura 1 se muestra que la medición física de los parámetros ambientales se realiza en campo, en la maqueta del galpón y en el invernadero, esta adquisición se realiza con la tarjeta de NI DAQ, para luego elevar esas mediciones y proponer las estrategias de control en LabView, el mismo que sirve como interfaz hombre maquina HMI en donde se parametriza las condiciones ambientales, dependiendo de los productos y la edad de los pollos que se está produciendo.

Estos datos medidos y los ingresados deben actualizarse en tiempo real, de manera que se pueda monitorear y tomar las decisiones de control de forma rápida y oportuna.

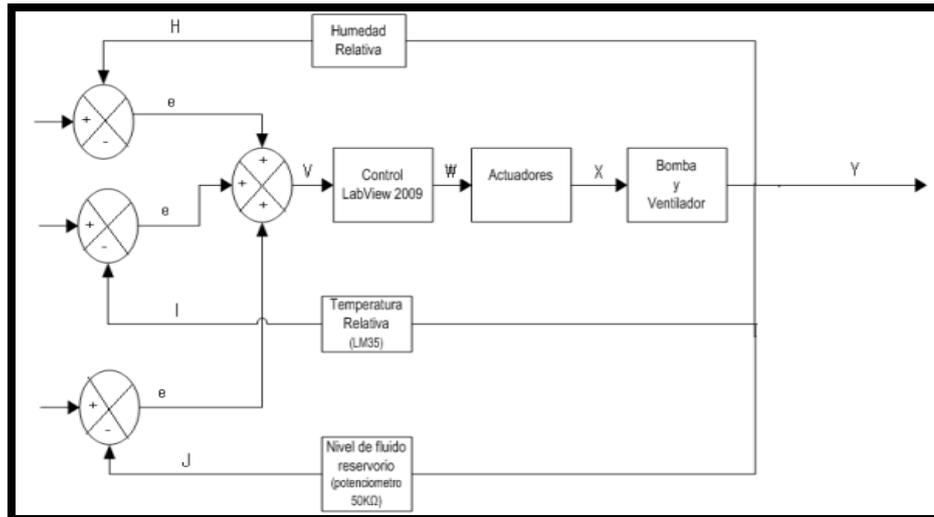


Figura 2. Sistema de control del Invernadero

Partiendo de la figura 2;  $e$  es la señal de error emitida por todas las señales medidas comparadas con un punto seteado del mismo tipo de señal de ingreso en este caso son  $H$  señal proporcional de voltaje en relación a la humedad medida,  $I$  señal proporcional de voltaje en relación a la temperatura medida y  $J$  señal proporcional de voltaje en relación al nivel del reservorio medido.  $V$  es una señal de varios tipos de datos procedentes de la diferencia de las señales de medición y el setpoint correspondiente con las cuales se procederá a tomar las decisiones más adecuadas para el funcionamiento del sistema.  $W$  corresponde a las decisiones tomadas por el proceso de control la cual sirve para activar los actuadores.  $X$  señal de activación de los actuadores finales.  $Y$  es la salida del sistema.

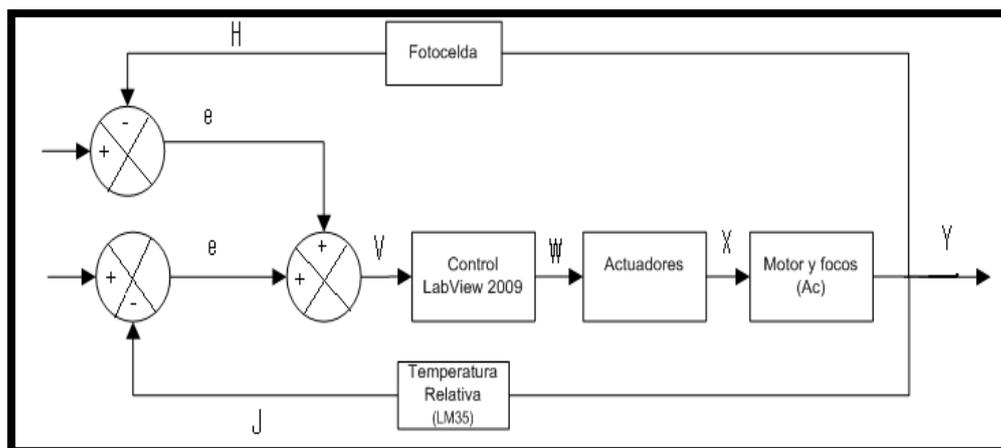
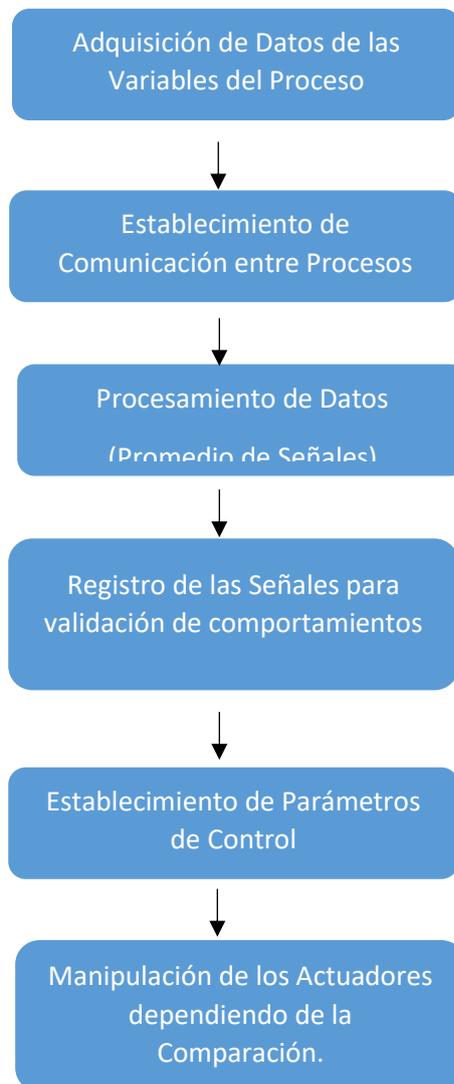


Figura 3. Sistema de control general del Galpón de Pollos

Refiriéndose a la figura 3,  $e$  es la señal de error emitida por todas las señales medidas comparadas con una referencia seteada por el operario del mismo tipo de señal de ingreso en este caso son  $H$  señal digital de voltaje en relación a la luz emitida por el ambiente,  $I$  señal proporcional de voltaje en relación a la temperatura medida.  $V$  es una señal de varios tipos de

datos procedentes de la diferencia de las señales de medición y el setpoint correspondiente con las cuales se procederá a tomar las decisiones más adecuadas para el funcionamiento del sistema. W corresponde a las decisiones tomadas por el proceso de control la cual sirve para activar los actuadores. X señal de activación de los actuadores finales. Y es la salida del sistema.

Para cada una de las señales es importante el uso de diferentes sensores ubicados estratégicamente en cada uno de los procesos con el fin de abarcar toda el área de siembra del invernadero, de igual manera para el galpón de pollos se instaló sensores en lugares estratégicos, para posteriormente de cada señal pasar a tomar el valor medio como parámetro de comparación y verificación con valores seteados en el sistema, los mismos que servirán para tomar decisiones de encendido y regulación de los actuadores, los mismos que controlaran los parámetros de acuerdo a las necesidades del usuario.



**Figura 4.** Procedimiento para la programación del Sistema de Control

Para la adquisición de datos es importante conocer las curvas características de los sensores a utilizar para hacer el acondicionamiento y la interpretación de los datos que entrega el sensor en voltaje para convertir a temperatura y humedad respectivamente.

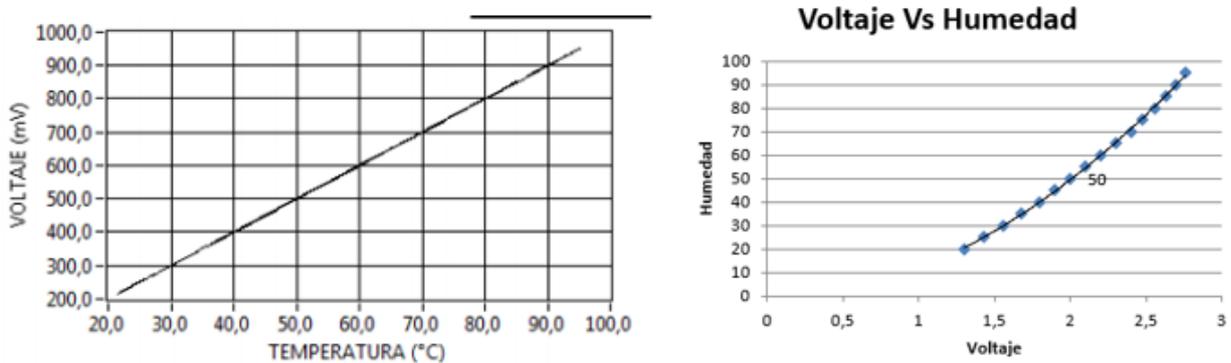


Figura 5. Curvas características de los sensores

Con estas curvas se obtiene los modelos matemáticos que relación la medida en voltaje con los datos de temperatura y humedad según corresponda:

Modelo para encontrar la temperatura en función del voltaje que entrega el sensor:

$$y = 10x \quad (1)$$

Modelo para encontrar la humedad relativa en función del voltaje que entrega el sensor:

$$y = 11,609x^2 + 3,0222x - 3,0608 \quad (2)$$

### 3. RESULTADO DE TRABAJO

De acuerdo a la metodología planteada podemos ver que un Sistema de control debe tener un acceso de seguridad, ya sea de administrador, operario u invitado. Cada uno de ellos tendrán permisos de control o solo monitoreo dependiendo de la administración del sistema y validando los valores medidos de cada uno de los procesos con un razonamiento lógico del funcionamiento.



Figura 6. Pantalla de Ingreso a Sistema

En esta pantalla podemos elegir el tipo de usuario, para el acceso es necesario insertar el password para acceder a las siguientes pantallas del sistema para cada tipo de usuario va a tener su pantalla de presentación para el monitoreo y control, dependiendo de los permisos que tenga el usuario y el proceso.



Figura 7. Pantalla de Control y Monitoreo del invernadero



Figura 8. Pantalla de Control y Monitoreo de Administrador

Las pantallas que se muestran en la figura 7 y 8 se muestran el sistema de control del invernadero y del galpón de pollos respectivamente, estas pantallas son para quien accede como administrador y operador, mientras que para el usuario invitado no contamos con los módulos de control manual y control de setpoints.

En los módulos de control manual los usuarios pueden manipular directamente los actuadores, en el caso del invernadero puede controlar el sistema de riego, la bomba para el sistema de riego, el sistema de ventilación del invernadero, mientras que para el galpón de pollos es posible

manipular los bebederos de agua, el sistema de ventilación y la iluminación del galpón de pollos para poder dar el calor deseado.

Mientras que en el módulo de control de setpoints los usuarios autorizados pueden manipular cuando quiere que se enciendan automáticamente tanto los sistemas de ventilación, los sistemas de riego y bebederos según corresponda a cada proceso, de esta manera el usuario puede mantener los parámetros ambientales del invernadero y del galpón entre los adecuados dependiendo las necesidades del cultivo y según la edad de las aves.



**Figura 9.** Configuración de la Estación

Esta pantalla también está disponible para el administrador del sistema, para configurar la estación ya sea del invernadero o del galpón en vista que estos van a tener una conexión directa bajo el protocolo TCP/IP, acercando a la aplicación del IoT (internet de las cosas), toda esta conexión se realiza por medio de un radio enlace entre el invernadero y el galpón. La prueba se realizó a 250m, cada estación de control. Las dos estaciones deben estar en la misma red para que puedan compartir datos, bajo este criterio de que se encuentra como estaciones de control, podemos adicionar más estaciones de control, siempre y cuando estas se encuentren dentro de la misma red de datos.

En cada estación se toma datos de los diferentes parámetros que intervienen en el proceso, entre estas la temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> e iluminación. Como estos sensores deben ser instalados estratégicamente en diferentes puntos de las instalaciones y de los cultivos. Dependiendo de las extensiones es necesario ubicar más que un sensor de cada parámetro. Como se había indicado en la metodología por cada parámetro se va a ubicar varios sensores y de estos se tomó el promedio, para en base a ese dato realizar la toma de decisiones de activación automática de los sistemas de actuadores sean estos de riego, de ventilación u otros.

#### 4. CONCLUSIONES

Con la implementación del sistema se dio la facilidad a los empresarios que poseen un invernadero y un galpón de pollos, pensado en un caso particular. Sin quitar de encima que, bajo el mismo criterio, se puede controlar dos invernaderos o dos galpones de forma remota.

Esta conexión remota se consiguió de forma inalámbrica con los prototipos del invernadero y el galpón de pollos con una línea de vista directa, situados en dos localidades diferentes. Con el sistema se puede controlar cualquiera de los dos procesos, sin importar el lugar del operador; es decir, desde el invernadero se puede controlar además el galpón de pollos y viceversa.

El control que se realiza sobre los actuadores de los diferentes sistemas que intervienen en los procesos funcionan a 110 VAC, todos estos funcionan de acuerdo a una comparación con los valores configurados de los diferentes parámetros de los procesos.

El sistema desarrollado es amigable en lo que se refiere a la adquisición y procesamiento de datos, la forma de graficar todos los parámetros de cada proceso, la interface gráfica utiliza elementos de control e ingreso de datos de configuración que nos son complejos en lo que corresponde a la operación de cada sistema.

La ubicación de los sensores es una consideración importante en vista que la ubicación no debe ser cercana y peor muy alejada de los actuadores de los sistemas que intervienen en el proceso, para no tener variaciones abruptas con respecto a los cambios que se está dando en las variables del proceso.

No se puede usar un único sensor por variable para la medida de los parámetros en las instalaciones, ya sea en el invernadero peor en el galpón, porque dependiendo de la extensión del terreno no vamos a tener mediciones iguales en todos los puntos, por lo tanto lo recomendable es que se usen varios sensores ubicados estratégicamente y de estos se obtenga el promedio para hacer la toma de decisiones en la activación o desactivación de los sistemas que intervienen en el cultivo o en la crianza de pollos.

Recomiendo usar el sistema en el caso que se quiera controlar remotamente un invernadero o un galpón de pollos, como futura investigación se pretende que este tipo de control se realice desde un dispositivo móvil, y que las mediciones internas de los parámetros también sean inalámbricas y con dispositivos que dispongan de software libre.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, A. H., Bakar, M. A. A., Shukor, S. A. A., Saad, F. S. A., Kamis, M. S., & Khalid, N. S. (2016). Chicken Barn Climate and Hazardous Volatile Compounds Control using Simple Linear Regression and PID, *020008*. <https://doi.org/10.1063/1.4958751>
- Andrew, R. C. (2018). IoT solutions for precision agriculture. *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 345–349. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400066>
- Calvet, S., & Estellés, A. L. F. (2016). El diseño de las instalaciones de pollos de carne y su influencia en las condiciones de confort de los animales, *112*, 405–420.
- Flores J., W. Ojeda-Bustamante , I. López , A. Rojano, I. S. (2007). Water Requirements for Greenhouse Tomato, *25*, 127–134.
- Khummanee, S., Wiangsamut, S., Sorntepa, P., Jaiboon, C., & Agriculture, A. P. (2016). Automated Smart Farming for Orchids with the Internet of Things and Fuzzy Logic. *2018 International Conference on Information Technology (InCIT)*, 1–6.
- Li, X., Chiu, Y., & Mu, H. (2019). *Design and Analysis of Greenhouse Automated Guided Vehicle*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-03766-6>
- May, J. D., & Lott, B. D. (2000). The Effect of Environmental Temperature on Growth and Feed Conversion of Broilers to 21 Days of Age 1, 1–3.
- Menocal, A., Valdespino, G., González, Á., Coello, L., Arce, J., Gutiérrez, E., & Avila, E. (2002). Temperatura ambiental en la crianza del pollo de engorda sobre los parámetros productivos y la mortalidad por el síndrome ascítico Ambient temperature effect on productive parameters and ascites syndrome mortality in broilers.
- Shi, L., Li, Q., & Qian, S. (2019). *Design of Greenhouse Environmental Monitoring System Based on Arduino and ZigBee*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2375-1>
- Steta, M., V, A. S. A. D. C., & Qro-bernal, K. C. (2004). Mexico as the New Major Player in the Vegetable Greenhouse Industry, 31–36.

**PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.**

Santiana Espín, C., Guamán Lozada, D., & Flores Fiallos, J. (2019). Aplicación de un prototipo de control remoto para un galpón de pollos y un invernadero según parámetros ambientales de la zona. *Ciencia Digital*, 3(4.1), 113-125. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.1.998>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

