



# **SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO AUTOMATIZADO CON CONTROL DE FLUJO**

## **AUTOMATED DRIP IRRIGATION SYSTEM WITH FLOW CONTROL**

Elmer Gómez Pérez<sup>1</sup>, Orlando Meza Zaleta<sup>1</sup>, Enrique Díaz Ramos<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México

---

Recibido: 2018-11-13

Aceptado: 2018-12-05

Autor corresponsal: Elmer Gómez Pérez<sup>1</sup> [elmergomezperez9107@hotmail.com](mailto:elmergomezperez9107@hotmail.com)

## Resumen

En el Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca se construye un prototipo de invernadero, Con la finalidad de desarrollar técnicas para el control de variables tales como: Temperatura del agua, Temperatura ambiente, Humedad del suelo, Humedad en el ambiente, Caudal, entre otras. En el presente documento se da a conocer la técnica del control de Caudal, utilizando la metodología de “un proceso retroalimentado, sensado la variable, compararla con una referencia deseada, actuar y volver a verificarla” (H. Lewis y Yang, 1999). Para ello se optó por un control todo o nada, “en un sistema en la agricultura hidropónica y control de riego de agua por goteo” (Bedón Álvarez y Tovar Herrera, 2016), utilizando materiales tales como: sensor como elemento primario de medición YF-S201 (Hetpro, 2014), tarjeta de adquisición de datos arduino uno (Arduino, 2018), software especializado, actuadores Bomba de agua de ½ HP y electroválvula de ½” pulgada y acoplamiento de la parte de control con la parte de potencia. La realización de las pruebas, se hicieron en el laboratorio de electrónica y la implementación del sistema se llevó a cabo en el prototipo de invernadero ubicado en la parte posterior del Laboratorio de electrónica.

Palabras clave: Caudal, Control, Adquisición de datos, actuadores.

## Abstract

In the Higher Technological Institute of Tantoyuca a greenhouse prototype is built, with the purpose of developing techniques for the control of variables such as: Water temperature, Ambient temperature, Soil humidity, Humidity in the environment, Flow, among others. In the present document, the technique of flow control is disclosed, using the methodology of "a feedback process, sensing the variable, comparing it with a desired reference, acting and re-checking it" (H. Lewis & Yang, 1999). For this, an all-or-nothing control was chosen, "in a system in hydroponic agriculture and irrigation control of drip water" (Bedón Álvarez & Tovar Herrera, 2016), using materials such as: sensor as a primary element of measurement YF-S201 (Hetpro, 2014), arduino uno data acquisition card (Arduino, 2018), specialized software, actuators ½ HP water pump and ½ "inch solenoid valve and coupling of the control part with the power part. The realization of the tests was done in the electronics laboratory and the implementation of the system was carried out in the greenhouse prototype located in the back part of the Electronics Laboratory.

Keywords: Flow, Control, Acquisition of data, actuator.

## Introducción

Al hablar del control moderno este se fundamenta en las necesidades u objetivos que se necesitan cumplir en la vida diaria como en casa, en el trabajo, en la industria, en el comercio, en la agricultura y entre otros.

La finalidad de este trabajo es la desarrollar un sistema electrónico automático que permita mantener el control de variables caudal, permitiendo que la planta de tomate Saladette tenga la cantidad de humedad suficiente y nutrientes a lo largo del día, propiciando condiciones óptimas para su crecimiento y desarrollo.

En el presente documento se da a conocer la técnica del control de Caudal en condiciones idóneas a lo largo del proceso del crecimiento y desarrollo de la planta, a través de la siguiente metodología, sensar la variable, compararla con la referencia deseada, mandar la acción de control y volver a verificar, tomando en cuenta que la acción de control es todo o nada.

Basándonos en los siguientes estudios para su realización, “la metodología que se persigue es la de llevar un análisis continuo en tiempo real del sistema electrónico de cómo efectúa registros del control del agua requerida por la planta a medida de su crecimiento, así como, la descripción de los componentes básicos del sistema de control utilizado como el objetivo, los componentes, los resultados y las salidas”, (Kuo, 1996).

“Los procesos son de naturaleza dinámica, en ellos siempre ocurren cambios y si no se emprenden las acciones pertinentes, las variables importantes del proceso, es decir, aquellas que se relacionan con la seguridad, la calidad del producto, y los índices de producción, no cumplirán con las condiciones de diseño” (Smith y Corripio, 1991). Por otra parte, en el trabajo “Implementación de un sistema de control automático con monitoreo a través de la web para la producción de tomate riñón variedad Daniela basado en la agricultura hidropónica y control de riego de agua por goteo en el invernadero localizado en el barrio San Gerardo de la ciudad de Latacunga” “un control de riego y el monitoreo de las variables involucradas en el crecimiento de la planta, que son las acciones que los agricultores deben poner en práctica en sus cultivos; con el fin de ahorrar recurso hídrico y evaluar el crecimiento de la planta” (Bedón Álvarez y Tovar Herrera, 2016). Como hemos podido observar la constante en los trabajos presentados es el control sobre las variables que imperan en los invernaderos y perfeccionar las técnicas para ser eficiente en el aprovechamiento de los recursos. Como lo mencionan en el artículo “requerimientos de riego para tomate de invernadero”, publicado en la revista Terra Latinoamericana que “uno de los principales problemas en el centro de México es la escasa información sobre el requerimiento de riego, en consecuencia, la calendarización de riego es empírica” (Flores, Ojeda, López, Rojano, y Salazar, 2007). Por otra parte al hablar de ser eficiente del uso de los recursos “es el emplear invernaderos hidropónicos, como una alternativa, en los cuales se requiere un estricto control sobre el balance de sustancias químicas en la solución de irrigación que proporciona los nutrientes necesarios a la planta” (Rojas, Noriega, Herrera, y Chaparro, 2003).

Por lo que en el presente trabajo presentaremos el uso de la técnica de control de caudal para buscar las técnicas modernas de producción con la finalidad de incrementar la eficiencia del uso del agua, (Salazar, Rojano, y López, 2014), calculando el gasto necesario y programando el sistema automático de control, para llegar a ser de gran utilidad en el control automático de la aplicación del agua de riego (Martínez, López, Ruiz, y Ramírez, 2012).

## **Materiales y métodos**

Para poder llevar acabo las etapa del control, fue necesario utilizar la metodología de H. Lewis y Yang, que establecen el sensado, la comparación mediante una referencia, establecer la acción de control y volver a verificar, esta se llevo acabo en un prototipo de invernadero contruido en la parte posterior del laboratorio de Electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca con materiales de la región: otate como parte del armazón, el nailo de polietileno de alta densidad para filtrar la luz solar y la malla mosquetera que cubre las partes laterales, utilizando un sistema hidropónico y control de riego de agua por goteo en donde se sembraron 86 plantas de tomate Saladette.

Los materiales utilizados para el control son: la tarjeta Arduino uno, como tarjeta de adquisición de datos, el software arduino-nightly, el caudalímetro YF-S201 como sensor, la electroválvula EASY 127 VCA-

60 HZ de una vía de ½" pulgada, la bomba de agua de ½ Hp (Munich BP-1208) como actuadores, 2 relevadores RAS0510 y 2 transistores 2N2222 para aislar la parte de control con la de potencia.

Para determinar el funcionamiento correcto del sensor se realizó la prueba en el laboratorio de electrónica, para poder determinar el factor de relación en cuanto a la frecuencia con el caudal, y así determinar la cantidad de agua que se está dejando pasar con respecto al tiempo, como se muestra en la figura 1.

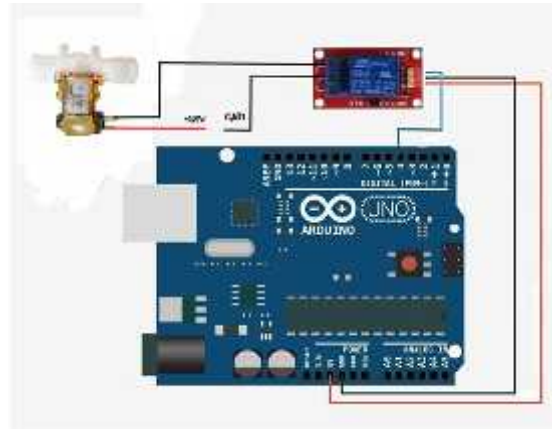


**Fig. 1.** Control del sensor de caudal con el ArduinoUno.

La bomba de ½ Hp de potencia (Munich BP-1208), fue necesaria para incrementar la presión en el sistema de riego, de esta manera se logró tener un goteo uniforme en las plantas de tomate Saladette.

El caudalímetro utilizado es el sensor de flujo YF-S201, constituido por una carcasa de plástico, un rotor de agua y un sensor de efecto Hall (Hetpro, 2014). Su funcionamiento es simple: en el rotor tiene un pequeño imán adherido para poder registrar una vuelta cada vez que pasa por el sensor de efecto Hall, se genera pulsos a la salida proporcionales a las vueltas del rotor, quien a su vez gira de acuerdo a la velocidad del flujo. Su alimentación es de 5 a 18 volts, su consumo de corriente es de 15 mA y genera 450 pulsos por litro, tiene sus terminales de Vcc (terminal positivo), Gnd (terminal negativo) y Out (terminal de salida). Consideramos apropiado su aplicación por la facilidad de manejo, además de que el error que maneja no es crítico para nuestro sistema.

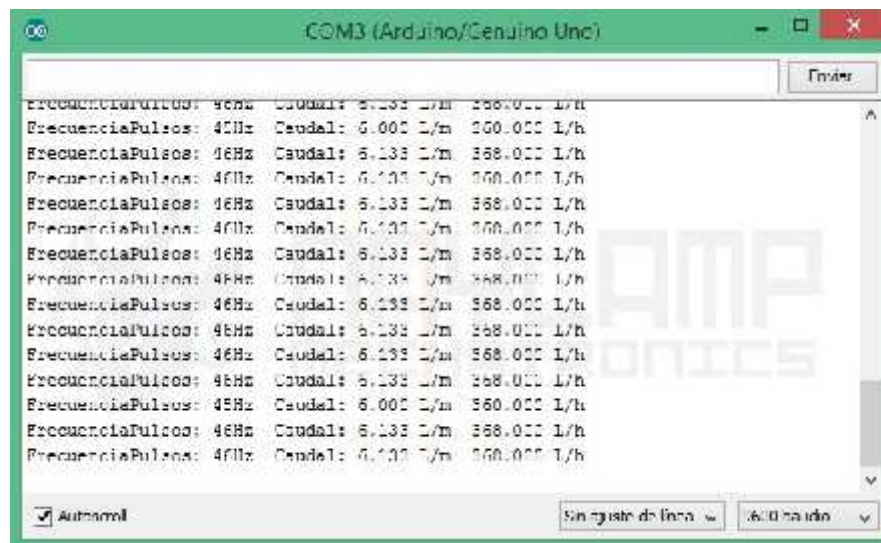
Sensamos la frecuencia, que es proporcional al caudal, y mediante una tarjeta de adquisición de datos Arduino uno (Arduino, 2018) y el diseño de un programa para procesar la información podemos determinar la cantidad de litros que se están dejando pasar con respecto al tiempo, mostrándolo en el puerto serial del Arduino, posteriormente este dato se toma para compararlo con el valor de referencia establecido, una vez llegado al punto determinado se toma la acción de control, realizando el apagado de la electroválvula de cerrar el paso de agua y posteriormente se actúa con el apagado de la bomba de agua, para dejar de meter la presión al sistema. A continuación se muestra en la figura 2 la conexión del Arduino uno con el sensor de flujo.



**Fig. 2.** Conexión Arduino Uno con sensor YF-S201.

## Resultados y discusión

En la figura 3, observamos los resultados que arroja el sensor de caudal YF-S201 y el Arduino Uno, tomando en cuenta el factor de 7.5 que propone Hetpro de conversión entre la frecuencia y la cantidad de agua que se deja pasar por minuto. Sin embargo, el factor que se utilizó para nuestro caso fue de 7.11 debido a las condiciones del flujo, para ello, fue necesario medir la cantidad de litros por minuto y compararlo con la lectura para ajustar el factor.



**Fig. 3.**Lectura de datos con factor de 7.5.

Mediante las pruebas en el sistema de riego se estableció un factor de 7.11 para entregar una cantidad de agua de 34.13 ml por minuto, con la bomba de ½ Hp quién proporciona la presión en el sistema hidropónico de riego por goteo como se muestra en la figura 4, este sistema contribuye en propiciar una

alternativa de solución para la problemática planteada en la revista Terra Latinoamericana “que uno de los principales problemas en el centro de México es la escasa información sobre el requerimiento de riego, en consecuencia, la calendarización de riego es empírica” (Flores, Ojeda, López, Rojano, y Salazar, 2007).



**Fig. 4.** Sistema de riego por goteo en cada planta

Los resultados que se obtuvieron con base a la proporción de riego de 1200 mL que se requieren por planta de tomate Saladette en cada día, en este periodo de crecimiento y desarrollo, considerando que se riegan a 86 plantas de tomate Saladette en el prototipo de invernadero son: al programar 3 riegos por día distribuidos de la siguiente manera: 10:00 horas 400 mL por planta, 13:00 horas 400 mL por planta y el último 17:00 horas 400 mL por planta; utilizando una bomba de  $\frac{1}{2}$  HP para mantener la presión constante en el sistema; fue que en cada riego se tuviera un gasto de 34.4 litros en un tiempo de 11 minutos y 42.6 segundo, por lo tanto en un día se tiene un gasto total de 103.2 litros, como podemos observar se han utilizado “las técnicas modernas de producción con la finalidad de incrementar la eficiencia del uso del agua” (Salazar, Rojano, y López, 2014).

Al realizar una medición de la cantidad de gasto de agua en un sistema hidropónico de riego por goteo, utilizando sistemas de control es hacer referencia a lo declarado por (Rojas, Noriega, Herrera, y Chaparro, 2003) “es el emplear invernaderos hidropónicos, como una alternativa, en los cuales se requiere un estricto control sobre el balance de sustancias químicas en la solución de irrigación que proporciona los nutrientes necesarios a la planta”.

## Conclusiones

El proceso de control automático, cumple con la necesidad solicitada, en este caso por parte del demandante, debido a que, la flexibilidad del sistema permite modificar, la cantidad de riegos en el día, la cantidad de litros por día y, en consecuencia, la dosificación por cada planta. Concluimos que, se sugiere considerar las variables como la humedad del suelo, la humedad del ambiente, la temperatura del ambiente y la temperatura del agua para que el sistema, en un momento dado, logre tomar decisiones en la dosificación de agua a cada planta de tomate Saladette.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo a la Dirección Académica, al Jefe de División de la Carrera de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, por las gestiones realizadas para la compra de materiales y para la realización de este trabajo, así como, al M.C. Quirino Del Ángel Santiago de la Academia de Ingeniería en Agronomía por la aportación en el manejo y cuidado de cultivo. Así mismo, a los alumnos que incursionaron con su esfuerzo y aplicaron técnicas en el equipo electrónico y desarrollo del trabajo.

## Referencias bibliográficas

- Arduino. (25 de Mayo de 2018). *Arduino*. Recuperado el Junio de 2018, de <https://www.arduino.cc>
- Bedón Álvarez, K., & Tovar Herrera, A. (25 de Mayo de 2016). Implementación de un sistema de control automático con monitoreo a través de la web para la producción de tomate riñón variedad Daniela basado en la agricultura hidropónica y control de riego de agua por goteo en el invernadero localizado en el barrio San. Latacunga, Latacunga, Ecuador.
- Chen, F., Qin, L., Li, X., Wu, G., & Shi, C. (2017). Design and implementation of ZigBee wireless sensor and control network system in greenhouse. *2017 36th Chinese Control Conference (CCC), Dalian*, 8982-8986.
- Erazo Rodas, M., & Sánchez Alvarado, J. (Noviembre de 2011). Control y supervisión de variables en un sistema de antiheladas, regadío y ventilación para optimizar los cultivos bajo invernadero. Latacunga, Latacunga, Ecuador.
- Flores, J., Ojeda, W., López, I., Rojano, A., & Salazar, I. (2007). Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *TERRA LATINOAMERICANA Volumen 25 Número 2*, 127-134.
- H. Lewis, P., & Yang, C. (1999). *Sistemas de Control en Ingeniería*.
- Hetpro. (20 de Mayo de 2014). *Sensor de Flujo YF-S201 para Agua*. Recuperado el Junio de 2018, de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-flujo/>
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de Control Automatico 7ma Edicion*. México: Prentice Hall.
- Martínez, A., López, I. L., Ruiz, A., & Ramírez, A. (2012). Calibración y validación de un modelo de transpiración para gestión de riegos de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 4*, 757-766.
- Muñoz, P., & Buitrago, J. (2015). Perfiles de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero de la unidad agroecológica La Aldana de la Universidad del Quindío. *IngEam, vol. 2*, 90-114.

- Rodríguez, M., Chagolla, H., & López, M. (2014). Diseño Conceptual de Sistema para la Automatización del Invernadero uno de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. *In Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook T-IV: Congreso Interdisciplinario de cuerpos académicos*, 299-318.
- Rojas, A., Noriega, A., Herrera, G., & Chaparro, R. (2003). Sistema de Riego para Invernaderos Hidropónicos Basado en la. *Naturaleza y Desarrollo*, 23-29.
- Salazar, R., Rojano, A., & López, I. L. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. V, núm. 2, 177-183.
- Smith, C. A., & Corripio, A. B. (1991). *Control Automático de Procesos*. México: Limusa.