

Artículo:

## Implementación eléctrica de un sistema de radiación no ionizante para el crecimiento de la planta de tabaco

## Electrical implementation of non-ionizing radiation system for the growth of the tobacco plant

Dany-Ivan Martinez-De-La-Cruz<sup>1</sup>, Raul Hernandez-Rivera<sup>1</sup>, Eduardo Hu-Flores<sup>1</sup>

Revista Interdisciplinaria de  
Ingeniería Sustentable y Desarrollo  
Social (RIISDS)

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México – ITS de Tantoyuca, Veracruz, México.

\* Autor correspondiente: [dany.martinez@itsta.edu.mx](mailto:dany.martinez@itsta.edu.mx)

Recibido: 15 de octubre de 2024  
Aceptado: 18 de noviembre de 2024  
Publicado: 20 de diciembre de 2024

Publicación anual editada por el  
Instituto Tecnológico Superior de  
Tantoyuca

Desv. Lindero Tametate, S/N  
Col. La Morita  
C.P. 92100  
Tantoyuca, Veracruz, México.  
Teléfono: 789 8931680, Ext.196.

Correo electrónico:  
[revistadigital@itsta.edu.mx](mailto:revistadigital@itsta.edu.mx)

Sitio WEB  
<https://itsta.edu.mx/revistadigital>

ISSN 2448-8003

Editor responsable:  
**Dr. Horacio Bautista Santos**

**Copyright:** Este artículo es de acceso  
abierto distribuido bajo los términos y  
condiciones de la licencia Creative  
Commons

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**Resumen:** En el presente documento se muestra la implementación eléctrica de un sistema artificial de radiación no ionizante aplicado al crecimiento de la planta de tabaco. Se describen los principales elementos que lo conforman como: diodos LED de potencia de 3 watts, relevadores electromagnéticos, tarjeta electrónica Raspberry Pi Pico, Arduino Uno, sensores de humedad y temperatura, y display LCD que muestra los valores de los sensores. También muestra la instalación de los elementos eléctricos en el sistema artificial y se verifica que el sistema completo pertenece a un sistema de control de lazo abierto.

**Palabras clave:** diseño eléctrico, diodos LED de potencia, planta de tabaco.

## Resumen

En el presente documento se muestra la implementación eléctrica de un sistema artificial de radiación no ionizante aplicado al crecimiento de la planta de tabaco. Se describen los principales elementos que lo conforman como: diodos LED de potencia de 3 watts, relevadores electromagnéticos, tarjeta electrónica Raspberry Pi Pico, Arduino Uno, sensores de humedad y temperatura, y display LCD que muestra los valores de los sensores. También muestra la instalación de los elementos eléctricos en el sistema artificial y se verifica que el sistema completo pertenece a un sistema de control de lazo abierto.

**Palabras clave:** diseño eléctrico, diodos LED de potencia, planta de tabaco.

## Abstract

This document shows the electrical implementation of an artificial non-ionizing radiation system applied to the growth of the tobacco plant. The main elements that make it up are described as: 3 watt power LED diodes, electromagnetic relays, Raspberry Pi Pico electronic card, Arduino Uno, humidity and temperature sensors, and LCD display that shows the values of the sensors. It also shows the installation of the electrical elements in the artificial system and verifies that the complete system belongs to an open loop control system.

**Keywords:** electric design, power diode LED, tobacco plant.

## Introducción

Con el crecimiento de la población, uno de los principales problemas que se debe resolver es la producción agrícola (Hou et al., 2023). Mejorar la eficiencia y la calidad en las actividades agrícolas es una razón importante para desarrollar tecnología que apoye la agricultura, como el procesamiento de imágenes, el internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial, el Big Data y la iluminación artificial (Liao & Ro-Min, 2021; Yang & Gao, 2023). La investigación sobre cómo utilizar la iluminación artificial en la producción de plantas y la ganadería ha ido en aumento durante las últimas décadas. En el ámbito de la horticultura interior, se ha estudiado el uso de la iluminación para mejorar el crecimiento de las plantas utilizando diferentes proporciones de longitudes de onda de luz e intensidades lumínicas en diferentes especies de plantas (School of Mechatronic Systems Engineering, Simon Fraser University, BC, Canada et al., 2021).

Se tienen los siguientes trabajos respecto al uso de la radiación no ionizante. Toda materia con temperatura mayor a 0 grados kelvin emite energía, a este proceso se le llama radiación electromagnética, es decir ondas electromagnéticas (Bisht et al., 2021). Existen radiaciones que pueden ir desde ondas de radio, microondas que son inofensivas para la salud, una frecuencia media encontramos el espectro de luz visible y por ultimo los rayos x o gamma que son altamente peligrosos para todo tipo de organismo viviente. El efecto de la radiación electromagnética a plantas de tabaco origina estrés oxidativo a través de pruebas realizadas a 60 Hz en tiempos de 24, 48, 72 y 96 horas (Heredia-Rojas et al., 2023). La aplicación de la radiación no ionizante en el orden de los Terahertz en la agricultura e industrias de la comida junto a la espectroscopia es aplicado a pruebas no destructivas, control de seguridad, imágenes médicas y control de calidad (Afsah-Hejri et al., 2020).

Desarrollaron un banco fotométrico portátil haciendo uso de tecnología diodos emisores luz (LED) de potencia media (5W) y un sistema microprocesador, donde utilizan un controlador digital que compensa y mantiene dentro de valores seleccionados y permitidos por la norma, la intensidad luminosa y la longitud de onda (Chong-Flores et al., 2023). Implementaron un LED RGB de potencia monocromática, el cual varia la corriente de cada una de sus tres líneas independientes correspondientes a cada color (Mar-Barón et al., 2022). Desarrollaron un ambiente artificial basado en diodos LED enfocado a plantas, el cual su objetivo es controlar la luz LED, monitorear el crecimiento de las plantas mediante una tarjeta raspberry y sensores como; temperatura, humedad del suelo y flujo de agua (Ng et al., 2018). Proponen un sistema de iluminación automática con diodos LED para fábricas de plantas, emplean un fotodiodo CdS para la detección de luz y un dsPIC30F4011 que modula por ancho de pulso la atenuación automática (Wu, 2021).

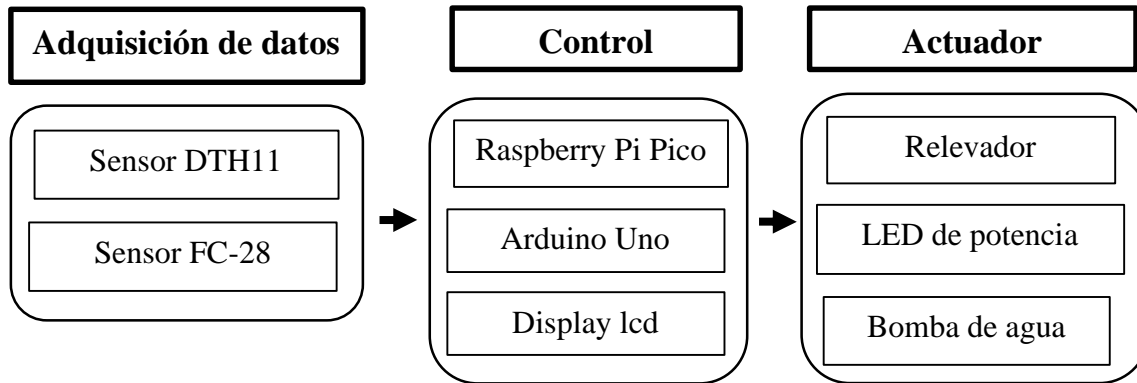
Implementa la radiación ionizante y no ionizante en la preservación de frutas y verduras (Bisht et al., 2021). Realizan la radiación electromagnética para la descontaminación de hongos y micotoxinas en productos alimenticios (Akhila et al., 2021). Implementan la radiación ionizante y no ionizante al almidón, el cual se observa cambios psicoquímicos, tecnofuncionales y nutricionales (Rostamabadi et al., 2023). Utilizan LED ultravioleta (UV) y de alto brillo como trampas para atraer insectos que no son eliminados por pesticidas, el cual son activados un retardo de 5 minutos entre cada uno (Varshini et al., 2022).

La automatización en las plantas de tabaco se realiza mediante un prototipo mecatrónico, el cual realiza el deshoje y desbrote, montado en una plataforma móvil de tres ruedas, incluye una unidad superior, un rociador de alta precisión y una guía metálica bifurcada diseñada para mantener las plantas en posición vertical (Gravalos et al., 2019). La agricultura en la zona norte del estado de Veracruz es ampliamente variada por los diversos recursos naturales de la región sumado al clima de la misma genera las condiciones óptimas para el desarrollo óptimo de la industria agraria, una de las plantas más representativas de la agricultura del estado, es la planta de tabaco, sin embargo, en virtud del volumen de producción no es muy alto comparado con otros estados, sin embargo si se toma en cuenta parámetros como la mano de obra y el nivel de ingreso generado por la producción de tabaco, se observa la gran importancia para la economía de las regiones en donde se produce.

Derivado de los trabajos antes mencionados y las aplicaciones de la radiación no ionizante, el objetivo del presente trabajo es la implementación eléctrica de un sistema artificial no ionizante para el crecimiento de la planta de tabaco a través de LED de 3 watts, en el cual se describen las funciones de los elementos que lo conforman.

## **Materiales y métodos**

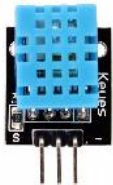
Para el desarrollo de la investigación se desarrolló en 3 etapas, como se muestra en la figura 1. La etapa 1 consiste en la adquisición de datos, por ejemplo la descripción del sensor DTH11 y el sensor Fc-28. La etapa 2 es control, el cual consiste en la descripción de la tarjeta Raspberry Pi Pico, la tarjeta Arduino Uno y el display LCD. La etapa 3 actuador consiste de la descripción del relevador, diodo LED de potencia y bomba de agua.



**Figura 1. Diagrama general del sistema artificial no ionizante.**  
**Fuente: Autores.**

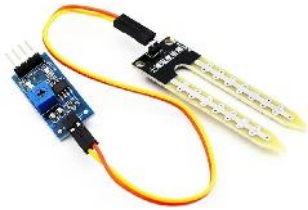
### **Etapa 1. Etapa de adquisición de datos.**

Se tiene el uso del sensor DTH11 el cual es un dispositivo que permite obtener información simultanea de temperatura y humedad del medio ambiente mediante un procesador interno que realiza dicha medición, ver figura 2 (Moreno Muñoz & Córcoles Corcoles, 2019). El sensor DTH11 es conectado a la tarjeta Arduino Uno.



**Figura 2. Sensor DTH11.**  
**Fuente: Tomado de Moreno Muñoz & Córcoles Corcoles, (2019).**

La figura 3 muestra el sensor de humedad de suelo FC-28 Higrómetro, el cual su objetivo es medir y detectar el nivel de la humedad del suelo. Cuenta con un potenciómetro para ajustar el umbral, cuando la humedad del suelo es menor a este valor la salida digital mantendrá un valor alto, cuando la humedad del suelo es superior al valor del umbral, la salida digital conmutará a un estado bajo (Enrique et al., 2020).



**Figura 3. Sensor de suelo FC-28.**  
**Fuente:** Tomado de Enrique et al., (2020).

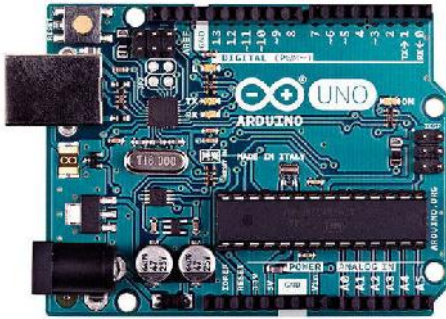
## **Etapa 2. Etapa de control.**

La Raspberry Pi Pico es una tarjeta de desarrollo que tiene un microcontrolador RP2040. La característica principal de la tarjeta electrónica de desarrollo es su flexibilidad y de bajo costo, ver la figura 3. Cuenta con 40 pines de entrada salida de propósito general, de los cuales 26 pines están disponibles para hacer uso y los 4 restantes se utilizan para funciones internas (Halfracree & Everard, 2021). Dentro de los 26 pines se utilizan para conectar los relevadores que activarán los diodos LED de potencia y la bomba de agua.



**Figura 4. Raspberry Pi Pico.**  
**Fuente:** Obtenido de Halfracree & Everard, (2021).

Arduino es una plataforma electrónica y de programación en arquitectura abierta con amplia gama de aplicaciones en ciencias exactas e ingeniería, por ejemplo en la docencia es una herramienta pedagógica que facilita la transmisión de conocimientos en los cursos de microcontroladores, instrumentación electrónica, control clásico, etc. Cuenta con 23 líneas digitales que se pueden programar como entrada/salida, 32 registros de trabajo de propósito general y tres contadores (Reyes Cortes & Cid Monjaraz, 2015). La figura 5 muestra la tarjeta electrónica a utilizar.



**Figura 5. Arduino Uno.**

**Fuente:** Tomado de (Reyes Cortes & Cid Monjaraz, 2015).

La figura 6 muestra el display LCD 16x2 alfanumérico, el cual se trata de una pantalla de cristal líquido que hace uso de una sustancia líquida entre dos placas de vidrio, sumando la iluminación trasera se generan la información en texto, número, símbolos y pequeñas figuras (Peña Millahual, 2017).

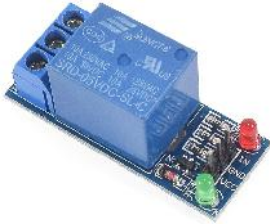


**Figura 6. Display lcd 16x2 a I2C.**

**Fuente:** Tomado de Peña Millahual, (2017)

### **Etapas 3. Etapa actuadora.**

Un relé o relevador es un dispositivo electromagnético, el cual funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes, ver figura 7 (Berrocal Villa et al., 2014). Cuenta de dos etapas, una etapa de control que va conectado a la Raspberry Pi Pico y la etapa de interruptor que va conectado a los diodos LED 3W y a la bomba de agua.



**Figura 7. Interruptor electromagnético.**  
**Fuente: Tomado de Berrocal Villa et al., (2014)**

La parte de iluminación consisten en el uso de diodos LED 3 Watts de alta potencia color amarillo, ver figura 8. Los diodos LED operan a un voltaje de 3.3 a 3.8V, corriente eléctrica de 750 mA, longitud de onda de 620-630nm (ua, 2024).



**Figura 8. Diodo Led de potencia.**  
**Fuente: Tomado de ua, (2024).**

La figura 9 muestra la bomba de agua de diafragma, el cual opera a 12V, posee un interruptor de protección de potencia, tiene una vida útil de más de 1000 horas, la entrada y salida es de 10mm, proporciona un flujo de 4-6L por minuto, una potencia eléctrica máxima de 70W, presión de 130 psi y consume una corriente de 2A – 3A (Rosas Sanchez & Juca Yaucán, 2022).



**Figura 9. Bomba de agua.**  
**Fuente: Tomado de Rosas Sanchez & Juca Yaucán, (2022).**



## Resultados y discusión

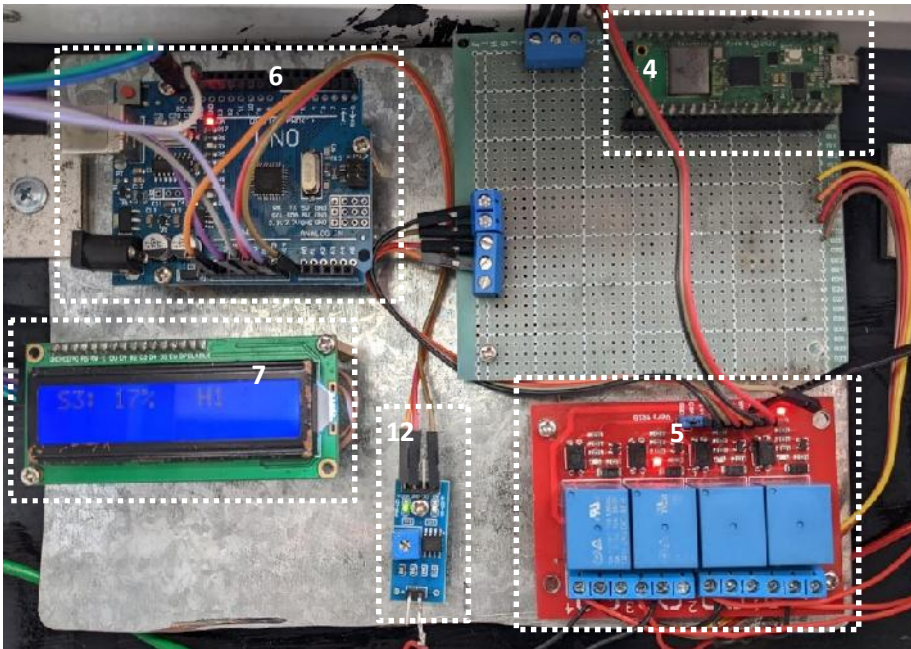
El prototipo artificial no ionizante visto de manera frontal se muestra en la figura 10. El numero 1 representa al prototipo donde se evaluará el crecimiento de las plantas de tabaco, el número 2 representa a la bomba de agua y el numero 3 representa al tanque de agua. Cabe señalar que el prototipo se encuentra a la intemperie a las afueras del laboratorio de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca.



**Figura 10. Prototipo físico.**

**Fuente: Autores.**

La figura 11 muestra la etapa de potencia y control para el correcto funcionamiento del sistema artificial. La tarjeta de control Raspberry Pi Pico está representado con el número 4, el cual activa los relevadores con el número 5, el Arduino Uno representado con el número 6, el display LCD representado con el número 7 y el circuito de control del sensor FC-28 representado con el número 12. El display LCD va conectado al Arduino Uno mediante comunicación I2C y muestra el valor del sensor FC-28 y sensor DHT11.



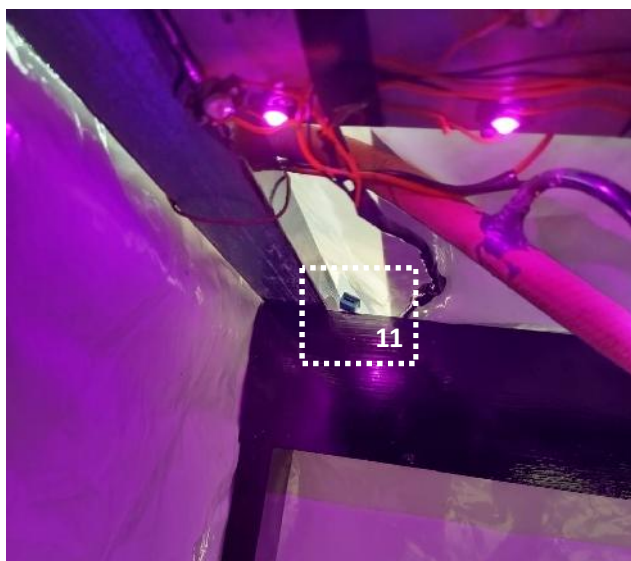
**Figura 11. Etapa de potencia y control.**  
**Fuente: Autores.**

La figura 12 muestra la parte interna del prototipo artificial, el cual consiste de lo siguiente: el número 8 representa las dos tiras de diodos LED de 3 watts, el número 9 representa al aspersor el cual ayuda a humedecer a las plantas de tabaco y el número 10 representa la charola de las plantas de tabaco. El riego a las plantas se realiza de manera manual, encendiendo y apagando la bomba de agua todos los días durante 10 segundos.

La figura 13 muestra el sensor DTH11, referenciado con el número 11, que mide temperatura y humedad del aire, el cual es colocado en la parte superior del prototipo. El sensor DTH11 va conectado a la Raspberry Pi Pico, sin embargo se tiene problemas técnicos con la lectura de valores ya que la humedad lo está averiando frecuente.



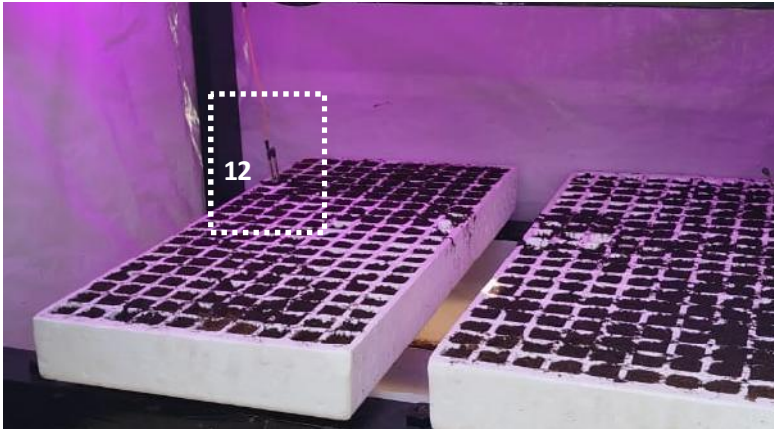
**Figura 12. Vista interna del sistema artificial.**  
**Fuente: Autores.**



**Figura 13. Sensor DTH11 dentro del prototipo.**  
**Fuente: Autores.**

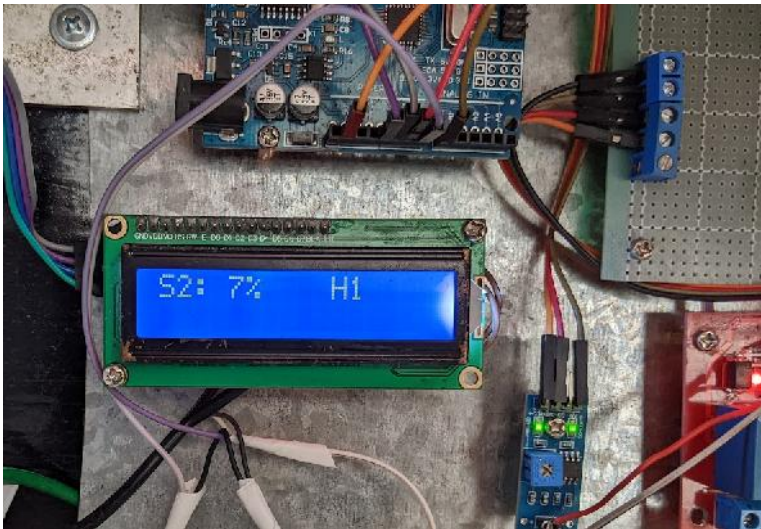


La figura 14 muestra el sensor de humedad FC-28, referenciado con el número 12, ubicado sobre la charola, en un extremo inferior del prototipo. El sensor va conectado a la tarjeta Arduino Uno.



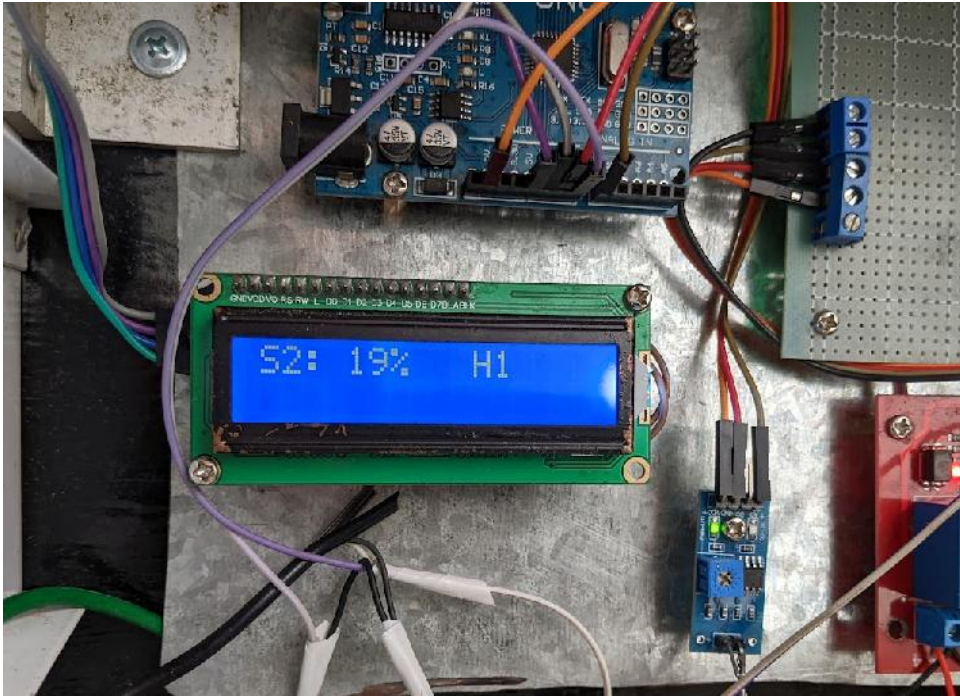
**Figura 14. Sensor FC-28 dentro del prototipo.**  
**Fuente: Autores.**

La figura 15 muestra 7% de humedad del sensor FC-28, en el canal S2. Ese valor de humedad corresponde cuando no se riegan las plantas. La letra H1 representa la temperatura y humedad del sensor DTH11, sin embargo se tiene problemas técnicos con el sensor ya que se están averiando muy frecuente por la humedad que generan las lluvias de la región.



**Figura 15. Humedad del sensor FC-28 en el display lcd.**  
**Fuente: Autores.**

La figura 16 muestra 19% de humedad del sensor FC-28, en el canal S2. Ese valor de humedad corresponde después del riego que se hace de manera manual. De igual manera no se está teniendo valores con sensor DTH11 por problemas técnicos.



**Figura 16. Humedad del sensor FC-28 en el display lcd.**  
**Fuente: Autores.**

Cabe señalar que en el presente trabajo solo se realiza la descripción de la parte eléctrica del sistema artificial no ionizante, es decir el funcionamiento de los elementos importantes que van a permitir el crecimiento de la planta de tabaco, en trabajos a futuro se pretende automatizar el encendido de la bomba de agua a través de los sensores FC-28 y el sensor DTH11 por medio de un sistema de lazo cerrado de control.

## Conclusiones

Una de las consideraciones que se debe de tomar en cuenta es en la etapa de potencia, específicamente la fuente de alimentación, ya que el sistema eléctrico demanda alrededor de 10 amperes, el cual no se tenía contemplado en el análisis.

El diseño eléctrico fue implementado con tecnología accesible y de bajo costo, sin embargo, antes de utilizar algún componente eléctrico es importante revisar detenidamente las hojas del fabricante ya que puede estar defectuoso.

Los trabajos a futuro del sistema artificial sería iniciar las pruebas de crecimiento en comparación con un testigo en ambiente controlado para evaluar en ambos el crecimiento de la planta de tabaco. También sería importante cerrar el lazo de control a través de un controlador para que la bomba de agua encienda automáticamente cada vez que la humedad disminuya.

### Referencias bibliográficas

- Afsah-Hejri, L., Akbari, E., Toudeshki, A., Homayouni, T., Alizadeh, A., & Ehsani, R. (2020). Terahertz spectroscopy and imaging: A review on agricultural applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 177, 105628. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105628>
- Akhila, P. P., Sunooj, K. V., Aaliya, B., Navaf, M., Sudheesh, C., Sabu, S., Sasidharan, A., Mir, S. A., George, J., & Mousavi Khaneghah, A. (2021). Application of electromagnetic radiations for decontamination of fungi and mycotoxins in food products: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 399-409. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.013>
- Berrocal Villa, L. G., Alexander Sepulveda, F., & Mesa Londoño, J. B. (2014). *Implementación de módulos didácticos para la programación de sistemas arduino* [Institución Universitaria Pascual Bravo]. [https://abcd.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/189/1/Rep\\_IUPB\\_Tec\\_Ele\\_Implemetaci%c3%b3n\\_m%c3%b3dulos.pdf](https://abcd.pascualbravo.edu.co/bitstream/pascualbravo/189/1/Rep_IUPB_Tec_Ele_Implemetaci%c3%b3n_m%c3%b3dulos.pdf)
- Bisht, B., Bhatnagar, P., Gururani, P., Kumar, V., Tomar, M. S., Sinhmar, R., Rathi, N., & Kumar, S. (2021). Food irradiation: Effect of ionizing and non-ionizing radiations on preservation of fruits and vegetables— a review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 372-385. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.002>
- Chong-Flores, J.-F., Salas-Cabrera, R., Mar-Barón, S., Gómez, M., & Vicencio-Cruz, C.-E. (2023). *Diseño y construcción de una cámara de iluminancia ajustable para calibración de luxómetros. 1.*

- Enrique, Á. P. J., Stalin, M. M. B., Patricio, T. A., Alberto, T. O. W., & Marrero, S. (2020). *Control del consumo de agua, energía y humedad en un invernadero Control of water and humidity consumption in a greenhouse. 4.*
- Gravalos, I., Ziakas, N., Loutridis, S., & Gialamas, T. (2019). A mechatronic system for automated topping and suckering of tobacco plants. *Computers and Electronics in Agriculture, 166*, 104986. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104986>
- Halfacree, G., & Everard, B. (2021). *Get started with MicroPython on Raspberry Pi Pico*. Raspberry Pi Trading Ltd.
- Hou, S., Tian, L., Li, M., Liu, J., Cui, X., & Han, H. (2023). An embedded system for evaluating plant growth based on plant electrical signals. *2023 IEEE 3rd International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA)*, 823-828. <https://doi.org/10.1109/ICIBA56860.2023.10165251>
- Liao, K.-F., & Ro-Min, W. (2021). Implementation of the LED Light Source System as a Smart Plant Factory. *2021 IEEE International Future Energy Electronics Conference (IFEEEC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/IFEEEC53238.2021.9661774>
- Mar-Barón, S., Salas-Cabrera, R., Chong-Flores, J.-F., Gómez, M., & Vicencio-Cruz, C.-E. (2022). *Diseño e implementación de un controlador digital para led RGB de potencia, para la generación del iluminante estándar a con fines de calibración de instrumentos. 2.*
- Moreno Muñoz, A., & Córcoles Corcoles, S. (2019). *Aprende Arduino en un fin de semana*. Time of Software. <https://www.bolanosdj.com.ar/MOVIL/ARDUINO2/Arduinounfinseman.pdf>
- Ng, W. C., Yunus, N. A. M., & Halin, I. A. (2018). Design of Multicolour LED with Control and Monitoring System for Plant Growth. *MATEC Web of Conferences, 215*, 01007. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201821501007>
- Peña Millahual, P. (2017). *Arduino de cero a experto* (1a ed). Six Ediciones.
- Reyes Cortes, F., & Cid Monjaraz, J. (2015). *Arduino Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías* (Primera edición). Alfaomega.
- Rosas Sanchez, V. E., & Juca Yaucán, M. F. (2022). *Diseño e implementación de un prototipo automático para la desinfección de manos mediante micropulverizado*

- [Escuela Superior Politécnica de Chimbarazo].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/21308/1/108T0428.pdf>
- Rostamabadi, H., Demirkesen, I., Havgüder Taze, B., Can Karaca, A., Habib, M., Jan, K., Bashir, K., Nemțanu, M. R., Colussi, R., & Reza Falsafi, S. (2023). Ionizing and nonionizing radiations can change physicochemical, technofunctional, and nutritional attributes of starch. *Food Chemistry: X*, 19, 100771.  
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100771>
- School of Mechatronic Systems Engineering, Simon Fraser University, BC, Canada, Jiang, J., Moallem, M., School of Mechatronic Systems Engineering, Simon Fraser University, BC, Canada, Zhengi, Y., & School of Environmental Sciences, University of Guelph, ON, Canada. (2021). An Intelligent IoT-enabled Lighting System for Energy-efficient Crop Production. *Journal of Daylighting*, 8(1), 86-99.  
<https://doi.org/10.15627/jd.2021.6>
- ua, F. (2024). *3W High Power LED* [Hoja de datos].  
<https://foton.ua/upload/datasheet/3w/3W%20High%20Power%20LED.pdf>
- Varshini, K., Swathi, N., Reddy, M. S., & Priyanka, J. S. (2022). Microcontroller based Smart Agriculture System. *2022 6th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology*, 316-320.  
<https://doi.org/10.1109/ICECA55336.2022.10009361>
- Wu, Y.-E. (2021). Design and Implementation of an LED Automatic Lighting System for Plant Factories. *IEEE Photonics Journal*, 13(4), 1-9.  
<https://doi.org/10.1109/JPHOT.2021.3094361>
- Yang, Z., & Gao, F. (2023). Design and Implementation of a Smart Factory System Based on 5G and IoT Technology. *2023 International Conference on Network, Multimedia and Information Technology (NMITCON)*, 1-5.  
<https://doi.org/10.1109/NMITCON58196.2023.10276253>