

# SISTEMA ARTIFICIAL NO IONIZANTE PARA EL CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE TABACO

Dany Iván Martínez de la Cruz<sup>1</sup>, Raúl Hernández Rivera<sup>1</sup>, Eduardo Hu Flores<sup>1</sup>,  
Leodegario Gonzalo Aguilera Hernandez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnologico Nacional de México - ITS de Tantoyuca (MEXICO)

## Resumen

En el presente documento se describe el diseño e implementa un sistema artificial no ionizante para el crecimiento de la planta de tabaco. El sistema artificial no ionizante consiste en un diseño eléctrico y un diseño mecánico. Respecto al diseño eléctrico se tienen los siguientes elementos que lo conforman: tarjeta electrónica Arduino Uno, diodo led blanco, diodo led de espectro completo, ventilador, relevadores y un disipador de calor. En la parte mecánica se incluye un diseño en SolidWorks y la implementación de un prototipo construido con perfiles de acero. Se realizan mediciones del crecimiento de la planta de tabaco del sistema artificial en comparación con las plantas de tabaco cultivadas en el medio ambiente, donde se observa que las plantas de tabaco cultivadas en el sistema artificial muestran resultados favorables.

Palabras clave: Arduino uno, diseño eléctrico, diseño mecánico, tabaco.

## Abstract

This document describes the design and implementation of a non-ionizing artificial system for tobacco plant growth. The artificial non-ionizing system consists of an electrical design and a mechanical design. Regarding the electrical design, the following elements are included: Arduino Uno electronic board, white LED diode, full spectrum LED diode, fan, relays, and a heat sink. The mechanical part includes a design in SolidWorks and the implementation of a prototype built with steel profiles. Measurements are made of the growth of the tobacco plant in the artificial system in comparison with the tobacco plants grown in the environment, where it is observed that the tobacco plants grown in the artificial system show favorable results.

Keywords: Arduino uno, electric design, mechanical design, tobacco.

## 1 INTRODUCCIÓN

Con la constante búsqueda de una vida mejor por parte de las personas, los problemas de crecimiento de población, los problemas alimentarios y los problemas de salud se están volviendo cada vez más preponderantes, lo que acelera el desarrollo de la tecnología [1]. Con el crecimiento de la población, uno de los principales problemas que se deben resolver es la producción agrícola [2]. 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 [3].

La tecnología de iluminación se ha desarrollado para su uso en edificios residenciales y de oficinas. 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. Los estudios han demostrado que los resultados de crecimiento fueron diferentes dependiendo de las especies de plantas, incluso cuando se utilizaron tratamientos de luz similares [4].

La luz es un regulador ambiental importante de diversos procesos de crecimiento y desarrollo en las plantas. Sin embargo, los mecanismos por los cuales la calidad de la luz regula el crecimiento de las raíces son poco comprendidos. Se analizó el crecimiento de raíces laterales (RL) de plántulas de tabaco en

respuesta a tres tipos de tipos de luz (roja, blanca y azul). Los resultados obtenidos sugieren que estos tres tipos de cualidades de luz regulan la formación de raíces laterales en plántulas de tabaco a través de la modificación del transporte polar de auxina [5].

La instrumentación y automatización juegan un papel importante en la agricultura de precisión, como el diseño de un sistema de iluminación inteligente con el objetivo de lograr una alta eficiencia energética en la iluminación suplementaria de invernaderos, basado en la tecnología del Internet de las Cosas (IoT) [4]. Este sistema contiene el sistema operativo Raspbian que interactúa con luminarias de diodos emisores de luz (LED) para el crecimiento de plantas, un servidor de datos en línea y diferentes sensores de luz, incluidos sensores RGB y cuánticos. El sistema implementa un controlador de retroalimentación que ajusta automáticamente los niveles de atenuación de la luz y, en particular, la proporción de intensidades de luz roja y azul según las necesidades de las plantas, el cual logra ahorros de energía de hasta el 34%, en comparación con un esquema de programación temporal convencional. Se propone un sistema de iluminación automática con diodos emisores de luz (LED) para fábricas de plantas [6]. El método de operación comprende la detección de la fuente de luz a través de un fotodiodo CdS y el envío del valor obtenido de la intensidad de la luz al microcontrolador dsPIC30F4011. Este chip único almacena el valor digital en el registro interno de modulación por ancho de pulso (PWM) y lo envía al circuito de atenuación para lograr el efecto de atenuación automática.

El uso de trampas de luz para atraer insectos que no son eliminados por pesticidas, utiliza energía solar para alimentar las luces, utilizando Diodos Emisores de Luz (LEDs) Ultravioleta (UV) y de alto brillo blanco. Aquí, la luz está compuesta por dos tipos diferentes de LED: se utilizan LED UV y LED blancos de alta luminosidad, y la luz se controla automáticamente para atraer más tipos de insectos activándose en una tanda tras otra con un retraso de 5 minutos entre cada una [7]. Se crea un prototipo de iluminación artificial para apoyar el cultivo de Pakcoy en etapas tempranas derivado de las lluvias intensas en la region, el cual se utiliza para observar el impacto de la iluminación artificial. Este trabajo muestra que la planta de Pakcoy presenta un crecimiento significativo bajo luz artificial teniendo los siguientes resultados: un incremento de 2 a 4 hojas, un incremento de altura de 1.5cm a 5cm y de 18 semillas sembradas crecen 10 semillas en comparación con una planta que se encuentra en una habitación con poca luz [8].

El método de análisis de señales eléctricas de las plantas discute la relación entre el cambio en las señales eléctricas de las plantas, el entorno y el estado de crecimiento. Se utiliza el aloe vera como objeto experimental para predecir y evaluar el cambio de la intensidad, solo se modifica la intensidad de la luz, y la recolección se lleva a cabo bajo los tres niveles de luz del 0%, 50% y 100%. Se establece el sitio de datos FTP para los tres tipos de señales eléctricas recopiladas. Se adopta el sistema operativo en tiempo real RT-Thread para la programación modular y se utiliza el protocolo de transmisión MQTT para realizar la interacción de datos entre la plataforma de hardware embebido y la plataforma de Internet de las Cosas de Ali Cloud [2].

Por último se presenta el diseño y la implementación de un sistema mecatrónico, mediante el cual se pueden realizar automáticamente los tratamientos de deshoje y desbrote de la planta de tabaco. El sistema mecatrónico y su equipo auxiliar fueron montados en una plataforma móvil de tres ruedas, el cual incluye una unidad superior, un rociador de alta precisión y una guía metálica bifurcada diseñada para mantener las plantas en posición vertical [9].

Derivado de las investigaciones antes mencionados y las aplicaciones de la radiación no ionizante, el objetivo del presente trabajo es el diseño y la implementación de un sistema artificial no ionizante para el crecimiento de la planta de tabaco, el cual consiste de un diseño eléctrico y de un diseño mecánico.

## 2 METODOLOGÍA

Para la realización del sistema artificial no ionizante y la evaluación de crecimiento de las plantas de tabaco se realizó con base al esquema de la Figura 1.

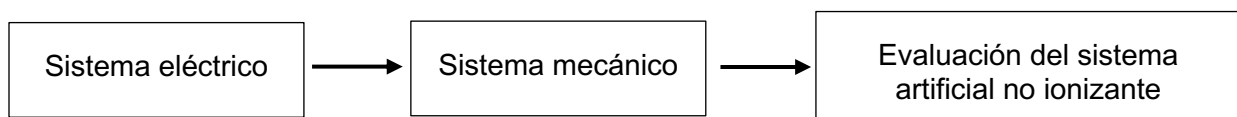


Figura 1. Diagrama general.

## 2.1 Diseño eléctrico

### 2.1.1 Componentes eléctricos.

Los componentes eléctricos que se utilizaron para realizar el sistema artificial no ionizante son: dos diodos leds, uno de espectro blanco 6500 y otro de espectro completo, una tarjeta electrónica Arduino Uno como etapa de control por su fácil acceso y bajo costo, también se utilizaron dos actuadores para el accionamiento de cada diodo led, un disipador de aluminio y un ventilador para disipar el calor, ver Figura 2.

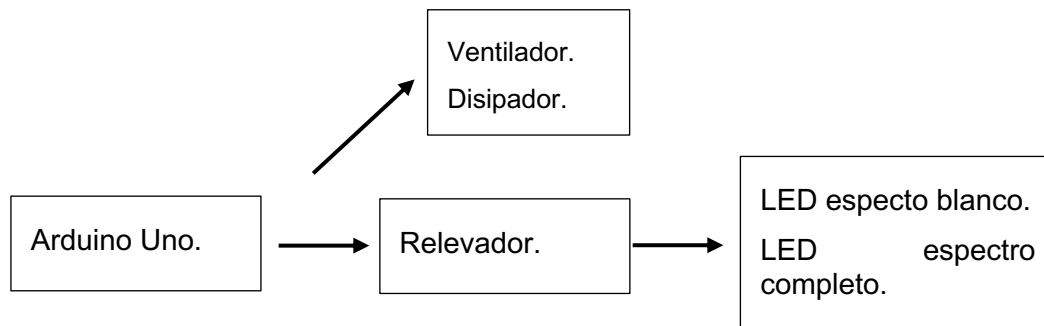


Figura 2. Esquema eléctrico del sistema de radiación no ionizante.

La programación en la tarjeta Arduino Uno consistió en el encendido de los diodos LED por 12 horas y 12 horas apagados. El esquemático eléctrico se muestra en la Figura 3.

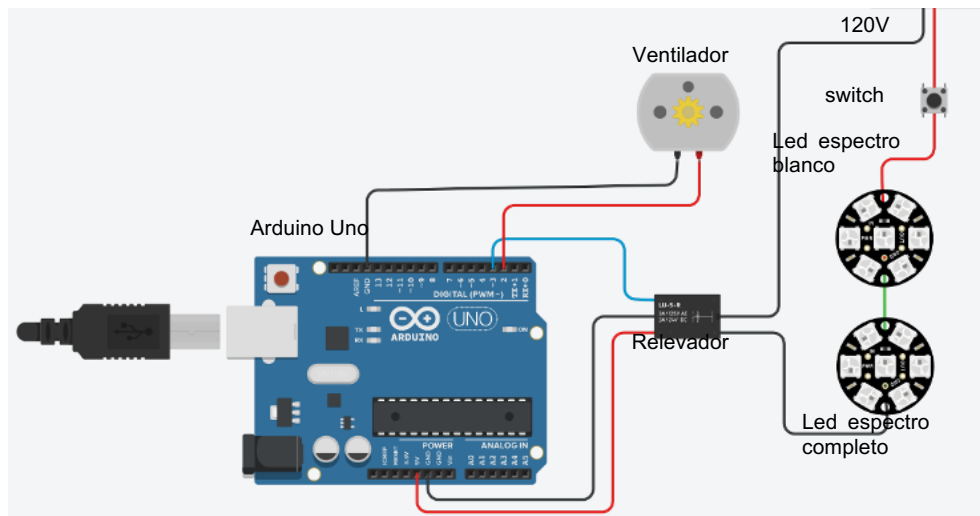
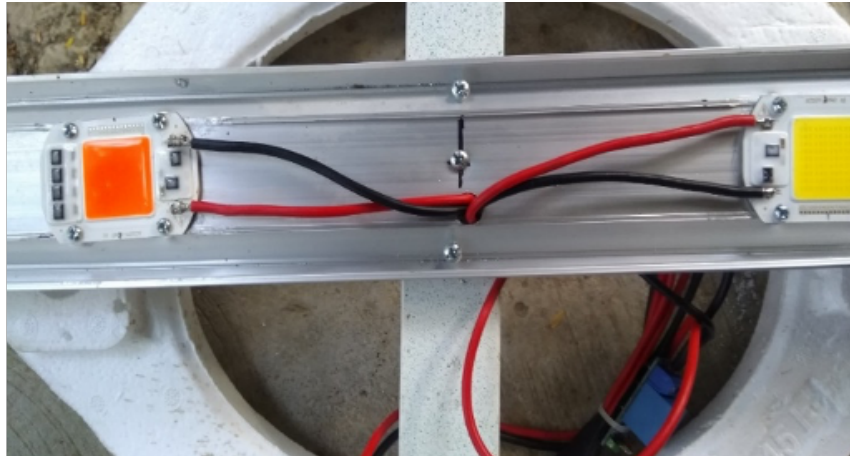


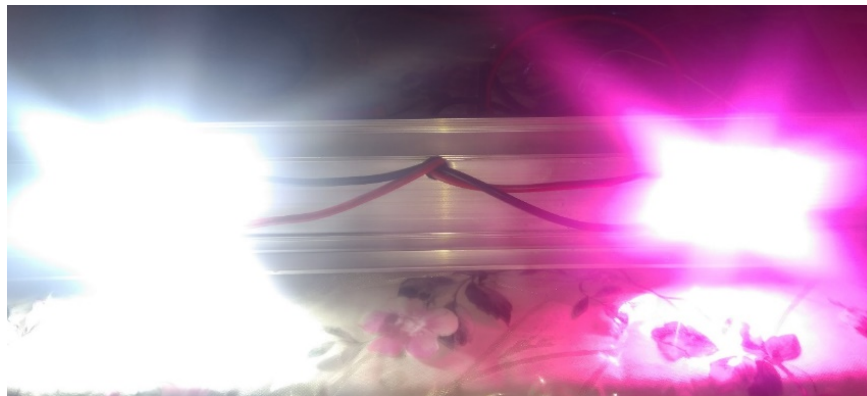
Figura 2. Esquema eléctrico.

La Figura 4 muestra la instalación eléctrica de los diodos LED en la barra de aluminio, el cual ayudará a disipar el calor generado.



*Figura 3. Instalación de los diodos LED.*

La Figura 5 muestra el encendido de los diodos LED, de espectro blanco y de espectro completo fijados al disipador de calor cuando son energizados a 120V.



*Figura 4. Diodo LED blanco y diodo LED de espectro completo energizados.*

## **2.2 Diseño mecánico**

### *2.2.1 Componentes mecánicos*

El componente mecánico principal fue el diseño de un cubo en el software SolidWorks. Las medidas del cubo son 68 centímetros de largo x 68 centímetros de ancho x 68 centímetros de alto, ver Figura 6.

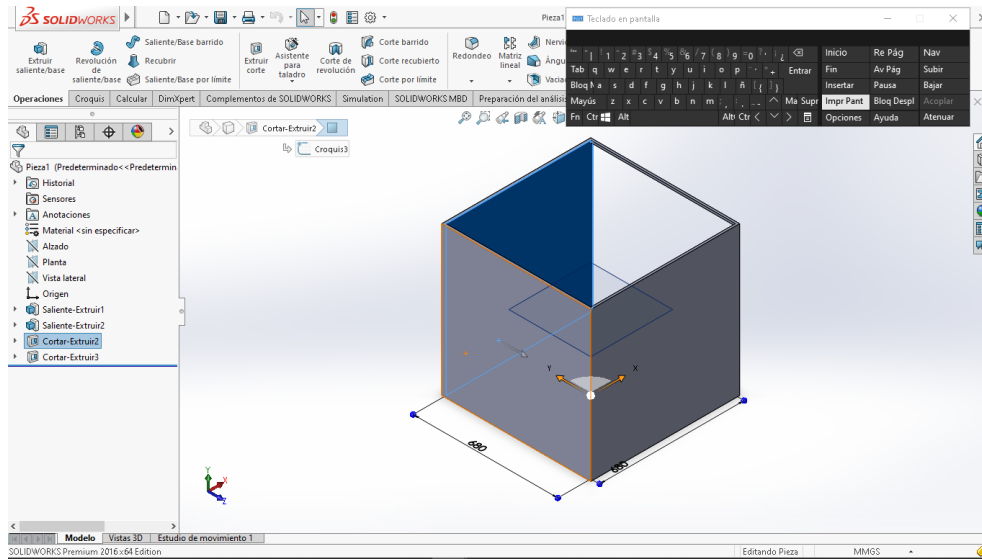


Figura 5. Diseño de la estructura en SolidWorks.

La Figura 7 muestra el prototipo físico del sistema artificial no ionizante. Se observa la estructura mecánica con perfiles de acero, los diodos LED en la parte superior, tres plántulas de tabaco donde se van a realizar pruebas de crecimiento y el nylon de color negro para evitar la luz del medio ambiente.



Figura 6. Prototipo físico con las plantulas de tabaco.

### 2.3 Evaluación del sistema artificial no ionizante

La Figura 8 muestra las 6 plantas de tabaco que se analizaron para la prueba de crecimiento, de los cuales, 3 plantas van dentro del sistema artificial no ionizante, mientras que las otras 3 plantas van en el medio ambiente. Las pruebas de crecimiento se realizaron durante 4 semanas.





Figura 7. Plantas de tabaco.

El siguiente paso fue medir los parámetros que se consideraron en cada planta, los cuales se muestran en la Figura 9.

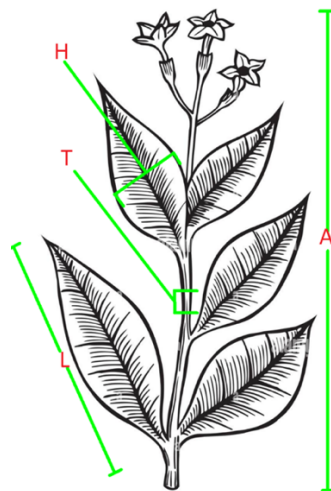


Figura 8. Características para la medición.

Los parámetros a medir son: anchura total de la hoja (H), grosor total del tallo (T), altura total de la planta (A) y longitud total de la hoja (L).

La Figura 10 muestra el esquema que se realizó para la obtención de las mediciones. Las plantas (A, B, C) emplearon radiación natural del medio ambiente y las plantas (D, E, F) emplearon radiación artificial.

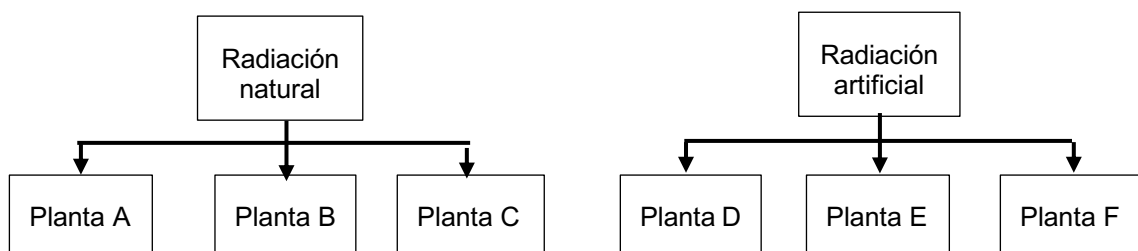


Figura 9. Esquema de las mediciones a tomar.

La Figura 11 muestra una prueba de medición de los parámetros para cada planta utilizando el instrumento de medición vernier.



Figura 10. Medición de una planta de tabaco.

Las mediciones se realizaron en un tiempo de 4 semanas, en donde no se utilizaron productos químicos de ningún tipo, ni abonos adicionales, de manera que la comparativa final es resultado únicamente de la relación entre el proceso fotoquímico de las plantas y la radiación electromagnética en estado visible.

### 3 RESULTADOS

La figura 12 muestra la primera característica de medición en centímetros, el ancho de la hoja de las seis plantas. Para diferenciar los datos obtenidos, las plantas A, B y C están de color gris, mientras que las plantas D, E y F de color negro haciendo relación al sistema artificial.

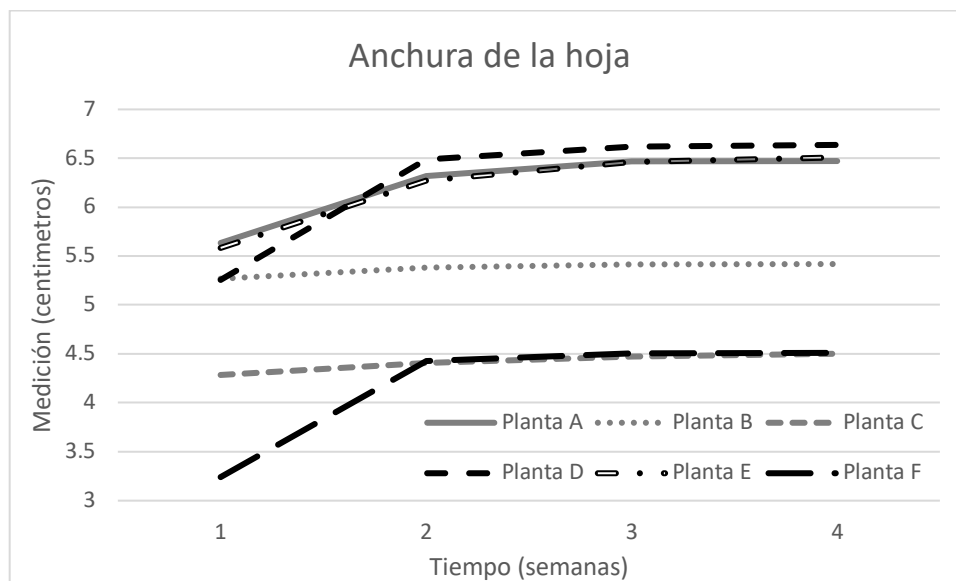


Figura 11. Medición del ancho de la hoja.

De la figura 12 se observa que la planta E y la planta F tuvieron un incremento considerable respecto a las plantas A, B y C. La figura 13 muestra el grosor de la hoja en las seis plantas.

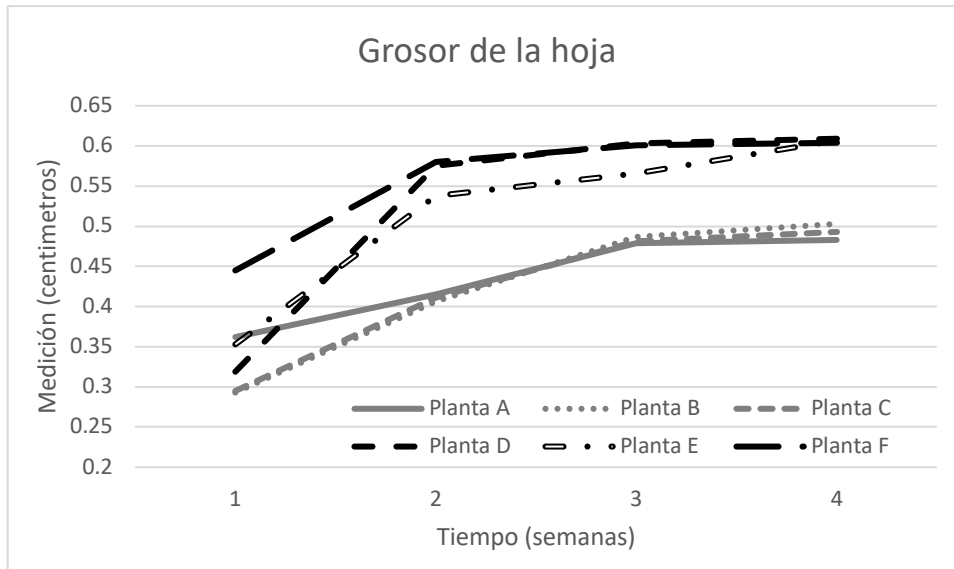


Figura 12. Medición del grosor de la hoja.

De la figura 13 se observa que el grosor de la hoja fue más notorio en las plantas D, E y F respecto a las plantas A, B y C. La figura 14 muestra la altura total de la planta en las seis plantas.

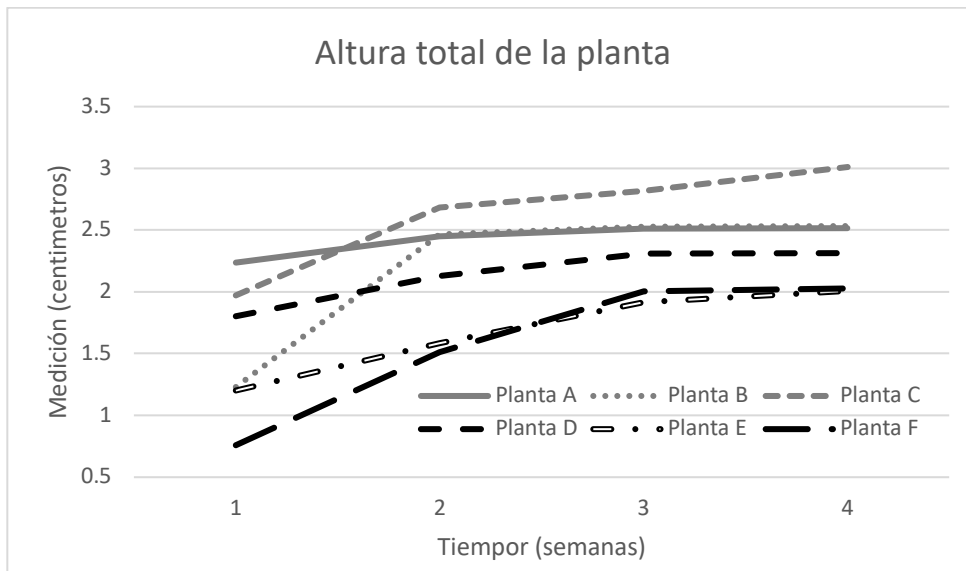


Figura 13. Medición de la altura de la planta.

De la figura 14 se observa que, respecto a la altura de la planta, las plantas A, B y C tuvieron un crecimiento mayor respecto a las plantas D, E y F. La figura 15 muestra la longitud de la hoja de las seis plantas.



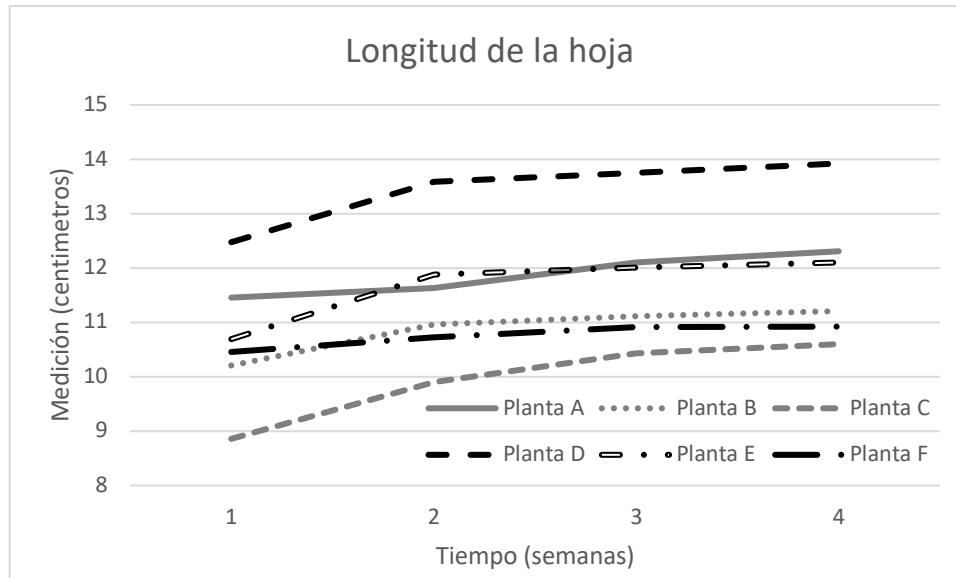


Figura 14. Medición de la longitud de la hoja.

De la figura 15 se observa que la longitud de la hoja fue mucho mayor en la planta D respecto al resto de las plantas.

#### 4 CONCLUSIONES

El diseño mecánico mediante software es una herramienta interesante ya que permite mostrar el boceto o previsualización de cualquier prototipo, lo cual ayuda mucho en la parte de diseño de piezas.

Respecto al análisis de las figuras 12, 13, 14 y 15 se observa que las plantas de tabaco del sistema artificial presentaron mayor anchura de hoja, mayor grosor de hoja y mayor longitud de hoja mientras que las plantas de luz natural mostraron mayor altura. De esto se puede concluir que las plantas con el sistema artificial tuvieron resultados más favorables respecto a las plantas de tabaco de luz natural. Otro punto a considerar es que las plantas de tabaco del sistema artificial no adquirieron plagas durante la etapa de medición, a diferencia de las plantas de tabaco de luz natural.

Los trabajos a futuros consistirán en el desarrollo de un diseño eléctrico mejorado, controlando la intensidad de luz, y un diseño mecánico en forma de anaqueles para realizar el análisis de más plantas de tabaco en un periodo de tiempo mayor.

#### REFERENCIAS

- [1] Z. Yang and F. Gao, "Design and Implementation of a Smart Factory System Based on 5G and IoT Technology," in 2023 International Conference on Network, Multimedia and Information Technology (NMITCON), Bengaluru, India: IEEE, Sep. 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/NMITCON58196.2023.10276253.
- [2] S. Hou, L. Tian, M. Li, J. Liu, X. Cui, and H. Han, "An embedded system for evaluating plant growth based on plant electrical signals," in 2023 IEEE 3rd International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA), Chongqing, China: IEEE, May 2023, pp. 823–828. doi: 10.1109/ICIBA56860.2023.10165251.
- [3] K.-F. Liao and W. Ro-Min, "Implementation of the LED Light Source System as a Smart Plant Factory," in 2021 IEEE International Future Energy Electronics Conference (IFEEEC), Taipei, Taiwan: IEEE, Nov. 2021, pp. 1–6. doi: 10.1109/IFEEEC53238.2021.9661774.

- [4] School of Mechatronic Systems Engineering, Simon Fraser University, BC, Canada, J. Jiang, M. Moallem, School of Mechatronic Systems Engineering, Simon Fraser University, BC, Canada, Y. Zheng, and School of Environmental Sciences, University of Guelph, ON, Canada, “An Intelligent IoT-enabled Lighting System for Energy-efficient Crop Production,” *J. Daylighting*, vol. 8, no. 1, pp. 86–99, Feb. 2021, doi: 10.15627/jd.2021.6.
- [5] L. Meng et al., “Light Quality Regulates Lateral Root Development in Tobacco Seedlings by Shifting Auxin Distributions,” *J. Plant Growth Regul.*, vol. 34, no. 3, pp. 574–583, Sep. 2015, doi: 10.1007/s00344-015-9491-z.
- [6] Y.-E. Wu, “Design and Implementation of an LED Automatic Lighting System for Plant Factories,” *IEEE Photonics J.*, vol. 13, no. 4, pp. 1–9, Aug. 2021, doi: 10.1109/JPHOT.2021.3094361.
- [7] K. Varshini, N. Swathi, M. S. Reddy, and J. S. Priyanka, “Microcontroller based Smart Agriculture System,” in *2022 6th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology*, Coimbatore, India: IEEE, Dec. 2022, pp. 316–320. doi: 10.1109/ICECA55336.2022.10009361.
- [8] M. A. Afandi, I. Hikmah, and C. Agustinah, “Microcontroller-based Artificial Lighting to Help Growth the Seedling Pakcoy,” *J. Nas. Tek. ELEKTRO*, vol. 10, no. 3, Nov. 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n3.943.2021.
- [9] I. Gravalos, N. Ziakas, S. Loutridis, and T. Gialamas, “A mechatronic system for automated topping and suckering of tobacco plants,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 166, p. 104986, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.compag.2019.104986.