

## Monitoreo y control remoto de un sistema hidropónico tipo NFT mediante IoT

Diego Pichoasamin<sup>1</sup>, Paul Astudillo<sup>2</sup>, María Gabriela Vera<sup>3</sup>, Patricio Paredes<sup>4</sup>, María Paula Calispa<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Instituto Tecnológico Superior Rumiñahui - Carrera Electricidad, Sangolquí - Ecuador  
[diego.pichoasamin@ister.edu.ec](mailto:diego.pichoasamin@ister.edu.ec)

**Resumen:** La tecnología IoT ha sido de gran ventaja en varios proyectos tecnológicos, entre ellos, la aplicación en un método de cultivo alternativo conocido como cultivo de hidroponía tipo NFT, con el fin de solventar las necesidades y reducir las pérdidas en el sector agropecuario, ya requieren de un control y monitoreo riguroso. El objetivo de este trabajo fue construir un prototipo de un sistema NFT basado en IoT con el fin de monitorear y controlar las variables climáticas como temperatura, humedad, nivel de pH y automatización de riego, las cuales necesitan una rígida adecuación. Para esto, se consideraron equipos que posibiliten la recolección de datos y el diseño de un interfaz en base a los parámetros del cultivo. El micro-controlador ESP32 permite obtener datos en tiempo real y controlar las etapas o condiciones a las que deben estar ajustadas. Para esto, se establece un interfaz IoT que supervisa cuando se cumplen estas condiciones obteniendo mediciones en tiempo real de los cambios en las variables climáticas, en un lapso de 3 meses, además recopilando datos de un cultivo tradicional para analizar la eficiencia del sistema por medio de una comparativa. Finalmente, el análisis y monitoreo del cultivo hidropónico se realiza a través de la interfaz de Arduino Cloud y la recopilación de datos a través del microcontrolador ESP32. Los datos que se obtienen se almacenan en la nube de la interfaz que permite la descarga de datos para su análisis.

**Palabras clave:** hidroponía, interfaz IoT, monitoreo, nutrición, automatización

### *Remote monitoring and control of an NFT hydroponic system using IoT*

**Abstract:** IoT technology has been a significant advantage in several technological projects, including applying an alternative cultivation method known as NFT hydroponic cultivation, to meet the needs and reduce losses in the agricultural sector, which already require rigorous control and monitoring. This work aimed to build an IoT-based NFT system prototype to monitor and control climatic variables such as temperature, humidity, pH level, and irrigation automation, which require strict adaptation. For this, equipment enabling data collection and designing an interface based on crop parameters was considered. The ESP32 microcontroller allows for the obtaining of data in real time and the control of the stages or conditions to which they must be adjusted. For this, an IoT interface is established that monitors when these conditions are met, obtaining real-time measurements of changes in climatic variables over three months and collecting data from a traditional crop to analyze the system's efficiency through a comparison. Finally, the analysis and monitoring of the hydroponic crop are done through the Arduino cloud interface and data collection through the ESP32 microcontroller. The data obtained is stored in the cloud interface, which allows data download for analysis.

**Keywords:** hydroponics, IoT interface, monitoring, nutrition, automation

## 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional a nivel mundial ha desencadenado una serie de desafíos en áreas como urbanización, alimentación, salud y transporte. En respuesta a estos problemas, el avance tecnológico ha permitido desarrollar soluciones innovadoras. En el ámbito de la

alimentación, una de las alternativas emergentes es la hidroponía, que se define como una práctica agrícola en la que el suelo tradicional es sustituido por una solución nutritiva compuesta de agua, nutrientes y fertilizantes. Este método facilita un desarrollo más eficiente y beneficioso de los cultivos, logrando un crecimiento más rápido y

requiriendo menos esfuerzo por parte de los horticultores. La hidroponía no solo optimiza el uso de recursos, sino que también se adapta a espacios reducidos, ofreciendo una respuesta viable ante la creciente demanda de alimentos en un entorno urbano (Swarup Sahoo et al., 2022)

Por otra parte, la demanda generada en el sector alimenticio ha representado grandes avances en la innovación tecnológica, implementando un método alternativo de cultivo basado en espacios reducidos para cultivar, ya que enfoca su producción automatizada y supervisión remota, mediante sensores que permiten recolectar información para mantener los cultivos en condiciones idóneas para su correcto desarrollo, esto permite obtener un producto en corto plazo y de calidad (Hafizi Rahimi et al., 2020).

La innovación tecnológica ha permitido que por medio del internet de las cosas (IoT) se puedan interconectar sensores y actuadores por medio de una interfaz gráfica, esto permite que el usuario pueda supervisar el estado del cultivo hidropónico en tiempo real y tomar decisiones, para controlar las variables del sistema. Para esto, Arduino ofrece una interfaz IoT que permite recopilar datos en la nube y gestionarlos dependiendo del proceso. Además, ofrece una solución muy amplia en Arduino Cloud donde se puede programar las variables que se necesiten controlar del sistema (Megha Nair et al., 2023).

Arduino Cloud proporciona diferentes métodos de interacción entre los sensores, tarjetas de desarrollo y actuadores, tales como API, REST, HTTP (Hypertext Transfer Protocol), MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), al igual que el uso de herramientas como JavaScript y WebSocket los mismos que utilizan un sin número o gama de opciones en compatibilidad y conectividad con hardware de terceros, pasarelas y varios sistemas en la nube (Pawar et al., 2019).

La estructura de un sistema hidropónico NFT se basa en tubos de PVC, que influyen como soporte y fuente de nutrientes indispensables para el cultivo, a través de la recirculación del agua (agua + compuestos químicos) en su interior por periodos de tiempo establecidos por el usuario, de acuerdo al cultivo. Esta solución contiene todos

los nutrientes de la tierra. Hay que considerar que el cuidado de estos sistemas es demandante y radical con cada accionar dentro del cultivo, para el control y monitoreo (Purwalaksana et al., 2022).

La arquitectura IoT permite que un sistema de cultivo hidropónico sea más eficiente en la gestión de recursos, por medio de los sensores recopilan información y muestran al usuario en una interfaz gráfica. Esto permite al usuario tomar decisiones acertadas, permitiendo notificar y accionar los actuadores cuando el entorno en el que se encuentre se vea desfavorable y poder controlar los parámetros deseados (Rathod et al., 2021).

Los factores prioritarios de la solución nutritiva en un cultivo hidropónico, debe estar compuesta por 16 elementos esenciales entre los primordiales el sodio, potasio, fósforo y calcio, ya que al remplazar el suelo por el agua implica mayor nutrición a través de porcentajes rigurosos supervisados, destacando un sistema de alimentación por goteo y recirculación combinado con características de conductividad eléctrica, ligera acidez entre 6.4 y 5.5 en el pH y una temperatura entre 15 a 18 grados (Priya et al., 2023).

Para el desarrollo de este tipo de diseños se consideran métodos y materiales fáciles de obtener, para la selección de la plataforma IoT se debe evaluar que sensores y actuadores utilizar, así como la tarjeta de adquisición de datos, de tal manera que se pueda obtener la visualización de las variables que se estén monitoreando en el cultivo, su almacenamiento para un posterior análisis y evaluación de posibles fallas que se puedan presentar. A la vez, es importante considerar la disponibilidad de datos en el sistema, ya que pueden verse alteradas variables (Faustino et al., 2022).

El internet de las cosas (IoT) ha tomado gran impacto en los últimos años en especial en el campo de la agricultura ya que busca una sostenibilidad y seguridad en el sector alimenticio. Esto ha permitido solventar diversos problemas en el sector agrícola, ya que al utilizar este tipo de tecnología el usuario puede

interactuar en tiempo real con el sistema de cultivo y el usuario, de tal forma que permita identificar señales de alerta y tomar decisiones acertadas para prevenir o corregir fallas mediante el uso de los sistemas automatizados, con el fin de garantizar la calidad de los cultivos o productos que se brindan a los consumidores (Montaño-Blacio et al., 2023).

Los diferentes tipos de sistemas de cultivo hidropónico nos permiten realizar agricultura urbana, es decir no necesitan de mucho espacio. Sin embargo, se debe tomar en consideración diferentes variables climáticas como: la temperatura en la que se van a mantener los nutrientes, el porcentaje de la solución nutritiva, la humedad para mantener una revisión constante y evitar la acumulación de hongos y plagas que pueden perjudicar el cultivo (Contreras & Begovich, 2022).

La principal diferencia entre un cultivo tradicional y un hidropónico radica en la forma de cómo se aplican los fertilizantes, en el primero se aplica de manera directa sobre las hojas lo que resulta perjudicial para los consumidores, el segundo se aplica en el flujo de solución que circula por los tubos PVC. Además, una de las ventajas que presenta este sistema hidropónico es que reduce pérdidas de cultivos ya que se encuentra en un constante monitoreo, lo que permite tener una mayor producción y ahorro en el recurso hídrico (Lakshmanan et al., 2020).

## 2. METODOLOGÍA

Este estudio empleó un enfoque experimental para diseñar y evaluar un sistema hidropónico tipo NFT integrado con IoT.

### 2.1. Planificación

El proceso metodológico incluyó:

- **Diseño del Prototipo:** Se construyó un sistema utilizando tubos de PVC, sensores de temperatura, humedad y pH, y un microcontrolador ESP32. La estructura permitió el monitoreo y control automatizado de las condiciones del cultivo.

- **Desarrollo del Sistema IoT:** Se implementó una plataforma de monitoreo en la nube mediante Arduino Cloud, facilitando la recolección y análisis de datos en tiempo real. El sistema integró control manual y automático de los actuadores.
- **Pruebas y Recolección de Datos:** Durante tres meses, se monitorizó el sistema hidropónico y se comparó su rendimiento con un cultivo tradicional, enfocándose en variables clave como crecimiento de las plantas y eficiencia en el uso de recursos.
- **Análisis Comparativo:** Los datos recolectados fueron analizados para evaluar la efectividad del sistema IoT en mejorar la productividad y calidad del cultivo en comparación con métodos tradicionales.

### 2.2. Diseño

El sistema propuesto en la presente investigación es un sistema hidropónico tipo NFT, que se caracteriza por la recirculación de los nutrientes y fertilizantes a través de su estructura compuesta de una tubería PVC, con dimensión de 1.0 m de largo x 0.49 m ancho y 0.84 m de altura. Estas dimensiones planteadas son consideradas por la separación que debe tener el cultivo para 18 plántulas de lechuga crespo. A diferencia de los cultivos tradicionales donde se demanda de más distanciamiento entre plantas, en hidroponía el distanciamiento de cada uno de las plantas es de 15 a 20 cm, por esta razón, en el prototipo es posible cultivar hasta 36 plantas siempre y cuando se cumpla con los requerimientos necesarios en niveles de nutrición y fertilizantes, para su correcto desarrollo (Tambogon & Yumang, 2022).

### Arquitecturas

Las variables que se consideran para el control del cultivo de lechugas se basan en anteriores investigaciones [6]. Para este tipo de cultivo se recomienda mantener la temperatura, el nivel de pH del agua y humedad relativa del ambiente en un rango estable para su desarrollo. La programación se realiza en una tarjeta ESP32 en el software Arduino IDE y a través de sus entradas

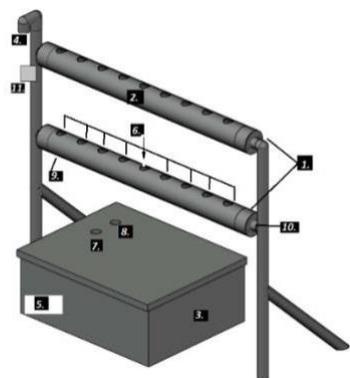
y salidas (digital/análogica) se recolectan información del estado del cultivo, para realizar la gestión de recursos mediante la activación y desactivación de actuadores de forma manual y automática desde la plataforma IoT. En la figura 1 se muestra la arquitectura general del sistema.



**Figura 1.** Diseño del sistema hidropónico propuesto

La estructura está hecha de tubos PVC de 3” pulgadas [8] por donde fluirá la solución rica en nutrientes, consta de dos niveles con una inclinación de 2% para evitar la acumulación de agua dentro del sistema, como se muestra en la Figura 2.

- Materiales:**
1. Tubo de crecimiento
  2. Flujo de nutrientes
  3. Reservatorio de solución nutritiva
  4. Drenaje
  5. Bomba
  6. Abertura para plantulas
  7. Abertura para sensor de temperatura
  8. Abertura para sensor de pH
  9. Tubos de PVC
  10. Salida de solución nutritiva
  11. Ubicación sensor de humedad



**Figura 2.** Diseño del sistema hidropónico propuesto

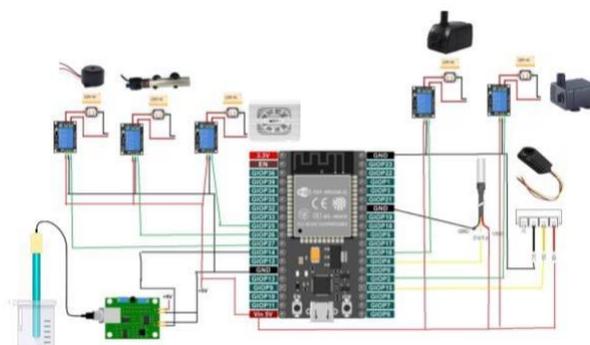
## Hardware

El sistema propuesto se fundamenta en la recopilación de datos a través de sensores y su procesamiento mediante un microcontrolador ESP32, el cual gestiona la interfaz de usuario. Para la alimentación del sistema, se emplea un convertidor AC/DC que transforma una entrada de 120 VAC a 5 VDC, proporcionando la energía necesaria para el microcontrolador. Los

actuadores del sistema operan a 120 VAC, siendo conectados a través de una regleta de conexión.

El microcontrolador seleccionado es un NODEMCU-32S, que integra capacidades de Wi-Fi y Bluetooth, permitiendo la programación remota y la comunicación eficiente del sistema. La interfaz del usuario ofrece la opción de elegir entre control manual y automático, mientras que los datos obtenidos son almacenados en la nube para su posterior análisis. Además, el sistema proporciona una visualización en tiempo real de las variables relacionadas con el cultivo hidropónico.

En la fase de pruebas, se realizaron las conexiones pertinentes hacia los pines GPIO del ESP32, integrando relés y sensores, cada uno con su correspondiente sistema de procesamiento de señales. Todas las conexiones fueron organizadas en una caja plástica ubicada junto al sistema hidropónico, facilitando el acceso y mantenimiento. La unidad de control central se situó en la parte superior del sistema, cerca de la alimentación de la solución nutritiva, asegurando visibilidad y operatividad del sistema para posibles intervenciones.



**Figura 3.** Diseño del sistema hidropónico propuesto

Para el desarrollo de la programación, se utiliza un microcontrolador de la familia SoC (System on Chip), específicamente el modelo NODEMCU-32S, que incluye capacidades de Wi-Fi y Bluetooth en modo dual, permite la conectividad y gestión eficiente de los datos. Para el almacenamiento de datos, es necesario activar el modo de descarga binaria presionando el botón BOOT, configurando el RESET (0) y el BOOT (1) como se detalla en las especificaciones del

dispositivo, el diseño general del prototipo se visualiza en la Figura 4.

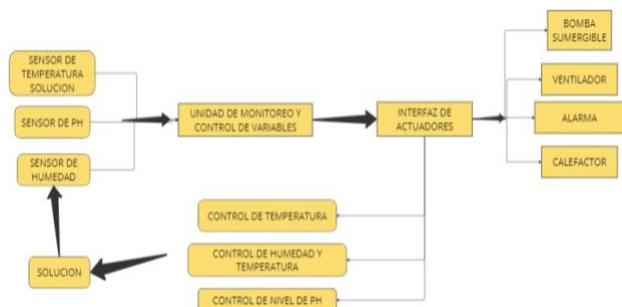


Figura 4. Diseño de interacción del sistema IoT

La automatización de los horarios de riego de acuerdo a horas necesarias para la nutrición del cultivo es con el fin de nutrir a los cultivos de manera óptima, las raíces de los cultivos hidropónicos son de gran prioridad ya que al ser tratadas debidamente este representa mayores ventajas, siendo tal que dentro del sistema NFT que permite un contacto directo de la raíz con la solución hace que mejore la producción y desarrollo del cultivo permitiendo tener en un tiempo corto nuestros cultivos de calidad.

La recirculación de la solución nutricional es necesaria en un lapso de tiempo debidamente considerado para la correcta nutrición del cultivo y evitar que exista un flujo excesivo que provoca que las plantas se estresen, que deberían estar entre 6 o 7 máximo. Además, dependiendo del tamaño de longitud por donde circulara la solución, ya que permite la uniformidad de los componentes de los macronutrientes

### Software

En esta sección se aborda el diseño del sistema de monitoreo IoT para un prototipo de sistema hidropónico NFT, destacando el uso de sensores de bajo costo y sus condiciones operativas para la monitorización eficiente del cultivo. El sistema integra una plataforma de almacenamiento en Arduino Cloud, permitiendo la recolección, almacenamiento temporal y análisis de datos clave como temperatura, humedad y pH. Además, el sistema incluye un módulo de control que facilita la visualización y gestión de parámetros mediante gráficos interactivos. La interfaz de Arduino IoT Cloud sirve como servidor para el

monitoreo y control de variables, ofreciendo a los usuarios la posibilidad de accionar manualmente los actuadores según las necesidades del cultivo.

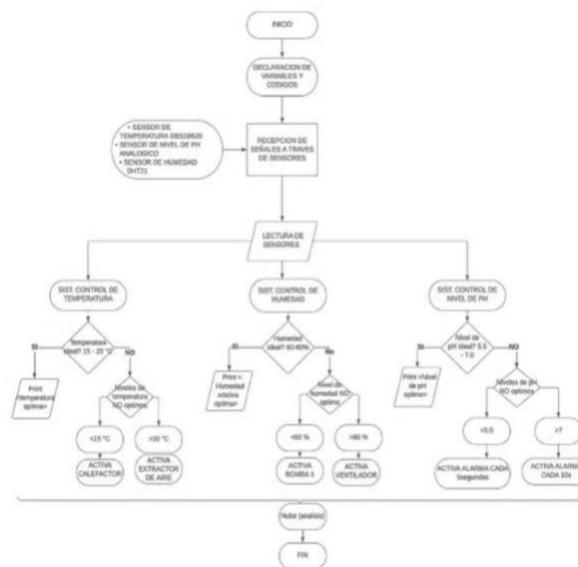


Figura 5. Diagrama de flujo de las variables tratadas

Para la interconexión entre los elementos y la interfaz del sistema, se utiliza el reconocimiento serial, lo cual facilita la comunicación entre la red WiFi-ESP32 y la interfaz IoT, permitiendo la recepción de datos de los dispositivos vinculados. Esta estructura permite el control de variables críticas como la temperatura, donde el sistema analiza los niveles registrados para activar mecanismos correctivos: si la temperatura supera los 20°C, el ventilador se enciende para reducirla, y si cae por debajo de 15°C, el calefactor se activa para mantenerla en un rango óptimo.

El sistema de control de humedad opera de manera similar, activando la bomba 1 si la humedad cae por debajo del 60% y el ventilador si supera el 80%, garantizando un ambiente adecuado para el cultivo. Asimismo, el control de pH se gestiona mediante alarmas que alertan al usuario cuando el nivel se encuentra fuera del rango óptimo de 5.5 a 7, permitiendo intervenciones manuales para ajustar el pH. Todos los datos recolectados se reflejan en la interfaz IoT para un monitoreo constante, y la comunicación con el ESP32 asegura una visualización eficiente para un análisis detallado de las condiciones del cultivo hidropónico.

En la Figura 6 se presenta el diseño de la interfaz IoT implementada en el sistema de cultivo hidropónico, la cual utiliza el protocolo MQTT. Este protocolo, basado en un modelo de comunicación de suscriptor y publicador, permite una conexión eficiente para la visualización de datos a través de la aplicación Arduino Cloud. La interfaz IoT se encuentra protegida mediante un sistema de autenticación que requiere un usuario y contraseña, asegurando el acceso restringido y la integridad de las variables monitoreadas.

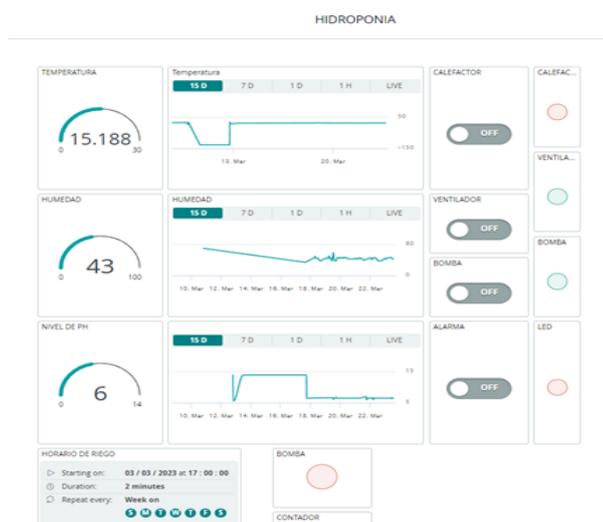


Figura 6. Interfaz diseñada Arduino IoT Cloud

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se muestran los datos más relevantes que se han obtenido del sistema hidropónico NFT, su estructura está constituida de plástico con una inclinación del 2% para evitar la aparición de hongos o bacterias y el sistema IoT que se utiliza para el monitoreo y control de las variables ambientales en el cultivo. La interfaz IoT se presenta de manera simplificada para que el usuario pueda accionar de manera manual y remota cada uno de los actuadores presentes en el cultivo hidropónico, de acuerdo al estado de cada una de las variables del cultivo.

Los datos adquiridos de cada variable permiten analizar el comportamiento entre el cultivo tradicional (cultivos en tierra) y el cultivo hidropónico, con el fin de determinar la eficiencia y evaluar su desarrollo en un periodo de 25 días (4 semanas). Para esto es importante considerar

que el cultivo tradicional no tiene ningún sistema de control sobre la siembra, a diferencia del cultivo hidropónico que se controla y monitorea de las variables de temperatura, humedad y pH del sistema NFT.

El experimento se realizó con 18 plantas de lechuga en el sistema hidropónico y 5 plantas para el cultivo tradicional, en cuanto a los nutrientes que se requiere en las plantas, para el primero se consideró el cambio de solución nutritiva en un lapso de 15 días para evitar cualquier exceso de alcalinidad y en el segundo se realizó el aporte de nutrientes por una sola vez. En la tabla 1 se observa la evolución de las plantas de los dos tipos de cultivos, donde se muestra datos tomados diariamente por 25 días, los resultados muestran que en el sistema NTF la planta llega a medir 14 cm en promedio y el cultivo tradicional llegan a medir 10 cm en promedio, lo que muestra una diferencia de 4 cm en este periodo y se demuestra que el crecimiento es lento en este tipo de cultivos

En la figura 7 se muestra el crecimiento de las plantas en función del tiempo en los dos tipos de cultivo. En esta figura se puede ver que el cultivo hidropónico brinda un mejor ambiente para el desarrollo del cultivo.

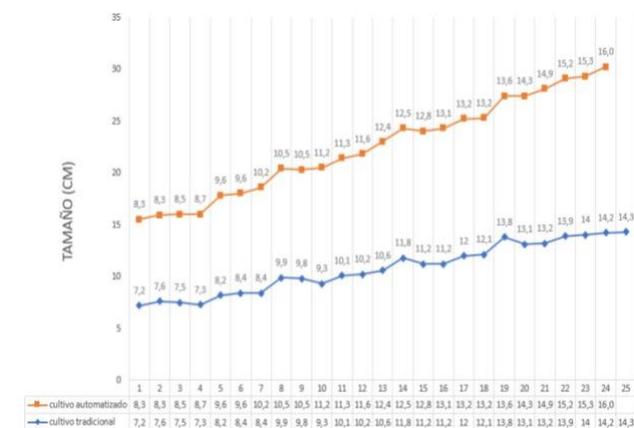


Figura 7. Comparativa crecimiento cultivos hidropónicos

La información de las variables analizadas en el cultivo hidropónico se almacenó en la nube de la plataforma IoT, durante las 4 semanas que duro el cultivo de la lechuga. Los datos obtenidos permitieron determinar los valores promedio de temperatura (17.49 °C), la humedad (68.22%) y el pH (6.61%). Estos valores indican que el control

realizado cumple con los parámetros requeridos por el cultivo para su correcto desarrollo.

En base a los siguientes datos se ha recolectado información en el día más crítico dentro del cultivo en un lapso de 24 horas en el cual se busca actualizar y regular los parámetros ya automatizados dentro de la programación y registro en la nube, figura 8.

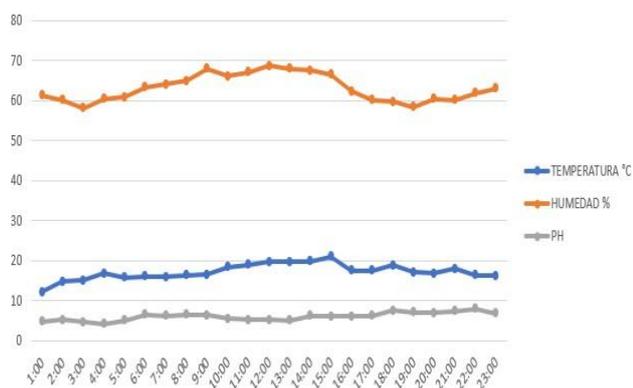


Figura 8. Interfaz diseñada Arduino IoT Cloud

#### 4. CONCLUSIÓN

Hay que acondicionar el sistema de control a una red WIFI con una señal de calidad para evitar pérdidas de datos, así que podamos reducir la interferencia de señal con interfaces, ya sea por las condiciones climáticas o físicas del sistema.

Realizar un mantenimiento a los elementos e interface para el tratamiento de señal y evitar cualquier imperfecto, ya que un fallo particular podría deshabilitar toda la función de lazos de control debidamente programados.

Se determina que el ángulo de inclinación de los tubos por donde fluye la solución nutritiva debe ser tratada para evitar la acumulación de agua en zonas donde se puedan generar plagas, hongos, o hagan de la solución un tanto pastosa, lo cual sería desventajoso para la nutrición de los cultivos.

Los horarios de riego a considerar dentro del sistema NFT son prioritarios y deben ser catalogados por el tipo de cultivo que vamos a implementar. En esta ocasión se consideran las lechugas hidropónicas, por lo que varían tanto en la cantidad de solución como en la cantidad de nutrientes como en horas que fluirán a un periodo de 2 a 3 minutos de riego.

La influencia de la automatización de los equipos resulto ventajoso para el crecimiento, cuidado y calidad del cultivo, ya que es más eficiente que alguien que se ocupa manualmente de cada acción, así haciéndolo autónomo, podemos tomar valores específicos y ayudar a su fiabilidad y eficiencia de control.

En la comparativa, el desarrollo de los cultivos hidropónicos determinando los tradicionales e hidropónicos resultó en el control de temperatura, humedad, pH y automatización de horarios de riego en cuanto a su tamaño de crecimiento de 2,4 cm de ventaja promedio frente al tradicional de 1 cm de crecimiento semanal, desventajoso para el comercio.

#### REFERENCIAS

Contreras, C., & Begovich, O. (2022). Automatic Lighting Control and IoT Monitoring on an Indoor-Greenhouse. 2022 IEEE 18th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), 1232-1237. <https://doi.org/10.1109/CASE49997.2022.9926506>

Faustino, A. R. B., Ibia, A. H., Koch, C. K. S., Madrid, A. L., Pacis, M. C., & Chua, E. (2022). A Solar Powered Hydroponics System for Condominium Buildings with Internet of Things (IoT) Monitoring System. 2022 IEEE 14th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management (HNICEM), 1-6. <https://doi.org/10.1109/HNICEM57413.2022.10109604>

Hafizi Rahimi, M. K., Md Saad, M. H., Mad Juhari, A. H., Azhar Mat Sulaiman, M. K., & Hussain, A. (2020). A Secure Cloud Enabled Indoor Hydroponic System Via ThingsSentral IoT Platform. 2020 IEEE 8th Conference on Systems, Process and Control (ICSPC), 214-219. <https://doi.org/10.1109/ICSPC50992.2020.9305792>

Lakshmanan, R., Djama, M., Perumal, S., & Abdulla, R. (2020). Automated smart hydroponics system using internet of things.

International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 10(6), 6389. <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i6.pp6389-6398>

Megha Nair, B., Sujatha, R., & Ipe, A. (2023). Design And Development Of Unmanned Hydroponic Setup Using IoT. 2023 International Conference on Advancement in Computation & Computer Technologies (InCACCT), 1-4. <https://doi.org/10.1109/InCACCT57535.2023.10141749>

Montaño-Blacio, M., González-Escarabay, J., Jiménez-Sarango, Ó., Mingo-Morocho, L., & Carrión-Aguirre, C. (2023). DESIGN AND DEPLOYMENT OF AN IOT-BASED MONITORING SYSTEM FOR HYDROPONIC CROPS. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, 30, 9-18. <https://doi.org/10.17163/ings.n30.2023.01>

Pawar, S., Tembe, S., Acharekar, R., Khan, S., & Yadav, S. (2019). Design of an IoT enabled Automated Hydroponics system using NodeMCU and Blynk. 2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in Technology (I2CT), 1-6. <https://doi.org/10.1109/I2CT45611.2019.9033544>

Priya, G. L., Baskar, C., Deshmane, S. S., Adithya, C., & Das, S. (2023). Revolutionizing Holy-Basil Cultivation With AI-Enabled Hydroponics System. IEEE Access, 11, 82624-82639. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3300912>

Purwalaksana, A. Z., Gurning, T. E., Silaen, E., Tobing, P., Silalahi, A. O., & Simatupang, F. (2022). Automated Nutrition Doser for Hydroponic System Based on IoT. 2022 IEEE International Conference of Computer Science and Information Technology (ICOSNIKOM), 01-06. <https://doi.org/10.1109/ICOSNIKOM56551.2022.10034874>

Rathod, S., Dhanan, S., Harsha, S. S., Choudhary, S., & P, S. K. (2021). LoRa Technology Based Hydroponic Farm Monitoring System. 2021 2nd

International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC), 1-7. <https://doi.org/10.1109/ICOSEC51865.2021.9591729>

Swarup Sahoo, R., Kumar Tripathy, C., Samantasinghar, U., & Biswal, P. (2022). Implementation of an Indoor Deep Water Culture Farming System Using IoT. 2022 IEEE 2nd International Symposium on Sustainable Energy, Signal Processing and Cyber Security (iSSSC), 1-5. <https://doi.org/10.1109/iSSSC56467.2022.10051358>

Tambogon, D. R. A., & Yumang, A. N. (2022). Growth of Garlic in Hydroponic System with IoT-Based Monitoring. 2022 14th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE), 184-189. <https://doi.org/10.1109/ICCAE55086.2022.9762436>