



Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido
Fecha de envío: 26/07/2023
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

SISTEMA DE CONTROL PARA BALANCE DE PH Y MONITOREO REMOTO DE TEMPERATURA Y NIVEL DE SOLUCIÓN, EN UN CULTIVO HIDROPÓNICO DE FRESAS.

CONTROL SYSTEM FOR PH BALANCE AND REMOTE MONITORING OF TEMPERATURE AND SOLUTION LEVEL IN A STRAWBERRY HYDROPONIC CROP.

Michael Santiago López Reyes.* Juan Edward Ortiz Rojas.**

Resumen: Siendo de suma importancia tener un pH balanceado para un cultivo hidropónico de fresas, se diseñó un prototipo por medio de un microcontrolador ESP32, el cual controla el pH del cultivo por medio de electroválvulas. Cuando el sensor arroje que el pH de la solución esté desbalanceado, se activará alguna de las electroválvulas que contenga ya sea la solución ácida o básica, según sea el caso. Posterior a esto se enviará la solución balanceada al cultivo. Por otro lado, también se obtienen datos de temperatura tanto de la solución como del ambiente, humedad del ambiente y el nivel de solución, dado el caso que el nivel de solución esté bajo, se activará una alarma auditiva con un buzzer activo y posteriormente se accionará una electroválvula, donde se va a mantener el adecuado nivel de la solución para el cultivo. Finalmente, se obtuvo un prototipo por medio del cual balancea el nivel de pH, para mantener una buena absorción de nutrientes en el cultivo hidropónico de fresas, con adquisición de datos del

* Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia. sanreyes002@gmail.com, mslopezr@udistrital.edu.co

** Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Colombia. juanortizrojas16@gmail.com, jeortizr@udistrital.edu.co

ambiente, como lo son: la humedad y la temperatura y en cuanto la solución: pH, temperatura y nivel de solución en el que esté el cultivo. La obtención de datos es posible visualizarla por medio de una pantalla TFT y una visualización por medio de la plataforma ThingSpeak, el cuál posibilita hacer un monitoreo remoto del cultivo hidropónico de fresas.

Palabras clave: sistemas de control invernaderos, medición de pH, temperatura, nivel de agua, agricultura.

Abstract: Being of utmost importance to have a balanced pH for a hydroponic strawberry crop, a prototype was designed by means of an ESP32 microcontroller, which controls the pH of the crop by means of solenoid valves. When the sensor shows that the pH of the solution is unbalanced, one of the electrovalves containing either the acidic or basic solution will be activated, depending on the case. After this, the balanced solution will be sent to the crop. On the other hand, data are also obtained on the temperature of both the solution and the environment, humidity of the environment and the level of the solution. If the level of the solution is low, an audible alarm will be activated with an active buzzer and subsequently an electrovalve will be activated, which will maintain the adequate level of the solution for the crop. Finally, a prototype was obtained by means of which the pH level is balanced to maintain a good absorption of nutrients in the hydroponic cultivation of strawberries, with data acquisition of the environment, such as: humidity and temperature and as for the solution: pH, temperature and level of solution in which the crop is. The data acquisition can be visualized by means



Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido
Fecha de envío: 26/07/2023
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

of a TFT screen and a visualization through the ThingSpeak platform, which enables remote monitoring of the hydroponic strawberry crop.

Key Words: greenhouse control systems, pH measurement, temperature, water level, agriculture.

1. Introducción

La agricultura se ha favorecido con la implementación de diferentes métodos de cultivo y producción de cosecha. Los cultivos en suelo, se han visto afectados por la gran contaminación que causa la colonización de industrias en todo el mundo. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), el 19% de los territorios agrícolas están contaminados, y en América hay más de 1300 emplazamientos de suelos contaminados [1].

Uno de los factores más influyentes en la agricultura de suelo, es el uso de pesticidas para el control de plagas, ya que, por un lado, el impacto ambiental que produce es gravísimo, contamina el suelo haciéndolo incluso posteriormente no apto para la siembra, y por el otro, el cultivo y la cosecha resultan con residuos tóxicos, produciendo pérdidas en el cultivo. [2]

Al ver las desventajas y efectos negativos de la siembra en suelo, se han aplicado alternativas de siembra, como la aeroponía y la hidroponía, las cuales reducen el riesgo de plagas y por ende el uso de pesticidas. [3]

Los cultivos hidropónicos, representan una de las alternativas más versátiles, pero de mayor cuidado, porque al tener un pH desequilibrado, afecta el crecimiento del cultivo [4], por esta razón se busca contrarrestar los niveles extremos de pH encontrando el parámetro ideal.

Estos cultivos hidropónicos deben tener determinados parámetros, tanto de ambiente (temperatura y humedad) como de solución de sustrato (nivel de la solución, pH). En un cultivo hidropónico de fresas es muy importante tener el pH dentro de un rango de 5.5 a 6.5 [5], si esta variable no está regulada, es muy factible que no se tenga un buen índice de producción en la cosecha, y el fruto final se va a ver afectado negativamente.

Como referencias se tomaron diversas investigaciones en las cuales nos presentan diferentes prototipos e información para tener las bases necesarias que se deben tener en cuenta para implementar el dispositivo de control de pH. En la actualidad, existen diferentes ecosistemas IoT, cada uno presenta su propia particularidad dependiendo del sector en el que se implemente la solución, sería para este caso la agricultura y ganadería. En este sector, la implementación de IoT permite la realización de actividades de siembra de forma automatizada y un monitoreo constante del suelo; además de esto, se implementan sistemas de riego automatizado, entre otro tipo de soluciones [6]- [9].

El implementar tecnologías IoT en el sector agrícola ha permitido la creación de métodos novedosos como son el control de humedad, análisis de pH, control de iluminación y sistemas de riego automatizado, aumentando la productividad de los productos como hortalizas y frutas de mejor calidad [10], [11]. De acuerdo con Segura este tipo de tecnologías permite ser más amigable con el medio ambiente y aprovechar de forma más responsable y eficiente los recursos naturales como el agua [10]. Además de mejorar la productividad y ayudar al medio ambiente, el uso de esta tecnología ha permitido a las industrias agrícolas monitorear los cambios climáticos para poder evitar pérdida de cultivos [12], ya que les ayuda a tomar decisiones de acuerdo con los datos que obtienen [13].

El equilibrio de pH en un cultivo hidropónico es primordial, debido a que de eso depende la calidad del fruto y el rendimiento del cultivo. En la investigación realizada, se encontraron entre algunos proyectos la importancia de este aspecto en el tema de la agronomía, donde se quiere



Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido
Fecha de envío: 26/07/2023
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

monitorear los iones inorgánicos de Hidrógeno por medio de la medición de Electro Conductividad y pH, y de esta manera el usuario pueda dosificar por medio de una App de Android el equilibrio de pH [14]. Proyectos donde encontramos el uso de las IoT, los cuales envían los datos por medio de una placa NodeMCU a la plataforma ThingSpeak, donde enviará un mensaje al usuario para conocer el estado de su cultivo [15], donde también lo aplican con el cultivo de peces y cultivos de madera dura y hortalizas en conjunto, recolectando datos y control de variables como la temperatura, humedad y pH [4]. En cuanto a los sistemas de automatización, se encontró el diseño de un sistema de riego automático para cultivos de ayama, donde se implementa un PID, con un sistema de adquisición de datos en la nube, donde se podría controlar la humedad y un microclima deseado. [16]. Los diseños y el enfoque de los proyectos de “agronica”, se basan en variables agroecológicas, con el monitoreo y control que mejoren la competitividad del sector primario. [16]

El presente proyecto se centraliza en el desarrollo de un sistema haciendo uso de un microcontrolador ESP32, donde se monitorea las condiciones adecuadas que debe tener un cultivo hidropónico, esencialmente en el balanceo y/o parámetros ideales de los niveles de acidez y basicidad (pH) de un cultivo hidropónico de fresas. Además, de la adquisición de datos de variables como temperatura de solución, temperatura y humedad del ambiente y nivel de solución en el cultivo, con visualización de datos en la nube (plataforma IoT).

La obtención de los parámetros anteriormente mencionados, serán muy importantes a la hora de verificar el estado del cultivo hidropónico de fresas, ya que son factores que al no tenerse controlados afectan directa y negativamente la producción o cosecha del cultivo. A continuación, a lo largo de este documento se evidencia como se realizó el desarrollo del

prototipo como solución a la problemática planteada, y los factores que se debieron tener presentes para el funcionamiento del mismo.

2. Desarrollo del tema

2.1 Metodología

En la fase I, se hizo la simulación de cada circuito en el cual estarán implementados los sensores, posteriormente se programaron por medio de un microcontrolador ESP32 y se hicieron pruebas en protoboard para corroborar su correcto funcionamiento y calibración, cabe resaltar que los sensores utilizados son de nivel de pH, temperatura, humedad y nivel de agua.

En la fase II, luego de hacer pruebas de los sensores, se da inicio la búsqueda de un sistema de actuadores que garanticen las condiciones ideales del cultivo, para el cual se escoge las electroválvulas, que se les hace la simulación del circuito que las accione, para posteriormente pasar a hacer la programación y pruebas en físico de estas, los cuales están más explicados en la figura 1 y figura 2

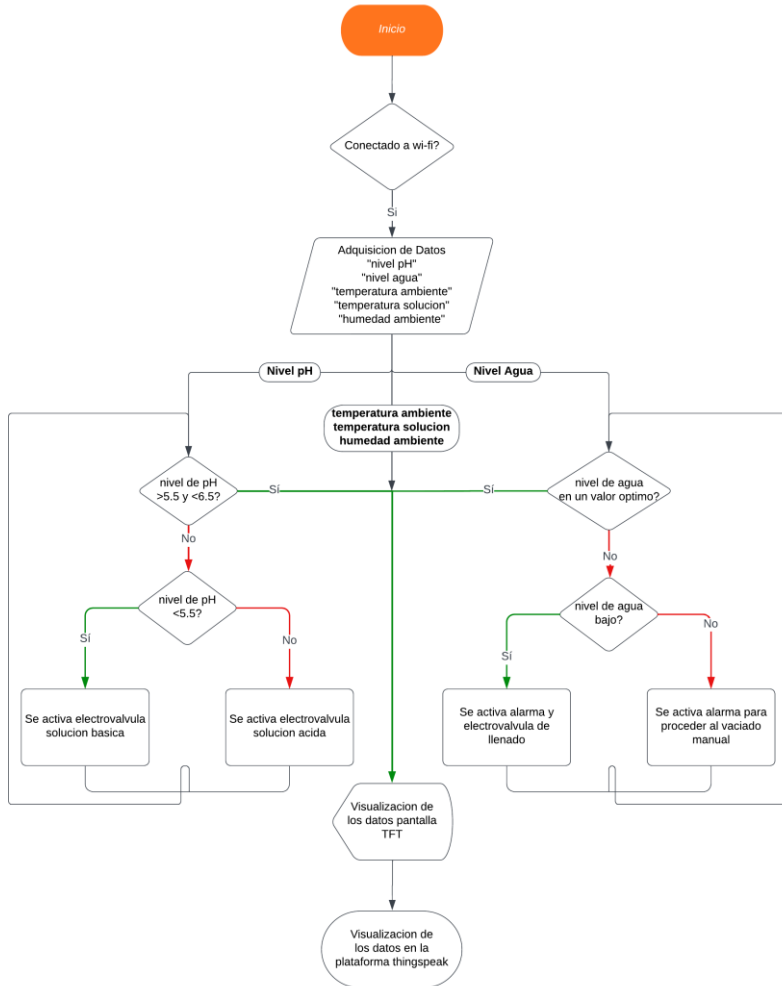


Figura 1, Diagrama de Flujo. Fuente: elaboración propia de los autores

```

1 leer valor_ph, valor_nivel, temperatura_ambiente, temperatura_solucion, humedad_ambiente
2 repetir
3     si valor_ph>5.5 y valor_ph<6.5
4         tft.visualizar "valor_ph"
5         nube.enviar "valor_ph"
6     si no
7         si valor_ph<5.5
8             electrovalvula_basica.activar
9         si no
10            electrovalvula_acida.activar
11 hasta que valor_ph>5.5 y valor_ph<6.5
12
13 repetir
14     si valor_nivel=optimo
15         tft.visualizar "valor_nivel"
16         nube.enviar "valor_nivel"
17     si no
18         si valor_nivel=bajo
19             alarma.activar
20         si no
21             alarma.activar
22
23 hasta que valor_nivel=optimo
24
25 tft.visualizar "temperatura_ambiente"
26 nube.enviar "temperatura_ambiente"
27
28 tft.visualizar "temperatura_solucion"
29 nube.enviar "temperatura_solucion"
30
31 tft.visualizar "humedad_ambiente"
32 nube.enviar "humedad_ambiente"
33

```

Figura 2, Pseudocódigo funcionamiento. Fuente: elaboración propia de los autores

Al implementar un circuito elevador de voltaje con un amplificador operacional LM353 y la conmutación de un relé para activar la electroválvula, presentó muchos problemas al transformar la señal recibida por el microcontrolador, por esta razón, se hizo un nuevo circuito para la activación de las electroválvulas, haciendo uso de transistores MOSFET (IRL540), los cuales funcionan en conmutación, ya que el voltaje de umbral máximo según su datasheet es de 2v. Por la compuerta recibe la señal del microcontrolador (3.3 V), los cuales tienen unas resistencias en paralelo, una de 680ohm para limitar la corriente que demanda la puerta del transistor y otra resistencia en paralelo de 100kohm aterrizada a tierra, para evitar que se active la electroválvula con señales basuras. El MOSFET se alimenta a 12v (VCC), siendo este el voltaje ideal para el funcionamiento de la electroválvula, y se conecta en serie al drenador del

transistor, y la fuente se conecta a la tierra del circuito. Cada electroválvula funciona a 12 v y con un consumo de corriente de 0.3 A. Así como se muestra en la figura 3:

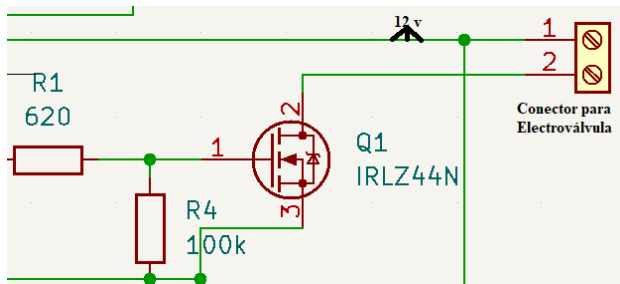


Figura 3, Representación MOSFET IRL540. Fuente: elaboración propia de los autores

A continuación, se muestra el cálculo de la potencia de consumo de las electroválvulas

$$\begin{aligned} \text{Resistencia electrovalvula} &= \frac{12v}{0.6A} = 20 \text{ ohm} \\ VDD - ID * Re - VDS &= 0 \\ ID &= \frac{VDD}{Re} = \frac{12v}{20 \text{ ohm}} = 0.6A \\ Pmos &= VDS * ID = 1.9 * 0.3 = 0.57 W \end{aligned}$$

En la fase III, para esta fase, se elaboró una fuente independiente para la alimentación del prototipo, con un transformador de 120v a 12v, un puente rectificador KBPC810, condensadores de 470uF y 220 uF para una mejor rectificación a las salidas, de 3.3v y 12v, los cuales se hicieron con reguladores de voltaje Lm317 (3.3v) y LM338 (12v). Para realizar la fuente de alimentación se tuvieron en cuenta las ecuaciones que se muestran a continuación.

$$\begin{aligned} V_{out} &= 12 \text{ vrms} \\ V_{pico} &= 12 \text{ vrms} * \sqrt{2} = 16.97 \text{ Vp} \\ V_{Rl} &= 16.97 \text{ vp} - 1.4v = 15.57 \text{ VRL} \\ V_{rms} &= \frac{15.57 \text{ VRL}}{\sqrt{2}} = 11.01 \text{ Vrms} \\ \text{Factor rizo} &= 5\% \\ V_{rizo} &= 12v * 5\% = 0.6v \end{aligned}$$

$$C = \frac{12v}{2*60Hz*1kohm*0.6V} = 166.06\mu F \approx 220\mu F$$

, en su defecto usando tambien un condensador de 470uF.

También por medio de la ESP32 se hizo la adquisición de datos de la red de sensores en su totalidad, haciendo que este interprete las lecturas generadas por cada sensor, para así poder balancear el nivel del pH y dar paso a la fase de la visualización de los datos.

En la fase IV, ya teniendo completada la adquisición local de los datos, se realizó una interfaz de monitoreo remoto por la plataforma de IoT, ThingSpeak, la cual visualiza en tiempo real y genera un registro de las lecturas que generan los sensores, para realizar esta interfaz se hace uso de IoT, así mismo, se realizó una visualización por medio de una pantalla TFT.

En la fase V, se elaboró la fabricación de la PCB por medio de programas como Proteus, Kicad, Sprint Layout y RouterPro3000, tanto para la fuente de alimentación como para la placa que contiene los sensores y el microcontrolador, estas PCB se hicieron haciendo uso de máquinas Bungard.

En la fase VI, se hicieron las pruebas finales y modificaciones menores ya con el prototipo ensamblado para poder realizar la entrega final del proyecto en físico.

2.2 Diagrama de Bloques.

El desarrollo del proyecto tomó como base el diagrama que se muestra en la Figura 4.

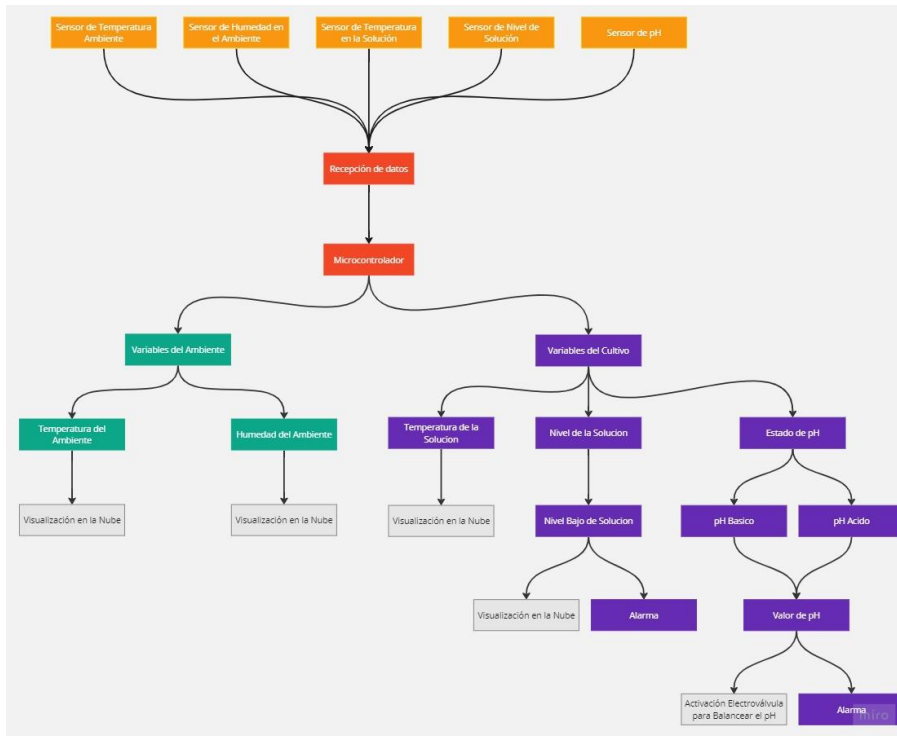


Figura 4. Diagrama de Bloques. Fuente: elaboración propia de los autores

2.2 Resultados.

Para dar inicio al desarrollo y proceso de creación del prototipo de balance de pH. Se inició verificando el sensor de pH, este funciona de manera analógica, así mismo como funciona nuestro sensor de nivel de solución. Del mismo modo, se verificó el funcionamiento de la termocupla, el cual funciona con comunicación SPI, mientras que el sensor DHT11 funciona con una señal de salida digital, por otro lado, la activación de las electroválvulas se hacía por medio de salidas digitales. Cabe aclarar que, hubo limitaciones en el uso de pines con el

funcionamiento y comunicación de los sensores con el microcontrolador ESP8266, por ende, migramos al uso de la ESP32.

Con la idea inicial de los elevadores de voltaje por medio del amplificador operacional LM353, se desarrolló el primer prototipo de nuestro proyecto, como se muestra en la figura 5:

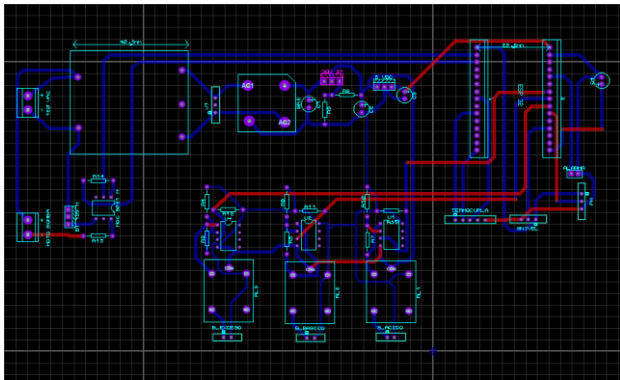


Figura 5, Primer Diseño en Proteus de la PCB del Prototipo.
Fuente: elaboración propia de los autores.

Al implementarlo, este circuito elevador de voltaje presentó muchos problemas al transformar la señal recibida por el microcontrolador, por esta razón, se implementó un nuevo circuito para la activación de las electroválvulas, haciendo uso de transistores MOSFET (IRL540), el funcionamiento se encuentra descrito en la Fase II.

Por otro lado, la fuente de alimentación para el proyecto es más práctico diseñarla por separado, siendo muy importante para la funcionalidad del prototipo, evitando así posibles daños con algún pico de voltaje y facilitando la referencia de alimentación para el sistema. Para la realización se tuvo en cuenta las ecuaciones realizadas en la Fase III.

Posteriormente, se diseñó el circuito de la fuente en Proteus y luego se exportaron los archivos Gerbers para redimensionar las pistas y la longitud de los componentes por medio del programa Sprint Layout.

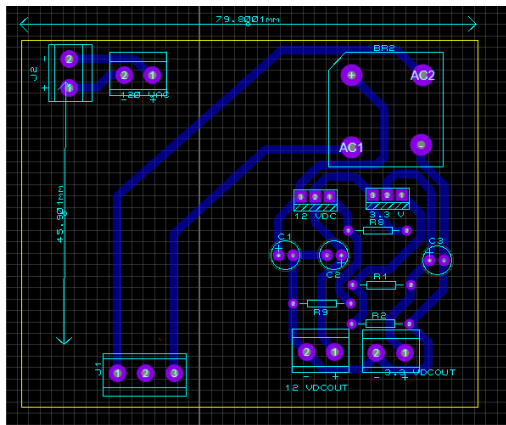


Figura 6, Diseño PCB Fuente en Proteus. Fuente: elaboración propia de los autores

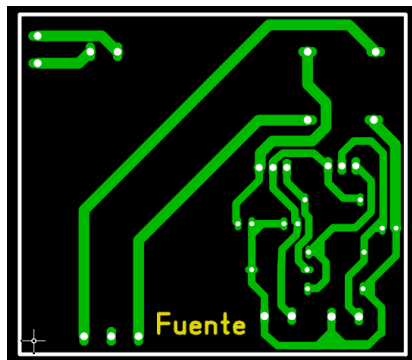


Figura 7, Diseño PCB Fuente en Sprint Layout. Fuente: elaboración propia de los autores

Al tener finalizado el diseño, se procedió a elaborarse la PCB por el software RouterPro3000 y una máquina Bungard.



Figura 8, Elaboración PCB en Máquina Bungard. Fuente: elaboración propia de los autores

Al revelarse la PCB y hacer el respectivo montaje de cada uno de los componentes, quedó como resultado de la fuente de alimentación vista en la figura 9:



Figura 9, Fuente de Alimentación. Fuente: elaboración propia de los autores

Después, se elaboró un nuevo diseño de la placa para el proyecto de balance de pH, teniendo los siguientes diseños de PCB, probados anteriormente en protoboard.

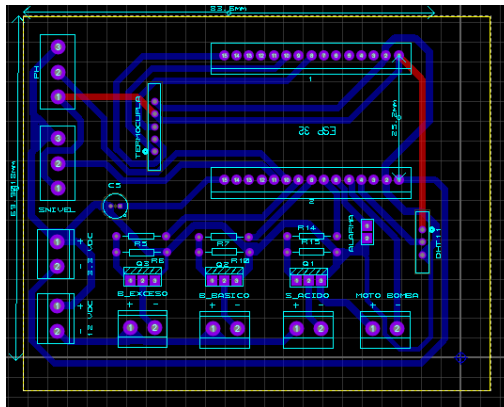


Figura 10, Diseño PCB Proteus para la Nivelación de pH.
Fuente: elaboración propia de los autores

Luego se exportaron los archivos Gerber en Sprint Layout.

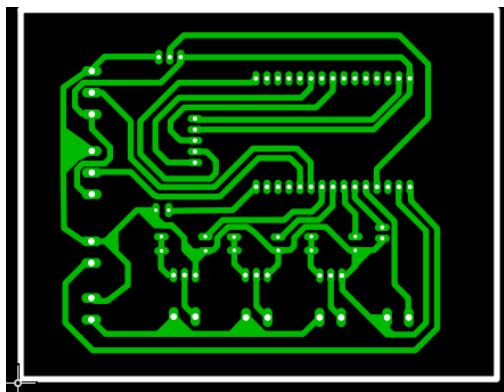


Figura 11, Diseño PCB Sprint Layout para la Nivelación de pH.
Fuente: elaboración propia de los autores

Al realizar la elaboración de la PCB en la máquina Bungard y posterior revelado y montaje del circuito, en la figura 12 se ve el primer prototipo funcional.

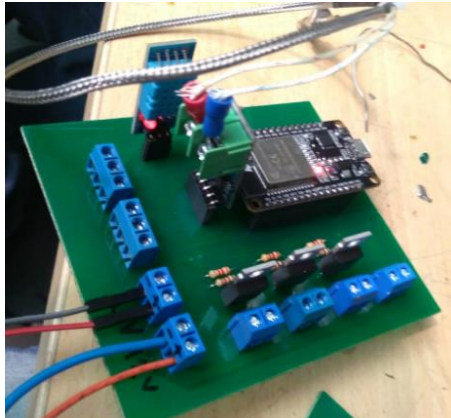


Figura 12, Primer Prototipo Funcional. Fuente: elaboración propia de los autores

En este primer prototipo, hubo varios errores de diseño, por ejemplo, la ubicación de los MOSFET. Además, es muy **importante** tener una pantalla de visualización para verificar el correcto funcionamiento de los sensores, la cual no estaba implementado desde un inicio.

Por este motivo, se agregó al proyecto, una pantalla TFT ILI 9341, con el fin de visualizar los datos obtenidos por los sensores, es por esto que se diseñó un nuevo prototipo mejorado, para tener una mayor facilidad de interacción entre prototipo y usuario.

Este nuevo diseño de PCB, se elaboró por el software KICAD, siendo más fácil obtener las huellas de los componentes en este programa, facilitando la elaboración de la PCB.

El diseño del nuevo prototipo es el que ve en la figura 13:

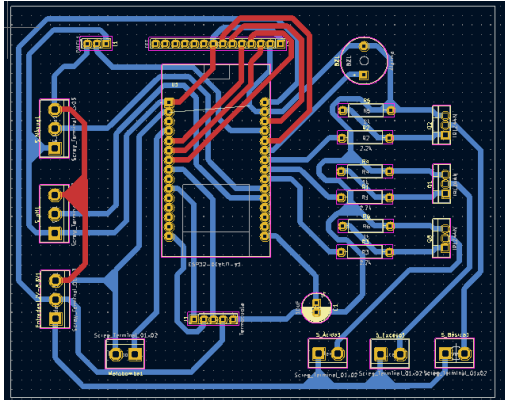


Figura 13, Nuevo Diseño en Proteus para la Nivelación de pH.
Fuente: elaboración propia de los autores

Posterior a esto, se exportaron los archivos Gerber al Sprint Layout, como se puede observar en la figura 14:

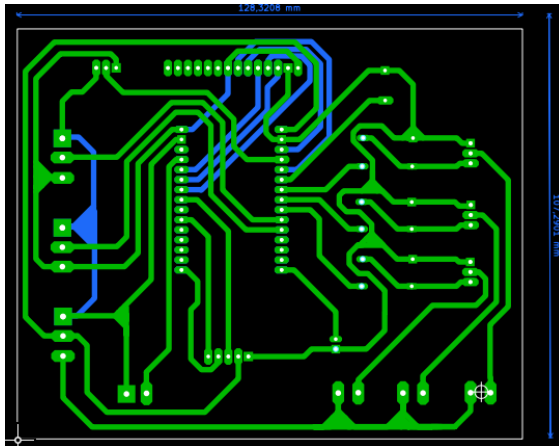


Figura 14, Nuevo Diseño en Sprint Layout para la Nivelación de pH.
Fuente: elaboración propia de los autores

Donde seguidamente se elaboró la PCB en la máquina Bungard, como se ve en la figura 15:

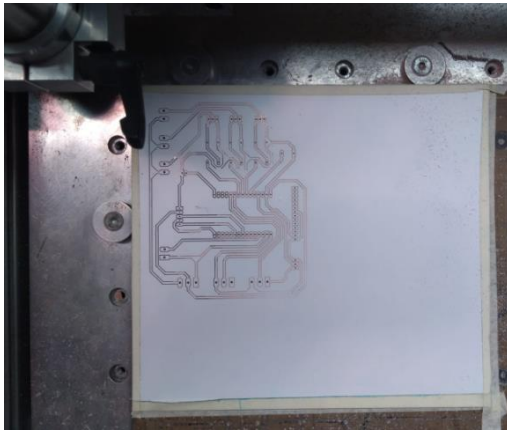


Figura 15, Elaboración PCB de Nivelación en Máquina Bungard. Fuente: elaboración propia de los autores

Realizando después, la implementación final de los componentes electrónicos, sensores y microcontrolador, teniendo como resultado el ultimo prototipo de la figura 16:

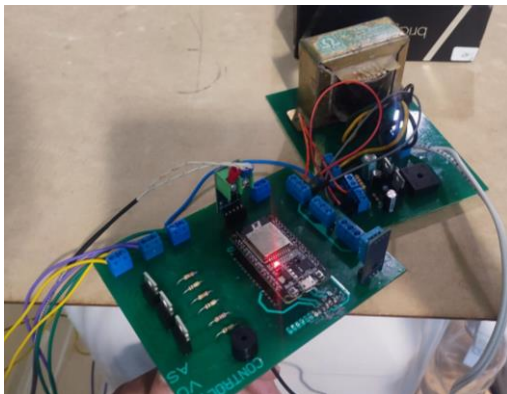


Figura 16, Prototipo Final Funcional. Fuente: elaboración propia de los autores

Al corroborar que todo esté bien en el montaje final, se verificaron los datos obtenidos por los sensores, donde el pH hace su respectivo balanceo y mantiene su nivel ideal y se comprobó



Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido
Fecha de envío: 26/07/2023
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

que la transmisión de datos a la nube es un éxito, tal y como se puede ver en la figura 17, figura 18 y figura 19:

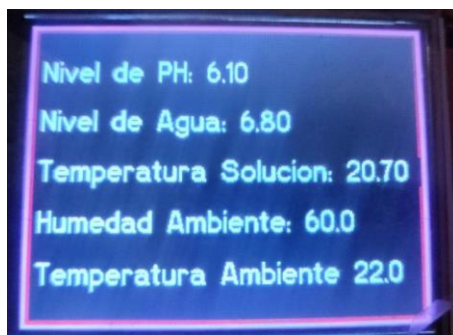


Figura 17, Visualizacion del valor de los Sensores en Pantalla TFT. Fuente: elaboración propia de los autores

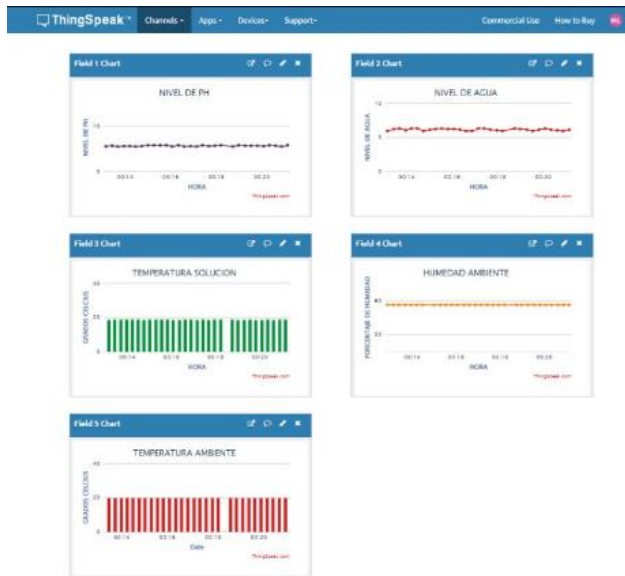


Figura 18, Visualización del valor de los Sensores en la Plataforma Web Thingspeak. Fuente: elaboración propia de los autores

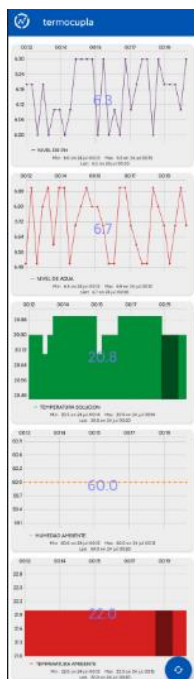


Figura 19, Visualización del valor de los Sensores la Aplicación Thingspeak. Fuente: elaboración propia de los autores

Con este resultado final de balanceo de pH y transmisión de datos en la nube, se puede facilitar el monitoreo constante que se debe tener en este tipo de siembra, de esta manera evitando no solo el traslado hasta el sitio del cultivo, sino también tener las condiciones ideales de pH para una buena absorción de nutrientes en el cultivo y por consiguiente, una buena calidad en el fruto.

3. Conclusiones

- ❖ Se logró elaborar un prototipo que cumpliera con los objetivos planteados, tratando estos de controlar y automatizar el nivel de pH de un cultivo de fresas, en el que se aborda adicionalmente una red de sensores y una visualización de los datos obtenidos de la red de sensores.
- ❖ A raíz de este prototipo, se puede concluir que el uso y adjudicación del IoT en la actualidad puede ayudar a simplificar muchos procesos cotidianos, además de que la implementación de la tecnología ayuda a hacer más fácil el trabajo de las personas, siendo en este caso la automatización del balanceo del pH.
- ❖ Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del prototipo, se puede notar que la implementación del mismo ayudara a que los cultivadores demanden menos tiempo en la labor que ellos mismos tengan que hacer la adquisición manual de los datos, a lo cual se plantea, ¿Qué otra clase de prototipos podrán automatizar muchos más procesos en la agricultura clásica?
- ❖ La recopilación de datos generados por la gráfica de dispersión que se obtiene por medio de la nube, será esencial en el usuario para verificar que factores externos pueden influir en las condiciones ideales del cultivo hidropónico de fresas.
- ❖ Por medio del prototipo diseñado, el factor fundamental del balanceo de pH, va a permitir tener una mejor absorción de nutrientes en el cultivo, evitando el uso de pesticidas que influyan directamente en el crecimiento del mismo, de esta manera será posible tener una mejor calidad de fruto(fresas).



Preparación de Artículos revista VISIÓN ELECTRÓNICA: algo más que un estado sólido
Fecha de envío: 26/07/2023
Fecha de recepción:
Fecha de aceptación:

Reconocimientos

Agradecimiento especial a nuestra directora de grado PhD. Lely Adriana Luengas y a nuestro Co-Director Ing. Cesar Augusto Coronel, quien nos facilitó el uso de máquinas y herramientas muy importantes en el desarrollo del proyecto de grado, en el Tecnoparque Sena, sede Cazuca.

Comentado [U1]: Es oportuno indicar el grupo de investigación o la entidad que financia o patrocina la investigación finalizada o en curso

Referencias

- [1] FAO, "LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: UNA REALIDAD OCULTA ", Alianza Mundial por el Suelo, <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>(Noviembre, 2022).
- [2] M. A. Ramírez Campos, «EL USO DE PESTICIDAS EN LA AGRICULTURA Y SU DESORDEN AMBIENTAL», Rev. Enferm. la Vanguard., vol. 6, n.o 2, 2020, doi: 10.35563/revan.v6i2.210.
- [3] F. Hoyos Velasco, J. E. Candelo, y H. J. Chavarria, «Automatización de cultivos aeropónicos de cilantro libres de pesticidas», INGE CUC, vol. 15, n.o 1, pp. 123-132, may 2019, doi: 10.17981/ingecuc.15.1.2019.11.
- [4] A. MUGUIRO, C. ÁLVAREZ, F. BABINEC, y R. MARANO, «REHABILITACIÓN DE SUELOS HORTÍCOLAS: IMPACTO DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS CON USO DE YESO Y DRENAJE», FAVE Sección Ciencias Agrar., vol. 16, n.o 2, pp. 69-90, dic. 2017, doi: 10.14409/fa.v16i2.7020.
- [5] M.P Cadena Ardila, 2017, " ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL CULTIVO HIDROPÓNICO DE FRESA (Fragaria x ananassa D), EN FACATATIVÁ CUNDINAMARCA. ", Repositorio UNAD, [https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14322/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20EL%20CULTIVO%20HIDROP%20NICO%20DE%20FRESA%20\(Fragaria%20x%20ananassa%20D\),%20EN%20FACATATIV%20CUNDINAMARCA..pdf;jsessionid=DF53AD79A95D6CBF7C05A0E9AB841ADF.jvm1?sequence=](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14322/ESTUDIO%20DE%20FACTIBILIDAD%20PARA%20EL%20CULTIVO%20HIDROP%20NICO%20DE%20FRESA%20(Fragaria%20x%20ananassa%20D),%20EN%20FACATATIV%20CUNDINAMARCA..pdf;jsessionid=DF53AD79A95D6CBF7C05A0E9AB841ADF.jvm1?sequence=1)



- [6] A. Segura Gavilán, "Seguridad en la internet de las cosas: propuesta de implantación segura de un sistema de seguridad con dispositivos IoT en una PYME"
<http://hdl.handle.net/10609/97447>
- [7] J. E. Salvatore et al., "Tecnologías de la información y las comunicaciones mediante IoT para la solución de problemas en el medio socio productivo".
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/67206/Documento_completo.pdfPDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] Symantec, "ISTR Internet Security Threat Report".
<https://www.symantec.com/content/dam/symantec/docs/reports/istr-24-2019-en.pdf>
- [9] T. P. Valenzuela, "Investigación y análisis del ecosistema para el internet of the things en las áreas de smart cities, home automation, smart energy, connected vehicle, industria 4.0 y smart health", Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2019.
- [10] F. J. Ruiz y K. Esquivel, "Internet de las cosas (IOT), una alternativa para el cuidado del agua (internet of things (IOT), an alternative for the care of water)".
<http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1815>
- [11] M. A. Mendoza y M. J. Suarez, "Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura", Revista Espacios, vol. 40, n.º 18, 2019.
- [12] J. Hernández, J. Ramírez, J. Cruz y Á. Alarcón, "Monitoreo de variables agrometeorológicas en la fase de germinación de un cultivo de pimentón a través de IoT". <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/2299/3187>

- [13] D. Hernández, B. Mazon y C. Escudero “Análisis de Datos Agropecuarios - Internet de las cosas (IoT)”.
https://www.researchgate.net/publication/327702411_Capitulo_3_Internet_de_las_cosas_lot
- [14] F. G. Moreno Montenegro, P. Montejo, y A. Polanco Risquet, «Sistema Automático para Cultivos Hidropónicos Domésticos, a través de la Medición de Iones Inorgánicos.», *Cienc. Digit.*, vol. 9, n.o 2, pp. 370-384, abr. 2019, doi: 10.33262/cienciadigital.v9i2.409.
- [15] E. A. Aguirre, D. D. Barbosa Pira, J. S. Sanabria Rodríguez, H. C. Bueno Mesa, y D. A. Vega Castro, «Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables agroecológicas en cultivos bajo invernadero», *Publicaciones e Investig.*, vol. 13, n.o 1, pp. 53-60, oct. 2019, doi: 10.22490/25394088.2781.
- [16] C. S. Cohen-Manrique, A. F. Burbano-Bustos, R. D. Salgado-Ordosgoitia, y R. H. Merlano-Porto, «Control de riego en cultivos de ahuyama en Sincelejo, Sucre (Colombia) gestionados a través del Internet de las Cosas», *Inf. tecnológica*, vol. 31, n.o 5, 2020, doi: 10.4067/s0718-07642020000500079.