

Sistema IoT para Control y Mantenimiento de Cultivos Hidropónicos NFT

Ariana Mazzini¹, Facundo Ortega¹, Matias Solana Mendez¹, Melisa Kuzman^{1,2}

¹ Universidad CAECE,
Departamento de Sistemas, Mar del Plata

² Universidad Nacional de Mar del Plata,
Departamento Electrónica y Computación, Mar del Plata
{ari.mazzini.98,facu98ortega,maty.mendez16}@gmail.com, melisakuzman@fi.mdp.edu.ar

Resumen. Este proyecto abarca la investigación y la creación de un sistema innovador que se encarga de supervisar y regular de manera continua las condiciones de un sistema de cultivo hidropónico, en particular, aquellos que utilizan la técnica de película nutritiva (NFT). La meta es proporcionar datos precisos sobre los factores que influyen en el ciclo de cultivo, al mismo tiempo que permitir la configuración remota de las funciones del sistema de acuerdo a las necesidades y preferencias del usuario. Para este proyecto, se implementaron tecnologías IoT, tales como diversos componentes electrónicos y sensores Arduino, y un servidor MQTT, así como también herramientas de programación tales como Spring boot para crear microservicios, y Android Studio para crear una aplicación móvil capaz de interactuar con el usuario en cuanto a visualización de datos y configuraciones referidas al sistema.

Palabras clave: IoT, Hidroponía, Sistemas NFT, MQTT, API, Aplicación móvil.

1. Introducción

1.1 Hidroponía y Sistemas NFT

La hidroponía es una forma de agricultura sin suelo que permite cultivar plantas en estructuras diseñadas para proporcionar las condiciones óptimas de crecimiento, independientemente de las dimensiones o la calidad del suelo. Entre sus beneficios se destacan el ahorro y conservación de agua, la eficiencia en el uso de recursos y la reducción del uso de pesticidas. El sistema de hidroponía más popular es el NFT (Nutrient Film Technique), que consiste en circular una fina capa de solución nutritiva a través de las raíces de las plantas en canales de cultivo, lo que optimiza el espacio y permite una producción eficiente de cultivos[1] (ver Fig. 1).

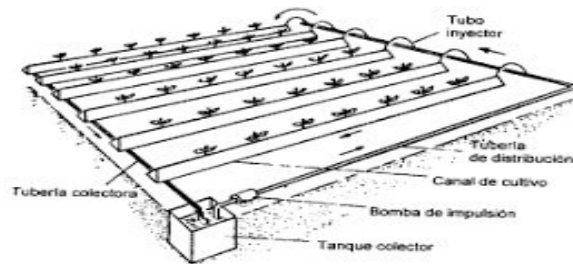


Fig. 1. Ilustración referencial a un sistema hidropónico de tipo NFT.

1.2 Proyecto

Se propone el estudio y desarrollo de un sistema capaz de realizar un control y monitoreo constante de las condiciones de un sistema de cultivo hidropónico, más específicamente de tipo NFT (Técnica de película nutritiva). El sistema brinda información fehaciente de las condiciones que afectan al circuito de cultivo y permite la configuración remota de sus funciones según las especificaciones del usuario.

Entre las características más destacables respecto del acceso remoto son: Conexión Wi-Fi, servidor web embebido, visualización de los parámetros en dispositivos móviles de diferentes características del circuito, acceso al menú de configuraciones, sincronización con reloj y calendario actual. En cuanto a las funciones de monitoreo y registro del dispositivo IoT, permiten el mantenimiento de las características más relevantes influyentes al circuito: factores externos ambientales como temperatura, humedad, intensidad de la luz, y a su vez, factores del sistema, como pH y Ce de la solución nutritiva, tiempos de riego, temperatura y oxigenación de la solución, nivel del agua en el tanque y flujo del agua.

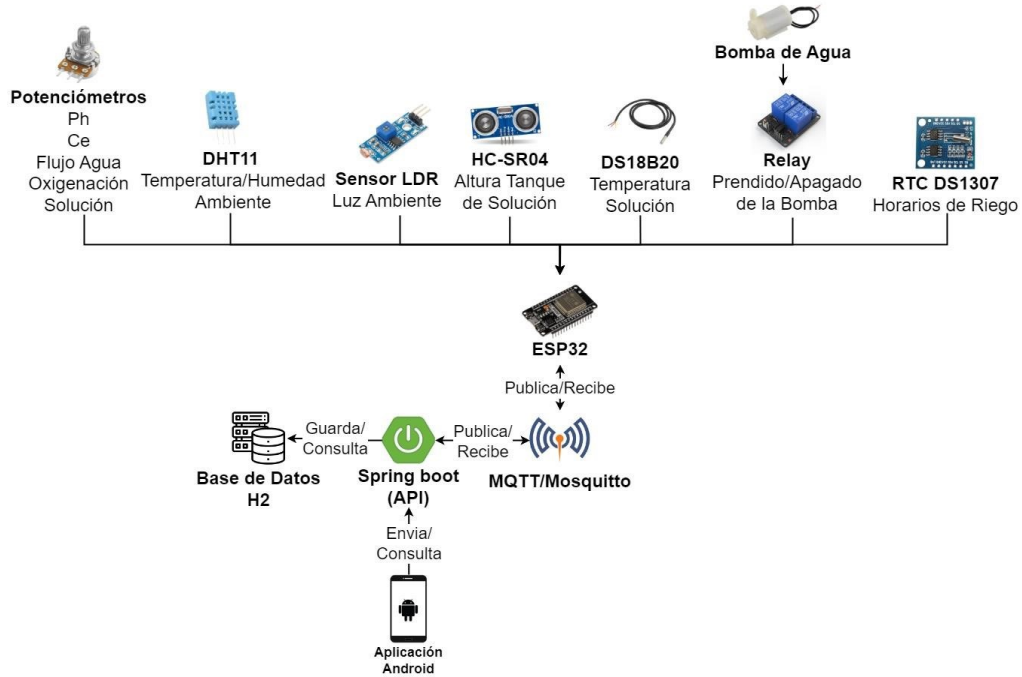


Fig. 2. Esquema general del funcionamiento del sistema.

2. Arquitectura

2.1 Hardware



Fig. 3. Sistema físico montado en una protoboard, en conjunto a los sensores y componentes mencionados

El sistema se basa en un microcontrolador ESP32[2] que se conecta a varios sensores para medir las propiedades del ambiente y del sistema hidropónico. Este dispositivo es un circuito integrado programable con diversas entradas que permiten recibir datos digitales y analógicos de los sensores. Estos sensores captan magnitudes físicas y otras alteraciones del entorno. La Fig. 3 muestra el microcontrolador conectado a los sensores para medir las variables del ambiente y la solución nutritiva. Allí se observan todos los sensores y módulos que fueron posibles conectar al sistema, y que

se utilizan para medir correctamente las características básicas del sistema hidropónico: un sensor digital DHT11 de temperatura y humedad, un sensor de Luz Ambiente LDR, un sensor de ultrasonido HC-SR04 (para medir la cantidad de solución dentro del tanque), un sensor de temperatura sumergible DS18B20, una mini bomba de agua sumergible, junto con un relay para prenderla y apagarla, además de un módulo RTC para controlar los tiempos de riego. Por otro lado, también se utilizaron potenciómetros para simular algunos sensores más que no fue posible implementar de manera real, tales como un sensor de Ph, sensor de conductividad eléctrica (Ce), la oxigenación dentro de la solución nutritiva y el flujo del agua.

Para habilitar la comunicación entre el servidor y la placa ESP32, se implementó el protocolo **MQTT** mediante un broker de mensajería open source llamado "Mosquitto". MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) es un estándar ISO que permite el intercambio de mensajes entre dispositivos IoT siguiendo el modelo productorconsumidor. En este modelo, los dispositivos pueden actuar como publicadores y suscriptores de mensajes. Los publicadores crean mensajes encapsulados en temas específicos, y estos mensajes solo llegan a los dispositivos suscriptores que estén interesados en esos temas. De esta manera, se establece una comunicación eficiente y selectiva entre los dispositivos conectados.

2.2 API

El sistema desarrollado utiliza un servidor Back End programado en Java 11 y el framework Spring Boot[3] para crear una API REST[4]. Esta API se conecta al servidor MQTT y recibe información del microcontrolador, el cual publica sus datos en el servidor. La API almacena temporalmente los mensajes recibidos en una variable global y luego los guarda en una base de datos SQL en memoria RAM llamada H2. Esta frecuencia de almacenamiento se optimiza para mejorar los recursos y los tiempos del servidor. La base de datos H2 almacena los registros con fecha y hora de las mediciones, relacionándolos a través de usuarios y dispositivos para permitir la gestión personalizada de cada dispositivo preferido por el usuario. Además de esto, dentro de la base de datos se almacena toda la información necesaria para el correcto funcionamiento del sistema, y que será utilizada a través de todo el ciclo de la aplicación y del sistema conjunto, como por ejemplo, los datos del usuario para poder acceder a la aplicación, los datos tomados en tiempo real desde el microcontrolador y sensores, las configuraciones guardadas por cada usuario, entre otras cosas.

Además, el servidor implementa seguridad mediante un token basado en el protocolo JWT[5], un estándar abierto que garantiza la transmisión segura de información entre las partes involucradas. Este token se utiliza en todas las peticiones después de que el usuario inicia sesión para verificar su identidad y evitar accesos no autorizados.

La aplicación móvil, a un nivel más alto, consume los endpoints creados en la API utilizando el protocolo REST. Los endpoints son URLs con condiciones específicas para obtener y presentar información en diversos formatos, como JSON, en las vistas a las que accede el usuario. En este caso, se utilizan endpoints representativos para cada acción que se desee realizar desde la aplicación móvil, siendo algunos ejemplos:

- POST /user/login: Permite a un usuario registrado iniciar sesión enviando su

correo electrónico y contraseña. La respuesta incluye los datos del usuario y un token de autenticación.

- **POST /user/register:** Permite registrar un nuevo usuario proporcionando su correo electrónico, contraseña y nombre de usuario. La respuesta es un código HTTP 204 (No Content) que indica que la creación se ha realizado con éxito.
- **GET /info/realtime:** Permite a un usuario logueado recibir la información más reciente de las mediciones de los sensores enviando su token. La respuesta incluye las últimas mediciones de cada sensor junto con la fecha y hora de la última actualización.
- **PUT /threshold/limits:** Permite a un usuario logueado cambiar los valores de los sensores enviando una lista con los nuevos valores para cada sensor. La respuesta es un código HTTP 200 OK.
- **GET /threshold/default-limits:** Permite a un usuario logueado ver los valores por defecto de todos los sensores enviando su token. La respuesta es una lista de los valores por defecto de los sensores.

2.3 Aplicación

La aplicación móvil permite visualizar la información recolectada desde el microcontrolador en tiempo real, y a su vez, configurar características personalizadas, como límites de alerta y tiempos de riego diarios. Todas las pantallas están realizadas a través del entorno de desarrollo Android Studio [6], el cual permite no solo configurar las pantallas, sino también editar sus diseños y crear un emulador de cualquier dispositivo con sistema operativo Android para ejecutar la aplicación.

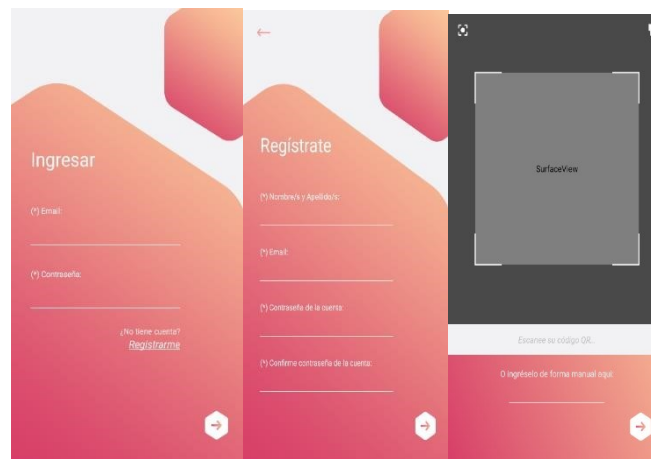


Fig. 4. De izquierda a derecha: a. Pantalla de Bienvenida, b. Pantalla de Registro y c. Pantalla del Scanner QR.

Para ingresar a la aplicación, se debe contar con una cuenta de usuario. Para crearla, se registra con datos personales (email, nombre, apellido, contraseña) y,

opcionalmente, se permite registrar y/o adjuntar un código de dispositivo, el cual es representativo para el microcontrolador que nos permite guardar y visualizar toda la información del sistema y del ambiente (ver Fig. 4). Una vez se crea el usuario, basta con iniciar sesión y la aplicación redirige hacia el menú principal, el cual cuenta con un panel que permite visualizar todos los componentes conectados al microcontrolador. En la aplicación se pueden observar los diferentes parámetros internos y externos al sistema, así como sus estados. Los estados son lo suficientemente representativos; si el componente está dentro de los límites deseados, se mostrará en verde, si esta sobre los límites deseados se mostrará de color amarillo, y de lo contrario, si se excede sobre lo permitido, se marcará de color rojo. A su vez, se enviará una notificación al dispositivo móvil en caso de que alguno de los datos registrados por el dispositivo físico de monitoreo se exceda de los umbrales o límites preestablecidos (ver Fig. 5). Debido a que el sistema puede ser utilizado para diferentes cultivos, el panel de configuración permite al usuario modificar tiempos de riego, umbrales de alertas, tipo de notificaciones, entre las características más relevantes.

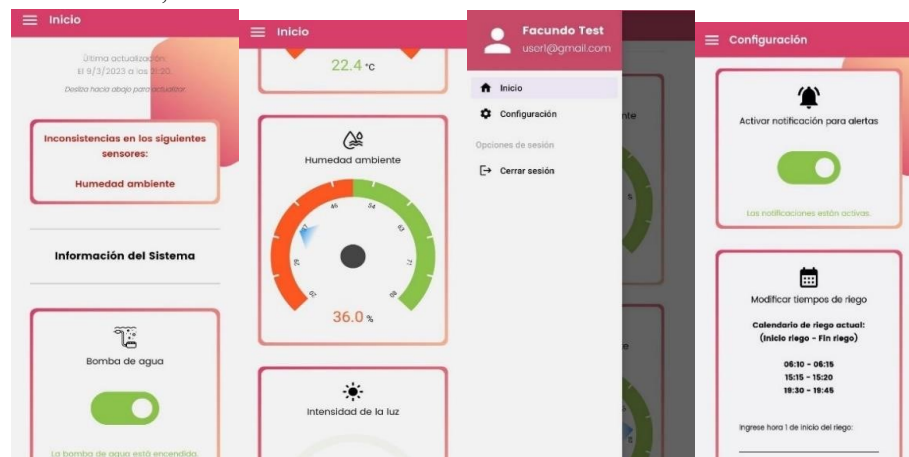


Fig. 5. De izquierda a derecha: a. Estados de alerta, b. Variable en alerta, c. Menú desplegable y d. Pantalla de Configuración.

3. Conclusión

El objetivo principal de este proyecto es proporcionar información en tiempo real de los factores clave para cultivos hidropónicos. Las ventajas de su uso son significativas para los emprendedores de los cultivos hidropónicos, brindando mayor accesibilidad y comodidad al permitir el monitoreo remoto. Su flexibilidad para configurar umbrales de alertas para prevenir condiciones adversas permite que este sistema pueda ser utilizado en diversos cultivos y condiciones climáticas. Este sistema presenta ventajas competitivas significativas, ya que brinda una solución integral, de bajo costo y fácil de usar, que puede atraer a un amplio rango de cultivadores, desde pequeños emprendedores hasta operaciones comerciales a gran escala.

Por otro lado, el proyecto presenta diversos puntos de mejora que podrían considerarse para una mejora en la implementación del sistema. Entre ellos se

encuentran la capacidad de controlar la composición de la solución nutritiva, incluir análisis estadísticos de los datos históricos adquiridos, la integración de varios dispositivos físicos al mismo espacio, además de poder asociar varios dispositivos a cada usuario, lo que permitiría supervisar y administrar diferentes configuraciones de cultivos en una sola plataforma web.

Referencias

1. Una Guía para Principiantes en Hidroponía - hydrocultura, <https://hydrocultura.com/blogs/news/una-guia-para-principiantes-en-hidroponia>.
2. Microcontrolador Esp32, naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-3230-pin-esp32-wifi.html
3. Baldung - Guía de Spring boot, <https://www.baeldung.com>
4. ¿Qué es una API de REST? - Red Hat, <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-is-a-rest-api>
5. JWT - JSON Web Token, <https://jwt.io/introduction>
6. Documentation - Android Developers, <https://developer.android.com/docs?hl=es-419>