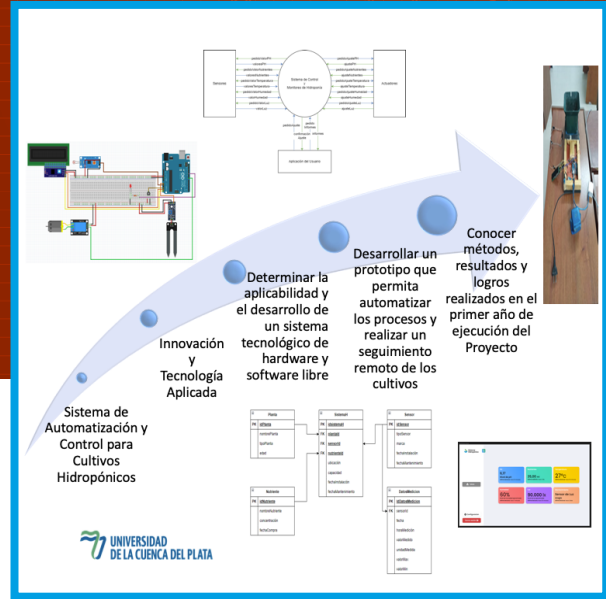


# Sistema de automatización y control para cultivos hidropónicos

**Ruiz Díaz Javier, Toledo Marcelo Alejandro**

Instituto de Investigaciones Científicas (IDIC), Universidad de la Cuenca del Plata (UCP), Facultad de Ingeniería, Tecnología y Arquitectura. Formosa, Argentina

Contacto: [ruizdiazjavier\\_for@ucp.edu.ar](mailto:ruizdiazjavier_for@ucp.edu.ar)



## RESUMEN

Se presentan los avances del proyecto de investigación denominado “Sistema de Automatización y Control para Cultivos Hidropónicos”, de la Licenciatura en Sistemas de Información de la Facultad de Ingeniería, Tecnología y Arquitectura cuya línea prioritaria es innovación y tecnología aplicada. Este proyecto surgió con el fin de satisfacer las necesidades para los productores de la Provincia de Formosa que se dedican a la Hidroponía utilizando las nuevas tecnologías combinando los conceptos de Hardware y Software Libre e Internet de las Cosas. Su objetivo principal es determinar la aplicabilidad y el desarrollo de un sistema tecnológico de hardware y software libre para la automatización y control para cultivos hidropónicos en la provincia de Formosa en el periodo 2022 - 2025. Uno de los objetivos específicos es desarrollar un prototipo que permita automatizar los procesos por medio

de un microordenador (Arduino), sensores y actuadores, que permitan realizar un seguimiento remoto de los diferentes parámetros del cultivo y controlar los procesos, vinculando los datos obtenidos con un sistema en entorno web y una aplicación móvil cuando el producto final esté funcionando. El sistema podrá recibir datos mediante señal satelital a una plataforma web de Internet de las cosas (Internet Of Things, IOT) que opera con esta información y alimenta diferentes widgets en los cuales se puede observar los estados de los procesos del cultivo. En este trabajo se pretende dar a conocer los métodos, los resultados y logros realizados en el primer año de ejecución del proyecto en lo que respecta al diseño y la construcción de los prototipos funcionales del Sistema de automatización y control, utilizando el Arduino, sensores, actuadores y un sistema de riego horizontal.

**ABSTRACT**

We present the advances of the Research Project entitled "Automation and Control System for Hydroponic Crops," from the Bachelor's Degree in Information Systems of the Faculty of Engineering, Technology, and Architecture, whose priority line is applied innovation and technology. This project arose to meet the needs of producers in the Province of Formosa who are dedicated to hydroponics, using new technologies by combining the concepts of Open Hardware and Software and the Internet of Things. Its main objective is to determine the applicability and development of a technological system of open hardware and software for the automation and control of hydroponic crops in the Province of Formosa during the period 2022 - 2025. One of the specific objectives is to develop a prototype that allows the automation of processes through a microcomputer (Arduino), sensors, and actuators, enabling remote monitoring of various crop parameters and process control, linking the obtained data with a web-based system and a mobile application when the final product is operational. The system will be able to receive data via satellite signal to an Internet of Things (IoT) web platform that processes this information and feeds different widgets in which the states of the crop processes can be observed. This work aims to present the methods, results, and achievements made in the first year of the Project's execution concerning the design and construction of functional prototypes of the automation and control system, using Arduino, sensors, actuators, and a horizontal irrigation system.

**INTRODUCCIÓN**

Al término de la década, con las elevadas tasas de crecimiento poblacional, los alimentos escasearán, especialmente en los centros urbanos, a menos que se emplee una nueva tecnología que permita incrementar los rendimientos de los cultivos o posibilite producir más en la misma superficie. Existe una técnica que permite cultivar y producir plantas sin emplear suelo denominada Hidroponía. Con la misma se pueden obtener vegetales de excelente calidad y sanidad asegurando un uso más eficiente del agua y fertilizantes.

Actualmente, el concepto de hidroponía es conocido mundialmente; en EEUU, Europa y Japón existen grandes establecimientos dedicados a la producción de este tipo de cultivos, destinados fundamentalmente al abastecimiento de hortalizas frescas a la población, pero también de frutas, hierbas aromáticas, así como también de plantas orna-

mentales, florales, forraje para animales, etc. [1]. En Latinoamérica, los pioneros en este tipo de cultivos son México, Brasil, Perú, Colombia y Chile, quienes actualmente poseen plantas de producción hidropónicas con capacidad para abastecer, tanto sus mercados internos como para destinar su producción al mercado externo.

En la Argentina, el sistema comenzó a implementarse hace más de 20 años en el sector ornamental y creció considerablemente en los últimos 5 años, extendiéndose a otros sectores como el hortícola, cítrica y hasta para la producción de forraje verde. Actualmente, hay producciones de este tipo en todas las provincias del país y, no solo en áreas tradicionales de producción, sino que hay un crecimiento masivo en áreas urbanas [2].

**Problemática abordada**

En Formosa, existen experiencias de este sistema de cultivo, tanto para su comercialización como también, para el autoconsumo. Al considerar que en la provincia hay deficiencias en la disponibilidad de agua para la producción hortícola, con hidroponía se reduce notablemente su consumo, siempre que se haga un uso adecuado para el riego.

Sin embargo, en Formosa, no existe un sistema de control automatizado que permita al productor hidropónico verificar el estado de sus cultivos de forma continua, siendo éste el principal problema que origina pérdidas de plantas en sus cultivos.

Por tal motivo, se planteó el presente proyecto con el fin de diseñar un sistema de automatización y control que permita al productor administrar la utilización del agua de la mejor manera, controlar el nivel de pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura de sus soluciones nutritivas, lo cual permitirá establecer mecanismos de control preventivo y correctivo de manera inmediata en los cultivos hidropónicos.

Esta publicación tiene como objetivo mostrar los avances logrados en el primer año de ejecución del proyecto, destacando las metodologías utilizadas, los resultados obtenidos y las conclusiones obtenidas.

**Metodología**

Se han utilizado dos metodologías, una para el cumplimiento de las etapas del proyecto a través de la metodología ágil Kanban y otra para el diseño del Sistema Hidropónico con el modelo Prototipo.

La metodología ágil Kanban fue nombrada así en 2007 siguiendo las presentaciones sobre el enfoque de la gestión que David había estado usando en Microsoft [3] y Corbis con la creación de una comunidad alrededor de éstas y de otras ideas similares. Sin embargo, la palabra japonesa "Kanban" (cuyo significado es "señal", "tarjeta de señaliza-

ción”, “cartel” o “tablero visual”) ha sido utilizada en el contexto de la definición de procesos desde al menos la década de 1960, cuando Toyota nombró los sistemas que habían estado utilizando para limitar el trabajo en progreso en sus fábricas como “sistemas Kanban” [4].

Kanban es un método para definir, gestionar y mejorar servicios que entregan trabajo del conocimiento, tales como servicios profesionales, trabajos o actividades en las que interviene la creatividad y el diseño, tanto de productos de software como físicos. Se caracteriza por el principio de “empieza por donde estés” – por medio del cual se consigue catalizar el cambio rápido y focalizado dentro de las organizaciones – que reduce la resistencia a un cambio favorable en línea con los objetivos de la organización.

El mecanismo de señalización, a veces referido como Kanbans, se muestra en tableros Kanban y representa los límites del trabajo en progreso, los cuales previenen cuanto de más o de menos trabajo entra en el sistema; de este modo mejora el flujo de valor a los clientes.

Para la planificación y el control de las actividades del proyecto se creó un tablero de trabajo donde se especificaron tres grupos de acciones que los integrantes del equipo debían cambiar según su estado. Estos fueron: Iniciado, En Ejecución y Finalizado y las actividades del proyecto se escribían en tarjetas que se colocaban según sus estados debajo de algunos de estos grupos, lo cual permitía ver el avance, lo que faltaba hacer, lo que se estaba realizando y lo realizado, permitiendo una comunicación constante entre el director, el asistente y los alumnos.

## DESARROLLO

A continuación se muestra el Tablero en Trello utilizado para el proyecto en lo que respecta al primer Informe Final (Fig. 1).

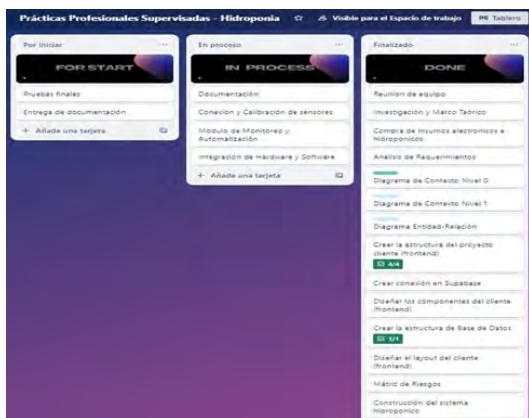


Figura 1: Tablero en Trello - Actividades del Proyecto (Metodología Kanban).

El proyecto en general, se dividió en etapas teniendo en cuenta los objetivos propuestos al presente y las actividades planificadas.

En esta primera etapa, durante los primeros meses se reunió el equipo y se realizaron cursos de capacitación on line sobre hidroponía, se buscó información en libros, revistas, trabajos de investigación, bibliotecas virtuales y páginas web sobre funcionamientos de los sistemas de hidroponía y sobre diferentes placas arduinos que se podían utilizar para el proyecto y se participó en foros relacionado con el proyecto.

Además, al inicio del proyecto, se participó de cursos sobre Investigación y sobre el uso del aula virtual del Instituto de Investigaciones Científicas (IDIC) y del Proyecto donde se cargan los avances e informes bimestrales.

Se elaboró con los alumnos informes sobre el hardware y software libre que se podía utilizar, se seleccionó y eligió la Placa Arduino Mega2560 y la Placa Arduino UNO, a los cuales se realizó un análisis técnico detallado. Luego se seleccionaron los elementos básicos adicionales para el proyecto tales como sensores, bomba de agua y relojes y se procedió a la compra de los insumos para la realización del primer prototipo.



Figura 2: Reunión de equipo investigador y participación en charlas sobre hidroponía.

Para el diseño y desarrollo del sistema de automatización y control se utilizó el Modelo Prototipo de sistema, donde rápidamente se desarrolla una versión del sistema o una parte del mismo, para comprobar los requerimientos del cliente y la factibilidad de algunas decisiones de diseño [5]. Esto ayuda a evitar el cambio al final del proyecto, al permitir que los usuarios experimenten con el sistema antes de entregarlo y así refinar sus requerimientos. Como resultado, es probable que se reduzca el número de propuestas de cambio de requerimientos posterior a la entrega.

Siguiendo los pasos del modelo se procedió al diseño del Sistema.

Este modelo permitió crear los diferentes prototipos, los cuales fueron cambiando según los resultados obtenidos por el equipo y el director del proyecto, teniendo en cuenta los objetivos propuestos.

En la Figura 3 se muestran el diagrama de Contexto, la Figura 0, el DER y los requerimientos funcionales y no funcionales del Sistema:

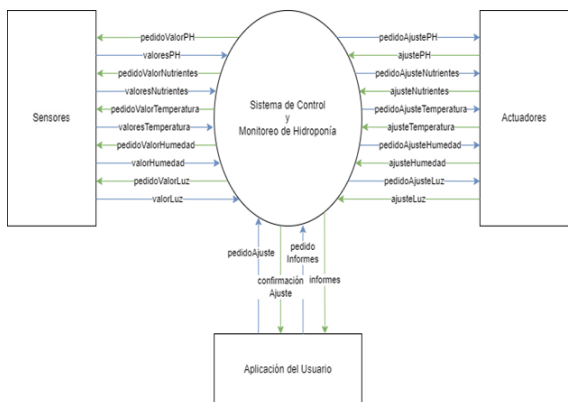


Figura 3: Diagrama de Contexto Sistema de Control y Monitoreo Hidropónico - Elaboración propia.

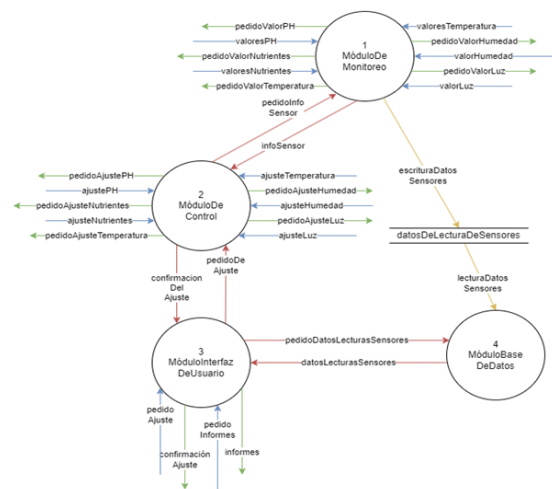


Figura 4: Diagrama de Flujo Nivel 0 Sistema - Elaboración propia.

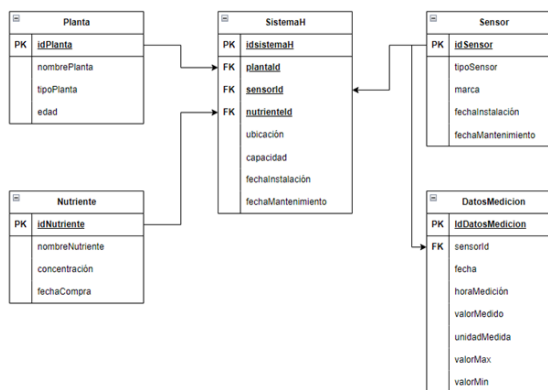


Figura 5: Diagrama Entidad Relación (DER) - Elaboración propia.

Tabla 1: Diagrama Entidad Relación (DER) - Elaboración propia.

Tipo de requerimiento	Descripción	Prioridad
RF1: Sistema de Monitoreo en Tiempo Real	El sistema debe ser capaz de recopilar datos de los sensores en tiempo real para medir pH, nutrientes, temperatura, humedad y luz. Los datos recopilados deben ser actualizados de manera continua y confiable.	Alta
RF2: Análisis y Toma de Decisiones	El software debe incorporar algoritmos de análisis para interpretar los datos recopilados de los sensores, con base en los valores medidos y los objetivos de crecimiento de las plantas. El sistema debe tomar decisiones automatizadas para ajustar los parámetros del entorno.	Alta
RF3: Ajuste Automatizado del Entorno	El sistema debe ser capaz de ajustar automáticamente factores como la liberación de nutrientes y la regulación de la temperatura según las decisiones tomadas por el análisis.	Alta
RF4: Interfaz de Usuario Intuitiva	El software debe proporcionar una interfaz de usuario amigable y fácil de usar, mostrar los datos de los sensores, el estado de las plantas y permitir a los usuarios realizar ajustes manuales si es necesario.	Alta



RF5: Re- gistro Históri- co	El sistema deberá almacenar todos los datos recopilados para futuras consultas o análisis, con posibilidad de identificar patrones, comparar y mejorar las prácticas de cultivo basándose en el historial.	Alta
---	--	------

Tabla 2 Requerimientos Funcionales del Sistema.

Tipo de requerimiento	Descripción	Prioridad
RNF1: Fiabilidad	El sistema debe funcionar de manera confiable y precisa minimizando la posibilidad de errores en la medición y en las decisiones automáticas.	Alta
RNF2: Ren- dimiento	El software debe tener un tiempo de respuesta rápido para garantizar ajustes y configuraciones a fin de mantener vivos los cultivos.	Media
RNF3: Seguridad	Los datos recopilados y las configuraciones automáticas deben estar protegidos para evitar accesos no autorizados o manipulación maliciosa.	Alta
RNF4: Escalabili- dad	El sistema debe ser capaz de manejar diferentes tamaños de entornos de cultivo y soportar la incorporación de más sensores, si fuera necesario.	Media
RNF5: Interfaz Intuitiva	La interfaz de usuario debe ser intuitiva y fácil de entender para que los usuarios puedan utilizarla sin dificultad.	Media
RNF6: Compatibi- lidad	El software debe ser compatible con una variedad de dispositivos, como computadoras y dispositivos móviles, para que los usuarios puedan acceder desde diferentes plataformas.	Media
RNF7: Mantenibi- lidad	El sistema debe ser fácil de mantener, permitiendo actualizaciones de software y reemplazo de sensores de manera eficiente.	Baja - Media

pantalla LCD 1602 16x2, un módulo I2C, un transformador de 6 volts, un sensor de luz LDR, led de colores, resistencias, un protoboards, un relé y la Placa Arduino UNO, logrando que el prototipo funcione como sistema de riego.



Figura 6: Prototipo 1.0 del Sistema de Control y Monitoreo Hidropónico.

Una vez armado el primer prototipo (Fig.6), se realizaron las conexiones y simulaciones para automatizar el sistema y se pasó a la versión 1.1 del prototipo, la cual ya estaba programada y automatizada según los parámetros de humedad y de luz, es decir, si el sistema no tenía la humedad suficiente o la luz necesaria, el sistema de riego funcionaba hasta lograr las condiciones deseadas. Logrado el funcionamiento del prototipo 1.1 se pasó al armado del Sistema Hidropónico Vertical utilizando elementos caseros tales como caños de agua, recipiente de plástico, codos y reductores de caños de agua, convirtiendo el prototipo 1.1 en el 1.2, ya con un sistema hidropónico vertical casero (Fig. 7 y 8).

Para el primer prototipo se armó desde cero con los alumnos, se utilizó maderas, cables machos y hembras, un contenedor de tierra o agua, una manguera de agua, una bomba de agua sumergible, sensores de humedad del suelo YL 38 , YL 69, una



Figura 7: Prototipo del Sistema Hidropónico - Elaboración Propia del Equipo.

En el mes de septiembre la Facultad de Ingeniería, Tecnología y Arquitectura adquiere un Kit Hidropónico para su uso en la carrera de Licenciatura en Sistemas de Información, este Kit es prestado al equipo para su uso, y se procede al armado del mismo, lográndose el prototipo 1.3 el cual se está trabajando en la actualidad

A partir de este Kit se decidió con el equipo avanzar con el diseño del software que permitirá el control y monitoreo del sistema hidropónico.



Figura 8: Armado del Kit Hidropónico Horizontal.

La última etapa trabajada en este primer informe fue la codificación del Sistema de Control y monitoreo con la participación activa de los alumnos. El prototipado fue instrumental para evaluar aspectos críticos como la distribución eficiente de nutrientes, el flujo de agua y la optimización del espacio. Esto permitió reducir el riesgo de errores costosos en las fases del desarrollo, al facilitar la participación activa de los usuarios en el proceso de diseño y asegurar que el sistema final estuviera altamente adaptado a sus necesidades y expectativas.

En la Fig. 9 se muestran imágenes del circuito realizado en Tinkercad, las interfaces y la codificación del Sistema. Tinkercad es un programa online que incluye herramientas de software de Autodesk, y que permite a los usuarios principiantes crear modelos 3D, Disponible en: <https://www.tinkercad.com/>

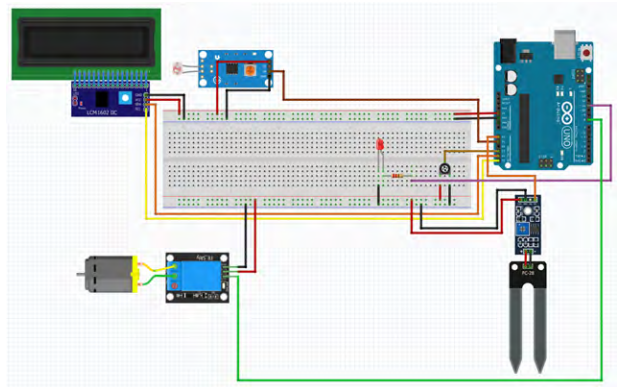


Figura 9: Circuito Lógico del hardware del Sistema - Elaboración propia.



Figura 10: Pantalla de Inicio de Sesión del Sistema.

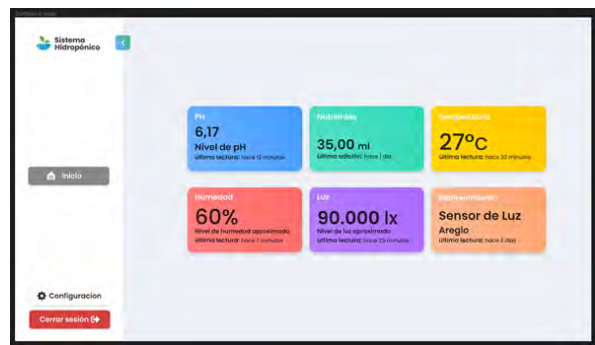


Figura 11: Dashboard Principal del Sistema.

## CONCLUSIONES

A la fecha de la entrega del primer informe anual se ha logrado con el equipo un 60% de avance en la ejecución del proyecto, cumpliendo todos los objetivos y las actividades propuestas en el cronograma presentado.

Se logró consolidar un gran equipo de trabajo formado por el director, el asistente y los alumnos investigadores que además de colaborar, aprendie-

ron otras áreas relacionadas con la carrera como ser: Domótica, Internet de las Cosas, Hidroponía, entre otros conceptos que le ayudarán a ser mejores profesionales en el futuro.

Falta poco para culminar el proyecto y a lo largo de su desarrollo, se participó en eventos académicos de difusión tales como: La Feria del Libro 2022 en la Provincia de Formosa, Primavera UCP y ADN UCP en la Sede Formosa en el año 2023 a fin de dar a conocer a la comunidad educativa y a la sociedad los logros obtenidos.

## REFERENCIAS

- [1] Irigo, A. (2010). Estudio de viabilidad de un proyecto de producción de lechugas hidropónicas en el suroeste de la provincia de Córdoba. <http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/53/1/TMJrigo.pdf>.
- [2] Perfil. (2022). Hidroponia: un sistema de producción de cultivos sin suelo que crece en Argentina. <https://www.perfil.com/noticias/agro/cultivos-sin-suelo-hidroponia-un-sistema-de-produccion-sustentable-que-crece-en-argentina.phtml#:~:text=%22En%20la%20Argentina%2C%20el%20sistema,forraje%20verde%22%2C%20subray%C3%B3%20Puerta>.
- [3] Anderson, D. J., Carmichael, A., (2016). Kanban Esencial Condensado. 5ta Ed. Washington Lean Kanban University Press.
- [4] Breve historia de la metodología Kanban <https://asana.com/es/resources/what-is-kanban>
- [5] Sommerville (2011). Ingeniería de Software. 9na Ed., Ed. Pearson. ISBN 9786073206037.