

# Mejora en la eficiencia del riego agrícola mediante un sistema automatizado

Axel Rafael Alcocer-Lizardi<sup>1</sup>, José Alberto Cárdenas-Reyes<sup>1</sup>, Bruno García-Almazán<sup>1</sup>, Omar Rodrigo Jiménez-Castillo<sup>1</sup>, Jorge Raúl López-Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad La Salle México, Facultad de Ingeniería. Ciudad de México, México.

axel.alcocer@lasallistas.org.mx; cardenas.jose@lasallistas.org.mx; b-ga@lasallistas.org.mx; jimenez.omar@lasallistas.org.mx; jorge.lopez.5@lasallistas.org.mx;

**Resumen.** En este proyecto se aborda la problemática de la ineficiencia en el riego agrícola tradicional mediante la implementación de un sistema automatizado. Se busca contribuir a lograr una gestión sostenible del agua en la agricultura. Se discuten los resultados obtenidos, mostrando una mayor eficiencia en el uso del agua y mejores rendimientos en los cultivos. El impacto de esta propuesta se centra en la conservación del agua y la prevención de escasez, con beneficios a largo plazo económicos y ambientales. Las conclusiones resaltan la adaptabilidad del sistema, su escalabilidad y el valor agregado para las empresas del sector agrícola.

**Palabras Clave:** Riego, Automatizado, Sostenible

## 1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

La agricultura tradicional enfrenta desafíos significativos en el ámbito del riego, ya que los métodos manuales o programados en intervalos fijos presentan limitaciones que afectan la eficiencia y el uso adecuado del agua. Esta falta de eficiencia se traduce en pérdidas monumentales de agua, lo cual resulta preocupante en un contexto donde la gestión sostenible de este recurso se ha vuelto cada vez más crítica (Áviles, 2006).

El riego manual o programado carece de un control preciso y eficiente del suministro de agua, lo que conlleva a un uso inadecuado o desperdicio de este recurso vital. Además, la falta de monitoreo constante de la humedad del suelo puede ocasionar problemas como el exceso o la insuficiencia de agua en los cultivos, lo que impacta negativamente su desarrollo y rendimiento. Estas limitaciones dificultan el logro de una agricultura eficiente, sostenible y productiva.

Para abordar esta problemática, el presente proyecto de investigación propone una alternativa mediante la implementación de un sistema de riego automatizado. Este enfoque busca superar las limitaciones de los métodos tradicionales al permitir un control más preciso y eficiente del suministro de agua en los cultivos. La automatización del riego ofrece la posibilidad de ajustar la cantidad y el momento adecuados de riego de acuerdo con las necesidades específicas de cada planta y las condiciones ambientales.

Sin embargo, el desarrollo efectivo de sistemas de riego automatizados presenta desafíos propios. Requiere la integración adecuada de sensores para monitorear la humedad del suelo y otros parámetros relevantes, así como la optimización de algoritmos de control para garantizar

una distribución óptima del agua. Además, la eficiencia energética de los dispositivos utilizados es un aspecto crítico por considerar para minimizar el consumo de energía y promover la sostenibilidad.

En concordancia con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), este proyecto de investigación se alinea con la meta 6.4, que busca garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Al desarrollar y promover la implementación de un sistema de riego automatizado basado en principios de control de sistemas, se busca mejorar la eficiencia del riego en los cultivos, optimizando el uso del agua y promoviendo su gestión sostenible. Asimismo, se busca reducir el desperdicio de agua en la agricultura y contribuir a la conservación de este recurso vital. Además, este proyecto también se alinea con el ODS 9, que busca promover la industria, la innovación y la infraestructura sostenible. Al implementar un sistema de riego automatizado y basado en tecnología, estamos fomentando la innovación en el sector agrícola y mejorando la eficiencia de la infraestructura agrícola (Naciones Unidas, 2018).

## 2 Objetivo

Implementar un sistema automatizado de riego basado en algoritmos de control clásico para mejorar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura.

## 3 Propuesta teórico-metodológica y de solución

Mediante la potente plataforma *Fusion 360*, se emprendió la tarea de crear un modelo 3D virtual del invernadero, como se aprecia en la Figura 1. Este proceso consideró meticulosamente elementos cruciales, como la forma cilíndrica para maximizar la capacidad de cultivo y la disposición estratégica de aberturas para la entrada de luz solar y la circulación eficaz del aire. El diseño conceptual fue objeto de refinamientos significativos, incorporando ajustes que potenciaron la funcionalidad y eficiencia del invernadero.

En el desarrollo, se prestó atención a la ubicación de las aberturas para garantizar una ventilación óptima y el control preciso de la temperatura interna. Asimismo, se planificó cuidadosamente la disposición de sensores de alta precisión para supervisar parámetros ambientales, como humedad y temperatura, y se incorporaron actuadores de última generación para el riego automatizado y la apertura y cierre de puertas.

Para la manufactura de los componentes, se optó por el versátil ácido poliláctico (PLA) como material de impresión 3D, como se ilustra en la Figura 2. Esto facilitó la creación de elementos estructurales y piezas personalizadas, adaptadas meticulosamente a las especificaciones del invernadero.

En el ámbito electrónico, se hizo uso de herramientas digitales, como *Tinkercad*, para llevar a cabo una simulación exhaustiva del circuito físico (Figura 3). Esta estrategia proporcionó una visualización detallada del sistema, permitiendo evaluaciones integrales antes de la implementación. Además, se aprovechó *EasyEDA* (versión web) para diseñar un diagrama de conexiones preciso y generar una placa de circuito impreso (PCB) personalizada. Este enfoque redujo significativamente el tiempo y los errores potenciales asociados con el cableado manual del sistema.

Para el control y la programación del invernadero, se seleccionó un Arduino Nano como microcontrolador, dada su capacidad para interactuar con los diversos componentes del sistema. El entorno de desarrollo de Arduino se empleó para programar y configurar el microcontrolador, implementando algoritmos de control clásico y lógica para supervisar y automatizar eficientemente las funciones del invernadero. La representación completa del sistema se encuentra en la Figura 4.

#### **4 Discusión de resultados e impactos obtenidos**

Mediante la implementación del proyecto, se lograron obtener resultados significativos en términos de eficiencia en el manejo del agua y el mantenimiento de la humedad óptima en la tierra de cultivo. A través del monitoreo continuo del sistema de sensado, se observó que la humedad se mantuvo por debajo de los niveles establecidos de alrededor del 30%, asegurando que la tierra se mantuviera en condiciones ideales para el cultivo y evitando un gasto innecesario de agua.

Sin embargo, es importante destacar que, en este punto del trabajo, se ha verificado el funcionamiento del prototipo en condiciones controladas utilizando únicamente tierra, sin aún probar con plantas reales en un contexto de campo. Para futuras investigaciones, se considera la necesidad de incorporar condiciones del ambiente real, como fluctuaciones en los patrones climáticos y composición del suelo, además de la variación en los tipos de cultivos. Estas mejoras permitirán proporcionar una guía más completa y útil para los esquemas de riego en el país, teniendo en cuenta diversas situaciones y optimizaciones específicas.

Además, se ha identificado que el sistema de riego automatizado puede ser completamente personalizado según el tipo de sensor y el tipo de planta que se requiera cultivar. Cada planta tiene diferentes necesidades de riego y cuidados, por lo tanto, es esencial adaptar el sistema para satisfacer las demandas específicas de cada una. Esta flexibilidad y capacidad de adaptación permiten maximizar el rendimiento de los cultivos y garantizar su salud y desarrollo adecuado.

En comparación con el método gravimétrico tradicional utilizado para determinar el contenido de agua en la tierra, se hace notar que el sistema propuesto de monitoreo continuo y en tiempo real es más efectivo y eficiente. El método gravimétrico requiere un proceso prolongado de medición y secado de muestras de tierra, lo que conlleva a la variabilidad en los resultados. En cambio, con este sistema y los sensores implementados, se alcanza una medición constante y precisa de la humedad del suelo, lo que permite mejorar el uso del agua y ajustar el riego de manera oportuna.

Es fundamental destacar que, aunque se han obtenido resultados prometedores, nuestra propuesta se encuentra en la fase de prototipo y aún requiere más pruebas y seguimiento a largo plazo. Dado que cada planta tiene requerimientos específicos y necesita tiempo para desarrollarse plenamente, se planea realizar un seguimiento continuo a medida que las plantas crezcan y progresen. Esto permitirá realizar modificaciones y ajustes al proyecto para mejorar su funcionamiento.

## 5 Conclusiones y perspectivas futuras

La implementación de esta propuesta emerge como un paso significativo hacia el uso sostenible del agua al proporcionar condiciones óptimas de riego en un entorno controlado. El sistema de riego automatizado que se presenta en este trabajo, como se ha demostrado, posee la versatilidad y el potencial para ser escalable, extendiéndose a áreas de cultivo más extensas. Esta escalabilidad abre la puerta a un impacto importante en el sector agrícola, ofreciendo un valor añadido a las empresas dedicadas a la agricultura a gran escala.

Mezclando la tecnología avanzada, monitoreo constante y control preciso, este proyecto se sitúa firmemente como una solución eficiente y sostenible para la mejora del riego y conservar el recurso hídrico. Esta innovación no solo promueve la responsabilidad ambiental, sino que también promete incrementar la productividad agrícola de manera sostenible, un avance esencial en un mundo donde la escasez de agua es una preocupación creciente.

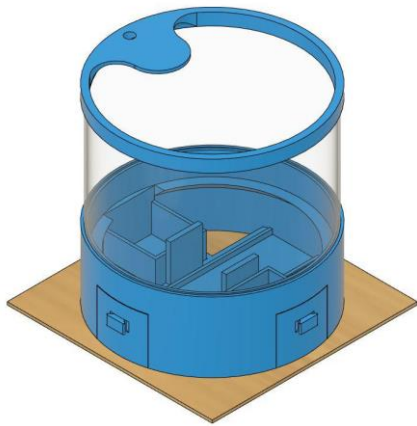
A lo largo del desarrollo del proyecto, se han identificado áreas de mejora y potenciales modificaciones para el prototipo. Entre ellas, se destaca la posibilidad de separar el riego de las plantas y la medición de la humedad del suelo, lo que podría ofrecer un nivel aún mayor de control y precisión al sistema. Estas perspectivas de mejora subrayan el compromiso continuo con la excelencia y la adaptación constante a las necesidades cambiantes en el campo de la agricultura.

## 6 Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dra. Zizilia Zamudio Beltrán; por su continuo apoyo como asistente de revisión teórica y práctica. De la misma forma, agradecemos el apoyo familiar que se ha tenido a lo largo de este proyecto.

## 7 Referencias

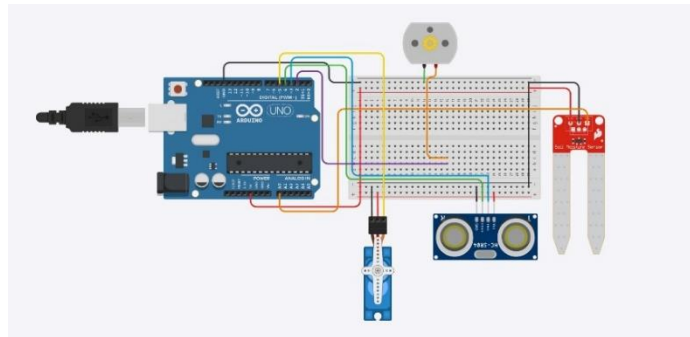
1. Avilés L., H., (2006). El valor del agua en la agricultura. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, (5), 28-31
2. Protegidas, C. N. D. Ñ. N. (s. f.). ¿Sabes cuánta agua consumes? gov.mx. Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabes-cuanta-agua-consumes>
3. Díaz, O. (2021, 6 octubre). Regar plantas tira 10 mil litros de agua potable por segundo. Publímetro México. Recuperado 23 de octubre de 2022, de <https://www.publímometro.com.mx/mx/noticias/2019/04/01/regar-plantas-tira-10-mil-litros-agua-potable-segundo.html>
4. Clarín.com. (2017, 24 febrero). Se desperdicia el 84 por ciento del agua para riego. Clarín. Recuperado 23 de octubre de 2022, de [https://www.clarin.com/sociedad/desperdicia-84-ciento-agua-riego\\_0\\_rj-xuMJZCtg.html](https://www.clarin.com/sociedad/desperdicia-84-ciento-agua-riego_0_rj-xuMJZCtg.html)
5. Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago
6. Namesny, A. (2020). Ahorro de agua en agricultura: cómo limitar el desperdicio de agua. tecnología Hortícola. <https://www.tecnologiahorticola.com/ahorro-agua-agricultura/>
7. Hernández, K. (2017, 10 marzo). Agua de riego se desperdicia 50% – Agua.org.mx. Agua.org.mx. <https://agua.org.mx/agua-de-riego-se-desperdicia-50/>
8. Admin, & Admin. (2020, 28 enero). Más de 80% del agua se va en uso agrícola y de la industria. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/crisis-agua-industria/>



**Figura 1:** Diseño 3D del invernadero



**Figura 2:** Vista superior del invernadero impreso en PLA



**Figura 3:** Esquema electrónico del circuito simulado en Tinkercad



**Figura 4:** Sistema automatizado