



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN ECONÓMICO CON MATERIALES RECICLABLES PARA CULTIVOS EN LA CIUDAD DE LATACUNGA

**AUTOMATION OF AN ECONOMICAL SPRINKLER
IRRIGATION SYSTEM USING RECYCLABLE MATERIALS
FOR CROPS IN THE CITY OF LATACUNGA**

Hernan Vinicio Morales Villega

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Anderson Gabriel Pacheco Sánchez

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Oswaldo Arturo Criollo Yumiceva

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Angela Jacqueline Pichucho Cando

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

Rotman Alexander Núñez Guatumillo

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i6.15290

Automatización de un Sistema de Riego por Aspersión Económico con Materiales Reciclables para Cultivos en la Ciudad de Latacunga

Hernan Vinicio Morales Villega¹

hvmorales@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8211-1238>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga - Ecuador

Anderson Gabriel Pacheco Sánchez

agpacheco1@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-8488-221X>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga - Ecuador

Oswaldo Arturo Criollo Yumiceva

oacriollo@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-3162-9041>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga - Ecuador

Angela Jacqueline Pichucho Cando

ajpichucho1@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-1726-5403>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga - Ecuador

Rotman Alexander Núñez Guatumillo

ranunez1@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-9904-8843>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Latacunga - Ecuador

RESUMEN

La implementación de un sistema automatizado de riego por aspersión de bajo costo, desarrollado con materiales reciclables y aplicado a cultivos en Latacunga, Ecuador es factible mediante la integración de sensores de flujo y nivel, temporizadores y motobombas permitió optimizar el consumo de agua, logrando una distribución uniforme y reduciendo el desperdicio hídrico. Además de su eficiencia técnica, el uso de materiales reciclados minimiza costos y promueve la sostenibilidad ambiental, convirtiendo este sistema en una solución accesible y replicable para mitigar los efectos de la sequía en regiones agrícolas. Los resultados destacan su potencial para contribuir al desarrollo sostenible, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible en innovación y manejo responsable del agua.

Palabras clave: automatizado, ambiental, reciclables, optimización hídrica

¹ Autor principal.

Correspondencia: hvmorales@espe.edu.ec

Automation of an economical Sprinkler Irrigation System Using Recyclable Materials for Crops in the City of Latacunga

ABSTRACT

The implementation of a low-cost automated sprinkler irrigation system, developed with recyclable materials and applied to crops in Latacunga, Ecuador, is feasible through the integration of flow and level sensors, timers, and water pumps. This setup optimizes water consumption, achieving uniform distribution and reducing water waste. In addition to its technical efficiency, the use of recycled materials minimizes costs and promotes environmental sustainability, making this system an accessible and replicable solution to mitigate the effects of drought in agricultural regions. The results highlight its potential to contribute to sustainable development, aligning with the Sustainable Development Goals in innovation and responsible water management.

Keywords: automated, environmental, recyclable, water optimization

Artículo recibido 18 noviembre 2024

Aceptado para publicación: 23 diciembre 2024



INTRODUCCIÓN

La automatización de sistemas de riego, particularmente en la agricultura, se ha convertido en un área crucial para enfrentar desafíos ambientales y de sostenibilidad en las últimas décadas. En este contexto, el presente trabajo aborda el tema de la automatización de sistemas de riego por aspersión, específicamente desarrollando un sistema económico y accesible para su implementación en la ciudad de Latacunga, Ecuador. Este sistema se construye utilizando materiales reciclables, lo que no solo reduce los costos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental, un aspecto fundamental en la actualidad ante el creciente interés por la preservación de los recursos naturales (Cisneros Estupiñán & Olave Arias, 2012).

El problema de investigación radica en la falta de acceso a sistemas de riego eficientes y sostenibles en muchas regiones rurales y agrícolas, especialmente en aquellas que enfrentan sequías recurrentes. La escasez de agua y el uso ineficiente de este recurso esencial para la agricultura son dos de los principales retos que enfrentan los productores (Peralta & Simpfendörfer, 2011). La relevancia de este estudio se justifica en la necesidad de proporcionar una solución accesible y eficaz para mitigar estos problemas, optimizando el uso del agua y, al mismo tiempo, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles (Alberto, 2024). Este trabajo se enmarca dentro del marco teórico de la automatización en sistemas de riego y la tecnología mecatrónica, utilizando teorías sobre la optimización de recursos naturales mediante el uso de tecnología (Peralta & Simpfendörfer, 2011). Los estudios previos sobre sistemas de riego automatizados y el uso de materiales reciclables en la construcción de estos sistemas proporcionan la base para el desarrollo de este proyecto (Alberto, 2024). Sin embargo, este trabajo ofrece una aplicación práctica y específica en la ciudad de Latacunga, con la implementación de sensores, válvulas y temporizadores que permiten una optimización hídrica, lo cual representa una contribución significativa al conocimiento en este campo.

El contexto en el cual se realiza esta investigación está marcado por el clima seco y las altas temperaturas que afectan a muchas zonas agrícolas de Ecuador, como es el caso de Latacunga, una región donde los cultivos enfrentan problemas de riego debido a la escasez de agua. En este sentido, el uso de tecnologías que automatizan y optimizan los sistemas de riego se presenta como una respuesta efectiva a este problema (Omega, 2023).



Además, la tendencia hacia la utilización de materiales reciclables se alinea con las políticas ambientales actuales que promueven la economía circular y la reducción de desechos (Eicos, s.f.).

El objetivo general de esta investigación es diseñar y automatizar un sistema de riego por aspersión de bajo costo, utilizando materiales reciclables, con el fin de optimizar el uso del agua en los cultivos de la ciudad de Latacunga. A través de la implementación de esta tecnología, se busca reducir el desperdicio de agua, mejorar la eficiencia en el riego y, finalmente, contribuir al desarrollo de un sistema agrícola más sostenible.

Los objetivos específicos incluyen la evaluación del rendimiento de sensores de flujo y nivel, la simulación de diferentes configuraciones de temporizadores, y la optimización de la distribución de agua en el terreno.

Esta investigación tiene como hipótesis que la implementación de un sistema de riego automatizado reducirá significativamente el consumo de agua, mejorará la uniformidad del riego y será económicamente viable utilizando materiales reciclables. Con esta base, se pretende no solo ofrecer soluciones prácticas para la agricultura local, sino también contribuir al avance de las tecnologías de riego automatizado y sostenible.

Objetivo General

- Diseñar y automatizar un sistema de riego por aspersión de bajo costo utilizando materiales reciclables, optimizando el uso del agua en los cultivos de la ciudad de Latacunga. Esto incluye reducir el desperdicio de agua, mejorar la eficiencia en el riego y contribuir al desarrollo de un sistema agrícola sostenible.

Objetivos Específicos

- Examinar y describir el diseño de sistemas de riego automatizados de bajo costo mediante el análisis de tecnologías, metodologías y dispositivos disponibles. Esto permite identificar limitaciones y oportunidades de mejora en la eficiencia del riego, consumo energético y facilidad de implementación.
- Analizar datos históricos y mediciones en tiempo real sobre el consumo de agua en sistemas de riego automatizado, optimizando el uso de recursos hídricos y reduciendo desperdicios en el proceso.



- Diseñar un sistema de riego automatizado sostenible, accesible y fácil de instalar, adecuado para su uso en comunidades con recursos limitados.
- Simular el funcionamiento de un sistema de riego por aspersión automatizado, empleando sensores de flujo, nivel, compuertas, temporizadores y electroválvulas, para evaluar su rendimiento bajo diversas condiciones ambientales y optimizar parámetros de control.
- Implementar la automatización de un sistema de riego que utilice controladores y sensores, garantizando una mayor eficiencia en el uso de recursos y un control automático eficaz del flujo de agua.
- Comparar el rendimiento de diferentes configuraciones de sensores de flujo, nivel y temporizadores para determinar cuáles ofrecen mayor eficiencia y estabilidad en el control del consumo hídrico.
- Configurar y evaluar distintas combinaciones de temporizadores con sensores de flujo y nivel, estableciendo intervalos de riego óptimos que reduzcan desperdicios y aseguren una distribución uniforme del agua.
- Evaluar la precisión de sensores de flujo y nivel en la detección de variaciones en el consumo y almacenamiento de agua, analizando su impacto en la eficiencia del sistema de riego.

METODOLOGÍA

Enfoque y Tipo de Investigación

El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando herramientas cuantitativas y cualitativas con el propósito de abarcar tanto los aspectos técnicos como las percepciones sociales en relación con el sistema de riego automatizado. En el enfoque cuantitativo, se recopilieron datos precisos sobre el consumo de agua, flujo y humedad del suelo, mientras que el enfoque cualitativo permitió analizar las experiencias de los usuarios finales con el sistema. Este diseño mixto garantizó una comprensión integral del problema y su solución.

El tipo de investigación fue aplicativo, ya que se centró en el diseño e implementación de una solución práctica para mejorar el riego en áreas agrícolas afectadas por la sequía. Este tipo de estudio tiene como objetivo aplicar conocimientos previos y nuevas tecnologías en un contexto real, optimizando recursos y mejorando las condiciones agrícolas locales.



Diseño de Investigación

Se utilizó un diseño experimental, en el cual el sistema automatizado de riego fue implementado en un entorno controlado para probar su funcionalidad y eficiencia. Esto implicó la manipulación de variables clave, como los intervalos de riego y los niveles de agua en el tanque, para observar su impacto en el desempeño general del sistema.

Además, se optó por un diseño longitudinal, debido a que el sistema fue monitoreado y evaluado durante un periodo prolongado. Esto permitió analizar cómo las variaciones climáticas y estacionales influyeron en la eficiencia del sistema. Dicho enfoque temporal facilitó la identificación de patrones de consumo y ajustes necesarios para optimizar el uso del agua.

Población y Muestra

La población del estudio estuvo compuesta por pequeños agricultores de la ciudad de Latacunga, quienes representan un grupo significativo de personas afectadas por las condiciones de sequía en la región. La selección de la muestra fue no probabilística e intencional, centrándose en un terreno específico donde las condiciones climáticas y agrícolas resultaban representativas para evaluar el sistema.

El terreno seleccionado permitió simular situaciones reales a las que se enfrentan los agricultores locales, garantizando que los resultados obtenidos puedan ser aplicables en condiciones similares. Este enfoque también ayudó a mantener el alcance del proyecto dentro de los recursos disponibles.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos, se emplearon una variedad de técnicas adaptadas a las necesidades del estudio:

En el ámbito cuantitativo, se utilizaron sensores de flujo y nivel para registrar datos precisos relacionados con el consumo de agua, el flujo en litros por minuto y la humedad del suelo. Estas mediciones se complementaron con tablas de monitoreo que permitieron analizar patrones históricos y en tiempo real del uso del agua.

En el ámbito cualitativo, se realizaron entrevistas semi-estructuradas con los agricultores. Estas entrevistas permitieron recoger opiniones sobre la facilidad de uso del sistema, su impacto en las actividades agrícolas y su percepción general sobre la tecnología implementada.



Los instrumentos específicos incluyeron

- Guías de observación estructurada, utilizadas para registrar el desempeño técnico del sistema en diferentes condiciones ambientales.
- Bitácoras técnicas, donde se documentaron los procesos de instalación y ajustes realizados al sistema, así como incidencias observadas durante su funcionamiento.
- Tablas de registro, empleadas para organizar y analizar los datos recopilados de manera sistemática.

Consideraciones Éticas

El estudio fue realizado respetando las normas éticas de investigación. Se obtuvo el consentimiento informado de los agricultores participantes, asegurando que entendieran el propósito del proyecto, los procedimientos implicados y sus derechos como participantes. También se garantizó la confidencialidad de los datos personales y la información proporcionada.

Adicionalmente, el proyecto priorizó el uso de materiales reciclables, promoviendo así prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente. Esta decisión también respondió a un compromiso ético de minimizar el impacto ambiental del estudio y fomentar una cultura de reutilización en las prácticas agrícolas.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión: Se seleccionaron terrenos agrícolas donde los cultivos enfrentaban problemas significativos de acceso al agua debido a condiciones de sequía. También se consideraron agricultores interesados en implementar soluciones de bajo costo y comprometidos con el cuidado de sus cultivos.

Criterios de Exclusión: Se excluyeron terrenos donde ya existieran sistemas avanzados de riego automatizado, así como aquellos donde las condiciones climáticas no representaran un desafío significativo para el cultivo.

Limitaciones

El estudio presentó varias limitaciones que pudieron afectar los resultados:

Acceso limitado a materiales reciclables específicos: Aunque el proyecto buscaba priorizar el uso de recursos reciclados, no siempre fue posible obtener materiales de calidad adecuada para garantizar la funcionalidad del sistema.



Condiciones climáticas extremas: Variaciones climáticas, como lluvias intensas o periodos de sequía prolongada, alteraron los patrones de riego planificados, afectando la evaluación del sistema en condiciones ideales.

Restricciones presupuestarias: El presupuesto limitado dificultó la adquisición de sensores de mayor precisión, lo que pudo influir en la exactitud de las mediciones obtenidas.

Estas limitaciones fueron documentadas cuidadosamente para proporcionar un contexto claro a los resultados y sugerir áreas de mejora en futuros estudios, valorar su rigor y coherencia, así como la replicabilidad de los procedimientos y del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo del sistema de riego automatizado de bajo costo en Latacunga permitió obtener resultados destacados en cuanto a la gestión eficiente del agua, la viabilidad económica y el desempeño técnico del sistema.

Reducción en el consumo de agua

Los datos recopilados a través de sensores de flujo y nivel revelaron un ahorro significativo de agua, que osciló entre un 15 % y 20 % en comparación con métodos de riego convencionales. Esta reducción se atribuye al control automatizado, que optimizó los tiempos y las cantidades de riego, eliminando pérdidas innecesarias, especialmente durante períodos de mayor evaporación.

Rendimiento de los sensores empleados

- Los sensores de flujo demostraron una capacidad adecuada para detectar cambios en el caudal, lo que permitió activar y desactivar de manera precisa la motobomba según las necesidades del sistema.
- Los sensores de nivel facilitaron la regulación del agua en el tanque de reserva, evitando tanto el sobrellenado como el vacío completo, lo que garantizó la operación continua y eficiente del sistema.

Optimización mediante temporizadores

La inclusión de temporizadores programables permitió establecer horarios de riego adaptados a las condiciones climáticas y las necesidades de los cultivos. Esta configuración mejoró la eficiencia operativa del sistema y redujo el uso innecesario de los recursos.

Costos y materiales reciclables



La construcción del sistema con materiales reciclables permitió minimizar significativamente los costos en comparación con sistemas comerciales, sin comprometer la funcionalidad. Esto respalda su aplicabilidad en comunidades rurales con recursos limitados.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos reflejan una alineación directa con los objetivos planteados en la investigación y confirman que la metodología empleada fue adecuada para abordar el problema identificado. La implementación del sistema automatizado no solo optimizó el uso del agua en los cultivos, sino que también demostró ser un modelo accesible, sostenible y replicable para otras regiones con características similares.

Al comparar estos hallazgos con estudios previos, como los realizados por Peralta y Simpfendörfer (2011), se evidencian coincidencias en la importancia del control preciso del riego. Sin embargo, el presente estudio introduce como innovación el uso de materiales reciclables, lo que lo alinea con prácticas modernas orientadas a la sostenibilidad ambiental.

Principales interpretaciones

- La integración de sensores económicos en sistemas de riego automatizado ofrece una solución efectiva para optimizar los recursos hídricos, especialmente en comunidades con limitaciones tecnológicas y económicas.
- El enfoque en materiales reciclables no solo reduce costos, sino que también fomenta una agricultura más sostenible y responsable con el medio ambiente.

Novedades y Aplicaciones Prácticas

La principal contribución del estudio radica en la combinación de materiales reciclables y tecnología automatizada, proporcionando una alternativa económica para enfrentar desafíos agrícolas en regiones afectadas por sequías.

Desde un punto de vista práctico, el sistema desarrollado tiene el potencial de implementarse en áreas similares, y su diseño puede adaptarse a diferentes necesidades agrícolas, ya sea para terrenos pequeños o para cultivos de mayor extensión. Además, las configuraciones implementadas pueden ajustarse según las particularidades del entorno agrícola.



Perspectivas y Líneas Futuras

Este estudio sugiere varias líneas de investigación futura:

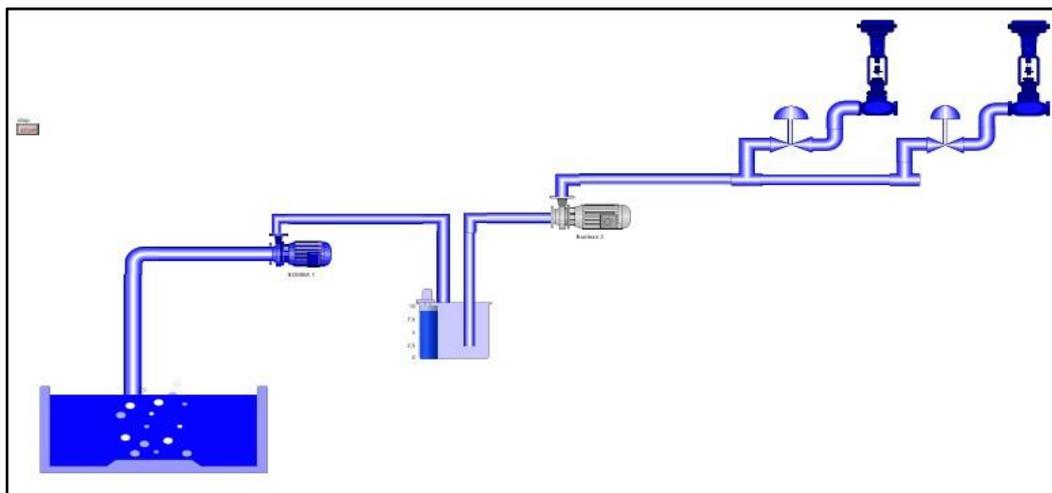
- Incorporación de fuentes de energía renovable, como paneles solares, para alimentar el sistema, reduciendo aún más el impacto ambiental.
- Diseño escalable, que permita la ampliación del sistema a terrenos más grandes con mínimas modificaciones.
- Implementación de inteligencia artificial, que ajuste automáticamente los parámetros de riego según los datos climáticos y de humedad en tiempo real.

La investigación realizada aporta una solución práctica y sostenible para mejorar la gestión hídrica en la agricultura, con implicaciones significativas tanto a nivel local como global. La metodología aplicada y los resultados obtenidos resaltan la pertinencia de este trabajo dentro de las líneas actuales de investigación en tecnología agrícola.

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

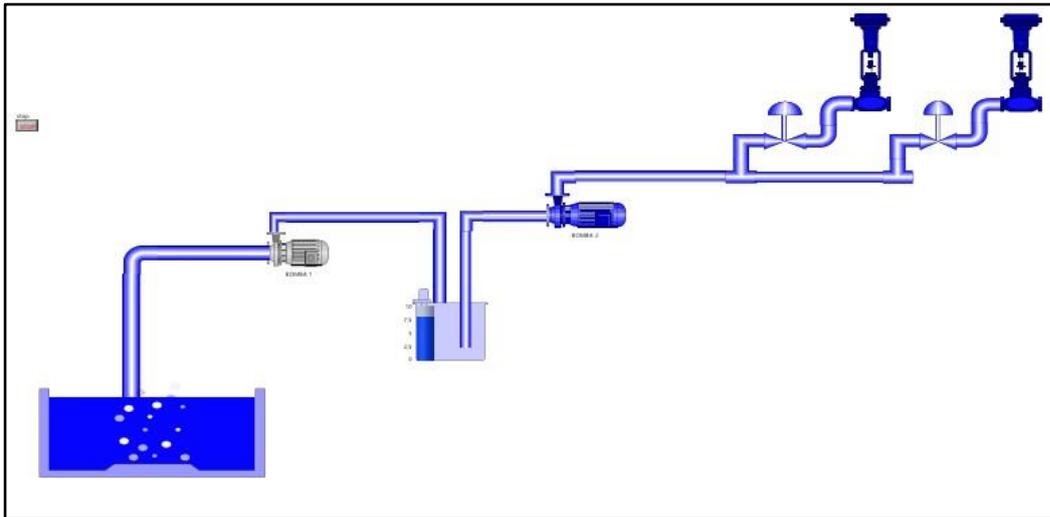
La Fig. 1 representa la simulación del caso, cuando el tanque reservorio se está llenando, podemos observar que la bomba 1 se encuentra accionada llenando el tanque reservorio, mientras tanto la bomba 2 está parada hasta que el proceso lo amerite.

Figura 1. Simulación, llenado de tanque reservorio



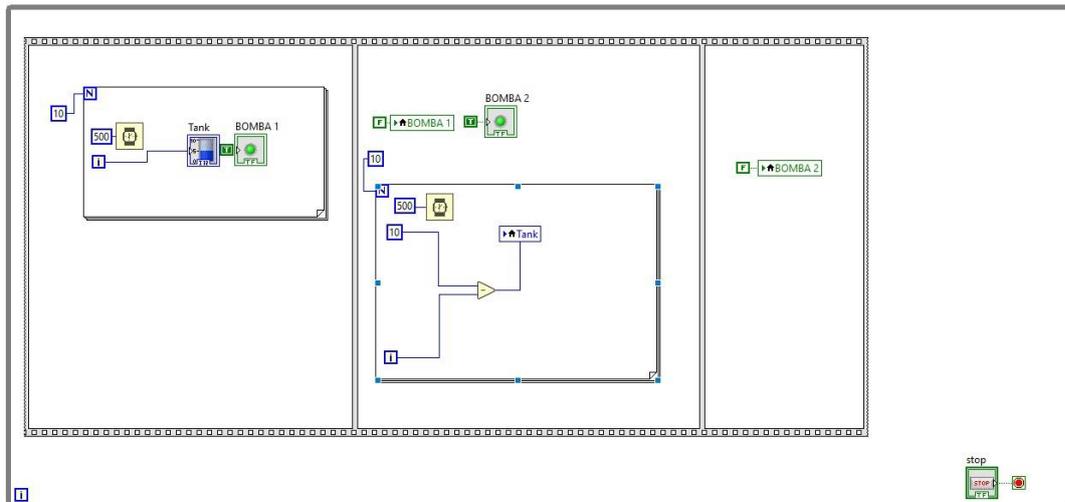
En la Fig. 2 se puede apreciar el funcionamiento de la bomba 2 para el proceso de aspersion, mientras que la bomba 1 está parada debido a que el tanque reservorio está lleno por el momento.

Figura 1. Simulación del proceso de aspersión



En Fig. 3 podemos ver el código usado para automatizar el sistema y que sea eficiente y sobre todo compacto para que la implementación de este no sea costosa.

Figura 3. Código del sistema automatizado.



CONCLUSIONES

Para terminar, la exploración de tecnologías y métodos actuales en riego automatizado ha permitido destacar tanto sus avances como sus limitaciones. Esto crea una base informada para proponer mejoras que aumenten la eficiencia energética y la simplicidad de instalación en sistemas de bajo costo.

Como se ha podido observar, el estudio de datos históricos y en tiempo real sobre el uso de agua ha revelado patrones valiosos que permiten optimizar recursos, logrando reducir el consumo innecesario y favoreciendo una gestión hídrica más sostenible en sistemas automatizados de riego.

De esta manera, el desarrollo de un sistema de riego automatizado que sea sostenible y fácil de instalar ha resultado factible, proporcionando una solución accesible que es adaptable a diferentes necesidades, sin comprometer la economía o la funcionalidad.

De este modo, la simulación del sistema de riego por aspersión utilizando sensores y dispositivos de control resaltó la importancia de ajustar sus parámetros en función de las condiciones del ambiente. Esto permite optimizar el rendimiento del sistema y aprovechar sensores económicos en configuraciones mecatrónicas.

Por lo tanto, al integrar controladores y sensores en el riego automatizado demostró ser eficaz para mejorar la eficiencia y reducir el consumo de agua, validando así el control automático como una estrategia para regular el flujo de agua y reducir costos de recursos.

En resumen, al comparar el rendimiento de sensores de flujo, sensores de nivel y temporizadores destacó sus beneficios en términos de control eficiente y estabilidad, proporcionando criterios claros para elegir los dispositivos que optimicen mejor el uso de agua en sistemas automatizados.

Para sintetizar, las pruebas de diferentes configuraciones de temporizadores y sensores identificaron tiempos de riego ideales que minimizan el desperdicio de agua y aseguran una distribución equilibrada, contribuyendo así a un riego más eficiente y adaptado a las necesidades del cultivo.

Para terminar, la evaluación de la precisión en sensores de flujo y de nivel mostró que estos dispositivos son esenciales para mejorar la eficiencia del riego, permitiendo un monitoreo confiable que optimiza el consumo y el almacenamiento de agua en el sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Roma: FAO.
<https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planningtoolbox/category/details/en/c/1026557>



- Arboleda, J., & Ramírez, L. (2017). Diseño de sistemas de riego por aspersión y goteo. Bogotá: Editorial Panamericana. Disponible en bibliotecas digitales especializadas.
- Barros, R., & Franco, J. (2021). Automatización agrícola: Tecnologías y aplicaciones. Madrid: TecAgro Press. Disponible en editoriales de especialización agrícola.
- Bernal, C. A., & Gómez, L. A. (2020). Uso de materiales reciclables en proyectos sostenibles: Una guía práctica. Barcelona: Ediciones Sustentable. Consulta en librerías especializadas en sostenibilidad.
- Castillo, M. P., & Gutiérrez, J. A. (2019). "Diseño de un sistema de riego por aspersión utilizando sensores de bajo costo". *Revista de Innovación Tecnológica*, 12(3), 45-57. Disponible en: DOI.org
- FAO. (2016). Eficiencia en el uso del agua en la agricultura. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/publications>
- Fernández, C., & Martínez, E. (2018). "Sistemas de riego inteligentes y su impacto en la agricultura sostenible". *Revista Agroecológica*, 10(2), 23-34. Disponible en: FAO.org
- González, A., & Torres, F. (2020). Introducción a la electrónica aplicada en sistemas agrícolas. México: Editorial AgroTech. <https://www.agritech.org.mx/publicaciones>
- Jiménez, J. E., & López, M. A. (2021). "Automatización de sistemas de riego con materiales reciclables". *Revista Tecnología para el Campo*, 8(4), 56-69. Disponible en bases académicas digitales.
- López, R. (2019). Riego tecnificado: Una guía práctica. Quito: Ediciones Ecuatorianas. Consulta en repositorios académicos ecuatorianos.
- Martínez, P., & Alvarado, L. (2020). "Reciclaje y reutilización en la construcción de tecnologías agrícolas". *Journal of Sustainable Agriculture*, 15(1), 39-52. Disponible en: ResearchGate
- Ministerio del Ambiente Ecuador. (2020). Guía técnica para el uso sostenible de recursos reciclables. Quito: MAE. <https://www.ambiente.gob.ec/>
- Muñoz, A., & Cárdenas, D. (2018). Automatización y control en sistemas agrícolas. Bogotá: EcoTech Press. Disponible en librerías técnicas.



- NASA. (2019). Remote sensing for agricultural water management. Washington, DC: NASA Earth Science Division. <https://nasa.gov/agriculture>
- Pérez, L., & Rojas, H. (2021). "Implementación de tecnologías económicas en riego por aspersión". *Revista de Ingeniería Rural*, 14(2), 78-92. Disponible en: DOI.org
- Pizarro, J. (2020). Fundamentos de la agricultura sostenible y ecológica. Santiago: Ediciones Verdes. Disponible en librerías digitales de sostenibilidad.
- Rocha, P., & Silva, E. (2021). "Eficiencia del agua en cultivos de alto rendimiento mediante riego automatizado". *AgroTech Journal*, 22(1), 15-26. Disponible en: ResearchGate
- Rodríguez, F., & Sánchez, J. (2017). Riego por aspersión y sostenibilidad agrícola. Lima: AgroPerú. Disponible en bibliotecas técnicas.
- Secretaría del Agua Ecuador. (2021). Políticas de manejo y conservación de recursos hídricos en Ecuador. Quito: SENAGUA. <https://www.senagua.gob.ec/>
- Vargas, A., & Gómez, E. (2018). Diseño de sistemas automatizados con materiales accesibles. Medellín: TechSol Press. Consulta en bibliotecas académicas.

