



**Donde la energía del sol y la tierra se unen para construir
un futuro sostenible y en armonía con el ambiente.**



Información Legal

Geovoltaica Revista de Energía y Sostenibilidad, Año 1, Número 1. Enero-Abril 2025, es una publicación cuatrimestral, editada por el Dr. Néstor Daniel Galán Hernández, Coto 12 Número 4902, Real del Valle, 82124 Mazatlán, Sinaloa, México, <https://www.revistageovoltaica.com> E-mail: editor@revistageovoltaica.com. Editores responsables: Dr. Eber Enrique Orozco Guillén, Dr. Guillermo Rubio Astorga y Dr. Erik Vázquez Fernández. Reserva de derechos al uso exclusivo En trámite, ISSN: En trámite. Ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dr. Néstor Galán. Real del Valle, Coto 12, Núm 4902. Código Postal 82124. Fecha de última Actualización 07 de Marzo de 2025. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación.



GEOVOLTAICA

Revista de Energía y Sostenibilidad



revistageovoltaica.com

Editorial

Innovar, colaborar y transformar: Nuestro rol en la construcción de un futuro sostenible"

En el escenario actual, donde los desafíos energéticos y ambientales demandan soluciones innovadoras y sostenibles, nace Geovoltaica, una publicación dedicada a explorar y analizar las intersecciones entre energía, sostenibilidad y desarrollo tecnológico. Este primer número marca el inicio de un espacio de diálogo y reflexión sobre temas de importancia para el sector académico, profesional y público en general. La crisis climática ha dejado de ser una advertencia para convertirse en una realidad que exige acciones inmediatas y efectivas. El incremento en las emisiones de gases de efecto invernadero, junto con el agotamiento de recursos naturales, nos urge a repensar nuestros modelos de producción y consumo energético. En este contexto, las energías renovables son alternativas viables para la supervivencia y el desarrollo sostenible.

Geovoltaica se propone como una plataforma para explorar investigaciones e innovaciones en tecnologías limpias, desde los avances en energía solar fotovoltaica y eólica hasta las prometedoras aplicaciones del hidrógeno verde. Nuestro compromiso es presentar investigaciones rigurosas, análisis técnicos y casos de estudio que demuestren la viabilidad y eficiencia de estas soluciones. La calidad y eficiencia energética ocupan un lugar central en nuestra agenda editorial. Entendemos que la transición hacia un futuro sostenible requiere no solo de nuevas fuentes de energía, sino también de una gestión más inteligente y eficiente de los recursos existentes. Las Smart Grids, el almacenamiento energético y las tecnologías de gestión de la demanda son temas que requieren análisis en profundidad.

El cambio climático, como fenómeno global, exige respuestas coordinadas y multidisciplinarias. Por ello, nuestras páginas darán cabida a voces expertas de diversos campos: ingeniería, ciencias ambientales, economía y política energética. Esta aproximación holística nos permitirá abordar la complejidad de los retos actuales desde múltiples perspectivas. Geovoltaica nace con la convicción de que el conocimiento y la difusión de información técnica especializada son fundamentales para impulsar la transición energética. Invitamos a investigadores, profesionales y expertos del sector a contribuir con sus conocimientos y experiencias en los próximos números.

En este primer número, presentamos una selección de artículos que abordan desde innovaciones en tecnología fotovoltaica para alumbrado público, hasta estrategias de control y eficiencia energética en entornos rurales con mecanismos de automatización. Cada texto ha sido cuidadosamente seleccionado y se ha adoptado el sistema de arbitraje doble ciego para ofrecer información relevante y actualizada, manteniendo el rigor técnico que caracterizará a nuestra publicación.

En un mundo donde la sostenibilidad energética se ha convertido en un imperativo global, Geovoltaica se compromete a ser un referente en la difusión de conocimiento técnico y científico sobre energías limpias y desarrollo sostenible. A quienes investigan, desarrollan y cuestionan los paradigmas actuales: esta es su plataforma. Porque cada hallazgo, cada modelo y cada solución aplicada nos acercan a un mundo más eficiente, resiliente y equitativo.

Esperamos que este primer número sea el inicio de un diálogo productivo y constructivo sobre el futuro energético.

Dr. Néstor Daniel Galán Hernández

Editor en jefe

Geovoltaica

Revista de Energía y Sostenibilidad

Comité Editorial

- **Dr. Néstor Daniel Galán Hernández**
Universidad Politécnica de Sinaloa, México.
- **Dr. Eber Enrique Orozco Guillén**
Universidad Politécnica de Sinaloa, México.
- **Dr. Guillermo Rubio Astorga**
Tecnológico Nacional de México, México
- **Dr. Erik Eduardo Vázquez Fernández**
Universidad De Colima, México

Comité Científico

- **Dr. Javier Bernardo Cabrera Mejia**
Universidad Católica de Cuenca, Ecuador.
- **Dr. Mario Luna Risco**
Universidad de Medellín. Colombia
- **Dra. Nildia Yamileth Mejias Brizuela**
Universidad Politécnica de Sinaloa, México.
- **Dra. Dulce Ambriz Pérez**
Universidad Nacional Autónoma de México.
- **Dr. David Ulises Santos Ballardo**
Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, México.
- **Dr. José Adán Hernández Nolasco**
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.
- **Dr. Jorge Alberto Pérez Mendoza**
Instituto Politécnico Nacional, México.
- **Dr. Denis Javier Aranguri Cayetano**
Universidad del Santa, Perú
- **Dr. José Gregorio Marcano**
Universidad de Carabobo, Venezuela.

- **Gestión de Medios**
Ing. Jean Carlos Velarde Meza

- **Dirección de asuntos legales.**
Roberto Nila Higuera

CONTENIDO

- 7** **Diseño de control y monitoreo para sistema de riego en invernadero escala piloto.**
- 12** **Viabilidad sostenible de sistemas de alumbrado público y videovigilancia alimentados con energía solar fotovoltaica en las Islas Galápagos.**
- 21** **Transición Energética para un Mundo más Sostenible: Análisis de Percepciones y Desafíos Actuales.**
- 31** **Desarrollo de un Sistema de Gestión Térmica para Paneles Solares en una Estación de Carga para Vehículos Eléctricos.**
- 42** **Modelado e implementación de sistema mecánico masa-resorte-amortiguador: Una revisión.**
- 51** **Algoritmo de Seguimiento del Punto de Máxima Potencia para un Convertidor Elevador de un Sistema Fotovoltaico vía Control Predictivo basado en Modelos.**

Diseño de control y monitoreo para sistema de riego en invernadero escala piloto

Design of control and monitoring for irrigation system in a pilot scale greenhouse

Cesar Gerardo Parra¹, Roel Urquidez López¹, David Ríos Torres¹, David E. Castro Palazuelos¹, Julio C. Picos Ponce¹, Guillermo J. Rubio Astorga¹

¹Tecnológico Nacional de México Campus Culiacán, División de estudios de posgrado e investigación, guillermo.ra@culiacan.tecnm.mx

Resumen

El control y monitoreo de sistemas agrícolas es parte de la agricultura 4.0. La industria muestra una tendencia creciente al uso de estos sistemas, ya que resuelven problemas clave que afectan a la producción, la optimización de recursos y la seguridad. En este proyecto, se diseña e implementa, un sistema de control y monitoreo en un invernadero escala piloto. Para realizar este proyecto, se diseña un algoritmo de control con base al modelado de la bomba de riego, mediante el software de simulación MATLAB. El controlador, usa como retroalimentación un sensor de humedad de suelo. También, se diseña un sistema de comunicación para el monitoreo de los parámetros del invernadero en tiempo real, con el uso de un ruteador industrial y una plataforma digital. Esta permite almacenar los datos en la nube y configurar los parámetros del sistema de riego. Los resultados demuestran la posibilidad de mejorar la gestión de invernaderos y resolver las necesidades que enfrenta la agricultura, ante la alta demanda de productos agrícolas y los fenómenos climatológicos.

Palabras clave: Control, Monitoreo, Invernadero

Abstract

Control and monitoring of agricultural systems are integral parts of Agriculture 4.0. The industry shows a growing trend toward the use of these systems as they address key challenges affecting production, resource optimization, and safety. In this project, a control and monitoring system is designed and implemented in a pilot-scale greenhouse. To accomplish this, a control algorithm is developed based on the modeling of the irrigation pump using MATLAB simulation software. The controller uses a soil moisture sensor as feedback. Additionally, a communication system is designed for real-time monitoring of greenhouse parameters using an industrial router and a digital platform. This platform enables data storage in the cloud and allows the configuration of irrigation system parameters. The results demonstrate the potential to improve greenhouse management and address the challenges faced by agriculture, including the high demand for agricultural products and climate phenomena.

Keywords: Control, Monitoring, Greenhouse

Recibido: 04/12/2024; Aceptado 14/02/2025; Publicado 17/03/2025

Introducción

En México el sector agrícola consume el 76% del agua que se utiliza anualmente [1], sin embargo, alrededor del 50% se desperdicia [2]. Esto debido al uso de sistemas y técnicas de riego tradicionales como el riego por inundación, los cuales son poco eficientes en el uso del agua, por lo que tecnificar el sector agrícola es clave para reducir el desperdicio y aumentar la eficiencia [3].

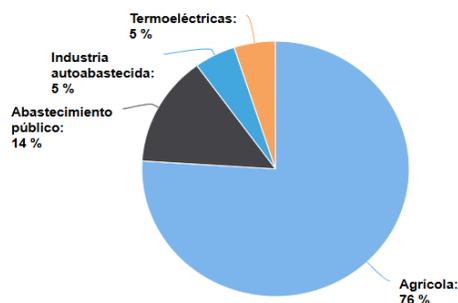


Figura 1. CONAGUA, estadísticas del agua en México 2018.

Satisfacer las necesidades de nutrición y riego de un cultivo es importante en la agricultura. Esto puede lograrse mediante la tecnificación de los sistemas de riego, lo cual no solo mejora en el uso del agua, sino que también contribuye a incrementar la producción y generar mayores beneficios económicos [4].

El monitoreo de las condiciones ambientales y de riego son fundamentales para mejorar la productividad y sostenibilidad de la agricultura [5]. Estas tecnologías pueden ser complementadas con el uso de la agricultura protegida, estas estructuras ofrecen protección y mejoran el desarrollo de los cultivos frente al cambio climático. Además, permiten ajustar las condiciones ambientales para satisfacer las necesidades específicas de los cultivos [6].

Los sistemas de riego tradicionales se aplican, en su mayoría, a partir de modelos de evapotranspiración [7], los cuales calculan la cantidad de agua necesaria para reponer las pérdidas ocasionadas por la evaporación y la transpiración de las plantas. Estos modelos están influenciados por factores climáticos como la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento [8].

La humedad del suelo es una variable de importancia para el desarrollo de los cultivos. Implementar sistemas de riego tecnificados para mantener niveles óptimos de humedad en un sistema de riego permite reducir el consumo de agua [9]. La aplicación de los algoritmos de control aplicados en la humedad de suelo en los sistemas de riego permite mantener esta variable en niveles adecuados para los cultivos, esto genera un crecimiento óptimo y disminuye el consumo hídrico [10].

En este trabajo, se realiza el diseño de control y monitoreo para un sistema de riego en invernadero escala piloto, con el uso de

componentes industriales como los controladores lógicos programables, enrutadores inalámbricos y conmutadores.

Fundamentación Teórica

La agricultura 4.0 surge como una analogía a la industria 4.0, también llamada cuarta revolución industrial, que se basa en un conjunto de tecnologías relacionadas con el manejo de información en tiempo real, especialmente en la cadena de producción [11]. En el caso de la agricultura consiste en la conectividad de la red interna y externa de las operaciones agrícolas, integrando la información en una misma plataforma que permite la toma de decisiones en tiempo real [12].

La agricultura de precisión se basa en el uso de información y herramientas de decisión que buscan mejorar la productividad y rentabilidad de los cultivos [13]. La agricultura 4.0, ha demostrado que la implementación de dichas tecnologías también mejora el desarrollo sustentable, al disminuir el desperdicio de insumos y al incrementar la producción [14].

El invernadero es una estructura con la forma de una casa, que se cubre con un material semitransparente para mantener un microclima artificial, con el control de flujo de agua y de temperatura para el crecimiento óptimo de las plantas [15]. El uso de invernaderos para la agricultura sustentable se fundamenta en el menor consumo de recursos, la mejora en calidad de cultivos, el control de enfermedades y plagas, lo que mejoran la reutilización de recursos y reduce la contaminación [16].

El control es de gran relevancia en la industria debido a sus aplicaciones y resultados positivos. La ingeniería y la ciencia busca crear algoritmos precisos y robustos ante las perturbaciones. Para su diseño se requiere modelar la dinámica del sistema o el desarrollo de un modelo matemático, ya que este permite evaluar y seleccionar el algoritmo de control más adecuado [17].

El control Proporcional-Integral-Derivativo (PID) es uno de los algoritmos más aplicados en la industria. Su relevancia aumentó en 1942, cuando Ziegler y Nichols desarrollaron un método de sintonización. Desde entonces, han surgido diversas variantes, no obstante, la configuración más utilizada en su forma original es la de tipo paralelo [18].

Metodología

Se realiza el diseño de una red para el sistema de monitoreo de un invernadero, con el uso de "routers" y "switches" industriales. Estos se utilizan para crear una red local, donde se conectan los dispositivos de adquisición de datos. Para este caso se utiliza un ruteador de conectividad 3G modelo DX-2100, para establecer la comunicación

con la nube mediante la red celular, este enrutador obtiene información de las variables del controlador lógico programable (PLC) AS218-TX, además se utiliza una pantalla HMI (*Human Machine Interface*) para el monitoreo físico del invernadero y la extracción de datos.

Las variables de interés se obtienen mediante sensores, como los de humedad de suelo (ECH20 EA-10), este sensor requiere un voltaje de 7 a 32 VCD con una salida analógica de 4-20 mA y una precisión de medición de $\pm 2\%$. También, se utiliza un sensor de humedad y temperatura ambiente (THD100), requiere 24 VCD de alimentación, su salida es de 4-20 mA, su precisión para la temperatura es de $\pm 1\%$ y $\pm 2\%$ para la humedad relativa y el rango de medición de la temperatura es de -20 a 60 °C. por último, se utiliza un sensor de caudal de efecto hall (YF-S201), el voltaje de alimentación de este sensor es de 5 a 24 VCD, el rango de medición es de 1-30 L/min y tiene una precisión de $\pm 10\%$.

Una vez se registran los valores de las variables del invernadero, se pasan al ruteador, este los envía mediante la red celular 3g y los almacena en la plataforma digital DIACloud de la nube. En la figura 2 se muestra el diagrama de red para la adquisición de estos datos. Lo primero es obtener los datos de los sensores y actuadores mediante el PLC, este a su vez envía los datos al conmutador para que los reciba el enrutador y la pantalla HMI, una vez los datos son recibidos por el enrutador, los transfiere de forma inalámbrica a las torres de comunicación celular para que lleguen los datos a la nube.

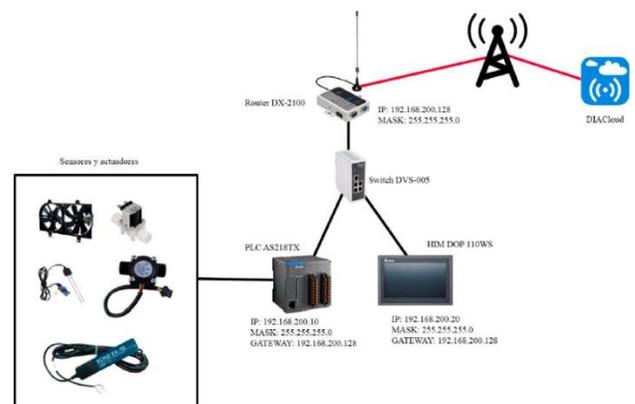


Figura 2. Diagrama de red para adquisición de datos en invernadero

Para realizar el algoritmo de control aplicado un sistema de riego es necesario considerar el modelado de la bomba de riego, gracias a que la bomba tiene un motor en su interior se toma el modelo del motor de CD de imanes permanentes. A continuación, se describe la ecuación del comportamiento de este motor.

$$\frac{K_m}{(L_a * J)s^2 + (L_a * b + R_a * J)s + (R_a * b + K_m * K_b)} \quad (1)$$

Donde,

K_m = Constante de torque del motor.

L_a = Inductancia del devanado del motor.

J = Momento de inercia del rotor.

b = Coeficiente de fricción viscosa.

R_a = Resistencia del devanado del rotor.

K_b = Constante de voltaje.

Para realizar la simulación del modelo, se utiliza el *software* Simulink, donde se diseña el controlador PID que permite tener un control del flujo de agua de la bomba. En la figura 3, se muestra el diagrama del modelado de la bomba de la ecuación (1) y su bloque correspondiente de control PID, además de compararlo con un PID de sintonización propia.

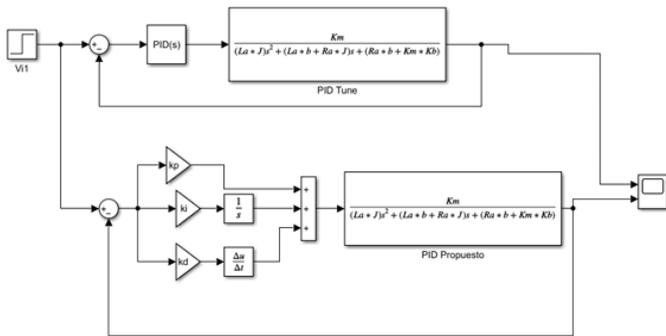


Figura 3. Diagrama en lazo cerrado del motor con PID.

Los valores de las constantes sintonizadas del controlador PID se obtienen mediante el comando *autotuning* de Simulink, además se incluyen los valores de sintonización de la propuesta propia. Estos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de ganancia del controlador PID.

	Kp	Ki	Kd
Valor de la ganancia <i>autotuning</i>	0.25701453	1.23307502	0.01156649
Valor de la ganancia Propuesto	8.2865	1.1189	0.0781

Resultados

El diseño realizado para el monitoreo y control de las variables físicas del sistema riego de invernadero muestra la información obtenida en el invernadero mediante los sensores y el PLC. Esto permite analizar la

información de manera gráfica y tabular como se observa en la figura 4 y 5 respectivamente.

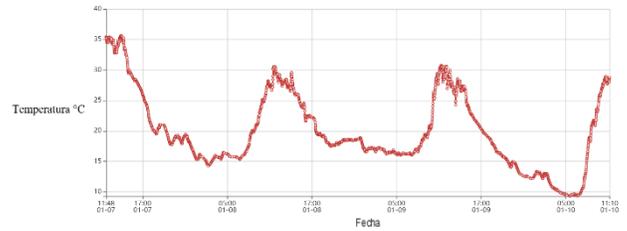


Figura 4. Gráfica de temperatura mediante sistema de monitoreo

Time	Value
2024-12-10 11:56:53.5	55000
2024-12-10 12:03:25.5	70000
2024-12-10 12:03:32.5	75000
2024-12-10 12:03:35.5	70000
2024-12-10 12:03:38.5	55000
2024-12-10 12:03:41.5	75000
2024-12-10 12:03:45.5	50000
2024-12-10 12:03:48.5	75000
2024-12-10 12:03:54.5	55000
2024-12-10 12:03:57.5	75000
2024-12-10 12:04:00.5	70000
2024-12-10 12:04:04.5	75000
2024-12-10 12:04:07.5	55000
2024-12-10 12:04:13.5	75000
2024-12-10 12:04:16.5	55000

Figura 5. Datos obtenidos mediante el sistema de monitoreo.

En el sistema se pueden modificar los parámetros de las variables mediante la plataforma digital, lo que permite realizar cambios y correcciones de forma inmediata remotamente, como se observa en las figuras 6 y 7, donde se modifica la variable "Setpoint", esta cuenta con un valor de 0 y al realizar el cambio en la plataforma, es posible modificar el valor en el PLC sin la necesidad de estar físicamente en el invernadero.

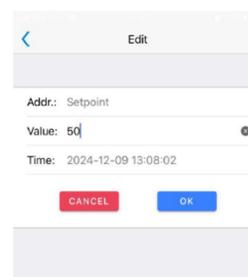


Figura 6. Configuración de parámetros mediante plataforma digital



Figura 7. Cambio de parámetros reflejado en el sistema de control.

Otro beneficio de un sistema de monitoreo remoto en invernaderos es el GPS, que al utilizar esta ventaja podemos tener distintos invernaderos y saber cuál de ellos es el que se está monitoreando. Esto se puede observar en la figura 8

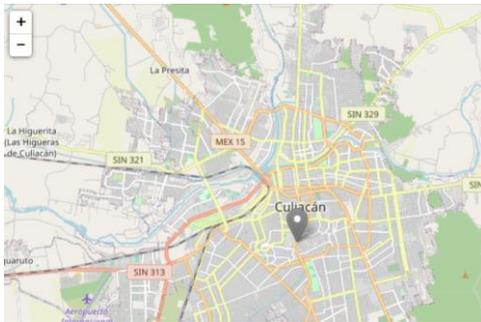


Figura 8. Localización del invernadero mediante GPS.

En la figura 9 se puede observar los resultados de la implementación de los controladores PID. Se puede observar que el controlador PID propuesto (rojo) no tiene un sobre impulso y el PID con *autotuning* presenta un sobre impulso del 18.125%. El controlador propuesto tiene una mayor aplicabilidad, al no tener sobre impulso, se puede implementar sin riesgos y temor a un daño futuro en las bombas de riego.

También, se mide el tiempo con el que se llega a la referencia, donde el controlador PID *autotuning* llega a la referencia en 0.0338s y el controlador propuesto llega en 0.0346s, sin embargo, PID propuesto alcanza la estabilidad en un tiempo de 0.059s, mientras que el otro controlado se estabiliza en 0.57s. El PID propuesto se muestra como una alternativa más estable, segura y eficiente, lo que lo hace ideal para sistemas donde la estabilidad y la vida útil de los componentes son importantes.

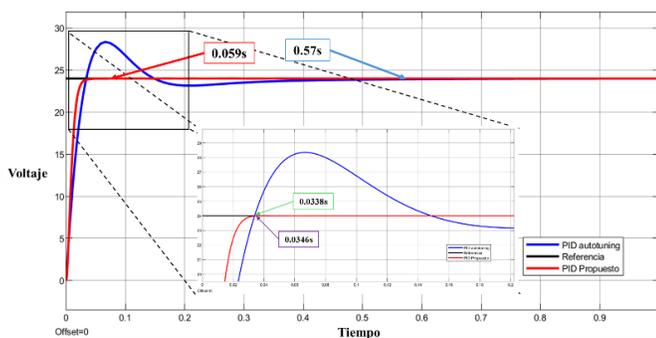


Figura 9. Respuesta a 24 volts, del PID tune y del PID propuesto.

Conclusiones

El diseño e implementación del sistema de monitoreo y control en el invernadero permite supervisar las variables de interés, esto facilita ajustes remotos mediante una plataforma DIACloud. El añadir un controlador PID propuesto a la bomba de riego, demuestra una mejora en la estabilidad del sistema de riego en comparación con el controlador *autotuning*.

Los resultados muestran que el controlador PID propuesto elimina el sobre impulso, a diferencia del PID *autotuning*, que presenta un sobre impulso del 18.125%, lo que puede generar daños en las bombas de riego. Además, aunque el PID *autotuning* llega a la referencia más rápido (0.0338s frente a 0.0346s del propuesto), su estabilización ocurre después (0.57s), mientras que el PID propuesto se estabiliza de en un tiempo menor (0.059s).

Esta mejora en la estabilidad permite reducir el desgaste de los actuadores y aumenta su vida útil. También disminuye costos de mantenimiento. El controlador PID propuesto es una solución segura y confiable para aplicaciones en los sistemas de riego, donde la precisión y la estabilidad son factores fundamentales.

Referencias

- [1] CONAGUA, “Estadísticas del Agua en México 2021,” Oct. 2022. [Online]. Available: https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/PDF/EAM_2021.pdf
- [2] SEMARNAT, “Decreto por el que se aprueba el Programa Nacional Hídrico 2020-2024,” 2020. Accessed: Mar. 05, 2024. [Online]. Available: https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/pnh/PNH_2020_2024.pdf
- [3] B. Bringas Burgos, I. Mendoza Muñoz, C. Navarro González, Á. González Ángeles, and G. Jacobo Galicia, “Análisis de sistemas de riego por gravedad y goteo subsuperficial basada en una encuesta de muestra de conveniencia en el valle de Mexicali,” Revista Vínculos, vol. 5, no. 3, pp. 13–32, 2020, doi: 10.24133/vinculospe.v5i3.1725.
- [4] M. Olvera-Salgado, G. Bahena-Delgado, Ó. Alpuche-Garcés, and F. García-Matías, “La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos. Estudio de caso en Chihuahua, México,” Ambiente Y Desarrollo, vol. 18, no. 35, pp. 23–36, Jul. 2014, doi: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.AyD18-35.trea>.
- [5] S. I. Ossa Duque, “Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos,” Revista Vector, vol. 12, pp. 51–60, Jan. 2017, doi: 10.17151/vect.2017.12.6.
- [6] L. E. Barreto-Salazar, J. J. Rochín-Medina, G. J. Rubio-Astorga, D. U. Santos-Ballardo, and J. C. Picos-Ponce, “Evaluation of Serrano Pepper Crops Growth under Controlled Conditions of Vapor Pressure Deficit in a

Pilot-Scale Hydroponic Greenhouse,” *Processes*, vol. 11, no. 12, Dec. 2023, doi: 10.3390/pr11123408.

[7] R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, “Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements),” 1998.

[8] M. Azua Barron, R. Arteaga-Ramírez, M. A. Vázquez-Peña, and A. Quevedo-Nolasco, “Calibración y evaluación de modelos matemáticos para calcular evapotranspiración de referencia en invernaderos,” *Rev Mex De Cienc Agric*, vol. 11, no. 1, pp. 125–137, Feb. 2020, doi: 10.29312/remexca.v11i1.1906.

[9] L. Patroo, K. Thacooree, and A. Mungur, “A Smart Precision Irrigation and Monitoring System,” in *Lecture Notes in Electrical Engineering*, Springer Verlag, 2019, pp. 105–114. doi: 10.1007/978-3-030-18240-3_10.

[10] Á. León Mejía, N. Orrala Borbor, M. Arzube Mayorga, and A. Drouet Candell, “Efecto del riego deficitario controlado en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum L.*) Utilizando la tina de evaporación clase a, en Río Verde, Santa Elena, Ecuador,” *Revista Ciencia e Investigación*, vol. 5, no. 1, pp. 114–124, 2020, doi: 10.5281/zenodo.3599163.

[11] J. R. Valenzuela-García, B. E. De la Peña-Casas, and T. Gaytán-Muñiz, “Agricultura 4.0,” *Revista Agraria*, no. SE1, p. 3, May 2023, doi: 10.59741/agraria.v19iSE1.4.

[12] F. C. Lisbinski, D. D. Mühl, L. De Oliveira, and D. A. Coronel, “Perspectivas e desafios da Agricultura 4.0 para o setor agrícola,” VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio, p. 10, Nov. 2020.

[13] D. K. Shannon, D. E. Clay, and N. R. Kitchen, *Precision Agriculture Basics*. in ASA, CSSA, and SSSA Books. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, 2018. doi: 10.2134/precisionagbasics.

[14] I. Zambon, M. Cecchini, G. Egidi, M. G. Saporito, and A. Colantoni, “Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs,” *Processes*, vol. 7, no. 1, p. 36, Jan. 2019, doi: 10.3390/pr7010036.

[15] L. E. Barreto Salazar, “Desarrollo Del Control De DPV Para Cultivo Hidropónico En Un Microclima Artificial,” *Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Culiacán, Culiacan, Sinaloa*, 2023.

[16] S. Pallavi, J. D. Mallapur, and K. Y. Bendigeri, “Remote sensing and controlling of greenhouse agriculture parameters based on IoT,” in 2017 International Conference on Big Data, IoT and Data Science (BIG), IEEE, Dec. 2017, pp. 44–48. doi: 10.1109/BIG.2017.8336571.

[17] K. Ogata, *Ingeniería de control moderna*. Pearson Educación, 2010.

[18] R. P. Borase, D. K. Maghade, S. Y. Sondkar, and S. N. Pawar, “A review of PID control, tuning methods and applications,” *Int J Dyn Control*, vol. 9, no. 2, pp. 818–827, Jun. 2021, doi: 10.1007/s40435-020-00665-4.

Semblanza Autores



Cesar Gerardo Parra Ingeniero en Electrónica y estudiante de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería del Tecnológico Nacional de México, Campus Culiacán.



Roel Urquidez Lopez, Estudiante Ing. Electrónica, Tecnológico Nacional De México, Campus Culiacán.



Rios Torres David, Estudiante Ing. Electrónica, Tecnológico Nacional De México, Campus Culiacán.



David Enrique Castro Palazuelos Ingeniero Electrónico por el Tecnológico Nacional de México, Campus Culiacán (2000). Maestro en Ciencias en Telemática por la Universidad de Colima (2004) y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica con especialización en Telecomunicaciones por el CINVESTAV del IPN, Unidad Guadalajara (2015).



Julio Cesar Picos Ponce Ingeniero en Electrónica por el Tecnológico Nacional de México, Campus Culiacán (2003). Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica por el CINVESTAV del IPN, Unidad Guadalajara (2005). Doctor en Ciencias en Sistemas de Información por la Universidad Autónoma de Sinaloa, Campus Culiacán (2017).



Guillermo Javier Rubio Astorga Ingeniero Eléctrico por el Tecnológico Nacional de México, Campus Culiacán (1998). Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica (2001) y Doctor en Ciencias en Ingeniería Eléctrica (2013) por el CINVESTAV del IPN, Unidad Guadalajara.