

VeSePI: Vehículo Semiautónomo para mejorar la eficiencia de los Invernaderos

Marco Antonio Estevez-Arce¹, David Gaytán-Benitez¹, Cheng-Chieh Hsiung¹, Zizilia Zamudio-Beltrán²

¹Universidad La Salle México, Facultad de Ingeniería. Ciudad de México, México.

²Universidad La Salle México, Vicerrectoría de Investigación. Ciudad de México, México.

mestevez@lasallistas.org.mx, c.hc@lasallistas.org.mx,
david.gaytan@lasallistas.org.mx, zizilia.zamudio@lasallistas.org.mx

Resumen.

La agricultura es una actividad económica de suma relevancia, ya que permite satisfacer las necesidades de la sociedad. En este trabajo se propone desarrollar un prototipo que mejore y optimice las tareas de los agricultores, enfocándose en la reducción de costos y la eficiencia en el monitoreo y cuidado de los cultivos. Se busca lograr un costo bajo para que sea accesible a un amplio público, y se espera que tenga un impacto significativo en la productividad agrícola al permitir un mejor uso de los recursos mediante la incorporación de sensores de alta precisión.

Palabras Clave: Sensores, Semiautónomo, Remoto.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

En la actualidad, la implementación de tecnologías innovadoras y automatizaciones se ha vuelto crucial para simplificar nuestras vidas al eliminar tareas monótonas y repetitivas. Esta tendencia abarca una amplia gama de sectores, desde la industria hasta el hogar, y se enfoca principalmente en reducir costos y aumentar la eficiencia.

El enfoque en el sector agrícola surge de la necesidad de brindar soluciones a diversos desafíos. Por un lado, se busca proporcionar herramientas accesibles a la población que no cuenta con sistemas avanzados de mantenimiento y cuidado de cosechas. Por otro lado, se pretende abordar la problemática de la desaparición de pequeños negocios agrícolas debido al aumento en los costos de mano de obra y utensilios. El proyecto busca ofrecer alternativas que optimicen los recursos y faciliten la gestión de huertos y cultivos, permitiendo a los agricultores mejorar su productividad y rentabilidad.

Según la *Organisation for Economic Cooperation and Development* (2001), se destaca que generalmente hay poca motivación en el mercado para desarrollar tecnologías que promuevan los aspectos sociales y ambientales de los sistemas agrícolas sostenibles. Desde la perspectiva del agricultor y considerando las regiones en las que se encuentran ubicados los cultivos, se comprende la falta de incentivos para adoptar la automatización en sus prácticas debido a los altos costos asociados.

Este proyecto se enfoca en la agricultura con el objetivo de mejorar las labores diarias del personal, reducir la pérdida de insumos y garantizar una mayor precisión en las tareas. Para lograrlo, se propone el desarrollo de un vehículo semiautónomo equipado con sensores de temperatura,

humedad, CO₂, entre otros, para el monitoreo constante de los cultivos. El uso de tecnologías de control y automatización busca optimizar la eficiencia y productividad en el campo agrícola. En el siguiente documento se abordarán los incentivos y la visión detrás de este proyecto, así como los beneficios que aportará al sector agrícola. Se revisará el diseño planteado y se generarán conclusiones acerca de su viabilidad.

Esta propuesta se relaciona principalmente con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018):

- a) ODS 2, Hambre Cero: se busca contribuir a la seguridad alimentaria y asegurar el acceso a una alimentación saludable y nutritiva.
- b) ODS 9, Industria, Innovación e Infraestructura: se promueve la innovación y el desarrollo de infraestructuras sostenibles con la implementación de tecnologías de control y automatización en el campo agrícola.
- c) ODS 12, Producción y Consumo Responsables: Se busca promover prácticas de producción y consumo responsables, optimizando el uso de recursos y minimizando el desperdicio.
- d) ODS 13, Acción por el Clima: se busca obtener datos precisos sobre las condiciones ambientales y adaptar las prácticas agrícolas para mitigar los efectos del cambio climático mediante los sistemas de sensado que tiene el vehículo.

2 Objetivo

Desarrollar un vehículo semiautónomo diseñado para mejorar la eficiencia de las operaciones en invernaderos, mediante tecnologías de control, permitiendo la mejora de las tareas agrícolas cotidianas.

3 Propuesta de solución

La propuesta primeramente tuvo una búsqueda e investigación exhaustiva sobre los sistemas existentes en los espacios de cultivo, particularmente en invernaderos, tomando como referencia las secciones mencionadas por Aldrich & Bartok (1994), como el equipo de calefacción y enfriamiento, y los sistemas de control compuestos por sensores, receptores, comparadores y operadores.

El objetivo es desarrollar un nivel básico de automatización, donde el vehículo pueda monitorear variables como temperatura, humedad e iluminación, entre otras. Estos datos serán recopilados para que los actuadores realicen acciones correspondientes según las condiciones detectadas.

Los sistemas de automatización utilizados en la agricultura requieren de una fuente de energía, la cual puede ser eléctrica o, en su defecto, provenir de fuentes fósiles. Sin embargo, según el informe "Eficiencia Energética en Sistemas Agrícolas Bajo Condiciones de Clima Controlado" (Modificado 2021), el crecimiento de la población urbana en México ha generado una demanda energética cada vez más alta, lo que hace que la agricultura moderna sea energéticamente deficitaria. Es necesario, por tanto, buscar alternativas más limpias como la energía solar o eólica para sustituir gradualmente el uso de energía fósil en este campo.

Dentro de estos sistemas de automatización, es fundamental considerar variables como la temperatura, humedad, niveles de CO₂ e iluminación en los espacios de cultivo. Estos aspectos proporcionan datos esenciales para comprender lo que está ocurriendo con los cultivos. El personal encargado de analizar los datos recopilados por el vehículo podrá tomar medidas si es necesario,

o se puede permitir que la máquina ajuste automáticamente los operadores y actuadores para realizar las tareas sin necesidad de intervención humana.

El prototipo propuesto cuenta con 4 motores de corriente continua (DC) con el objetivo de permitir un control remoto y facilitar el desplazamiento a lo largo de los extensos campos de cultivo. Estos motores proporcionan la capacidad de movimiento y maniobrabilidad necesaria para realizar diversas tareas.

Para establecer la comunicación remota entre el vehículo y un tercero, como el administrador del cultivo, se utiliza un sensor que permita la conexión Bluetooth. La elección del modelo específico de este sensor depende de factores como la distancia requerida para la transmisión de datos y el tamaño del vehículo. Se selecciona un sensor Bluetooth adecuado que brinda un alcance suficiente y una capacidad de transmisión estable para garantizar la comunicación efectiva entre el vehículo y el administrador del cultivo. El uso de la tecnología Bluetooth permite establecer una conexión inalámbrica confiable entre el vehículo y el tercero, lo que facilita la supervisión y el control remoto de las operaciones. Esto permite al administrador del cultivo tener acceso en tiempo real a la información recopilada por el vehículo, como datos de sensores y ubicación, y tomar decisiones informadas y oportunas para maximizar la eficiencia y el rendimiento de los cultivos.

Para el sistema de control de los motores DC, se utiliza un microcontrolador Arduino, que actúa como el cerebro del sistema. El microcontrolador está conectado a un puente H, un circuito integrado especializado en el control de motores y forma también parte de la etapa de potencia, este elemento permite regular la velocidad y la dirección de los motores de corriente continua.

Es por todo lo anterior que este proyecto aporta no solo una solución práctica para mejorar la eficiencia en la agricultura, sino también un conjunto de ideas e innovaciones técnicas que pueden influir en futuras investigaciones en el campo de la robótica agrícola y la automatización de procesos agrícolas. Además, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, aborda cuestiones clave relacionadas con la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático en la agricultura.

4 Discusión de resultados e impactos obtenidos

El prototipo del carrito robótico agrícola consta de componentes esenciales para su funcionamiento óptimo. Incluye una serie de sensores que permiten el correcto desplazamiento en el entorno de cultivo. Los actuadores, por su parte, proporcionan el movimiento necesario para llevar a cabo tareas específicas en respuesta a las lecturas de los sensores. Un controlador central, actúa como el cerebro del sistema al procesar y analizar los datos sensoriales, tomando decisiones fundamentales para las acciones del carrito. Además, una etapa de potencia regula la velocidad y dirección de los motores de manera precisa. Asimismo, se ha implementado una etapa de comunicación inalámbrica para establecer una conexión efectiva entre el carrito y el usuario, lo que permite el monitoreo y el control remoto. Este conjunto de componentes se combina con algoritmos de navegación y control que garantizan el desplazamiento del vehículo de acuerdo con las necesidades del usuario.

Con respecto al prototipo desarrollado se puede observar en la Figura 1 las conexiones y elementos del vehículo, como la estructura física que contienen todos los elementos como los 4 motores con sus respectivas llantas, la conexión remota con Bluetooth, la etapa de potencia, etc.

En la Figura 2 se visualiza a mayor detalle las conexiones con el Arduino en conjunto con los demás elementos y la etapa de alimentación de voltaje del vehículo.

Con la construcción y realización de pruebas exitosas del vehículo se tiene una primera propuesta que permite aproximar una solución innovadora que busca mejorar la eficiencia y productividad en las labores agrícolas, promueve prácticas responsables en la producción agrícola y se permite apoyar en garantizar un uso adecuado de los recursos.

La implementación del vehículo robótico y sus sistemas de automatización permiten reducir los costos asociados al personal y el tiempo dedicado a las tareas agrícolas. Si bien se requerirá una inversión en el mantenimiento de los equipos, el retorno de la inversión propuesto por este sistema representa un nuevo paradigma en el sector agrícola. Además, optimiza los procesos agrícolas, permitiendo una mayor eficiencia en el monitoreo de cultivos y el cuidado de estos. Esto se logra a través de la recolección de datos precisos de sensores y la capacidad de realizar ajustes y acciones pertinentes de manera oportuna.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

Mediante el vehículo robótico presentado se apoya a mejorar la administración y cuidado de los cultivos, simplificando las tareas de monitoreo y supervisión para los encargados de estas labores. A través del diseño de la máquina, se busca ofrecer una solución práctica y rentable para la automatización de estas tareas.

Además, se destaca la importancia de promover una educación estructurada en el sector agrícola, dirigida hacia la implementación de tecnologías innovadoras. Es fundamental que los agricultores y propietarios de cultivos estén informados sobre las nuevas oportunidades que brindan estas tecnologías y cómo pueden integrarlas en sus huertos. Esta transición hacia la adopción de tecnologías más avanzadas no solo beneficiará a los agricultores en términos de eficiencia y productividad, sino también tendrá un impacto positivo en la economía.

En el futuro, se considera necesario explorar alternativas de energía más sostenibles que reemplacen el uso de energía eléctrica en los invernaderos. Actualmente, el consumo energético en estos espacios agrícolas supera con creces la energía resultante de las cosechas, lo que plantea una ineficiencia en términos de impacto ambiental. La adopción de fuentes de energía de menor impacto, como la solar o eólica, sería una opción viable para mitigar este problema.

6 Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron a esta investigación. Sus aportes, por pequeños que parezcan, han sido fundamentales para el éxito de este estudio.

A mis amigos cercanos, Luis Fernando Gomez Vaca, Emmanuel Gonzalez Betancourt, quienes estuvieron a mi lado en cada etapa de este proyecto. Su apoyo incondicional y palabras de ánimo fueron una fuente inagotable de motivación.

7 Referencias

1. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2001). Adoption of Technologies for Sustainable Farming Systems: *Wageningen Workshop Proceeding*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
2. 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.
3. Aldrich, R. A., & Bartok, J. W. (1994). Greenhouse Engineering, NRAES-33. Publicado por NRAES
4. Guadiana-Alvarado, Z. A., Durán-García, H. M., Rössel-Kipping, E. D., Algara-Siller, M., & Cisneros-Almazán, R. (Año). *Eficiencia energética en sistemas agrícolas familiares bajo condiciones de clima controlado*
5. García Moreno, E. (1999). *Automatización de procesos industriales*. Editorial Universitat Politècnica de València.
6. Weiss, M., Jacob, F., & Duveiller, G. (Año). *Remote sensing for agricultural applications: a meta-review*. Universidad de Montpellier, Francia.
7. Zhang, Q., Karkee, M., & Tabb, A. (2019). *The Use of Agricultural Robots in Orchard Management*. Center for Precision and Automated Agricultural Systems, Department of Biological Engineering, Washington State University.

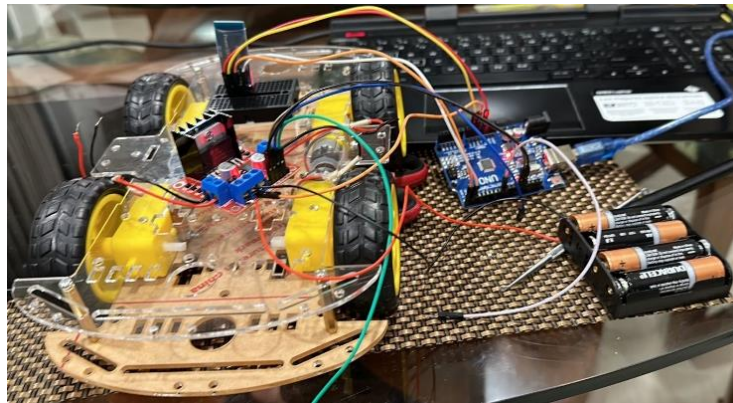


Figura 1. Vehículo semiautónomo estructura parcial

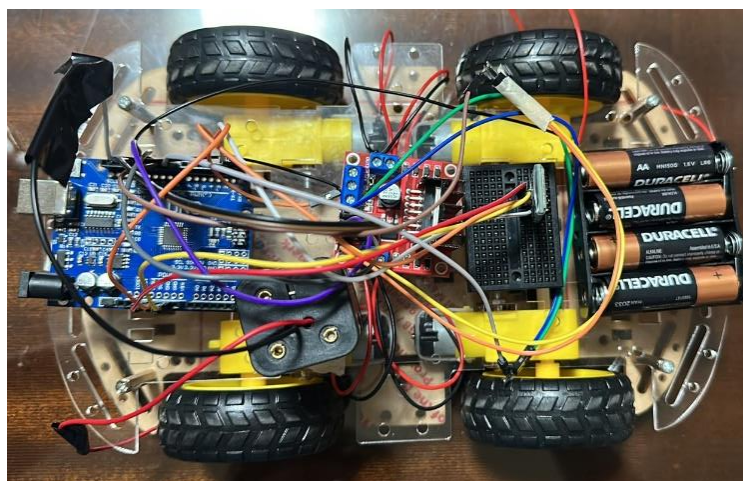


Figura 2. Vista superior de vehículo robótico