

El Uso de Controladores en la Agricultura y Ganadería

The Use of Controllers in Agriculture and Livestock

Carlos J. Torres Barrientos¹  ORCID, Roxana Condori-Condori¹ ORCID.

¹Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú

RESUMEN

El uso de microcontroladores en la Agricultura y la Ganadería plantea un modelo para entender los beneficios del uso de los diferentes microcontroladores, el cual es una minicomputadora en pequeña escala además de ser un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas, lo cual hace rentable un proyecto de inversión para la agricultura y ganadería.

En este documento se detallarán las diversas utilidades de los controladores en la agricultura, incluyendo su aplicación en sistemas embebidos, que han sido ampliamente adoptados en varios ámbitos de este sector. Asimismo, se abordará el empleo de vehículos robotizados en la agricultura mediante la incorporación de tecnologías innovadoras. Se explorará también la recuperación de información, el diseño de algoritmos para mejorar la claridad, la creación de modelos para la toma de decisiones y la evaluación global de sistemas en operaciones de producción de cultivos de precisión.

Además, se explora la aplicación de microcontroladores para automatizar la administración de alimentos a los cerdos jóvenes y las cerdas en gestación, con el propósito de disminuir los gastos de producción, una consideración de gran relevancia en la industria ganadera. Además, se presenta el diseño y la ejecución de un dispositivo para registrar y almacenar sonidos destinado a la ganadería de precisión.

Palabras claves

Microcontroladores, Agricultura, Ganadería, sistemas embebidos, automatizar.

ABSTRACT

The use of microcontrollers in Agriculture and Livestock presents a model to comprehend the benefits of employing various microcontrollers, which are miniature, programmable integrated circuits capable of executing recorded commands. This makes an investment project in agriculture and livestock economically viable.

This document elaborates on the manifold applications of controllers in agriculture, encompassing their utilization in embedded systems, widely embraced in various sectors of the industry. Furthermore, it delves into the implementation of robotic vehicles in agriculture through the integration of cutting-edge technologies. It also investigates information retrieval, algorithm design for enhanced clarity, the development of decision-making models, and the comprehensive evaluation of systems in precision crop production operations.

In addition, it explores the use of microcontrollers to automate feed management for young pigs and gestating sows, with the aim of reducing production costs, a critical consideration in the livestock industry. Furthermore, it presents the design and implementation of a sound recording and storage device tailored for precision livestock management.

Keywords

Microcontrollers, Agriculture, Livestock, embedded systems, automation.

I. Introducción

La agricultura y ganadería siguen siendo fundamentales para la economía peruana, contribuyendo a diversificar y reducir la dependencia de las industrias no renovables, así como a combatir la pobreza. Según el Director del Banco Mundial, Alberto Rodríguez, estos sectores son clave para el país. Además, la ganadería, como señala el director general José Alberto Barrán Lopez, es esencial para las zonas rurales y la seguridad alimentaria, generando empleo e ingresos para 1.8 millones de familias y representando el 40.2% del Valor Bruto de la Producción en el sector agropecuario.

A nivel internacional, la automatización en la agricultura avanza en tareas como la poda, polinización, cosecha, riego y procesamiento, según el informe de Omnia (2021). No obstante, en Perú, la adopción de estas tecnologías sigue siendo limitada en la industria agrícola. Por lo tanto, es crucial reconocer la importancia de ambos sectores y promover la automatización en el país.

II. Materiales y métodos

2.1. Materiales

2.1.2. Controladores

Microprocesador

Numerosos sistemas embebidos de tiempo real utilizan microprocesadores diseñados con propósitos generales. Un microprocesador es un procesador de computadoras que se encuentra integrado en un circuito, y este chip incorpora la totalidad o la mayoría de las funciones de la unidad central de procesamiento (CPU, por sus siglas en inglés) (Wang, 2017).

Microcontrolador

En contraste con un microprocesador genérico, un microcontrolador es un sistema independiente que integra periféricos, memoria y un procesador diseñado específicamente para ejecutar funciones particulares. (Wang, 2017)

Procesadores digitales de señal (DSP)

Los procesadores digitales de señal, conocidos como DSP (por sus siglas en inglés), están diseñados para aplicaciones que demandan un alto rendimiento en cálculos. Estos DSP realizan la ejecución de algoritmos en hardware, lo que les permite destacar en actividades que implican cálculos repetitivos intensivos. (Wang, 2017).

Arreglo de compuertas programables en campo (FPGA)

Un FPGA, abreviatura de "Field Programmable Gate Array" en inglés, que se traduce al español como "Arreglo de Compuertas Programables y Configurables en Campo," es un dispositivo que incorpora una cuadrícula de celdas o puertas lógicas que se

pueden reconfigurar de manera versátil, lo que agiliza la creación rápida de prototipos para sistemas integrados, como se describe en el trabajo de Wang (2017).

A continuación, se detallan los principales microcontroladores, sus características y precios:

Tabla 1. Características y precios de los microcontroladores.

Microcontrolador	Características	Precio
PIC10F32 2	Es un microcontrolador PIC de 8 bits con 0.896 KB de memoria de programa, 64 bytes de memoria RAM, 6 pines, una velocidad máxima de CPU de 16 MHz, 3 canales de conversión A/D de 8 bits, 2 temporizadores de 8 bits y hasta 4 salidas PWM de 10 bits.	\$ 0.83
PIC16F18 323	Es un microcontrolador PIC de 8 bits con 0.896 KB de memoria de programa, 64 bytes de memoria RAM, 6 pines, una velocidad máxima de CPU de 16 MHz, 3 canales de conversión A/D de 8 bits, 2 temporizadores de 8 bits y hasta 4 salidas PWM de 10 bits.	\$ 0.96
PIC18F97 J94	Es otro microcontrolador de 8 bits, con 128 KB de memoria de programa en flash, 4 KB de memoria RAM, 100 pines, una velocidad máxima de CPU de 64 MHz, 24 canales de conversión A/D de 10/12 bits, 4 temporizadores de 16 bits, 7 salidas PWM de 10 bits con CWG, y múltiples opciones de comunicación, incluyendo USB, SPI, I2C, USART (RS-485, RS-232 y LIN/J2602).	\$ 6.35
PIC24FJ2 56GB406	Se trata de un microcontrolador de 16 bits con 256 KB de memoria de programa en flash, 4 KB de memoria RAM, 64 pines, una velocidad máxima de CPU de 32 MHz, 24 canales de conversión A/D de 10/12 bits, 1 canal de conversión D/A, 5 temporizadores de 16 bits, y 6 salidas PWM de 16 bits. Ofrece comunicación a través de I2C, SPI, UART, USART y LIN.	\$ 6.44

PIC32MX 10F016B	Un microcontrolador de 32 bits con hasta 128 KB de memoria de programa en flash y 32 KB de SRAM, 28 pines, una velocidad máxima de CPU de 40 MHz, 10 canales de conversión A/D de 10 bits, 5 temporizadores de 16 bits y 6 salidas PWM de 16 bits. Dispone de opciones de comunicación que incluyen USB, I2C, SPI, UART y USART.	\$ 2.50
DSPIC33 EP32MC2 02	Es un microcontrolador de 16 bits (dsPIC) con 32 KB de memoria de programa en flash, 4 KB de memoria RAM, 28 pines, una velocidad máxima de CPU de 40 MHz, 6 canales de conversión A/D de 10/12 bits, 5 temporizadores de 16/32 bits y 6 salidas PWM de 16 bits. Ofrece comunicación a través de CAN, I2C, SPI, UART y USART.	\$ 2.26

2.2. Métodos

En el presente trabajo se especificarán las aplicaciones, ventajas y desventajas que tienen los controladores para la automatización, tanto en sector agrícola como ganadero y así generar mayor interés del tema por parte de los futuros estudiantes. Se mostrará proyectos ya implementados en el Perú tanto en el sector agrícola como en el sector ganadero para que sea muestra de la implementación futura que puede servir para alguna empresa que necesite usar este tipo de opciones para un proyecto de inversión de importación, ya que el mercado internacional es muy amplio. Para ello haremos una revisión de la literatura de especialistas en el tema presentado.

III. Objetivos del Proyecto

3.1 Objetivo Principal

Introducir y promover el uso de microcontroladores en la Agricultura y la Ganadería con el propósito de mejorar la eficiencia, reducir costos y aumentar la producción en estos sectores.

3.2 Objetivos Específicos

Demostrar las utilidades y ventajas de los microcontroladores en la agricultura y ganadería, enfocándose en la automatización y optimización de tareas.

Explorar y presentar proyectos implementados en Perú que utilicen controladores en la agricultura y la ganadería para servir como ejemplos prácticos de su aplicabilidad en entornos reales.

Detallar los diferentes tipos de microcontroladores disponibles, sus características y precios, ofreciendo información que pueda ser útil para futuros proyectos y decisiones de inversión. Analizar casos específicos de aplicación de microcontroladores en la administración de alimentos para cerdos jóvenes y cerdas en gestación, así como en la creación de dispositivos para registrar y almacenar sonidos en la ganadería.

Identificar y discutir el potencial de la automatización y la integración de sistemas embebidos, robótica y tecnología innovadora en la agricultura, abordando áreas como la precisión en la producción de cultivos y el desarrollo de dispositivos electrónicos específicos para la ganadería.

Evaluar los desafíos y oportunidades en la implementación de la automatización en la agricultura y la ganadería en Perú, especialmente en áreas rurales, y proponer enfoques asequibles y viables para su adopción.

IV. Resultados

La revolución industrial para abordar los desafíos de control en un proceso o instalación involucra la utilización de Controladores Lógicos Programables (PLC) y sistemas de supervisión y/o monitoreo, como los Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA).

La automatización tecnológica conlleva gastos considerables, que engloban el costo del hardware, el software necesario para la configuración y supervisión de estos componentes físicos, en ocasiones superando el costo de los dispositivos físicos. También se deben asignar recursos para la capacitación, como se menciona en Silva & Morejón (2019).

Siguiendo lo expuesto por Sharma (2017), se destacan a continuación algunas de las ventajas que ofrece la automatización en los procesos industriales:

- Minimización de las pérdidas de producción.
- Eficiencia en la gestión de recursos, lo que se traduce en ahorro de materias primas y energía.
- Incremento en la seguridad, fiabilidad y funcionalidad.
- Contribución al cumplimiento de los requisitos normativos externos, particularmente aquellos relacionados con el medio ambiente.
- Capacidad de adaptación y flexibilidad en el control, facilitando la transición hacia otros tipos de producción.

V. Discusión

Chelotti, et al. (2014): “Desarrollo e implementación de un dispositivo de adquisición y almacenamiento de sonidos para ganadería de precisión”. El problema abordado es el desarrollo e implementación de un dispositivo de adquisición y almacenamiento de información sonora, para el cual se eligió el microcontrolador TM4C123GH6PM. Este dispositivo debe ser capaz de operar al aire libre durante una semana sin intervención de un operador. Dicho dispositivo tiene por objetivo captar los sonidos producidos por los animales durante su alimentación, sin interferir en su comportamiento normal y de manera autónoma.

El sistema propuesto consta de tres módulos:

- Módulo de adquisición de sonido y limpieza de ruidos presentes en la señal.

- Módulo de compresión sonora, organización y almacenamiento de los datos en una memoria no volátil removible.
- Módulo de administración de la energía y generador de las alimentaciones necesarias para que el sistema funcione.

Por la complejidad de las tareas a implementar, se dividieron en dos microcontroladores de modo que los módulos de adquisición y administración de energía fueron implementados en un microcontrolador mientras que el módulo de compresión fue implementado en otro. Ambos operan de manera independiente y transfieren información a través de una memoria buffer.

Por otro lado, Belleza, E & Vega, G (2019): En este estudio, se presenta el desarrollo de un dispositivo electrónico capaz de reconocer colores y administrar automáticamente la alimentación de cerdas gestantes y cerdos jóvenes. El objetivo principal es abordar la dosificación de alimentos con precisión, proporcionando información fiable y específica para el avance de la industria porcina a través de tecnología electrónica innovadora. Esto contribuye a potenciar la cría de cerdos y mitigar las tasas de mortalidad. El dispositivo consta de cinco etapas: electrónica, mecánica, identificación por colores, transmisión de datos y visualización de datos, y se encuentra alojado en una computadora de placa reducida RASPBERRY Pi 3B+ que es controlada por un microcontrolador PIC18F4550.

5.1. Sistema en agricultura

En los últimos tiempos, se ha experimentado un notable progreso en la innovación concerniente a la incorporación de la tecnología robótica en la agricultura. El propósito de aplicar la robótica en la agricultura es contribuir a la eficiencia y rentabilidad de los procesos dentro de este sector. En otras palabras, la robótica móvil se emplea en la agricultura con el fin de mejorar la productividad, la especialización y promover prácticas sostenibles desde una perspectiva medioambiental.

La automatización de este ámbito se ha visto impulsada por diversos factores, como la carestía de mano de obra, las crecientes expectativas de los consumidores y los costos de producción elevados, con la meta de reducir gastos y optimizar los rendimientos, tal como se menciona en el informe de Robotnik (2022).

Los sistemas embebidos han encontrado una amplia variedad de usos en diversas áreas de la agricultura. Un estudio realizado por Zhang y Pierce en 2013 ha recopilado numerosas aplicaciones que se detallan a continuación, según lo reportado por (Silva-Díaz et al., 2019) Adicionalmente, Zhang, et al. (2000):“Agricultural info tronic systems for precision crop production”. El sistema info trónico agrícola (AIS) es una tecnología emergente que vincula los sensores en la maquinaria y las computadoras en la oficina, y presenta la información de operación en formatos listos para usar para respaldar operaciones de precisión eficientes. Este artículo presenta un AIS desarrollado para un tractor agrícola de ruedas. La evaluación de campo del cultivo de cultivos en hileras utilizando el sistema AIS de tractor desarrollado indica que la tecnología AIS es capaz de ayudar a los agricultores a realizar operaciones de precisión efectivas.

Este estudio integró el hardware clave y desarrolló el software fundamental, e implementó con éxito las funciones básicas en un tractor agrícola. Para completar el desarrollo de la tecnología AIS, los estudios adicionales se centrarán en la recuperación de información y el desarrollo de algoritmos de clarificación, el desarrollo de modelos de toma de decisiones y la evaluación general del sistema en operaciones de producción de cultivos de precisión.

VI. Conclusiones

La automatización en la agricultura y ganadería en Perú es limitada, principalmente presente en centros de investigación y empresas de mayor tamaño, pero ausente en la mayoría de las fincas rurales de todo el país, especialmente en zonas remotas y negocios familiares. Sin embargo, al analizar diversas tesis, se destaca el beneficio que la tecnología de controladores brinda al aumentar la producción, optimizar recursos y mejorar la eficiencia en el sector agrícola y ganadero.

A pesar de que la automatización es efectiva para mejorar la precisión y la recolección de datos en centros de investigación con presupuestos adecuados, en las fincas rurales, implementar sistemas de control de alimentación, como se describe en una de las tesis, puede resultar costoso y poco rentable. Esto lleva a la preferencia por métodos tradicionales que han funcionado durante años.

No obstante, es posible abordar la automatización en estas comunidades rurales a través de proyectos más asequibles, como el sistema de riego presentado en otra tesis. Estos proyectos, con costos más bajos, pueden ser altamente beneficiosos y al mismo tiempo promover la familiarización con estas tecnologías.

Por último, el desconocimiento sobre los controladores en estas áreas rurales es un desafío, y se destaca la importancia de que los estudiantes investiguen y promuevan la implementación de esta tecnología en la región para aumentar la conciencia y la adopción de estas herramientas.

VII. Referencias

- Actualidad Porcina. (2022). *Portada*. <https://actualidadporcina.com/>
- Arzubiaga, S. (2018). *Banco Mundial presenta estudio sobre agricultura en el Perú*. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/03/01/bancomundial-presenta-estudio-sobre-agricultura-en-el-peru>
- Belleza López, E. E. & Vega Urquiza, N. G. (2019). *Desarrollo de un equipo electrónico de identificación por colores y dosificación automática de alimentos para marranas gestantes y cerdos jóvenes utilizando un computador de placa reducida y algoritmos de procesamiento digital de imágenes [Tesis de Licenciatura]*. Universidad de San Martín de Porres. <https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5653/belleza-vega.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Cherlotti et al., (2014). *Desarrollo e implementación de un dispositivo de adquisición y almacenamiento de sonidos para ganadería de precisión*. Congreso Argentino de AgroInformática. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/42007>
- German, E., & Berdegue, J. (1990). *TIPIFICACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA*. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/3969/49675.pdf?sequence=1>
- MICROCHIP (2022). *Microcontroladores PIC*. <http://www.microchip.com/>.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2017). *Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017 - 2027*. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/plan-nacional-ganadero.pdf>

- Noguchi, N. (2018). "Agricultural Vehicle Robot". https://www.jstage.jst.go.jp/article/jrobomech/30/2/30_165/_article/-char/ja
- Omnia, M. (2021). *Solución personalizada para el sector agroindustrial*. <https://omniasolution.com/2021/12/02/omnia-agro-solution-solucion-personalizada-para-el-sector-agroindustrial/>
- Pineda W. (2014). *Benchmark LATAM. Análisis de la industria porcina Latinoamérica, 13, pp. 28, 29, 32,33. Recuperado de:* <https://latam.pic.com/wp-content/uploads/sites/19/2019/06/ANALISIS-INDUSTRIA-PORCINA-dic2019.pdf>
- Robotnik. (2022). *Aplicaciones de la robótica en la agricultura. Robotnik*. <https://robotnik.eu/es/aplicaciones-de-la-robotica-en-la-agricultura/>
- Rosales, S. (2019). *Producción peruana de cerdo crecería 5% y sustituiría importaciones ante peste en China. Diario Gestión*. <https://gestion.pe/economia/produccion-peruana-carne-cerdo-creceria-sustituiria-importaciones-peste-porcina-china-267505-noticia/>
- SHARMA, K.L.S.: Overview of Industrial Process Automation, 2017, ISBN: 978-0-12-809303-0.
- Silva-Díaz, L. J., Morejón-Mesa, Y., (2019). *Sistemas Embebidos: Una alternativa para la automatización de la agroindustria cubana. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2071-00542019000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Simón, G. (2018). *Implementación, control y monitoreo de un sistema de riego por goteo subterráneo con microcontroladores. Universidad Nacional Agraria La Molina*. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3610/simon-mori-george-anthony.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zhang et al. (2000) *Agricultural info tronic systems for precision crop production* <https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5653/belleza-vega.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Álvaro, O. & Diana, L. (2020). *Desarrollo de un controlador agrícola para Agricultura de Precisión con LoRaWAN para banano y mango orgánico*. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4665/ING_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Daniel, A., et al., (2021). *La Ingeniería y sus Aplicaciones*. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/81930155/La_Ingenieria_y_sus_Aplicaciones_Memorias_SIIA_2021_Anuar_Florez_Orrego_et_al_Editores_libre.pdf?1646827718=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa_Ingenieria_y_sus_Aplicaciones_Una_per.pdf&Expires=1698893397&Signature=ds6CIK9PNIHBFTJMpdbNgX0cbpNvUMf5Tb4mBOzGE1b9Rj5OUgpDLz78tbnXs1z-wW5qilul18EFveiOScGCZDbYZIfOtbFeK6udnWi5cdUWbR075Imc6v5npCJDZJG-znd1BHOZ1Wb6mYV~yz-miRw44noDJ~hrPT4HE1ehyFZsxpRPxPqtGafNIxXVnYpVcGwpGMKxzbhrhp74fF1EMBA8xdtYUIdNqq92LaXDZga3DKyTRJaETziR6S657T0xtECK93leRZqrg5zvjbpbWeSUJUIJNfcLmD7cONRtCGIICexL6tWMkhGbMw6OnUHZ6o1hCX4gvJL1eRzWJC0rmcg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=17

- Julio, T., et al., (2018). *Sistema mecatrónico para el control de los dosificadores de fertilizante y pesticida granulados de una sembradora-fertilizadora*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018000904355&lang=es
- Yandry, D., et al., (2019). *Implementación de un sistema de detección de menaje para aplicaciones en cocinas de inducción*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012019000200158&lang=es
- Barbarita, G. et al., (2019). *Trichoderma: su potencial en el desarrollo sostenible de la agricultura*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2074-86472019000400237&script=sci_arttext
- William, Viera. Et al., (2020). *Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador*. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2308-38592020000200006&script=sci_arttext
- Wandee, A., et al., (2021). *Electronic Nose for Monitoring of Livestock Farm Odors (Poultry Farms)*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9415825/authors#authors>
- Simón M. & George A.,(2018). *Implementación, control y monitoreo de un sistema de riego por goteo subterráneo con microcontroladores*. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3610>
- Huamán G. & Luis M., (2023). *Diseño de un prototipo de riego automatizado para pequeños huertos agroecológicos utilizando arduino en zonas desérticas urbanas de Lima*. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5971>
- Carlos Reátegui, (2019). *Desarrollo de un sistema de monitoreo y control micro climático en apoyo al cultivo de arándanos en invernadero en la ciudad de Caraz, Departamento de Áncash*. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2878>