



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BRAZO ROBÓTICO CONTROLADO MEDIANTE ARDUINO PARA AYUDAR EN PROCESOS DE SOLDADURA

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A ROBOTIC ARM CONTROLLED BY ARDUINO TO ASSIST IN WELDING PROCESSES

Sarita Genoveva Ortiz Rojas
ortizrojassarita@gmail.com
0009-0004-5297-8788

Dagner Paul Rojas Bances
polbances@gmail.com
0000-0001-9325-9019

Luis Carlos Mejía Benites
louis_15_09@hotmail.com
0000-0002-3317-3720

Rahl José Plineo Novoa Nieto
novoarahl51@gmail.com
0009-0004-3415-2739

Javier Eduardo Gallardo Bocanegra
jiravegb@gmail.com
0009-0004-2934-0938

Juan Martín Gamarra Hoyos
gamarrajuan0411@gmail.com
0009-0006-6418-7267

Carlos Alexander Yovera Alarcón
yovera0501@gmail.com
0000-0000-7123-4972

IESTP "Jorge Desmáisón Seminario", Pacasmayo-Perú

Sugerencia como citar: Ortiz, S. G., Rojas, D. P., Mejía, L.C., Novoa, R.J.P., Gallardo, J. E., Gamarra, J.M. (2025). Diseño y construcción de brazo robótico controlado mediante arduino para ayudar en procesos de soldadura. Edición Especial (EE) Pág.173-180, <https://mucin.nelkuali.com/>

Recibido: 04/11/2025

Aprobado: 05/12/2025

Publicado: 15 /12/2025

Resumen

Este artículo presenta el desarrollo de un brazo robótico funcional de bajo costo, controlado mediante una plataforma Arduino, destinado a aplicaciones educativas y de automatización básica. La metodología se basó en un enfoque experimental aplicado, que incluyó el diseño CAD de la estructura, la selección de componentes electrónicos asequibles (servomotores SG90/MG996R, Arduino UNO) y la fabricación con materiales ligeros (acrílico, PLA).

El prototipo resultante, de 5 grados de libertad (DOF), demostró capacidad para manipular objetos de hasta 150 gramos con una precisión angular de $\pm 2^\circ$. Las pruebas de validación realizadas en un entorno educativo mostraron un 90% de satisfacción en funcionalidad y diseño. Se concluye que el proyecto constituye una herramienta didáctica viable y accesible que fomenta el aprendizaje práctico de la robótica, la programación y la mecatrónica, respondiendo a una necesidad insatisfecha en instituciones educativas con recursos limitados.

Palabras clave: Brazo Robótico, Arduino, Automatización, Bajo Costo, Educación Técnica, Prototipo Funcional.

Abstract:

This article presents the development of a functional, low-cost robotic arm controlled by an Arduino platform, intended for educational applications and basic automation. The methodology was based on an applied experimental approach, which included the CAD design of the structure, the selection of affordable electronic components (SG90/MG996R servomotors, Arduino UNO), and manufacturing with lightweight materials (acrylic, PLA). The resulting prototype, with 5 degrees of freedom (DOF), demonstrated the ability to manipulate objects of up to 150 grams with an angular precision of $\pm 2^\circ$. Validation tests conducted in an educational environment showed 90% satisfaction with its functionality and design. It is concluded that the project constitutes a viable and accessible didactic tool that promotes the practical learning of robotics, programming, and mechatronics, addressing an unmet need in educational institutions with limited resources.

Keywords: Robotic Arm, Arduino, Automation, Low Cost, Technical Education, Functional Prototype.

Introducción

La robótica se ha consolidado como un pilar fundamental del desarrollo tecnológico e industrial a nivel global, transformando los procesos productivos y los paradigmas educativos en el siglo XXI (Siciliano & Khatib, 2016). Los fundamentos teóricos de la robótica, que combinan mecánica, electrónica y ciencia de la computación, han sentado las bases para esta revolución (Spong, Hutchinson, & Vidyasagar, 2020).

Según la Federación Internacional de Robótica (IFR, 2023), la densidad robótica mundial alcanzó un récord de 151 robots por cada 10,000 empleados en la industria manufacturera, evidenciando la creciente importancia de esta tecnología en los procesos industriales. Sin embargo, esta revolución tecnológica presenta una distribución desigual, creando significativas brechas entre países desarrollados y en vías de desarrollo.

En contextos educativos de países latinoamericanos, el acceso a tecnologías robóticas se ve sustancialmente limitado por múltiples factores, entre los que destacan los altos costos de adquisición, la escasa disponibilidad de equipos didácticos especializados y la falta de capacitación docente en estas áreas emergentes (Gómez & Torres, 2022; UNESCO, 2023). Esta

brecha tecnológica representa un serio obstáculo para que los estudiantes de educación técnica adquieran competencias prácticas en áreas críticas para la Cuarta Revolución Industrial, particularmente en programación, electrónica avanzada y sistemas de control automático (Craig, 2018).

La situación en el Perú refleja esta problemática de manera particularmente aguda. Un estudio reciente de la UNESCO (2023) sobre educación técnica en Latinoamérica identificó que solo el 35% de los institutos tecnológicos peruanos cuenta con equipamiento robótico básico para prácticas estudiantiles, porcentaje muy por debajo del promedio regional del 62%. El Ministerio de Educación del Perú (2022) ha reconocido esta carencia en su diagnóstico oficial, señalando la urgente necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas asequibles y contextualizadas. Esta carencia limita severamente el desarrollo de habilidades técnicas especializadas y reduce la competitividad de los futuros profesionales en un mercado laboral cada vez más tecnificado.

Frente a este escenario desafiante, las plataformas de prototipado electrónico de código abierto, particularmente Arduino, han emergido como una alternativa disruptiva que está revolucionando el aprendizaje de la electrónica y la programación (Banzi & Shiloh, 2022; Margolis, 2019). La accesibilidad económica, la versatilidad técnica y el robusto soporte comunitario de Arduino han democratizado el acceso a la tecnología robótica, permitiendo que instituciones educativas con presupuestos limitados puedan implementar laboratorios funcionales de mecatrónica (Zhang & Chen, 2022; Patel & Kumar, 2021).

Desde una perspectiva teórica, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) con plataformas de hardware abierto ha demostrado ser una estrategia pedagógica efectiva para la enseñanza de la ingeniería, ya que facilita la adquisición de conocimientos técnicos y desarrolla habilidades transversales como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y la creatividad (Díaz & Hernández, 2020; Mataric, 2017). La implementación de prototipos físicos en el aula sirve como un puente crucial entre la teoría abstracta y la aplicación práctica, un principio fundamental en la educación en ingeniería (Alves & Ferreira, 2021).

Investigaciones previas han demostrado consistentemente la viabilidad técnica y pedagógica de utilizar Arduino en el desarrollo de brazos robóticos educativos. Rodríguez & Pérez (2021) documentaron la implementación exitosa de un brazo robótico de 4 grados de libertad en entornos educativos españoles, mientras que Ríos Carranza (2021) validó un modelo similar en contextos rurales peruanos.

Ambos estudios coinciden en destacar el impacto positivo significativo en la motivación estudiantil y en la comprensión de los principios fundamentales de la automatización.

Asimismo, estudios comparativos como el de Páez & Rojas (2022) han proporcionado evidencia valiosa para la selección de actuadores en este tipo de proyectos, analizando el desempeño de servomotores de bajo costo.

El presente artículo tiene como objetivo general describir de manera exhaustiva el proceso de diseño, construcción y validación de un brazo robótico de 5 grados de libertad controlado por Arduino, desarrollado específicamente para su implementación en entornos educativos técnicos y aplicaciones de automatización básica. Para alcanzar este fin, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1.1.

1.2. Diseñar en un entorno CAD la estructura mecánica del brazo robótico, optimizando sus 5 grados de libertad para tareas de manipulación básica.

1.3. Fabricar el prototipo utilizando materiales ligeros y de bajo costo (acrílico, PLA) y ensamblar el sistema electrónico basado en Arduino.

1.4. Programar el sistema de control para gestionar el movimiento coordinado de los servomotores.

1.5. Validar el desempeño técnico del prototipo (precisión, capacidad de carga) y su impacto potencial como herramienta educativa.

El prototipo se concibe como una solución integral de bajo costo y código abierto que busca abordar múltiples dimensiones de la problemática educativa tecnológica: la accesibilidad económica, la adaptación curricular y la transferencia efectiva de conocimiento técnico especializado.

Metodología

El proyecto se ejecutó mediante una metodología de investigación aplicada con enfoque experimental, estructurada en cinco fases principales. Este enfoque por fases es ampliamente recomendado para el desarrollo de sistemas mecatrónicos, ya que permite una gestión ordenada del diseño, la integración y la validación (Craig, 2018; Alves & Ferreira, 2021).

Diseño y Planificación: Se realizó una investigación de antecedentes y se desarrolló el modelo 3D del brazo robótico en software CAD (SolidWorks), definiendo una estructura articulada de 5 DOF para optimizar la movilidad. El diseño CAD es una etapa crítica que permite la simulación y optimización de la estructura mecánica antes de su fabricación, reduciendo costos y errores (Spong et al., 2020).

Fabricación de la Estructura: La estructura mecánica se fabricó utilizando acrílico de 3mm y 5mm, cortado con precisión láser, y componentes complementarios impresos en 3D con filamento PLA. El ensamblaje se realizó con tornillería estándar. La selección de estos materiales se basó en su bajo costo, disponibilidad y relación resistencia-peso, criterios esenciales para prototipos educativos funcionales (Rodríguez & Pérez, 2021; Ríos Carranza, 2021).

Integración Electrónica: El sistema de actuación incorporó cinco servomotores (modelos SG90 y MG996R) para controlar las articulaciones. Estos fueron conectados a una placa Arduino UNO R3, alimentada por una fuente de 5V DC con capacidad mínima de 2A. La elección de estos componentes de bajo costo está respaldada por estudios comparativos que demuestran su idoneidad para aplicaciones de robótica educativa donde no se requieren cargas elevadas (Páez & Rojas, 2022). La plataforma Arduino fue seleccionada por su robustez, amplia adopción en entornos educativos y el extenso soporte comunitario (Banzi & Shiloh, 2022; Zhang & Chen, 2022).

Programación: El control del brazo se implementó mediante programación en el IDE de Arduino, utilizando el lenguaje C++ y la librería Servo.h. Se desarrollaron rutinas para el control individual y coordinado de los servomotores, permitiendo el manejo mediante interfaz serial. Esta aproximación de programación accesible es fundamental para que los estudiantes comprendan los principios básicos del control de sistemas sin la complejidad de entornos industriales (Margolis, 2019; Díaz & Hernández, 2020).

Pruebas y Validación: El prototipo fue sometido a pruebas de funcionalidad para evaluar su precisión, capacidad de carga y estabilidad térmica. La validación incluyó la evaluación por parte de docentes y estudiantes especializados mediante encuestas, aplicando una metodología de **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)** para medir la percepción sobre su utilidad didáctica (Sandoval & Peña, 2020; Mataric, 2017).

Resultados y Discusión

El desarrollo del proyecto permitió obtener los siguientes resultados:

Prototipo Funcional: Se construyó exitosamente un brazo robótico de 5 DOF (Figuras en Anexos), con un coste total estimado de S/ 789.00 (aproximadamente 210 USD), lo que lo

sitúa como una alternativa significativamente más económica que los kits comerciales importados.

Desempeño Técnico: En las pruebas de laboratorio, el brazo ejecutó movimientos de agarre, elevación y rotación con una precisión angular de $\pm 2^\circ$. La capacidad máxima de carga fue de 150 gramos, con un funcionamiento estable en sesiones de hasta 20 minutos sin sobrecalentamiento de los servomotores.

Impacto Educativo: La evaluación cualitativa mediante encuestas a potenciales usuarios (estudiantes y docentes) mostró un 90% de satisfacción con la funcionalidad y el diseño. Los resultados coinciden con los reportados por Sandoval y Peña (2020), quienes encontraron que el uso de prototipos físicos facilita la enseñanza práctica de la electrónica y el control automático.

Integración de Sistemas: La plataforma Arduino demostró ser una solución robusta y accesible para el control de sistemas mecatrónicos, tal como lo señala Monk (2017). La interfaz de control por serial permitió una operación sencilla y la potencial integración de sensores de retroalimentación en futuras iteraciones.

Conclusiones

El presente proyecto logró cumplir su objetivo general al diseñar, construir y validar exitosamente un brazo robótico funcional de 5 grados de libertad controlado por Arduino. El prototipo resultante, con un coste total de S/ 789.00, demuestra que es viable implementar soluciones de robótica básica accesibles para entornos educativos con recursos limitados. Esto responde directamente a la problemática identificada en la introducción respecto a la brecha tecnológica en instituciones peruanas.

Técnicamente, el brazo robótico demostró un desempeño satisfactorio en las pruebas de laboratorio, con una capacidad de carga de 150 gramos y una precisión angular de $\pm 2^\circ$. El uso de materiales ligeros como el acrílico y el PLA, junto con componentes electrónicos asequibles como los servomotores SG90/MG996R y la placa Arduino UNO, no comprometió la funcionalidad básica. Esto valida el cumplimiento de los objetivos específicos de diseño, fabricación e integración, y corrobora los hallazgos de investigaciones previas sobre la viabilidad de utilizar componentes de bajo costo en robótica educativa (Páez & Rojas, 2022; Rodríguez & Pérez, 2021).

Desde una perspectiva educativa, la validación cualitativa mostró un 90% de satisfacción entre los potenciales usuarios (estudiantes y docentes), posicionando al prototipo como una herramienta didáctica innovadora y efectiva. El proyecto se alinea con los principios del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), fomentando habilidades prácticas en diseño mecánico, programación e integración de sistemas mecatrónicos, y facilitando la transición entre la teoría abstracta y la aplicación práctica (Díaz & Hernández, 2020; Sandoval & Peña, 2020).

En conclusión, este desarrollo no solo suple una necesidad inmediata de recursos educativos, sino que también incentiva la innovación y la creatividad entre los estudiantes de educación técnica. El proyecto constituye una contribución tangible para la reducción de la brecha digital en la educación peruana, formando capital humano mejor preparado para los desafíos de la industria 4.0. Su naturaleza de código abierto y bajo costo lo convierte en una solución escalable y adaptable, sentando las bases para futuras iteraciones más avanzadas.

Referencias

- Alves, M., & Ferreira, J. (2021). *Arduino Applied: Comprehensive Projects for Everyday Electronics*. Apress.
- Banzi, M., & Shiloh, M. (2022). *Getting Started with Arduino (3rd ed.)*. Maker Media, Inc.
- Craig, J. J. (2018). *Introduction to Robotics: Mechanics and Control (4th ed.)*. Pearson.
- Díaz, G., & Hernández, R. (2020). Metodologías activas en la enseñanza de la ingeniería: El uso de proyectos con Arduino. *Revista de Educación en Ingeniería*, 15(30), 55-62.
- García, C., & López, M. (2019). Diseño e implementación de un sistema de control para un brazo robótico de 6 GDL usando MATLAB y Arduino. *Scientia et Technica*, 24(4), 532-541.
- Gómez, L., & Torres, P. (2022). Implementación de un brazo robótico controlado por Arduino y Bluetooth para estudiantes de secundaria. *Journal of Technology and Innovation*, 15(2), 45-60.
- International Federation of Robotics (IFR). (2023). *World Robotics Report 2023*. Frankfurt: IFR Statistical Department.
- Margolis, M. (2019). *Arduino Cookbook: Recipes to Begin, Expand, and Enhance Your Projects (3rd ed.)*. O'Reilly Media.
- Mataric, M. J. (2017). *The Robotics Primer (2nd ed.)*. The MIT Press.

- Ministerio de Educación del Perú. (2022). Diagnóstico de la Educación Técnico-Productiva en el Perú. Lima: MINEDU.
- Páez, D., & Rojas, E. (2022). Análisis comparativo de servomotores para aplicaciones en robótica educativa. *Memorias del Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica*, 7(1), 88-95.
- Patel, R., & Kumar, S. (2021). A review on the role of open-source platforms in fostering innovation in mechatronics education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(11), 245-259.
- Ríos Carranza, J. (2021). Desarrollo de un brazo robótico para manipulación de objetos pequeños en laboratorios escolares. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 18(3), 310-320.
- Rodríguez, A., & Pérez, M. (2021). Diseño y fabricación de un brazo robótico para asistencia educativa en electrónica. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 16(1), 78-85.
- Sandoval, E., & Peña, F. (2020). Impacto del aprendizaje basado en proyectos con robótica en el desarrollo de competencias técnicas. *Journal of Educational Innovation*, 22(1), 33-48.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2016). *Springer Handbook of Robotics* (2nd ed.). Springer International Publishing.
- Spong, M. W., Hutchinson, S., & Vidyasagar, M. (2020). *Robot Modeling and Control* (2nd ed.). Wiley.
- UNESCO. (2023). *Estado de la Educación Técnica en América Latina*. París: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Wang, H., & Li, X. (2023). Low-cost robotic solutions for STEM education in developing countries. *International Journal of Educational Technology*, 12(3), 112-125.
- Zhang, Y., & Chen, K. (2022). Open-source hardware in engineering education: A systematic review. *Journal of Engineering Education*, 45(4), 234-250.