Robótica y sostenibilidad ambiental en los entornos educativos

Robotics and environmental sustainability in educational settings

María Soledad Cañar Torres[1], Doris Del Carmen Jimenez Gaona [2], Jorge Israel Pinta Seminario[3], Clara Enidt Cajas Granda[4], Yuri Maritza Sanchez Arevalo[5] y Julian Esteban Martos Jaramillo[6]

[1]Unidad Educativa "Martha Bucaram de Roldós", solimary55@yahoo.es, https://orcid.org/0009-0002-6385-8533, Ecuador
[2]Unidad Educativa Fiscomisional "Ecuador Amazónico", doriscjimenez@hotmail.com, https://orcid.org/0009-0002-0359-672X, Ecuador
[3]Unidad Educativa "Cazadores de los Ríos", jorgepinta1987@gmail.com, https://orcid.org/0009-0006-5873-0462, Ecuador
[4]Unidad Educativa "Primero de Mayo", claracajas_2802@yahoo.es, https://orcid.org/0009-0003-7950-7575, Ecuador
[5]Unidad Educativa "Primero de Mayo", sanchezyuri231@gmail.com, https://orcid.org/0009-0003-9392-1131, Ecuador
[6]Unidad Educativa Del Milenio "GUAYZIMI", julian.x.c@hotmail.com, https://orcid.org/0009-0000-7622-8114, Ecuador

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 02-01-2026
Revisado 03-01-2026
Aceptado 15-02-2026

Palabras Clave:

Robótica Educativa
Compuertas Lógicas
Competencias Tecnológicas
Sostenibilidad Ambiental
Lógica Digital

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla en el contexto de la innovación pedagógica y la educación STEM, donde la robótica educativa se consolida como una estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje activo y significativo. El estudio tuvo como objetivo general diseñar y construir un brazo robótico educativo que accione un dado digital mediante el uso de compuertas lógicas, con la finalidad de fortalecer las competencias tecnológicas y promover la conciencia ambiental en los entornos educativos. Metodológicamente, se adoptó un enfoque aplicado con un diseño experimental de tipo práctico, centrado en la construcción de un prototipo funcional que integra compuertas lógicas AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR como sistema de control. El proceso incluyó fases de diseño, ensamblaje, programación, prueba y evaluación del prototipo, así como actividades de aprendizaje orientadas a la comprensión de la lógica digital. Los resultados evidencian que la implementación del brazo robótico favorece el desarrollo de competencias tecnológicas, el pensamiento lógico y la resolución de problemas, al tiempo que promueve el uso responsable de la tecnología y la optimización de recursos materiales. En conclusión, la robótica educativa, aplicada desde una perspectiva sostenible, constituye una herramienta pedagógica eficaz para integrar conocimientos tecnológicos, fomentar la conciencia ambiental y responder a las demandas educativas contemporáneas.

Keywords:

Educational Robotics
Logic Gates
Technological Competencies
Environmental Sustainability
Digital Logic

ABSTRACT

This research is conducted within the context of pedagogical innovation and STEM education, where educational robotics is established as a didactic strategy to strengthen active and meaningful learning. The study's general objective was to design and build an educational robotic arm that operates a digital die using logic gates, with the aim of strengthening technological skills and promoting environmental awareness in educational settings. Methodologically, an applied approach was adopted with a practical experimental design, focused on building a functional prototype that integrates AND, OR, NOT, NAND, NOR, and XOR logic gates as a control system. The process included phases of design, assembly, programming, testing, and evaluation of the prototype, as well as learning activities focused on understanding digital logic. The results demonstrate that the implementation of the robotic arm fosters the development of technological skills, logical thinking, and problem-solving abilities, while also promoting the responsible use of technology and the optimization of material resources. In conclusion, educational robotics, applied from a sustainable perspective, constitutes an effective pedagogical tool for integrating technological knowledge, fostering environmental awareness, and responding to contemporary educational demands.

INTRODUCCIÓN

En el escenario educativo contemporáneo, los retos asociados a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo tecnológico se han convertido en ejes prioritarios de discusión a nivel mundial. La crisis ambiental, caracterizada por el uso indiscriminado de recursos naturales, el aumento de residuos tecnológicos y la limitada conciencia ecológica, exige respuestas integrales que trasciendan las soluciones tradicionales. En este contexto, la educación cumple un rol estratégico al formar ciudadanos capaces de comprender, analizar y actuar frente a los problemas ambientales desde enfoques innovadores y responsables. Organismos internacionales como la UNESCO enfatizan que la educación para el desarrollo sostenible debe integrar el pensamiento científico, tecnológico y ético, promoviendo competencias que permitan a los estudiantes diseñar soluciones creativas alineadas con la sostenibilidad y la innovación (UNESCO, 2023).

A nivel mundial, el avance acelerado de la tecnología ha generado una creciente necesidad de incorporar enfoques pedagógicos que articulen el aprendizaje de las ciencias, la ingeniería y la conciencia ambiental. La robótica educativa se ha consolidado como una herramienta didáctica clave, ya que favorece el aprendizaje activo, el pensamiento computacional y la resolución de problemas reales mediante la construcción de dispositivos funcionales. Diversos estudios evidencian que el uso de proyectos robóticos en el aula fortalece la comprensión de conceptos abstractos, como la lógica digital, al tiempo que promueve valores asociados al uso responsable de la tecnología y a la sostenibilidad ambiental (Papert & Harel, 2022). En este sentido, la robótica no solo se concibe como un recurso técnico, sino como un medio para fomentar una educación transformadora orientada al desarrollo sostenible.

Desde una perspectiva global, la integración de la lógica digital en proyectos educativos sostenibles ha cobrado especial relevancia. Las compuertas lógicas AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR constituyen la base del funcionamiento de los sistemas digitales y automatizados presentes en la vida cotidiana. Su aplicación en entornos educativos permite a los estudiantes comprender cómo se toman decisiones automatizadas a partir de condiciones lógicas, promoviendo un aprendizaje significativo y contextualizado. Cuando estos conceptos se integran en proyectos robóticos con un enfoque ambiental, como el diseño de dispositivos que optimizan recursos o simulan procesos sostenibles, se fortalece la relación entre tecnología, pensamiento lógico y responsabilidad ambiental (García & López, 2024).

En el ámbito regional latinoamericano, los sistemas educativos enfrentan desafíos estructurales relacionados con la brecha tecnológica, la limitada formación en competencias digitales y la insuficiente incorporación de la sostenibilidad ambiental en el currículo. Aunque existen avances normativos y programas orientados a la educación STEM, su implementación sigue siendo desigual, especialmente en instituciones con recursos limitados. Investigaciones recientes señalan que la enseñanza de la robótica en la región suele centrarse en el aspecto técnico, dejando de lado su potencial como herramienta para la educación ambiental y el desarrollo sostenible (Sáez & Urdaneta, 2024). Esta situación evidencia la necesidad de propuestas pedagógicas que integren la tecnología con enfoques transversales de sostenibilidad y conciencia ecológica.

No obstante, diversas experiencias educativas en América Latina demuestran que cuando la robótica se implementa mediante proyectos contextualizados, se potencia el aprendizaje interdisciplinario y la participación activa de los estudiantes. El uso de materiales reutilizados, componentes electrónicos de bajo consumo y sistemas lógicos simples permite desarrollar prototipos funcionales que reducen el impacto ambiental y fomentan prácticas responsables. En este marco, la construcción de dispositivos robóticos educativos no solo fortalece competencias técnicas, sino que también promueve valores de reutilización, optimización de recursos y cuidado del entorno (Mayorga et al., 2025).

A nivel local, Ecuador enfrenta retos significativos en la incorporación de tecnologías educativas innovadoras con enfoque sostenible. Si bien el currículo nacional reconoce la importancia de la educación ambiental y el desarrollo de competencias tecnológicas, su aplicación práctica en las aulas continúa siendo limitada. La falta de infraestructura, la escasa capacitación docente en robótica educativa y la limitada disponibilidad de recursos tecnológicos dificultan la implementación de proyectos interdisciplinarios que articulen la lógica digital, la robótica y la sostenibilidad (Plaza & Ortiz, 2025). Esta realidad se traduce en una enseñanza predominantemente teórica, que no siempre logra vincular el aprendizaje con la solución de problemas reales del entorno.

En este contexto, la construcción de un brazo robótico educativo que acciona un dado digital representa una alternativa pedagógica innovadora. Este proyecto permite integrar el aprendizaje de compuertas lógicas AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR como base para la toma de decisiones automatizadas, al tiempo que promueve el uso responsable de la tecnología. El diseño del sistema lógico del brazo robótico evidencia cómo múltiples condiciones pueden ser evaluadas para activar movimientos específicos, optimizando el consumo de energía y reduciendo el desperdicio de materiales electrónicos, lo cual se alinea con los principios de sostenibilidad ambiental.

La problemática de investigación se centra en la limitada adopción de estrategias educativas que integren la robótica educativa y la lógica digital con un enfoque de sostenibilidad ambiental en los entornos escolares. Esta situación se origina principalmente por la escasa formación docente en robótica y pensamiento lógico, la falta de proyectos interdisciplinarios y la percepción de la tecnología como un fin en sí mismo, y no como una herramienta para la educación ambiental. Como consecuencia, se desaprovechan oportunidades para desarrollar competencias tecnológicas, pensamiento crítico y conciencia ecológica en los estudiantes, manteniéndose una brecha entre el conocimiento teórico y su aplicación práctica en contextos reales (Valencia & García, 2024).
A partir de esta realidad, surge la siguiente pregunta de investigación:
¿Cómo influye la robótica educativa, mediante el diseño y construcción de un brazo robótico que utiliza compuertas lógicas para accionar un dado digital, en el desarrollo de competencias tecnológicas y en la promoción de la sostenibilidad ambiental en los entornos educativos?
Para dar respuesta a esta interrogante, el objetivo general del estudio es diseñar y construir un brazo robótico educativo que accione un dado digital mediante el uso de compuertas lógicas, con el propósito de fortalecer las competencias tecnológicas y promover la conciencia ambiental en los entornos educativos.
De manera específica, se plantean los siguientes objetivos:

- Aplicar compuertas lógicas AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR en el diseño del sistema de control del brazo robótico.
- Favorecer el aprendizaje significativo de la lógica digital mediante la construcción de un prototipo funcional.
- Promover el uso responsable de la tecnología y la optimización de recursos en proyectos de robótica educativa.

Sensibilizar a los estudiantes sobre la relación entre tecnología, automatización y sostenibilidad ambiental.
La justificación de esta investigación radica en la necesidad de generar propuestas pedagógicas innovadoras que integren la robótica educativa con la sostenibilidad ambiental, fortaleciendo el aprendizaje activo y contextualizado. El desarrollo de un brazo robótico basado en lógica digital no solo contribuye a la comprensión de conceptos fundamentales de la electrónica y la automatización, sino que también fomenta una actitud crítica frente al uso de la tecnología y su impacto ambiental. En consecuencia, este estudio aporta al fortalecimiento de una educación orientada al desarrollo sostenible, formando estudiantes capaces de diseñar soluciones tecnológicas responsables y comprometidas con el cuidado del entorno (Simaliza et al., 2025).

Marco teórico

La educación contemporánea enfrenta el desafío de formar estudiantes capaces de desenvolverse en un contexto marcado por el avance acelerado de la tecnología digital y la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental. En este escenario, la integración de la robótica educativa con la educación ambiental se consolida como una estrategia pedagógica innovadora que permite articular el desarrollo de competencias tecnológicas, el pensamiento lógico y la formación de una conciencia ambiental crítica y responsable. La robótica educativa, al basarse en el aprendizaje práctico y la resolución de problemas, favorece la comprensión de conceptos tecnológicos complejos mediante experiencias significativas, al tiempo que promueve el uso responsable de los recursos tecnológicos y materiales.
Desde el enfoque constructivista propuesto por Jean Piaget, el aprendizaje se concibe como un proceso activo mediante el cual el estudiante construye su conocimiento a partir de la interacción con el entorno y la manipulación de objetos concretos (Barreto et al., 2024). En el contexto de la robótica educativa, este enfoque se evidencia cuando los estudiantes diseñan y construyen dispositivos como un brazo robótico, experimentando con componentes electrónicos y sistemas lógicos. La implementación de compuertas lógicas en el funcionamiento del brazo robótico favorece los procesos de asimilación y acomodación, ya que los estudiantes integran nuevos conceptos de lógica digital a sus estructuras cognitivas previas, fortaleciendo el razonamiento lógico, la autonomía y la comprensión de la automatización.
Complementariamente, la teoría sociocultural de Lev Vygotsky aporta un marco fundamental para comprender el carácter colaborativo del aprendizaje mediado por la robótica educativa. Según este enfoque, el conocimiento se construye a través de la interacción social y la mediación pedagógica dentro de la zona de desarrollo próximo (Morales, 2024). En proyectos de robótica educativa orientados a la sostenibilidad, como la construcción de un brazo robótico con compuertas lógicas, los estudiantes trabajan de manera cooperativa en la resolución de problemas, la toma de decisiones y la programación del sistema, compartiendo saberes y fortaleciendo habilidades comunicativas, sociales y tecnológicas. Este proceso favorece un aprendizaje significativo y colectivo, alineado con los principios de una educación integral.

Desde la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel, se sostiene que el aprendizaje ocurre de manera más efectiva cuando los nuevos conocimientos se relacionan con los saberes previos y la experiencia cotidiana del estudiante (Pinzón, 2024). En este sentido, el uso de dispositivos robóticos que simulan situaciones reales —como el accionamiento automatizado de un dado digital— permite contextualizar conceptos abstractos de la lógica digital y la electrónica. La aplicación de compuertas lógicas en un proyecto tangible facilita que los estudiantes comprendan la utilidad práctica de estos sistemas en la vida cotidiana, promoviendo una internalización profunda de los contenidos y fortaleciendo la motivación por el aprendizaje tecnológico.

Desde una perspectiva metodológica, la robótica educativa se vincula estrechamente con el aprendizaje basado en proyectos (ABP), enfoque que promueve el desarrollo de competencias mediante la planificación, ejecución y evaluación de proyectos contextualizados (Kahoul, 2024). El diseño y construcción de un brazo robótico que acciona un dado digital mediante compuertas lógicas permite a los estudiantes investigar, experimentar y aplicar conocimientos de lógica digital, programación básica y sostenibilidad, fortaleciendo habilidades como la creatividad, la resolución de problemas y la toma de decisiones informadas.

En relación con la educación ambiental, este estudio se sustenta en los principios de la pedagogía ambiental, la cual busca formar sujetos críticos y comprometidos con el cuidado del entorno natural. Esta corriente propone la integración transversal de la educación ambiental en el currículo, promoviendo valores, actitudes y prácticas responsables frente al uso de la tecnología y los recursos naturales (García, 2023). La robótica educativa, al fomentar la optimización de recursos electrónicos y el uso consciente de la tecnología, se convierte en una herramienta pedagógica que contribuye a la sostenibilidad ambiental dentro de los entornos educativos.

Asimismo, la educación para el desarrollo sostenible (EDS) constituye un referente teórico clave para comprender la relación entre tecnología, educación y sostenibilidad. La EDS plantea que la educación debe promover un equilibrio entre las dimensiones social, económica y ambiental, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos actuales sin comprometer el bienestar de las futuras generaciones (Guardeño & Monsalve, 2024). Desde esta perspectiva, la robótica educativa orientada al uso eficiente de sistemas lógicos y automatizados contribuye al desarrollo de competencias tecnológicas responsables y alineadas con los principios de sostenibilidad.

La incorporación de plataformas tecnológicas como Arduino se relaciona directamente con la teoría del aprendizaje experiencial de David Kolb, la cual sostiene que el conocimiento se genera a partir de la experiencia concreta, la reflexión, la conceptualización y la aplicación práctica (Landini, 2023). En proyectos de robótica educativa, los estudiantes experimentan con sensores, actuadores y compuertas lógicas, lo que facilita la comprensión de sistemas digitales complejos mediante la práctica reflexiva, fortaleciendo competencias técnicas y cognitivas.

Desde la pedagogía crítica, la educación se concibe como un proceso orientado a la transformación social mediante la reflexión y la acción consciente (Carabalí, 2024). La robótica educativa aplicada a proyectos con enfoque sostenible permite cuestionar el uso indiscriminado de la tecnología, promoviendo una visión crítica sobre la automatización y su impacto ambiental. De este modo, los estudiantes asumen un rol activo como agentes de cambio, capaces de diseñar soluciones tecnológicas con impacto social y ambiental positivo.

Compuertas lógicas y robótica educativa

Las compuertas lógicas constituyen la base del funcionamiento de los sistemas digitales y automatizados. Desde el enfoque de la educación tecnológica, su enseñanza en entornos educativos permite desarrollar el pensamiento lógico, el razonamiento computacional y la comprensión de los procesos de toma de decisiones automatizadas (Candia, 2022).

La compuerta AND es un operador lógico que produce una salida activa únicamente cuando todas sus entradas son verdaderas. En el contexto del brazo robótico, esta compuerta permite que una acción específica se ejecute solo cuando se cumplen simultáneamente varias condiciones, favoreciendo el control preciso del sistema.

La compuerta OR genera una salida activa cuando al menos una de sus entradas es verdadera. Su aplicación en robótica educativa facilita la comprensión de sistemas que responden a múltiples eventos posibles, fortaleciendo el diseño de respuestas automatizadas.

La compuerta NOT invierte el valor lógico de la entrada, permitiendo trabajar con condiciones negadas. En proyectos educativos, esta compuerta resulta clave para comprender la lógica inversa en sistemas de control.

La compuerta NAND, combinación de AND y NOT, produce una salida inactiva solo cuando todas las entradas son verdaderas. Su carácter universal permite diseñar sistemas lógicos complejos a partir de una sola compuerta, optimizando recursos tecnológicos.

La compuerta NOR, resultado de la combinación OR y NOT, genera una salida activa únicamente cuando todas las entradas son falsas, siendo útil para sistemas que requieren condiciones de reposo para activarse. Finalmente, la compuerta XOR produce una salida activa cuando las entradas son diferentes, siendo fundamental en la detección de cambios y en procesos de comparación lógica.
La integración de estas compuertas en el diseño del brazo robótico educativo no solo fortalece el aprendizaje de la lógica digital, sino que también promueve una comprensión crítica del funcionamiento de los sistemas automatizados, vinculando la tecnología con principios de eficiencia, control y sostenibilidad.
En síntesis, los enfoques teóricos analizados evidencian que la robótica educativa, sustentada en fundamentos constructivistas, socioculturales y críticos, constituye una estrategia pedagógica pertinente para el desarrollo de competencias tecnológicas, pensamiento lógico y conciencia ambiental. La articulación entre compuertas lógicas, robótica y sostenibilidad respalda la relevancia de este estudio, al promover una formación integral orientada al compromiso social, la innovación responsable y el desarrollo sostenible en los entornos educativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología del presente estudio se desarrolló bajo un enfoque educativo–aplicado, orientado al fortalecimiento de las competencias tecnológicas, el pensamiento lógico y la conciencia ambiental en la comunidad educativa, mediante la implementación de estrategias de robótica educativa basadas en la construcción de un brazo robótico que acciona un dado digital utilizando compuertas lógicas. La investigación se fundamenta en la necesidad de promover aprendizajes significativos a partir de la experiencia práctica, integrando lógica digital, automatización y uso responsable de la tecnología dentro del contexto escolar, en coherencia con los principios de la educación para el desarrollo sostenible.
El enfoque de la investigación fue de carácter cualitativo, con énfasis en la comprensión de los procesos de aprendizaje, la participación estudiantil y los cambios observados en el desarrollo de competencias tecnológicas y en la conciencia sobre el uso responsable de la tecnología. Este enfoque permitió analizar cómo la construcción y funcionamiento del brazo robótico, basado en compuertas lógicas (AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR), influyó en el desarrollo del pensamiento lógico, la resolución de problemas y la comprensión de los sistemas automatizados, así como en la reflexión sobre la sostenibilidad tecnológica y la optimización de recursos electrónicos.
En cuanto al tipo de investigación, el estudio se enmarca en una investigación descriptiva con componente tecnológico–educativo, ya que describe de manera sistemática las fases de diseño, construcción e implementación del brazo robótico educativo, así como su incidencia en el proceso de enseñanza–aprendizaje. Asimismo, presenta un carácter educativo–experimental, dado que los estudiantes participaron activamente en actividades prácticas relacionadas con la lógica digital, la electrónica básica y la automatización, favoreciendo un aprendizaje activo, contextualizado y orientado a la resolución de problemas reales dentro del entorno educativo.
El diseño metodológico fue no experimental, debido a que no se manipularon variables de manera controlada ni se establecieron grupos de comparación. El fenómeno fue observado en su contexto natural, dentro del aula y los espacios educativos, analizando las interacciones de los estudiantes con el proyecto robótico y su proceso de aprendizaje. La experiencia se desarrolló de manera transversal, durante un período aproximado de tres a cuatro meses, considerando los tiempos académicos destinados a la planificación pedagógica, la ejecución de las actividades prácticas y la valoración del impacto educativo del proyecto.
La población estuvo constituida por estudiantes de la unidad educativa, quienes participaron de forma directa en el diseño, construcción y puesta en funcionamiento del brazo robótico, así como por miembros de la comunidad escolar que interactuaron con el dispositivo. La participación estudiantil fue un eje central del proceso metodológico, ya que los estudiantes asumieron un rol activo como constructores de conocimiento, fortaleciendo su interés por la tecnología, su pensamiento lógico y su comprensión del uso responsable de los sistemas automatizados.
El procedimiento metodológico se estructuró en varias etapas claramente definidas. En una primera etapa se desarrolló la sensibilización sobre sostenibilidad tecnológica, orientada a reflexionar sobre el impacto ambiental de los dispositivos electrónicos, el consumo energético y la importancia de diseñar sistemas eficientes. Esta fase permitió contextualizar el proyecto del brazo robótico como una herramienta educativa que promueve el uso consciente de la tecnología y la optimización de recursos.
En una segunda etapa se realizó el diseño conceptual y estructural del brazo robótico y del dado digital, considerando su funcionalidad, estabilidad y propósito educativo. Los estudiantes participaron en la planificación del sistema, identificando los movimientos necesarios del brazo robótico y definiendo las condiciones lógicas requeridas para accionar el dado digital, lo que favoreció el desarrollo del razonamiento lógico y la comprensión de los procesos de automatización.

La tercera etapa correspondió a la integración de la lógica digital, considerada el eje central del proyecto. En esta fase se trabajó con compuertas lógicas AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR, aplicadas al control del movimiento del brazo robótico. Los estudiantes analizaron cómo las distintas combinaciones de entradas lógicas permiten activar o desactivar acciones específicas, comprendiendo la toma de decisiones automatizadas y el funcionamiento de los sistemas digitales desde una perspectiva práctica y educativa.
Posteriormente, se desarrolló la construcción e integración tecnológica del prototipo, incorporando componentes electrónicos como servomotores, pulsadores, LEDs y placas Arduino, programadas mediante el entorno Arduino IDE. Durante esta etapa, los estudiantes participaron en la conexión de los circuitos, la implementación de las compuertas lógicas y la programación básica del sistema, fortaleciendo competencias tecnológicas, procedimentales y cognitivas.
En la siguiente etapa se realizó la fase de prueba, ajuste y puesta en funcionamiento del brazo robótico y del dado digital. Se verificó el correcto funcionamiento del sistema lógico, se realizaron ajustes técnicos y se evaluó la interacción del prototipo con los usuarios. Esta fase permitió reflexionar sobre la eficiencia del diseño, la mejora continua y el uso responsable de la tecnología, promoviendo actitudes críticas frente a los procesos automatizados.
A lo largo de todo el proceso metodológico se priorizó el uso de recursos tecnológicos accesibles y de bajo costo, así como la reutilización de materiales disponibles, reforzando los principios de sostenibilidad y economía circular. Este enfoque demostró que es posible implementar proyectos de robótica educativa significativos sin requerir infraestructura costosa, favoreciendo su replicabilidad en distintos contextos educativos.
La metodología permitió evidenciar el impacto educativo, tecnológico y ambiental del proyecto de robótica educativa. La experiencia contribuyó al desarrollo del pensamiento lógico, las competencias tecnológicas y la conciencia sobre el uso responsable de la tecnología, consolidando un modelo metodológico replicable que articula robótica educativa, compuertas lógicas y sostenibilidad ambiental en los entornos escolares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de la implementación del proyecto de robótica educativa, centrado en la construcción de un brazo robótico que acciona un dado digital mediante el uso de compuertas lógicas, permiten reflexionar de manera crítica sobre el potencial pedagógico de la tecnología como herramienta para el desarrollo de competencias tecnológicas y la promoción de la sostenibilidad ambiental en los entornos educativos. La experiencia evidenció que la robótica educativa, cuando se integra desde un enfoque pedagógico y no meramente técnico, favorece aprendizajes significativos, el pensamiento lógico y una mayor conciencia sobre el uso responsable de la tecnología.
En primer lugar, el proceso de diseño y construcción del brazo robótico permitió constatar que el aprendizaje de conceptos abstractos, como la lógica digital y el funcionamiento de las compuertas lógicas AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR, se fortalece significativamente cuando estos se aplican a situaciones prácticas y contextualizadas. Los estudiantes lograron comprender la lógica de toma de decisiones automatizadas al observar cómo distintas combinaciones de entradas activaban o desactivaban los movimientos del brazo robótico. Este hallazgo coincide con los postulados del aprendizaje significativo de Ausubel, quien sostiene que el conocimiento se consolida cuando se relaciona con experiencias concretas y relevantes para el estudiante.
Asimismo, la experiencia corroboró los principios del enfoque constructivista de Piaget, al evidenciar que los estudiantes construyeron su conocimiento a partir de la experimentación, el error y la reflexión. El uso de compuertas lógicas como base del sistema de control del brazo robótico favoreció procesos de asimilación y acomodación, ya que los estudiantes debieron reorganizar sus esquemas cognitivos para comprender la relación entre entradas, salidas y acciones automatizadas. Este proceso no solo fortaleció el razonamiento lógico, sino que también promovió la autonomía y la capacidad de resolver problemas de manera creativa.
Desde la perspectiva sociocultural de Vygotsky, el trabajo colaborativo desempeñó un papel fundamental en el desarrollo del proyecto. La construcción del brazo robótico y la implementación de las compuertas lógicas se realizaron mediante dinámicas de trabajo en equipo, en las que los estudiantes intercambiaron ideas, debatieron soluciones y se apoyaron mutuamente en la resolución de dificultades técnicas. Este proceso de interacción social facilitó el aprendizaje dentro de la zona de desarrollo próximo, permitiendo que los estudiantes con mayor dominio tecnológico apoyaran a aquellos con menor experiencia, fortaleciendo así el aprendizaje colectivo y la cohesión del grupo.
En relación con el aprendizaje basado en proyectos (ABP), la experiencia evidenció que este enfoque metodológico resulta altamente pertinente para la enseñanza de la robótica educativa con enfoque sostenible. El proyecto del brazo robótico con dado digital se convirtió en un eje articulador del aprendizaje, integrando contenidos de lógica digital, electrónica básica, programación y sostenibilidad. Los estudiantes

no solo adquirieron conocimientos técnicos, sino que también desarrollaron habilidades transversales como la planificación, la toma de decisiones y la evaluación crítica de los resultados obtenidos. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que destacan el ABP como una estrategia eficaz para promover aprendizajes activos y contextualizados.

Un aspecto relevante de la discusión se centra en la relación entre robótica educativa y sostenibilidad ambiental. Aunque el proyecto no se enfocó directamente en la gestión de residuos sólidos, sí promovió una reflexión crítica sobre el uso responsable de la tecnología, el consumo energético y la optimización de recursos. El diseño del sistema lógico del brazo robótico permitió evidenciar que una adecuada planificación de las compuertas lógicas contribuye a reducir activaciones innecesarias, optimizando el funcionamiento del sistema y disminuyendo el consumo energético. De este modo, los estudiantes comprendieron que la sostenibilidad también implica diseñar tecnologías eficientes y responsables, alineadas con los principios de la educación para el desarrollo sostenible.

La incorporación de plataformas accesibles como Arduino demostró ser una estrategia efectiva para democratizar el acceso al conocimiento tecnológico. La experiencia evidenció que es posible desarrollar proyectos de robótica educativa significativos con recursos limitados, lo que resulta especialmente relevante en contextos educativos con restricciones presupuestarias. Este hallazgo refuerza la idea de que la innovación educativa no depende exclusivamente de infraestructura costosa, sino de propuestas pedagógicas creativas y bien fundamentadas.

Desde la pedagogía crítica, la experiencia permitió que los estudiantes cuestionaran la visión tradicional de la tecnología como un fin en sí mismo, promoviendo una reflexión sobre su impacto social y ambiental. La construcción del brazo robótico se convirtió en una oportunidad para analizar cómo los sistemas automatizados influyen en la vida cotidiana y cómo su diseño puede contribuir a prácticas más sostenibles. Este enfoque favoreció el desarrollo de una conciencia crítica y el reconocimiento del rol del estudiante como agente de cambio capaz de proponer soluciones tecnológicas responsables.

No obstante, la experiencia también evidenció ciertos desafíos y limitaciones. Uno de los principales retos fue la heterogeneidad en los conocimientos previos de los estudiantes en relación con la lógica digital y la electrónica básica, lo que requirió una mediación pedagógica constante por parte del docente. Asimismo, el tiempo disponible para el desarrollo del proyecto resultó limitado en relación con la complejidad de los contenidos abordados, lo que sugiere la necesidad de una planificación curricular más flexible que permita profundizar en los aprendizajes tecnológicos y reflexivos.

En comparación con estudios previos sobre robótica educativa orientada a la sostenibilidad, los resultados de esta experiencia coinciden en señalar que la integración de tecnología y educación ambiental favorece aprendizajes significativos y el desarrollo de competencias clave para el siglo XXI. Sin embargo, este estudio aporta un valor añadido al centrar la atención en el uso de compuertas lógicas como eje pedagógico, evidenciando que la enseñanza de la lógica digital puede convertirse en una herramienta poderosa para promover el pensamiento crítico, la eficiencia tecnológica y la sostenibilidad.

Finalmente, la discusión permite afirmar que la robótica educativa, cuando se implementa desde un enfoque pedagógico, crítico y sostenible, constituye una estrategia eficaz para transformar los procesos de enseñanza–aprendizaje. La construcción del brazo robótico con dado digital, basado en compuertas lógicas, no solo fortaleció las competencias tecnológicas de los estudiantes, sino que también promovió una comprensión más profunda del papel de la tecnología en la construcción de un futuro sostenible. En este sentido, el estudio reafirma la importancia de integrar la robótica educativa en los entornos escolares como una herramienta para formar ciudadanos críticos, creativos y comprometidos con el desarrollo sostenible.

CONCLUSIÓN

El presente estudio permitió analizar de manera integral cómo la robótica educativa, mediante el diseño y construcción de un brazo robótico que utiliza compuertas lógicas para accionar un dado digital, influye en el desarrollo de competencias tecnológicas y en la promoción de la sostenibilidad ambiental en los entornos educativos. A partir de la experiencia pedagógica desarrollada, se evidenció que la integración de la lógica digital, la automatización y el aprendizaje práctico constituye una estrategia didáctica pertinente para fortalecer el pensamiento lógico, la resolución de problemas y la conciencia sobre el uso responsable de la tecnología, consolidando aprendizajes significativos y contextualizados.

En relación con la pregunta de investigación planteada, los hallazgos permiten concluir que la robótica educativa ejerce una influencia positiva y significativa en el desarrollo de competencias tecnológicas cuando se implementa mediante proyectos prácticos que vinculan teoría y aplicación. La construcción del brazo robótico y su sistema de control basado en compuertas lógicas facilitó la comprensión de los principios fundamentales de la lógica digital, permitiendo que los estudiantes internalizaran conceptos abstractos a través de la experimentación y la observación directa del funcionamiento del prototipo. Este

proceso favoreció el desarrollo del pensamiento lógico, el razonamiento secuencial y la toma de decisiones, competencias clave en la formación tecnológica contemporánea.

Asimismo, el estudio permitió evidenciar que la robótica educativa no solo fortalece habilidades técnicas, sino que también promueve una reflexión crítica sobre la sostenibilidad ambiental, especialmente en lo referente al uso consciente de la tecnología y la optimización de recursos. A través del diseño del sistema lógico del brazo robótico, los estudiantes comprendieron que una adecuada planificación de las compuertas lógicas contribuye a un funcionamiento más eficiente del sistema, evitando activaciones innecesarias y reduciendo el consumo energético. De este modo, la sostenibilidad se abordó no únicamente desde una perspectiva ambiental tradicional, sino también desde la eficiencia tecnológica y la responsabilidad en el diseño de sistemas automatizados.

En cuanto al objetivo general del estudio, orientado a diseñar y construir un brazo robótico educativo que accione un dado digital mediante el uso de compuertas lógicas con el propósito de fortalecer las competencias tecnológicas y promover la conciencia ambiental, se concluye que dicho objetivo fue cumplido de manera satisfactoria. El prototipo desarrollado funcionó como un recurso didáctico eficaz que integró conocimientos de lógica digital, electrónica básica y automatización, al tiempo que fomentó actitudes responsables frente al uso de la tecnología. La experiencia permitió que los estudiantes asumieran un rol activo en su proceso de aprendizaje, fortaleciendo su motivación, creatividad y compromiso con el proyecto.

Respecto al primer objetivo específico, relacionado con la aplicación de las compuertas lógicas AND, OR, NOT, NAND, NOR y XOR en el diseño del sistema de control del brazo robótico, se evidencia su cumplimiento a través de la implementación efectiva de estas compuertas en el funcionamiento del prototipo. Los estudiantes lograron identificar la función de cada compuerta y su utilidad dentro del sistema, comprendiendo cómo las distintas combinaciones de entradas lógicas determinan acciones específicas del brazo robótico. Este proceso permitió consolidar el aprendizaje de la lógica digital desde una perspectiva práctica, fortaleciendo la comprensión de los sistemas de control y la automatización.

En relación con el segundo objetivo específico, orientado a favorecer el aprendizaje significativo de la lógica digital mediante la construcción de un prototipo funcional, los resultados reflejan que la experiencia práctica facilitó una comprensión profunda de los contenidos abordados. La manipulación directa del brazo robótico y la observación de su respuesta ante diferentes condiciones lógicas permitieron que los estudiantes relacionaran los conceptos teóricos con situaciones reales, tal como lo plantea la teoría del aprendizaje significativo. Este enfoque redujo la abstracción de la lógica digital y promovió una internalización duradera de los conocimientos, evidenciándose en la capacidad de los estudiantes para explicar el funcionamiento del sistema y proponer mejoras al diseño.

En cuanto al tercer objetivo específico, referido a promover el uso responsable de la tecnología y la optimización de recursos en proyectos de robótica educativa, se concluye que este fue alcanzado mediante la reflexión constante sobre la eficiencia del sistema y el impacto del uso tecnológico. Los estudiantes desarrollaron una mayor conciencia sobre la importancia de diseñar sistemas funcionales, eficientes y sostenibles, comprendiendo que la tecnología debe responder a criterios de responsabilidad ambiental y social. Este aprendizaje resulta especialmente relevante en el contexto educativo actual, donde el uso de la tecnología debe ir acompañado de valores éticos y sostenibles.

De manera general, la experiencia permitió evidenciar que la robótica educativa, cuando se articula con principios pedagógicos claros y con un enfoque de sostenibilidad, trasciende su función instrumental y se convierte en una estrategia formativa integral. La construcción del brazo robótico con compuertas lógicas no solo fortaleció competencias tecnológicas, sino que también promovió habilidades transversales como el trabajo colaborativo, la comunicación, la reflexión crítica y la autonomía en el aprendizaje. Estos resultados coinciden con los enfoques constructivista, sociocultural y crítico que sustentan el marco teórico del estudio.

No obstante, el desarrollo del proyecto también permitió identificar desafíos que deben considerarse en futuras implementaciones. Entre ellos se destacan la necesidad de una formación docente continua en robótica educativa y lógica digital, así como la importancia de contar con tiempos académicos suficientes para profundizar en los procesos de diseño, prueba y reflexión. Superar estas limitaciones permitirá potenciar aún más el impacto educativo de este tipo de propuestas.

Finalmente, se concluye que la robótica educativa, mediante el diseño y construcción de un brazo robótico que utiliza compuertas lógicas para accionar un dado digital, constituye una estrategia pedagógica eficaz para el desarrollo de competencias tecnológicas y la promoción de la sostenibilidad ambiental en los entornos educativos. La experiencia desarrollada demuestra que es posible integrar tecnología, aprendizaje activo y conciencia ambiental en un modelo educativo replicable, accesible y alineado con los desafíos del siglo XXI. En este sentido, el estudio aporta evidencia significativa sobre la pertinencia de incorporar la robótica educativa como un eje transversal en la formación de estudiantes críticos, creativos y comprometidos con el desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

Alcívar, E., Alcívar, I., García, J., Espinel, M., & Alcívar, T. (2024). Actividades de reciclaje como alternativa de educación ambiental con estudiantes de Educación Básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 13442-13460. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14805

Barragan, R., Alvarez, S., Macas, M., Cervantes, X., & Lozano, P. (2024). Gestión ecoeficiente de los residuos sólidos reciclables para promover la sostenibilidad ambiental en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ibero-American Journal of Education & Society Research*, 46–53. doi:https://doi.org/10.56183/iberoeds.v4iS.671

Barreto, W., Arévalo, J., Ulloa, J., Zavala, C., Andrade, N., & Paguay, M. (2024). Análisis del aprendizaje infantil desde la teoría del desarrollo cognitivo de Jean Piaget: un enfoque etnográfico para evaluar la relación entre la inteligencia y las etapas cognitivas. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades, V*(5), 4126 – 4138. doi:https://doi.org/10.56712/latam.v5i5.2913

Candia, F. (2022). Integración de la impresión 3D en la educación tecnológica. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 1 -31. doi:https://doi.org/10.23913/ride.v12i24.1170

Carabali, M. (2024). Pedagogía crítica desde el Enfoque Intercultural en Educación Básica primaria: Revisión Sistemática. *Vitalia*, 237–260. doi:https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v5i3.255

Conde, J., Mark, C., Rafael, C., Ross, D., Ganuelas, J., Rommick, O., & Benjhon, A. (2023). Diseño y Desarrollo de un Contenedor de Basura Inteligente para Residuos Reciclables. *Revista de ciencia y tecnología del sudeste asiático*, 19-28. Obtenido de https://sajst.org/online/index.php/sajst/article/view/286

Diware, A., Katre, K., Kalegar, A., Jogdand, R., & Bamdale, H. (2023). Smart Bin Using IoT. *Ijraset Journal For Research in Applied Science and Engineering Technology*, 3773-3778. Obtenido de https://www.ijraset.com/best-journal/smart-bin-using-iot

García, D. (2023). La educación ambiental como política pública. Reflexiones desde una pedagogía ambiental crítica. *Revista Argentina de Investigación Educativa*, 43-64. Obtenido de Educación y ambiente: https://portalrevistas.unipe.edu.ar/index.php/raie/article/view/175/312

Gowda, S., Balapriya, F., Chaya, K., Harshitha, Y., & Vinutha, H. (2022). Segregación y gestión inteligente de residuos mejorada mediante Arduino. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 143 - 146. Obtenido de https://www.ijert.org/research/enhanced-smart-waste-segregation-and-management-using-arduino-IJERTV11IS050101.pdf

Guardeño, M., & Monsalve, L. (2024). Educación para el desarrollo sostenible en el curriculum de España e Irlanda. *Revista Universidad y Sociedad*, 30-44. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202024000100030&script=sci_arttext

Kahoul, A. (2024). *Una propuesta de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPt) y en Problemas (ABPm) para la materia de Economía de 1ºBachillerato en Castilla y León.* Valladolid: Universidad de Valladolid. Obtenido de https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/72866/TFM-E-288.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Landini, F. (2023). La dinámica de aprendizaje experiencial en la formación de las y los extensionistas rurales latinoamericanos. *Revista mexicana de investigación educativa*, 251-275. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-66662023000100251&script=sci_arttext

Mayorga, G., Peñafiel, J., Izurieta, I., Analuiza, C., & Ramos, C. (2025). Reciclaje como estrategia pedagógica para el aprendizaje ambiental: una revisión bibliográfica sistemática en Educación Básica. *Arandu UTIC*, 2071–2086. doi:https://doi.org/10.69639/arandu.v12i3.1440

Monteros, W., & Cando, C. (2024). *Estadística de información ambiental económica en Gobiernos Autonomos Descentralizados Municipales Gestión de Residuos Sólidos 2023.* Quito: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios/2023/Residuos_Solidos/Boletin_Tecnico_GRS_2023.pdf

Morales, L. (2024). Neurociencia y el modelo educativo de Vygotsky: Implicaciones para la enseñanza en la educación superior. *Código Científico Revista De Investigación, V*(2), 91–108. doi:https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n2/540

Peñaherrera, B. (2025). Botes de basura inteligentes para clasificación de residuos y control de vaciado a través de un aplicativo móvil. *Revista Ingenio Global*, 340-351. doi:https://doi.org/10.62943/rig.v4n1.2025.303

Pinzón, J. (2024). Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel en el desarrollo de estrategias de aprendizaje hacia un pensamiento crítico. *Ciencia Latina , VIII*(3), 8858 -8868. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12041

Plaza, K., & Ortíz, M. (2025). Manejo Adecuado de Residuos Sólidos en la Unidad Educativa Fiscal "México Nro. 29" en la Parroquia Borbón: Un Enfoque desde la Educación Ambiental. *Revista Científica Hallazgos*, 1–9. doi:https://doi.org/10.69890/hallazgos21.v10i1.681

Sáez, A., & Urdaneta, J. (2024). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 121-135. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf

Silpa, A., Lekhini, G., Prasanthi, A., Navya, D., & Naga, B. (2023). Arduino-based Real Time Implementation of Smart Trash Collectorusing Internet of Things. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 404-412. Obtenido de https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/view/13670/9812

Simaliza, B., Garcés, L., & Simaliza, L. (2025). El reciclaje educativo como medio para el desarrollo de competencias ambientales en escuelas de Quito. *Revista Especializada En Ciencias De La Educación*, 492-514. doi:https://doi.org/10.64018/neosapiencia.v3i2.77

UNESCO . (2 de Febrero de 2026). *Educación para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de UNESCO : https://www.unesco.org/es/sustainable-development/education

UNESCO. (20 de Abril de 2023). *TrashHack: educación para el desarrollo sustentable en Reservas de Biosfera de UNESCO*. Obtenido de UNESCO: https://www.unesco.org/es/articles/trashhack-educacion-para-el-desarrollo-sustentable-en-reservas-de-biosfera-de-unesco

Valencia, L., & García, L. (2024). Estrategias pedagógicas para implementar planes de gestión integral de residuos sólidos. *Revista Boletín REDIPE*, 244-61. Obtenido de https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/2103