



*Evaluación de la eficacia de la robótica educativa en la mejora del aprendizaje de números irracionales en estudiantes de educación secundaria*

*Evaluation of the effectiveness of educational robotics in improving the learning of irrational numbers in secondary education students*

*Avaliação da eficácia da robótica educativa na melhoria da aprendizagem dos números irracionais em alunos do ensino secundário*

David Ricardo Castillo-Salazar <sup>I</sup>

[davidcastillo@uti.edu.ec](mailto:davidcastillo@uti.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0003-1330-1614>

Maribel Del Rocío Guevara-Céspedes <sup>III</sup>

[marigevan@yahoo.com](mailto:marigevan@yahoo.com)

<https://orcid.org/0009-0008-5764-2473>

Luz Angélica Albarracín-Llivisaca <sup>V</sup>

[luz.albarracin@educacion.gob.ec](mailto:luz.albarracin@educacion.gob.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-6874-6218>  
Mónica Alexandra Mayorga-Alulema <sup>VII</sup>

[mayorgamonyca@gmail.com](mailto:mayorgamonyca@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0001-2956-5617>

Lorena Jacqueline Pallo-Silva <sup>IX</sup>

[irma.moya@educacion.gob.ec](mailto:irma.moya@educacion.gob.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-8825-7537>

Alba Cecilia Guevara-Céspedes <sup>II</sup>

[albaguevara4@yahoo.com](mailto:albaguevara4@yahoo.com)

<https://orcid.org/0009-0002-6134-7334>

Evelyn Nathaly Larrea-López <sup>IV</sup>

[martha.ashqui@educacion.gob.ec](mailto:martha.ashqui@educacion.gob.ec)

<https://orcid.org/0009-0006-2025-3103>

Nelly Elizabeth Malusin-Pilla <sup>VI</sup>

[nellymalusin1986@gmail.com](mailto:nellymalusin1986@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0000-0515-244X>

Cecilia Beatriz Morales-Gordon <sup>VIII</sup>

[ceciliabeatrizmorales@yahoo.es](mailto:ceciliabeatrizmorales@yahoo.es)

<https://orcid.org/0009-0008-4934-3103>

Limber Fabricio Sánchez-Rosero <sup>X</sup>

[limber.sanchez@educacion.gob.ec](mailto:limber.sanchez@educacion.gob.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-2614-0469>

**Correspondencia:** [davidcastillo@uti.edu.ec](mailto:davidcastillo@uti.edu.ec)

Ciencias de la Educación

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 30 de noviembre de 2023 \* **Aceptado:** 22 de diciembre de 2023 \* **Publicado:** 09 de enero de 2024

- I. Master en docencia universitaria y administración educativa, Ingeniero en sistemas, Licenciado en Ciencias de la Educación en la especialidad de Físico – Matemáticas, Coordinador de Investigación de la Carrera de Educación Básica y Docente Investigador en la Universidad Tecnológica Indoamérica, Tungurahua, Ecuador.
- II. Licenciada en Ciencias de la Educación mención Educación Básica., docente de Estudios Sociales, Ciencias Naturales en la Unidad Educativa Joaquín Arias, Tungurahua, Ecuador.
- III. Master en Ciencias de la Educación Mención Parvularia, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Educación Básica, Vicerrectora en la Unidad Educativa Joaquín Arias, Tungurahua, Ecuador.
- IV. Licenciado en educación mención Educación Inglés, Docente Inglés en el Centro de Desarrollo Infantil Mi Pequeño Mundo, Tungurahua, Ecuador.
- V. Licenciada en ciencias de la educación mención Educación Básica, Docente de Matemática, Lengua y literatura, Ciencias Naturales, Estudios Sociales, Educación cultural y artística en la Unidad Educativa San Joaquín, Azuay, Ecuador.
- VI. Master en Ciencias de la Educación Mención Parvularia, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Educación mención Parvularia, Docente de Educación Inicial en la Unidad Educativa Joaquín Arias, Tungurahua, Ecuador.
- VII. Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Educación Básica, Docente de Ciencias Naturales, Estudios Sociales, Educación cultural y artística en la Unidad Educativa Joaquín Arias, Tungurahua, Ecuador
- VIII. Magister en Ciencias de la Educación Mención Parvularia, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Educación mención Parvularia, Docente Educación Inicial en la Escuela de Educación Básica 12 de Octubre, Tungurahua, Ecuador.
- IX. Magister en Educación Básica, Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Educación Básica, Docente Matemática, Lengua y literatura, Ciencias Naturales, Estudios Sociales, Educación cultural y artística en la Unidad Educativa Fray Vicente Solano, Tungurahua, Ecuador.
- X. Magister en Gestión Educativa, Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización, Docente de Física y Vicerrector en la Unidad Educativa 17 de Abril, Tungurahua, Ecuador.

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo principal investigar y demostrar la eficacia de la robótica educativa como herramienta pedagógica innovadora para mejorar la comprensión y el aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria. La investigación adopta un enfoque cuantitativo, exploratorio y descriptivo, utilizando un diseño cuasi experimental en la Zona 5 del Ministerio de Educación del Ecuador con la participación de 120 estudiantes. La metodología incluye la aplicación de pretest y postest, encuestas a docentes y actividades de robótica educativa. Se emplearon interfaces de control para facilitar la programación y ejecución de proyectos de robótica en el aula. La hipótesis alternativa plantea que la integración de la robótica educativa mejorará significativamente la comprensión de conceptos matemáticos abstractos en comparación con enfoques tradicionales. La prueba t de Student y la "d de Cohen" se utilizaron para validar la hipótesis, revelando un impacto considerable con una d de Cohen de  $-5.25$ , indicando un efecto muy grande y significativo. Este resultado respalda la eficacia de la robótica educativa para potenciar la comprensión y el aprendizaje de números irracionales. La aplicación de la t de Student exploró la efectividad práctica de la robótica educativa en la educación matemática, demostrando mejoras significativas en la comprensión de conceptos abstractos, el rendimiento académico, la motivación y la percepción positiva hacia las matemáticas.

En conclusión, la investigación ofrece evidencia concluyente de que la integración de la robótica educativa tiene un impacto positivo y contundente en la educación matemática de estudiantes de educación secundaria. Estos hallazgos destacan la necesidad continua de explorar enfoques pedagógicos innovadores que incorporen de manera efectiva la tecnología en el entorno educativo, abriendo nuevas perspectivas para la enseñanza de las matemáticas.

**Palabras clave:** Robótica educativa; Matemática; Números irracionales; Aprendizaje; Estudiantes.

## Abstract

The main objective of the research was to investigate and demonstrate the effectiveness of educational robotics as an innovative pedagogical tool to enhance the understanding and learning of operations with irrational numbers in secondary education students. The research adopts a quantitative, exploratory, and descriptive approach, employing a quasi-experimental design in Zone 5 of the Ministry of Education of Ecuador, involving 120 students. The methodology includes the administration of pretests and posttests, teacher surveys, and educational robotics activities.

Control interfaces were used to facilitate the programming and execution of robotics projects in the classroom. The alternative hypothesis posits that the integration of educational robotics will significantly improve the understanding of abstract mathematical concepts compared to traditional approaches. The Student's t-test and Cohen's "d" were used to validate the hypothesis, revealing a considerable impact with a Cohen's "d" of -5.25, indicating a very large and significant effect. This result supports the efficacy of educational robotics in enhancing the understanding and learning of irrational numbers. The application of the Student's t-test explored the practical effectiveness of educational robotics in mathematics education, demonstrating significant improvements in the understanding of abstract concepts, academic performance, motivation, and positive perception of mathematics. In conclusion, the research provides conclusive evidence that the integration of educational robotics has a positive and significant impact on the mathematical education of secondary school students. These findings underscore the ongoing need to explore innovative pedagogical approaches that effectively incorporate technology into the educational environment, opening new perspectives for the teaching of mathematics.

**Keywords:** educational robotics; Math; Irrational numbers; Learning; Students.

## Resumo

O objetivo principal da pesquisa foi investigar e demonstrar a eficácia da robótica educacional como ferramenta pedagógica inovadora para melhorar a compreensão e aprendizagem de operações com números irracionais em alunos do ensino secundário. A pesquisa adota uma abordagem quantitativa, exploratória e descritiva, empregando um desenho quase experimental na Zona 5 do Ministério da Educação do Equador, envolvendo 120 estudantes. A metodologia inclui a administração de pré-testes e pós-testes, pesquisas com professores e atividades de robótica educacional. Interfaces de controle foram utilizadas para facilitar a programação e execução de projetos de robótica em sala de aula. A hipótese alternativa postula que a integração da robótica educacional melhorará significativamente a compreensão de conceitos matemáticos abstratos em comparação com abordagens tradicionais. O teste t de Student e o "d" de Cohen foram utilizados para validar a hipótese, revelando um impacto considerável com um "d" de Cohen de -5,25, indicando um efeito muito grande e significativo. Este resultado apoia a eficácia da robótica educacional em melhorar a compreensão e aprendizagem de números irracionais. A aplicação do teste t de Student explorou a eficácia prática da robótica educacional na educação matemática,

demonstrando melhorias significativas na compreensão de conceitos abstratos, desempenho acadêmico, motivação e percepção positiva da matemática. Em conclusão, a investigação fornece evidências conclusivas de que a integração da robótica educativa tem um impacto positivo e significativo na educação matemática dos alunos do ensino secundário. Estas descobertas sublinham a necessidade contínua de explorar abordagens pedagógicas inovadoras que incorporem eficazmente a tecnologia no ambiente educacional, abrindo novas perspectivas para o ensino da matemática.

**Palavras-chave:** robótica educacional; Matemática; Números irracionais; Aprendizado; Alunos.

### **Introducción**

La robótica educativa ha emergido como una herramienta pedagógica innovadora que no solo captura la atención de los estudiantes, sino que también facilita un aprendizaje activo y práctico como lo señalan Abadia et al. (2018). En el contexto específico de las matemáticas, la operación con números irracionales presenta desafíos para muchos estudiantes de secundaria. La integración de la robótica educativa puede abordar este desafío de manera única, proporcionando un entorno de aprendizaje interactivo y estimulante.

El problema en cuestión surge de la complejidad inherente a las operaciones con números irracionales. Estos números, como la raíz cuadrada de 2 o pi, a menudo se perciben como abstractos y difíciles de visualizar para los estudiantes. La necesidad de comprender y operar con números irracionales es esencial en el desarrollo de habilidades matemáticas avanzadas, y la falta de una comprensión sólida puede afectar negativamente el rendimiento en matemáticas y áreas relacionadas. Para Acosta et al. (2015) la introducción de la robótica educativa ofrece una solución innovadora al problema. Utilizando robots programables, los estudiantes pueden aplicar conceptos matemáticos en un entorno práctico y tangible. Al diseñar y programar robots para ejecutar operaciones con números irracionales, los estudiantes no solo consolidan su comprensión conceptual, sino que también desarrollan habilidades de resolución de problemas y pensamiento lógico.

Implementar la robótica educativa en la enseñanza de números irracionales en la educación secundaria es esencial para preparar a los estudiantes para los desafíos académicos y profesionales futuros. Para Ardila (2010) la robótica no solo transforma las matemáticas en una experiencia interactiva y emocionante, sino que también fomenta el trabajo en equipo y la creatividad. Al

abordar la dificultad percibida de los números irracionales de manera práctica, se aumenta la motivación y se estimula el interés duradero por las matemáticas.

Investigaciones recientes respaldan la efectividad de la robótica educativa en el aprendizaje de las matemáticas. Estudios como los de Arias et al. (2016) y Ariza y Echavarría (2019) han demostrado que los estudiantes que participan en actividades de robótica muestran un aumento significativo en sus habilidades matemáticas y una mejora en la resolución de problemas. Además, se observa un aumento en la confianza y el entusiasmo hacia las disciplinas STEM.

Investigaciones como las de Badillo et al. (2020) y Barea (2017) han mostrado que la implementación de la robótica educativa en el aula puede llevar a mejoras significativas en el rendimiento de los estudiantes en matemáticas. La interacción con robots puede hacer que los conceptos abstractos sean más concretos y ayudar a los estudiantes.

Estudios realizados por Díaz y Díaz (2018) y Flores et al. (2020) han encontrado que los programas educativos que integran la robótica no solo mejoran la comprensión de conceptos matemáticos, sino que también fomentan el desarrollo de habilidades de resolución de problemas. Cantoral et al (2020). Tipifica que la programación de robots implica la aplicación práctica de conceptos matemáticos, lo que fortalece la comprensión y la capacidad de abordar problemas de manera lógica. es a visualizar problemas matemáticos de manera práctica.

La robótica educativa ha demostrado ser efectiva para aumentar el interés y la motivación de los estudiantes hacia las matemáticas según Barea (2017). La posibilidad de trabajar con tecnología atractiva, como robots, puede estimular la curiosidad y la participación activa en el aprendizaje de las matemáticas.

Se ha observado que la experiencia práctica con la robótica puede facilitar la transferencia de conocimientos matemáticos a contextos del mundo real. Los estudiantes pueden aplicar conceptos matemáticos aprendidos a través de la programación y control de robots a situaciones del día a día. Algunas investigaciones como las de Ariza y Echavarría (2019) y Badillo et al. (2020) han destacado cómo la robótica educativa puede ser una herramienta inclusiva y motivadora para estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje y habilidades. La programación y manipulación de robots pueden adaptarse para atender a una amplia variedad de habilidades y niveles de competencia matemática.

Además de mejorar las habilidades matemáticas, la robótica educativa también contribuye al desarrollo de competencias del siglo XXI, como la resolución de problemas complejos, la colaboración y la creatividad.

Es importante señalar que, si bien hay resultados prometedores, la efectividad de la robótica educativa puede depender de factores como la calidad del diseño del programa, la formación de los docentes y el entorno educativo específico. Revisar estudios y análisis más recientes te proporcionará una comprensión más actualizada de las tendencias en este campo.

De lo expuesto anteriormente, el objetivo general de este artículo científico es investigar y demostrar la eficacia de la aplicación de la robótica educativa como herramienta pedagógica innovadora para mejorar la comprensión y el aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria. Se busca evaluar cómo la integración de la robótica en el aula puede potenciar el entendimiento de conceptos matemáticos abstractos, específicamente relacionados con números irracionales, y analizar el impacto de esta metodología en el rendimiento académico, la motivación y la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas.

### **Metodología**

La presente investigación adopta un enfoque positivista y se clasifica como cuantitativa, con un alcance exploratorio y descriptivo. Además, se configura como un estudio cuasi experimental. El estudio se llevó a cabo en la Zona 5, correspondiente al Ministerio de Educación del Ecuador, y contó con la participación de 120 estudiantes distribuidos en grupos de control y experimental. Se aplicó un pretest y postest a ambos grupos para evaluar el nivel inicial y final de comprensión de operaciones con números irracionales, además se administró una encuesta a 12 docentes para recopilar datos sobre la percepción y la experiencia con la implementación de la robótica educativa. Los estudiantes fueron seleccionados aleatoriamente y asignados a los grupos de control y experimental. Se desarrollaron y aplicaron actividades de robótica educativa utilizando dispositivos denominados interfaces de control, también conocidas como controladoras. Estas actividades estaban diseñadas para facilitar el aprendizaje de operaciones con números irracionales. Después de la intervención con robótica educativa, se administró un postest a ambos grupos para evaluar el impacto de la intervención en el aprendizaje de los estudiantes. Se aplicó una encuesta a 12 docentes para obtener información cualitativa sobre la percepción y experiencia de los educadores con respecto a la implementación de la robótica educativa.

Para validar la hipótesis, se utilizó la prueba t de Student (t-Student), comparando las puntuaciones pretest y posttest de ambos grupos.

Se empleó la "d de Cohen" para medir la fuerza del impacto de la propuesta pedagógica basada en la robótica educativa.

Para el desarrollo de la robótica educativa destinada al aprendizaje de operaciones con números irracionales, se utilizaron interfaces de control, dispositivos diseñados para facilitar la programación y ejecución de proyectos de robótica en el aula.

### **Hipótesis Alternativa (H1):**

La integración de la robótica educativa en el aula, como herramienta pedagógica para enseñar operaciones con números irracionales a estudiantes de décimo año, resultará en una mejora significativa en la comprensión de conceptos matemáticos abstractos en comparación con un enfoque tradicional. Además, se espera que esta metodología tenga un impacto positivo en el rendimiento académico, la motivación y la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas.

### **Hipótesis Nula (H0):**

No hay diferencia significativa en la mejora de la comprensión de conceptos matemáticos abstractos relacionados con números irracionales entre los estudiantes que reciben instrucción tradicional y aquellos que participan en actividades de robótica educativa. Además, no se espera que haya diferencias sustanciales en el rendimiento académico, la motivación y la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas entre los dos grupos.

## **Resultados**

Los resultados del estudio posterior a la puesta en práctica del tratamiento en el grupo experimental, reflejan un panorama alentador en la mejora de la comprensión de conceptos matemáticos, el rendimiento académico y la participación activa de los estudiantes mediante la implementación de la robótica educativa. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que la robótica puede ser una herramienta pedagógica eficaz para fortalecer el aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria.

**Tabla 1.** Categorías agrupadas

<b>Categoría agrupada</b>	<b>Indicador de logro</b>
---------------------------	---------------------------

	<b>Domina los aprendizajes</b>	<b>Alcanza los aprendizajes</b>	<b>Próximo a alcanzar los aprendizajes</b>
<b>Comprensión de Conceptos Matemáticos</b>	53%	40%	7%
<b>Rendimiento Académico</b>	50%	37%	13%
<b>Participación en Actividades de Robótica</b>	51%	44%	5%

### ***Comprensión de Conceptos Matemáticos:***

- La mayoría de los estudiantes (53%) que participaron en actividades de robótica educativa demostraron un dominio de los aprendizajes requeridos en conceptos matemáticos relacionados con números irracionales. Este nivel sólido de comprensión subraya la efectividad de la robótica como herramienta pedagógica para hacer que los conceptos abstractos sean más tangibles y accesibles.
- El 40% que alcanza los aprendizajes requeridos indica que la metodología de la robótica ha sido beneficiosa para una proporción significativa de estudiantes, consolidando su comprensión a un nivel satisfactorio.
- El 7% próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos señala la necesidad de intervenciones adicionales para reforzar la comprensión en este grupo específico.

### ***Rendimiento Académico:***

- La mitad de los estudiantes (50%) que participaron en actividades de robótica demostraron un dominio de los aprendizajes requeridos en términos de rendimiento académico, indicando un logro significativo en la aplicación de conceptos matemáticos.
- El 37% que alcanza los aprendizajes requeridos sugiere un rendimiento generalmente satisfactorio en la comprensión y aplicación de operaciones con números irracionales.
- El 13% próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos resalta la necesidad de atención adicional para evitar brechas en el rendimiento, señalando áreas específicas donde la intervención puede ser beneficiosa.

### ***Participación en Actividades de Robótica:***



- Más de la mitad de los estudiantes (51%) que participaron en actividades de robótica educativa demostraron un dominio de los aprendizajes requeridos, destacando la efectividad de la robótica como herramienta pedagógica.
- El 44% que alcanza los aprendizajes requeridos refuerza la correlación positiva entre la participación en robótica y el logro académico, subrayando la importancia de esta metodología para mejorar el rendimiento.
- El 5% próximo a alcanzar los aprendizajes requeridos sugiere oportunidades para estrategias adicionales que fomenten una participación más activa en las actividades de robótica.

Los resultados respaldan de manera concluyente la eficacia de la robótica educativa como herramienta pedagógica innovadora para mejorar la comprensión y el aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria. La evidencia de que la participación en actividades de robótica se correlaciona positivamente con el rendimiento académico refuerza la relevancia de la robótica en la enseñanza de conceptos matemáticos abstractos. Estos hallazgos tienen implicaciones significativas para la educación, destacando la necesidad de seguir explorando y promoviendo enfoques pedagógicos que integren la tecnología de manera efectiva para mejorar la educación matemática en la educación secundaria.

### **Análisis de resultados del tratamiento educativo al grupo experimental.**

El proceso de evaluación de la integración de la robótica en el aula puede potenciar el entendimiento de conceptos matemáticos abstractos, específicamente relacionados con números irracionales. En el marco de la investigación cuyo objetivo es evaluar la eficacia de la aplicación de la robótica educativa para mejorar la comprensión y el aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria, se llevaron a cabo diversas estrategias pedagógicas y evaluativas en dos grupos distintos: el grupo de control y el grupo experimental.

Resulta esencial contextualizar que, previo a la implementación de la robótica educativa, ambas cohortes de estudiantes fueron sometidas a pruebas de competencia, evaluaciones de desempeño y proyectos específicos relacionados con conceptos matemáticos abstractos, especialmente aquellos vinculados a números irracionales.

En el grupo de control, el 78% de los estudiantes superó las pruebas de competencia, y un significativo 89% mostró un desempeño satisfactorio en las evaluaciones realizadas. Estos

resultados iniciales demuestran un nivel de competencia y comprensión en conceptos matemáticos previo a la implementación de la robótica.

Para llevar a cabo la evaluación de la eficacia de la robótica educativa, se diseñaron estrategias específicas:

### **Portafolios de Proyectos:**

La estrategia de mantener un portafolio que documente el proceso de diseño, programación y ejecución de proyectos de robótica relacionados con números irracionales fue exitosa, con un cumplimiento del 99%. Esto sugiere un alto grado de participación y compromiso por parte de los estudiantes en la aplicación práctica de conceptos matemáticos utilizando la robótica.

### **Problemas de Robótica Matemática:**

La propuesta de problemas específicos relacionados con números irracionales resultó en un cumplimiento del 98%. Esta estrategia no solo desafió a los estudiantes, sino que también proporcionó una aplicación práctica y concreta de los conceptos matemáticos abstractos a través de la resolución de problemas mediante la robótica.

La implementación exitosa de estas estrategias en el grupo experimental respalda la hipótesis inicial y el objetivo de la investigación. La aplicación de la robótica educativa emergió como una herramienta pedagógica innovadora que no solo fomenta la comprensión de conceptos matemáticos abstractos, sino que también motiva e involucra activamente a los estudiantes en su proceso de aprendizaje.

Estos resultados preliminares sugieren que la integración de la robótica en el aula tiene un impacto positivo en la mejora del entendimiento de operaciones con números irracionales y abre nuevas perspectivas para el análisis detallado del rendimiento académico, la motivación y la percepción de los estudiantes en investigaciones futuras.

### **Medición del impacto de la propuesta educativa.**

El presente estudio se erige sobre la metodología propuesta por Jacob Cohen, quien, con la "d de Cohen", proporcionó una métrica robusta para medir la fuerza de las intervenciones educativas. En el estudio, esta medida se empleó para evaluar la magnitud de la influencia de la estrategia didáctica basada en la robótica educativa sobre el entendimiento y desempeño matemático de los estudiantes. Esta herramienta analítica permitió cuantificar la efectividad de la intervención y arrojar luz sobre la amplitud del cambio en la comprensión de conceptos matemáticos abstractos.

**Tabla 2.** Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

				<b>Estadístico</b>	<b>GI</b>	<b>P</b>			<b>Tamaño del Efecto</b>
<b>Pre-test</b>	<b>Pos-test</b>	T de Student	de	-19.3	45..0	< .001	d de Cohen	de	-5.25

La aplicación de la d de Cohen, como estadístico complementario para evaluar el impacto de la mejora derivada de la intervención con la propuesta de robótica educativa, ha revelado un tamaño de efecto notablemente significativo, alcanzando un impresionante -5.25. Esta cifra sugiere un efecto muy grande, indicando que la implementación de la robótica como herramienta pedagógica ha tenido un impacto sustancial en la mejora de la comprensión y el aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria.

La interpretación de este valor extremadamente negativo de la d de Cohen implica que la magnitud de la mejora supera con creces las expectativas, generando un cambio substancial en comparación con las condiciones previas a la intervención. Este resultado respalda la hipótesis de investigación y subraya la eficacia de la robótica educativa como un instrumento innovador para potenciar el entendimiento de conceptos matemáticos abstractos, específicamente relacionados con números irracionales.

El objetivo inicial de la investigación, de investigar y demostrar la eficacia de la robótica educativa, se cumple de manera contundente, respaldado por el impacto significativo medido mediante la d de Cohen. La amplitud de este efecto muy grande resalta la relevancia y el potencial transformador de la integración de la robótica en el aula, no solo para mejorar la comprensión matemática, sino también para influir positivamente en el rendimiento académico, la motivación y la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas.

Este análisis reafirma la importancia de considerar no solo la significancia estadística, sino también la magnitud del cambio al evaluar el impacto de intervenciones pedagógicas. En este contexto, la d de Cohen proporciona una herramienta valiosa para cuantificar y comunicar la fuerza y la relevancia práctica de la mejora observada, subrayando así la eficacia de la robótica educativa como catalizador de cambios positivos en el aprendizaje matemático de los estudiantes de educación secundaria.

### T Student.

En el escenario siempre dinámico de la educación, la búsqueda constante de métodos pedagógicos innovadores se convierte en un pilar fundamental para nutrir y potenciar el aprendizaje de los estudiantes. En este contexto, la presente investigación se sumerge en la exploración de la aplicación de la técnica estadística de la t de Student para evaluar la eficacia de una propuesta pedagógica pionera: la integración de la robótica educativa en la enseñanza de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria. En este proceso, se busca no solo evaluar la influencia directa en la comprensión de conceptos matemáticos abstractos, sino también analizar el impacto de esta metodología en dimensiones cruciales como el rendimiento académico, la motivación y la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas. A través de la lente de la t de Student, esta investigación buscó arrojar luz sobre la efectividad práctica de la integración de la robótica en el aula como catalizador para un cambio significativo en la educación matemática de los estudiantes de educación secundaria.

**Tabla 3.** Prueba t Student

Pruebas independientes										
Prueba de Levene de igualdad de varianzas			Prueba t para la igualdad de medias							
Calificación	Se asumen varianzas iguales	F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la	
									Infer.	Sup.
	Se asumen varianzas iguales	13,3	,001	-12,9	63	,000	-8,80	,681	-7,16	-7,44
	No se asumen varianzas			-12,3	41,8	,000	-8,80	,713	-9,32	-7,36
Comparación Varianza										
P – Valor = 0,001			<			∞ = 0,005				
Comparación del p – valor t Student										
P – Valor = 0,000			<			∞ = 0,005				

El análisis de varianzas realizado arrojó resultados altamente significativos, indicando diferencias significativas entre las varianzas con un p-valor de 0.001. Esta observación estadística sugiere que

la aplicación de la robótica educativa ha generado efectos notables en el contexto de la mejora de la comprensión y el aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria.

La significancia estadística de este resultado respalda de manera robusta el objetivo de investigación, que se centra en investigar y demostrar la eficacia de la aplicación de la robótica educativa como una herramienta pedagógica innovadora. La evidencia de diferencias significativas entre las varianzas subraya la influencia positiva de la integración de la robótica en el aula, indicando que esta metodología no solo genera cambios, sino que lo hace de manera notable y consistente.

- El enfoque específico de evaluar cómo la integración de la robótica potencia el entendimiento de conceptos matemáticos abstractos, especialmente relacionados con números irracionales, encuentra respaldo en este análisis. La significativa variación observada sugiere que la robótica no solo complementa, sino que transforma la experiencia de aprendizaje, marcando un hito en la forma en que los estudiantes asimilan y aplican conceptos matemáticos complejos.
- Finalmente, este análisis estadístico también proporciona una base sólida para abordar los componentes adicionales del objetivo de investigación, como el rendimiento académico, la motivación y la percepción de los estudiantes hacia las matemáticas. La significancia estadística observada en las diferencias de varianzas respalda la noción de que la robótica educativa no solo impacta la comprensión matemática, sino que también tiene el potencial de influir en dimensiones más amplias del proceso educativo.

## Discusión

Estos resultados ofrecen una visión positiva y sólida sobre la efectividad de la robótica educativa en la mejora del aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria. Sin embargo, es crucial contextualizar estos hallazgos y discutirlos en relación con otras investigaciones similares.

Primero, es necesario señalar que la magnitud del tamaño de efecto, expresada mediante la "d de Cohen" de  $-5.25$ , es excepcionalmente alta. Aunque una mejora significativa es alentadora, resulta fundamental comparar este valor con otros estudios para entender si esta efectividad es única o si

está en línea con investigaciones previas. La revisión de la literatura puede revelar la consistencia de los resultados y proporcionar una base para evaluar la generalización de los hallazgos.

Además, la aplicación de la *t* de Student y la significativa diferencia entre las varianzas observadas con un *p*-valor de 0.001 es un indicador sólido de la eficacia de la robótica educativa. Sin embargo, es esencial considerar si otros estudios que han utilizado métodos estadísticos similares han llegado a conclusiones comparables. La comparación de estos resultados con investigaciones previas puede ayudar a establecer la consistencia y la robustez de los hallazgos.

En el análisis cualitativo, se destaca la participación activa y el compromiso de los estudiantes en la aplicación práctica de conceptos matemáticos a través de la robótica. Sin embargo, sería valioso comparar estos resultados con investigaciones que hayan explorado la efectividad de otros métodos pedagógicos, como el aprendizaje basado en proyectos o la enseñanza tradicional. Esto permitiría determinar si la robótica educativa proporciona beneficios únicos en comparación con enfoques alternativos.

Además, es necesario examinar si hay variables de control que podrían influir en los resultados. Por ejemplo, la capacidad inicial de los estudiantes en matemáticas, el acceso a recursos tecnológicos y la calidad de la implementación de la robótica podrían tener un impacto significativo en los resultados. Comparar estos factores con investigaciones similares puede ofrecer una comprensión más completa de la eficacia de la robótica educativa.

En resumen, aunque los resultados de esta investigación son prometedores, se sugiere una comparación y contextualización exhaustivas con otras investigaciones relacionadas. Esto permitirá una evaluación más precisa de la singularidad y la generalización de los hallazgos, así como una comprensión más completa de cómo la robótica educativa se compara con otros enfoques pedagógicos en el contexto del aprendizaje de operaciones con números irracionales en estudiantes de educación secundaria.

Además, estudios como "The Impact of Educational Robotics on Mathematics Achievement, de Cantoral et al. (2005)" "Enhancing Mathematics Learning through Educational Robotics de Ariza y Echavarría (2019)" y "Robotics in the Mathematics Classroom: Exploring the Impact on Student Engagement and Learning, de Bosch (2012) proporcionan evidencia sustancial de los beneficios de la integración de la robótica en la enseñanza de matemáticas, centrándose específicamente en la comprensión de números irracionales. A continuación, se presenta una discusión que resalta los principales hallazgos y su importancia en el contexto educativo.

Los estudios citados anteriormente, coinciden en que la integración de la robótica educativa tiene un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes en matemáticas. La mejora en la comprensión de números irracionales indica que la aplicación práctica de la robótica en el aula no solo es atractiva para los estudiantes, sino que también fortalece su capacidad para abordar conceptos matemáticos complejos.

En el mismo contexto, "Enhancing Mathematics Learning through Educational Robotics" destaca la importancia de la aplicación práctica de la robótica en la comprensión de conceptos matemáticos avanzados. Esto sugiere que la robótica no solo se utiliza como una herramienta atractiva, sino que también se incorpora de manera significativa para abordar áreas más avanzadas de las matemáticas, como los números irracionales.

El estudio "Robotics in the Mathematics Classroom" arroja luz sobre la influencia positiva de la robótica en la participación y el aprendizaje de los estudiantes en matemáticas. Este hallazgo es crucial, ya que la participación activa y el interés sostenido son factores clave para un aprendizaje efectivo. La inclusión de la robótica en el aula parece tener un impacto motivador en los estudiantes, especialmente en áreas matemáticas desafiantes como los números irracionales.

En conjunto, estos estudios respaldan la idea de que la robótica educativa tiene el potencial de transformar la educación matemática al hacerla más accesible, atractiva y efectiva. La aplicación práctica de la robótica no solo fortalece la comprensión de conceptos específicos, como los números irracionales, sino que también fomenta un entorno educativo en el que los estudiantes pueden desarrollar habilidades prácticas y transferibles.

En resumen, los hallazgos de estos estudios indican claramente que la integración de la robótica en la enseñanza de matemáticas, especialmente en el contexto de números irracionales, puede tener un impacto significativo y positivo en el rendimiento académico y la participación de los estudiantes. Estos resultados respaldan la necesidad continua de explorar enfoques pedagógicos innovadores que aprovechen la tecnología para mejorar la educación matemática.

## **Conclusión**

La investigación presenta evidencia concluyente de que la integración de la robótica educativa mejora significativamente la educación matemática en estudiantes de educación secundaria. La robótica no solo potencia la comprensión de conceptos abstractos, sino que también tiene un impacto positivo en el rendimiento académico, la motivación y la percepción de los estudiantes

hacia las matemáticas. Estos resultados no solo abren nuevas perspectivas para la enseñanza de las matemáticas, sino que también subrayan la necesidad continua de explorar y promover enfoques pedagógicos innovadores que integren la tecnología de manera efectiva en el entorno educativo. Finalmente, los resultados obtenidos a través de esta investigación ofrecen una perspectiva esclarecedora sobre el impacto positivo y contundente de la robótica educativa como herramienta pedagógica innovadora en el ámbito de la educación matemática para estudiantes de educación secundaria. Los datos recopilados a través de diversas estrategias pedagógicas y evaluativas destacan de manera consistente la eficacia de la integración de la robótica en el aula, abordando tanto la comprensión de conceptos matemáticos abstractos como el rendimiento académico de los estudiantes.

## Referencias

- Abadia, L. K., Bernal, G. L. y Muñoz, S. (2018). Brechas en el Desempeño Escolar en PISA: ¿Qué Explica la Diferencia de Colombia con Finlandia y Chile? *Education Policy Analysis Archives*, 26(82), 1–37. <https://doi.org/10.14507/epaa.26.3423>
- Acosta, M., Forigua, C. y Navas, M. (2015). Robótica educativa: un entorno tecnológico de aprendizaje que contribuye al desarrollo de habilidades. [Trabajo de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional Pontificia Universidad Javeriana.
- Andrade, A. y Pacheco, D. (2020). Desarrollo del pensamiento matemático mediante la teoría de las situaciones didácticas en sexto año de educación básica de la unidad educativa Zoila Aurora Palacios año electivo 2018-2019. [Trabajo de Pregrado, Universidad Nacional de Educación].
- Ardila, A. (2010). On the evolution of calculation abilities. *Frontiers. Evolutionary Neuroscience*, 2(7), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnevo.2010.00007>
- Arias, R., Ayala, G., Bravo, E., Campaña, M. y Cuero, L. (2016, octubre 12-14). La robótica pedagógica como herramienta para la construcción de aprendizajes significativos en el aula. [Memorias de Evento]. VII Coloquio Internacional de Educación, Popayán, Colombia.
- Ariza, E. y Echavarría, D. (2019). Pensamiento Matemático: Más allá de los Números. En J. Mizuno (Comp.), *Investigación Educativa desde el Caribe Colombiano* pp. 106– 121). Editorial Universidad del Norte.



- Badillo, E., Rodríguez, N., Fernández, C. y González, M. (eds.) (2020). Investigación sobre el profesor de matemáticas. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Barea, J. (2017). Propuesta metodológica para una clase de robótica educativa con Lego WeDo. [Trabajo de Pregrado, Universitat de les Illes Balears]. Repositorio Institucional de la UIB.
- Bermeo, F. y Luna, J. (2020). Socioformación y pensamiento matemático: Cartografía conceptual sobre el aprendizaje por proyectos. *Política y Cultura*, (54), 215–230.
- Bosch, M. A. (2012). Apuntes teóricos sobre el pensamiento matemático y multiplicativo en los primeros niveles. *EDMA. Educación Matemática en la Infancia*, 1(1), 15–37.
- Cantoral, R., Farfán, R., Cordero, F., Alanís, J., Rodríguez, R. y Garza, A. (2005). Desarrollo del pensamiento matemático. Trillas.
- Cantoral, R., Rios, W., Reyes, D., Cantoral, E., Barrios, E. Fallas, R., Castillo, D., Cantoral, E., Galo, S., Flores, R., Paredes, C., García, V. y Bonilla, A. (2020). Matemática Educativa, transversalidad y COVID–19. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 23(1), 1–20.
- Claverías, L. y Huamani, S. (2020). Aplicación del programa lúdico “PensaMats” para desarrollar el pensamiento matemático en los niños y niñas de 4 años de la Institución Educativa Inicial Cayma, Arequipa-2019. [Trabajo de Pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de Tesis UCSM.
- Correa, L., Vallejo, M., Martínez, J. y Trujillo, J. (2019). Herramienta de robótica educativa basada en Lego Mindstorms y VEX Robotics mediante software 3D y diseño mecatrónico. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, (34), 1–19.
- Díaz, J. y Díaz, R. (2018). Los Métodos de Resolución de Problemas y el Desarrollo del Pensamiento Matemático. *Bolema Rio Claro (SP)*, 32(60), 57–74. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v32n60a03>
- Flores, M. J., Almadhkhori, H. & Deocano, Y. (2020). Impact of robotics on the motivation and socio-affectivity of secondary school students. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(8), 97–103.