



Robótica educativa transversal para mejorar el desempeño académico en estudiantes de ingeniería

Tanya Estrella Torres Valdez^{1}, Gustavo Arturo Castellanos Guzmán², Cristian Iván Moreno Aguilar¹*

¹Universidad Tecnológica de Altamira, ²TecNM-Instituto Tecnológico de Cd. Madero.

*ttorres@utaltamira.edu.mx

RESUMEN

Este proyecto se enfoca en la diseñar e implementar estrategias utilizando las STEM como herramienta para reducir el índice de reprobación, se considera proponer una serie de prácticas que llevan al alumno al interés de diseñar, programar e implementar lo aprendido en el aula en la fabricación de un robot el cual se utilizara en las materias de principios de programación y electrónica digital, que se imparten en la carrera de mantenimiento industrial de cuarto cuatrimestre en donde antes de proponer la fabricación del robot se realizó el análisis al programa de estudios de ambas materias, encontrando transversalidad. Esta metodología se implementó en dos ciclos escolares consecutivos. Como resultado de esta transversalidad, los estudiantes diseñaron un robot capaz de ejecutar una tarea industrial utilizando un sensor específico, lo que permitió cumplir con los objetivos de la asignatura de Principios de Programación y de Electrónica Digital. Posteriormente, el prototipo fue programado y optimizado en equipos de trabajo para participar en una competencia, en la cual el desempeño dependía de la calidad del diseño, la construcción y la programación del robot.

Palabras claves: robótica, inteligencia artificial, innovación educativa, formación profesional.

ABSTRACT

This project focuses on designing and implementing strategies using STEM as a tool to reduce failure rates. It is considered to propose a series of practices that lead students to become interested in designing, programming, and implementing what they have learned in the classroom in the manufacture of a robot that will be used in the subjects of programming principles and digital electronics, which are taught in the fourth semester of the industrial maintenance degree program. Before proposing the manufacture of the robot, the curriculum of both subjects was analyzed, finding transversality. This methodology was implemented in two consecutive school cycles. As a result of this cross-curricular approach, the students designed a robot capable of performing an industrial task using a specific sensor, which allowed them to meet the objectives of the Principles of Programming and Digital Electronics course. Subsequently, the prototype was programmed and optimized in work teams to participate in a competition, in which performance depended on the quality of the robot's design, construction, and programming.

Keywords: Robotics, Artificial intelligence, Educational innovation, Vocational training.

INTRODUCCIÓN

La metodología Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) ha emergido como un enfoque integral para fomentar en los estudiantes el interés por las disciplinas científicas y tecnológicas, con énfasis en el aprendizaje activo y el desarrollo de competencias para la resolución de problemas del mundo real (Restrepo et al, 2022). Estudios han demostrado que la implementación de estrategias STEM mejora significativamente la motivación estudiantil, al mismo tiempo que desarrolla habilidades transversales como el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo colaborativo (Singh, 2024; Wicaksono et al., 2024).

En la Universidad Tecnológica de Altamira, particularmente en el programa académico de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, se identificó una oportunidad de mejora en la enseñanza de las asignaturas Principios de Programación y Electrónica

Digital, impartidas en el cuarto cuatrimestre. Ambas materias, aunque con contenidos distintos, comparten fundamentos tecnológicos y lógicos que permiten una integración pedagógica a través de proyectos interdisciplinarios. Haciendo este análisis, se propone incorporar una estrategia basada en la disciplina de la Tecnología del modelo STEM, mediante la implementación de la robótica educativa como herramienta de vinculación curricular.

La incorporación de la robótica no solo promueve la aplicación práctica del conocimiento, sino que también potencia la comprensión conceptual al permitir que los estudiantes diseñen, programen y validen soluciones concretas a problemas técnicos. Diversos autores coinciden en que la robótica educativa favorece un aprendizaje más dinámico y contextualizado, especialmente en niveles superiores, donde los estudiantes requieren experiencias que vinculen teoría y práctica (Körei, 2024). No obstante, la transversalidad entre asignaturas como Programación y Electrónica suele abordarse de manera tardía o fragmentada, lo que genera un aprendizaje lento, particularmente en áreas abstractas como las matemáticas y otras vinculadas con la ingeniería (Ramírez et al, 2019).

La educación STEM se caracteriza por el enfoque interdisciplinario que incentiva el pensamiento crítico, la solución de problemas y la creatividad, las cuales son competencias necesarias para la formación de ingenieros y técnicos superiores universitarios (Asshagab et al., 2024; Anwar, 2023). En la educación superior tecnológica, el uso de las STEM ha demostrado aumentar la motivación estudiantil y favorecer el aprendizaje significativo al integrar teoría y práctica (Dauletkeldi, 2024)

En el programa académico de mantenimiento industrial, las STEM permiten relacionar diferentes áreas del conocimiento como la programación, la electrónica digital y el diseño utilizando programas CAD, ganando los alumnos con ello el poder solucionar problemas que les sean presentados en situación reales en un ambiente laboral (Prasad, 2024; Rock, 2019).

Actualmente el uso de la robótica educativa es muy utilizado como una herramienta innovadora para lograr desarrollar habilidades cognitivas y técnicas en los estudiantes. Su uso fomenta la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y el aprendizaje autónomo (Ferreira & Lima, 2023; Barradas et al., 2024). Algunos estudios muestran que la robótica aumenta la retención del conocimiento, sobre todo cuando se utiliza con fines aplicados y en entornos de aprendizaje activo (Mácha, 2023; Macko et al., 2023).

Asimismo, el uso de la robótica en asignaturas técnicas ayuda a vincular el conocimiento teórico con la parte práctica, lo cual se ve reflejado en aprendizaje significativo es decir que no se olvida (Karagounis, 2023).

La transversalidad curricular implica el diseño de experiencias de aprendizaje que relacionan contenidos de diversas áreas o asignaturas, promoviendo una formación más holística y coherente (Rosales, 2019). En educación superior tecnológica, esta estrategia ha demostrado ser efectiva para desarrollar competencias comunes (Shen, 2023; Rosa et al., 2022).

Cuando se integran asignaturas como programación y electrónica digital mediante un proyecto común como la construcción de un robot, se favorece el aprendizaje reduciendo repeticiones formativas (Lescano-Veloz et al., 2024; Sadik et al., 2024).

Diversos estudios muestran que se tienen altos índices de reprobación, vinculados a enfoques de enseñanza no adecuados y a la desconexión entre la teoría y la práctica (Emberley et al, 2023). La implementación de estrategias activas, como el aprendizaje basado en proyectos y el uso de tecnologías educativas, ha demostrado disminuir los niveles de reprobación (Kumar et al, 2024).

El diseño de proyectos aplicados como la competencia con robots promueve el sentido de logro, la apropiación del conocimiento y la mejora del rendimiento académico (López-Caudana et al., 2024; Phokoye et al., 2024).

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló bajo un diseño cuasi-experimental de tipo pretest–posttest con grupo único, complementado con análisis descriptivo y comparativo. Se implementó la estrategia de robótica educativa transversal en dos asignaturas (Principios de Programación y Electrónica Digital) durante dos periodos académicos consecutivos (2023-3 y 2024-3). En la figura 1 se muestra la metodología propuesta.

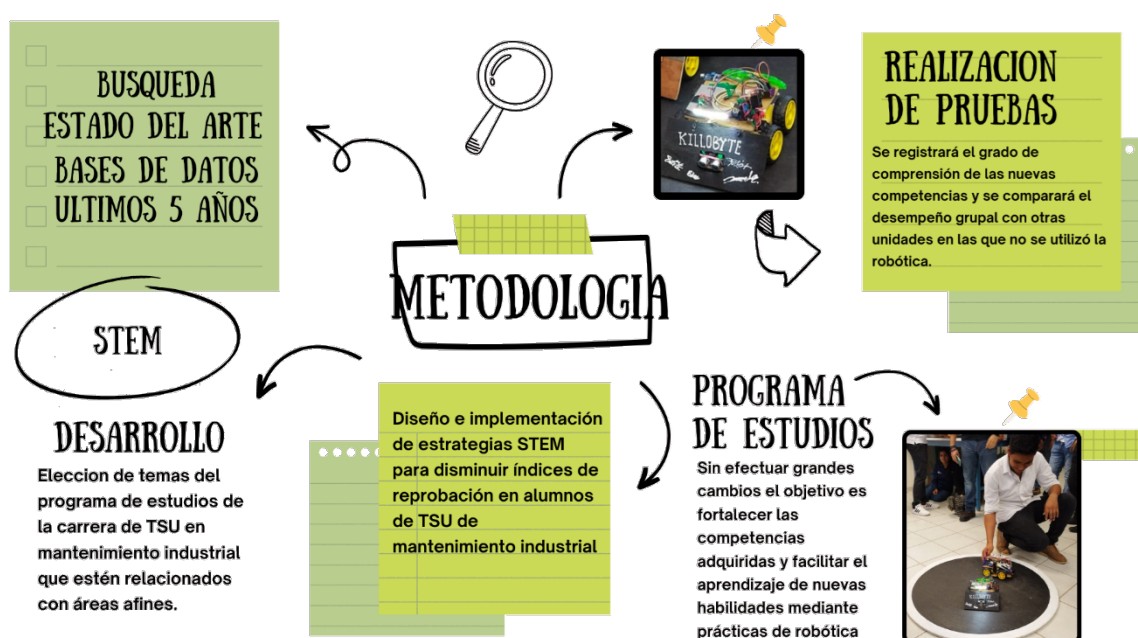


Figura 1. Metodología para el diseño e implementación de estrategias STEM para disminución de índices de reprobación.

La revisión del estado del arte se lleva a cabo en diversas bases de datos. Se elegirán sitios web y/o revistas especializadas que ofrezcan investigaciones de calidad comprobada, y se deben considerar publicaciones de los últimos cinco años.

Al incorporar las STEM en el desarrollo de componentes robóticos durante el curso de Principios de programación y Electrónica digital, se eligen temas del programa de estudios de la carrera de TSU en mantenimiento industrial que estén relacionados con áreas afines. Esto permite validar el conocimiento adquirido mediante la programación y el control de un robot.

Realización de pruebas sobre el uso de la robótica, evaluando el desarrollo de competencias del alumno mediante prácticas con robótica. Se registrará el grado de comprensión de las nuevas competencias y se comparará el desempeño grupal con otras unidades en las que no se utilizó la robótica.

Las estrategias se llevarán a cabo sin efectuar grandes cambios en el programa de estudios, con el objetivo de fortalecer las competencias adquiridas y facilitar el aprendizaje de nuevas habilidades mediante prácticas de robótica.

RESULTADOS

En la búsqueda del estado del arte, se consultaron bases de datos de revistas científicas que cuentan con JCR o ISSN. La información se filtró para incluir solo resultados de los últimos cinco años, y se emplearon diferentes criterios de búsqueda. La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 1. Búsqueda de información

CRITERIO DE BÚSQUEDA	BASE DE DATOS	RESULTADOS OBTENIDOS
Robotic educación	IEEE	40
Robótica en la universidad	SCIELO	32
Uso de las STEM	DOAJ	65
STEM aplicados en estudiantes	Dialnet	51
STEM en la educación	Redalyc	87

Fuente: Elaboración propia.

Para vincular la robótica con el programa de estudios, se analizó el contenido de las asignaturas específicamente el resultado de las “CAPACIDADES DERIVADAS DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES A LAS QUE CONTRIBUYE LA ASIGNATURA” y la exigencia que esta requiere. Se encontró una transversalidad para llevar a cabo la implementación de las estrategias STEM para la disminución del índice de reprobación, se muestra la relación en la Tabla 2.

Tabla 2. Capacidades derivadas de las competencias profesionales a las que contribuye la asignatura.

ASIGNATURAS	CAPACIDAD	CRITERIO DE DESEMPEÑO
Electrónica Digital Principios de Programación	Verificar el trabajo ejecutado y el funcionamiento de las partes y componentes de sistemas electromecánicos corregidos de acuerdo a las condiciones de operación, especificaciones técnicas del fabricante y a las políticas establecidas para asegurar la prestación óptima del servicio.	Para el funcionamiento: - Medición de los parámetros de funcionamiento (según sea el caso, presión, temperatura, alimentación, potencia, rpm, entre otros) - Los compara los parámetros del fabricante - Realizar los ajustes necesarios - Validar el trabajo realizado

Se determinó realizar elementos de robótica a través de la construcción de un robot móvil para la materia de Principios de programación en donde desarrollaban una tarea en el área industrial utilizando un sensor para una tarea específica. Se realizan equipos de cinco alumnos como máximo y se forman alrededor de 13 a 14 proyectos por periodo, en la Tabla 3 se muestran sensores que se utilizaron y el número de equipo que lo utilizaron los sensores.

Tabla 3. Relación de sensores utilizados en los proyectos

MEDICIÓN ASIGNADA	SENSORES
Temperatura/Humedad	LM35, DHT11
Distancia	HC-SR04
Luz	LDR
Vibración	SW-420
Gas	MQ-7, MQ-135

Los robots se construyeron utilizando como controlador una placa de desarrollo Arduino que tiene un microcontrolador embebido y permite la conexión de sensores análogos y/o digitales, los cuales utilizaron también para la competencia para la materia de Electrónica digital. Se muestra uno de los robots construidos por los alumnos en la figura 2.

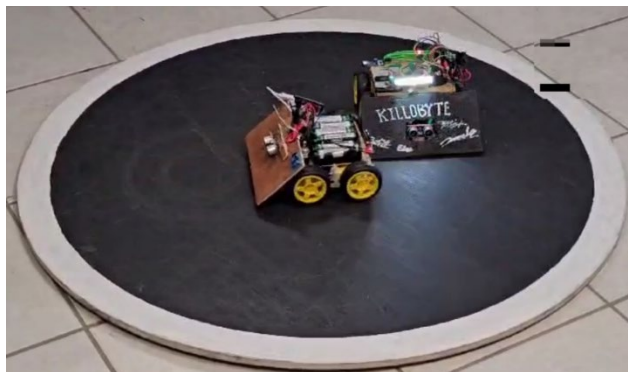


Figura 2. Robots construidos por los alumnos.

Las competencias que se realizaron en la materia de electrónica digital con los robots contruidos se llevaron a cabo por medio de eliminación entre los equipos resultando un equipo ganador.

Con estas estrategias se analizó las evaluaciones de los alumnos de los cuatro grupos de cuarto cuatrimestre en donde la implementación de las estrategias tiene como resultado satisfactorio en reducir al 0% el índice de reprobación de la calificación final en las dos asignaturas que se trabajaron de manera conjunta, en la Tabla 4, se muestra el desarrollo de las materias durante el periodo 2023-3.

Tabla 4. Desarrollo de las materias durante el periodo 2023-3.

MATERIA	% APROBACIÓN			% REPROBACIÓN			CALIFICACIÓN FINAL
	PARCIAL 1	PARCIAL 2	PARCIAL 3	PARCIAL 1	PARCIAL 2	PARCIAL 3	
ELECTRÓNICA DIGITAL	95	97	100	5	3	0	97
PRINCIPIOS DE PROGRAMACIÓN	75	86	100	25	14	0	87

En la Tabla 5, se muestra los resultados obtenidos en el periodo 2024-3, en el que nuevamente no se tuvo reprobación de las asignaturas en esta segunda implementación de la metodología planteada.

Tabla 5. Desarrollo de las materias durante el periodo 2024-3.

MATERIA	% APROBACIÓN			% REPROBACIÓN			CALIFICACIÓN FINAL
	PARCIAL 1	PARCIAL 2	PARCIAL 3	PARCIAL 1	PARCIAL 2	PARCIAL 3	
ELECTRÓNICA DIGITAL	85	90	100	15	10	0	92
PRINCIPIOS DE PROGRAMACIÓN	87	94	100	13	6	0	94

Las estrategias que se diseñaron e implementaron para la realización de prácticas de robótica para la incorporación de las STEM las cuales se mencionan en el siguiente listado.

- Lectura de señales análogas y digitales.
- Construcción de un robot móvil.
- Programación de rutinas en el robot móvil dependiendo la función a realizar, un enfoque industrial o de competencia.

En ambos periodos se aprecia un índice 0% de reprobación y en el último periodo se puede observar un mejor desempeño que se ve reflejado en un promedio más alto que el periodo anterior.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante los ciclos 2023-3 y 2024-3 evidencian un impacto positivo de la estrategia basada en robótica educativa transversal en la reducción del índice de reprobación en asignaturas técnicas como Electrónica Digital y Principios de Programación. La disminución al 0% de estudiantes reprobados no solo implica un mejor rendimiento académico, sino que sugiere una mayor comprensión de los contenidos, lo que está en línea con estudios previos que vinculan la robótica educativa con el aprendizaje significativo (Karagounis, 2023) .

La participación activa de los estudiantes en el diseño, construcción y programación de robots permite la aplicación directa del conocimiento teórico a contextos reales o simulados, promoviendo la transferencia del aprendizaje (Ferreira, 2023). Además, la competencia entre equipos genera una motivación adicional, al otorgar un propósito tangible a la aplicación del conocimiento, lo cual está alineado con las teorías de aprendizaje basado en proyectos.

Comparando con otras experiencias similares documentadas en la literatura (Sadik et al., 2024; Macko et al., 2023), se observa que la integración transversal de asignaturas mediante la robótica favorece la articulación de competencias comunes, reduce la redundancia formativa y estimula el trabajo colaborativo. Estos factores son fundamentales para aumentar la retención de conocimientos en programas de ingeniería.

Otro aspecto relevante es que la estrategia no implicó una modificación formal del programa de estudios, sino una reinterpretación pedagógica de los resultados de aprendizaje esperados. Esta flexibilidad sugiere que iniciativas similares podrían ser replicadas en otros programas de educación superior tecnológica sin requerir reformas curriculares estructurales.

En términos de impacto institucional, la experiencia fortalece la cultura de innovación pedagógica y ofrece una evidencia concreta de que es posible mejorar indicadores críticos como la reprobación sin sacrificar el rigor académico. No obstante, es necesario considerar algunas limitaciones: el tamaño de muestra es reducido y no se realizó un seguimiento longitudinal del desempeño posterior de los estudiantes.

Finalmente, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en la percepción estudiantil respecto a la estrategia, así como en la medición de otras variables asociadas al aprendizaje significativo como la autonomía, la creatividad o la autoeficacia.

CONCLUSIONES

La implementación de estrategias educativas basadas en el enfoque STEM, centradas en el diseño, programación y construcción de robots, ha demostrado ser una herramienta para mejorar el desempeño académico de los estudiantes de la carrera de Mantenimiento Industrial en la Universidad Tecnológica de Altamira. Al integrar prácticas que combinan conocimientos de programación y electrónica digital, sin necesidad de modificar el programa de estudios vigente, se observó una mejora notable en los índices de aprobación. Específicamente, se pasó de una tasa de reprobación del 25% al 0% durante la ejecución del proyecto, lo cual representa un avance significativo. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que la transversalidad curricular y el aprendizaje práctico no solo motivan a los estudiantes, sino que también fortalecen sus competencias técnicas. La repetición de la experiencia durante el periodo 2023-3 permitió validar los hallazgos preliminares, lo que subraya el potencial de las metodologías STEM como estrategia pedagógica con impacto positivo, escalable y replicable en contextos similares.

LITERATURA CITADA

- Anwar, P. U. (2023). Effects of STEM Integration in Science Learning on Critical Thinking and Creative Thinking Skills: A Meta-Analysis. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika.*, 9(2).
- Asshagab et al, S. M. (2024). Menggali potensi mahasiswa melalui pendekatan stem untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah dan kreativitas dalam

pembelajaran mekanika. *Cahaya* 2(2), 78-89.
doi:<https://doi.org/10.70115/cahaya.v2i2.182>

Barradas, R. L. (2024). Arduino-Based Mobile Robotics for Fostering Computational Thinking Development: An Empirical Study with Elementary School Students Using Problem-Based Learning Across Europe. *Robotics*, 13(11), 159.
doi:<https://doi.org/10.3390/robotics13110159>

Dauletkeldi, A. D. (2024). The importance of using stem technology in education. *Dulaty University Habarşysy*, 59-66. doi:<https://doi.org/10.55956/hqcl9818>

Eguchi, A. (2014). Robotics as a Learning Tool for Educational Transformation. *In Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotics* , 27-34.

Emberley et al, A. C. (2023). Engineering survivors: Students who persisted through academic failures. *Journal of Engineering Education*.
<https://doi.org/10.1002/jee.20564>, 12-29. doi: <https://doi.org/10.1002/jee.20564>

Ferreira, F. &. (2023). The use of educational robotics in the development of students' computational thinking and cognitive skills: a systematic literature review. *Renote*, 21(1), 363-372. doi:<https://doi.org/10.22456/1679-1916.134378>

Karagounis, A. (2023). Robotics as a Simulation Educational Tool. *arXiv.Org*, *abs/2312.05582*, 1-4. doi:<https://doi.org/10.48550/arxiv.2312.05582>

Körei, A. S. (2024). An Educational Robotics Approach to Drawing and Studying Central Trochoids at the University Level. *Sustainability* 2024, 16(22), , 9684.
doi:<https://doi.org/10.3390/su16229684>

Kumar et al, S. S. (2024). Bridging Theory and Practice: Innovative Approaches in Contemporary Engineering Education. *IEEE*, 1-8.
doi:<https://doi.org/10.1109/tale62452.2024.10834315>

Lescano-Veloz, A. A.-G.-L.-F. (2024). Integración de Tecnologías Digitales Emergentes para Mejorar el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje en la Asignatura de Robótica en la Formación Tecnológica. *MQRInvestigar*, 8(4), 247-274.
doi:<https://doi.org/10.56048/mqr20225.8.4.2024.247-274>

López-Caudana et al, E. D. (2024). Development of Academic Projects with Robotics for Social Support: Initiatives of Mexican engineering Students. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1-9.
doi:<https://doi.org/10.1109/educon60312.2024.10578766>

Mácha, L. Š. (2023). Use Case Driven Active Teaching in Robotics for Education and Continuous Professional Development Through a 6-DOF Open-Source Robotics

- Platform. Em *Advances in service and industrial robotics* (pp. 115-122). Czech Republic: Springer Nature Switzerland AG. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-031-32606-6_14
- Macko et al, V. F. (2023). Using Educational Robotics to Support Active Learning Experiences and Foster Computational Thinking Skills among Non-STEM University Students. *IEEE*, 1-8. doi:<https://doi.org/10.1109/tale56641.2023.10398343>
- Phokoye et al, S. P. (2024). Exploring the Adoption of Robotics in Teaching and Learning in Higher Education Institutions. *Informatics*, 11(4), 1-15. doi:<https://doi.org/10.3390/informatics11040091>
- Prasad, G. (2024). Advances in Educational Technologies and Instructional Design Book Series. Em G. Prasad, *Investigation of STEM in Industry 5.0* (pp. 331-343). Punjab, India: IGI Global. doi:<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-7645-4.ch013>
- Ramírez et al, A. &. (2019). Resto de la transversalidad en la educación tecnológica universitaria. *Revista Iberoamericana de Educación Técnica*, 7(2), 44-59.
- Restrepo et al, D. (2022). Education 4.0 integration of educational robotics and smart mobile devices as a didactic strategy for the training of engineers in STEM. *DYNA*, 124-135.
- Rock, D. (2019). Engineering Value: The Returns to Technological Talent and Investments in Artificial Intelligence. *Social Science Research Network*, 1-72. doi:Rock, Daniel, Engineering Value: The Returns to Technological Talent and Investments in Artificial Inte<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3427412>
- Rosa et al, N. B. (2022). Integrating transversal skills into higher education in health and social care. *8th International Conference on Higher Education Advances*, 1-9. doi:<https://doi.org/10.4995/head22.2022.14570>
- Rosales, C. L. (2019). ¿Cuales son los ámbitos de transversalidad educativa? *Innovación educativa No. 29*, 109-123. doi:<http://dx.doi.org/10.15304/ie.29.6023>
- Sadik, M. A. (2024). he Influence of Educational Robotics in STEM Integrated Learning and the Development of Computational Thinking Abilities. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 13(3), 760-768. doi: <https://doi.org/10.23887/janapati.v13i3.81608>
- Shen, Q. (2023). Research on Intelligent Allocation and Optimization Algorithm of Higher Education Resources Based on PSO. *IEEE 3rd International Conference on*

Electronic Communications, Internet of Things and Big Data (ICEIB), 396-399.
doi:10.1109/ICEIB57887.2023.10170632.

Singh, K. N. (2024). Promoting Creativity and Collaboration: Innovative Interdisciplinary Approaches to Enhance STEM Education and Critical Thinking in Students. *International Journal of Emerging Knowledge Studies*, 546-551.
doi:<https://doi.org/10.70333/ijeks-03-09-004>

Wicaksono, I. F. (2024). The Effect of Inquiry Learning Model with STEM Approach on Students' Critical Thinking Skills in Science Learning. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 12(3), 478-486. doi:<https://doi.org/10.20527/bipf.v12i3.19677>