DESDE 2013
https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/issue/archive
Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI
ISSN: 2007-6363

Publicación Semestral Pädi Vol. 14 No. Especial 3 (2026) 230-240

Práctica docente en ingeniería: intervención con ABPt y enfoque STEM
Teaching Practice in Engineering: Interventions with PyBL and STEM

J. S. Hernández-Carrillo [a], M. S. Domínguez-González [b,*], I. Gómez-Arista [b]

[a] *Coordinación de Electrónica, Instituto Tecnológico de Durango, 34080, Durango, Durango, México.*
[b] *Maestría en Enseñanza de Ciencias Exactas, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, 72840, Tonantzintla, Puebla, México.*

Resumen

Este trabajo se desarrolló tras la búsqueda de la mejora de la práctica docente, con la implementación de una estrategia didáctica como intervención educativa en la asignatura de Electrónica Industrial, estructurada bajo el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPt) con enfoque STEM, por sus siglas en inglés *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, para fortalecer la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos relacionados con el diseño, análisis y construcción de un rectificador semicontrolado monofásico, contextualizando su uso en la industria para generar aprendizajes durante el proceso de implementación del proyecto. Este trabajo se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y estructurado a partir de los principios de la metodología de Investigación-Acción, donde se emplearon instrumentos de recolección de datos como el diario de campo, cuestionarios, portafolio de evidencias, lista de cotejo y rubrica, que permitieron conocer el impacto de la intervención educativa. Los resultados evidenciaron el dominio de funciones trigonométricas e integración, además del desarrollo de habilidades técnicas y transversales como el trabajo en equipo, liderazgo, comunicación efectiva, pensamiento crítico y resolución de problemas. En conclusión, dichos resultados evidencian la existencia de una transposición didáctica orientada al desarrollo de las competencias descritas, validando la efectividad de la metodología ABPt con enfoque STEM para la práctica docente.

Palabras Clave: Aprendizaje basado en proyectos, Educación en ingeniería, Educación STEM, Práctica docente

Abstract

This study aims to improve teaching practice by implementing a didactic strategy in the Industrial Electronics course. This strategy employs a Project-Based Learning (PyBL) approach with a STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) perspective to strengthen the understanding and application of mathematical concepts related to the analysis, design, and construction of a single-phase semi-controlled rectifier. By contextualizing the device's industrial application, the project fosters learning throughout its execution. The study adopted a qualitative approach based on Action Research methodology, utilizing data collection tools such as field observation, questionnaires, evidence portfolios, checklists, and rubrics to evaluate the intervention's impact. The results demonstrated the application of trigonometric and integration functions, as well as the development of technical and transversal competencies—such as teamwork, leadership, effective communication, critical thinking, and problem-solving. In conclusion, these findings demonstrate a didactic transposition aimed at developing the aforementioned competencies, thereby validating the effectiveness of the STEM-focused PyBL methodology in teaching practice.

Keywords: Project-based learning, Engineering education, STEM education, Teaching practice.

1. Introducción

En la enseñanza de la electrónica industrial, vincular los conceptos abstractos de las matemáticas con proyectos tecnológicos representa un reto continuo para el profesor de la asignatura. En el contexto de la formación de ingenieros eléctricos, esta dificultad se manifiesta en la brecha que existe entre los conocimientos adquiridos de matemáticas en los primeros semestres y su aplicación en las asignaturas avanzadas como Electrónica de potencia.

Este reto implica transformar la práctica docente y la adopción de metodologías como el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPt) para reenfocar la perspectiva del profesorado, obligándolo a pasar de una cátedra expositiva a

*Autor para la correspondencia: martin.dominguezg@inaoep.mx
Correo electrónico: jshernandez@itdurango.edu.mx (Julia-Sabel Hernández-Carrillo), martin.dominguezg@inaoep.mx (Martín-Santiago Domínguez-González), iarista@inaoep.mx (Iván Gómez-Arista).

Historial del manuscrito: recibido el 01/06/2026, última versión-revisada recibida el 08/09/2026, aceptado el 28/09/2026, publicado el 06/11/2026. **DOI:** https://doi.org/10.29057/icbi.v14iEspecial3.17964

tomar un rol de facilitador. Particularmente, el ABPt con el enfoque de Ciencia Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM), se ha consolidado como una metodología activa que favorece la resolución de problemas reales, el desarrollo de competencias transversales y la motivación estudiantil (Aritio et al., 2021). El ABPt como estrategia pedagógica vincula la teoría matemática con la práctica ingenieril, situando al estudiante en el centro del proceso formativo y promoviendo la construcción colaborativa del conocimiento (Siavichay et al., 2024).

Algunos estudios recientes han documentado los beneficios del ABPt en la enseñanza de las matemáticas y la ingeniería, por ejemplo, Dicha et al. (2024) reporta un incremento en la motivación y en la construcción autónoma del conocimiento en estudiantes de cálculo diferencial, mientras que Zaragoza et al. (2024) identificaron que el ABPt, junto con la indagación y la ludificación, son estrategias clave para la transformación de los entornos educativos STEM. También señalan Hernández y Mendoza (2018), que la naturaleza abstracta de las matemáticas constituye una dificultad para la enseñanza en ingeniería, lo que demanda metodologías que favorezcan la contextualización y la aplicación práctica.

En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo documentar y analizar un ciclo de *investigación-acción* orientado a la mejora de la práctica docente, mediante la implementación del ABPt con enfoque STEM en la asignatura de Electrónica Industrial. A través de esta intervención, se busca favorecer la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos en el diseño y análisis de un rectificador semicontrolado de onda eléctrica, evaluando además el desarrollo de habilidades técnicas y transversales en los estudiantes.

1.1. Marco Teórico

El sustento teórico de este trabajo se fundamentó en tres ejes principales: el ABPt, el enfoque interdisciplinario STEM y el particular énfasis en los conceptos matemáticos aplicados al rectificador semicontrolado monofásico. La articulación de estas perspectivas permitió analizar las habilidades que se desarrollaron en los estudiantes y vincular la teoría y práctica en un contexto de ingeniería eléctrica.

La autoría del ABPt se atribuye a William Kilpatrick, quien en *The Project Method* planteó que el conocimiento debía ser producto de la experiencia del estudiante, lo que implicaba una transformación social (López, 2018). Esta premisa constituye la base persistente del ABPt, considerado una metodología sustentada en teorías constructivistas influenciadas por pedagogos como Piaget, Ausubel, Vigotsky, Bruner y Dewey. Surgido en la década de 1920 y consolidado hacia 1960, el ABPt se implementó inicialmente en la educación médica de la universidad de McMaster, Canadá (Estalayo et al., 2021).

De acuerdo con Aritio et al. (2021), los diez pilares que estructuran el ABPt constituyen la base para su aplicación efectiva y aseguran la alineación con objetivos educativos centrados en el aprendizaje. Estos pilares representados en la Figura 1, refuerzan la pertinencia de la metodología en la formación de competencias integrales.

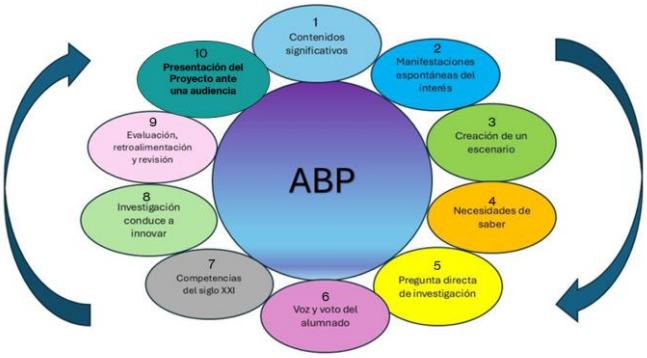


Figura 1. Pilares del ABPt
Fuente. Adaptado de iniciación al Aprendizaje Basado en Proyectos. Claves para su implementación (p.14), Aritio et al. (2021).

En Aritio et al. (2021) se destaca que, los beneficios que aporta el ABPt favorece el desarrollo de "…lo que se conocen como habilidades blandas, y que son aquellas habilidades relacionadas con la comunicación, la capacidad de escucha y de coordinación, entre otras" (p. 14). También el ABPt es efectivo en la mejora del trabajo colaborativo y el rendimiento académico, ya que los estudiantes disfrutan de construir su conocimiento de manera autónoma, aumentando el interés y la motivación personal.

En la actualidad, la educación se enfrenta a desafíos de preparar a los estudiantes no solo en conocimientos teóricos, sino también en el desarrollo de habilidades prácticas y con mentalidad orientada a la resolución de problemas. El enfoque STEM busca que los estudiantes puedan enfrentar desafíos del mundo actual donde el desarrollo tecnológico se vuelve competitivo día con día, promoviendo un rol activo del alumno en el proceso de aprendizaje mediante proyectos y experiencias prácticas (Martín y Santaolalla, 2020).

Como definición para el acrónimo STEM, se entiende que este enfoque es interdisciplinario, donde la ciencia y la tecnología representan pilares fundamentales que pueden fomentar la generación de nuevos conocimientos, mientras que la ingeniería y las matemáticas son elementos que se complementan de manera inseparable. En el enfoque STEM los conceptos matemáticos y las teorías respaldan la solución de problemas aplicados a situaciones reales que involucran ciencia y tecnología, lo que exige que el enfoque interdisciplinario requiere que el profesor se conciba como "…un aprendiz permanente que no puede pensar en la asignatura por un lado y la didáctica por el otro, ya que la materia y su enseñanza constituyen un todo inseparable" (Martín y Santaolalla, 2020, p. 44).

El enfoque STEM potencia la integración de saberes y la contextualización del aprendizaje, favoreciendo la formación de competencias críticas para la innovación y resolución de problemas en entornos educativos de ingeniería (Pulido, 2024). También desarrolla competencias de investigación dado que los alumnos deben indagar y tener la habilidad de identificar fuentes confiables, proponer y experimentar, recolectar datos, analizarlos y obtener conclusiones a partir de ellos (Castiblanco y Lozano, 2016).

Así mismo, para Arias et al. (2024) el ámbito STEM tiene una justificación relevante al ser integrado en la educación debido a su capacidad para "…preparar a los estudiantes no solo con conocimientos especializados, sino también con

habilidades cognitivas y prácticas esenciales. La relevancia de estas disciplinas transciende la esfera educativa, proyectando su influencia hacia un impacto positivo en la sociedad, la economía y el desarrollo sostenible", (p. 9).

Respecto al proyecto, los rectificadores controlados son primordiales en la conversión de corriente alterna a corriente directa, y difieren de los rectificadores no controlados debido a que la señal de salida puede ser controlada por medio de dispositivos semiconductores de potencia como el SCR, por sus siglas en ingles *Sillicon Controlled Rectifier*, que permiten realizar esta función (Rashid, 2014), el rectificador semicontrolado monofásico constituye una tipología intermedia entre los rectificadores no controlados y los totalmente controlados, al combinar diodos y tiristores en el mismo circuito. Esta configuración permite el ajuste parcial de la tensión de salida mediante el ángulo de disparo α, lo que proporciona flexibilidad en aplicaciones industriales que requieren cierto grado de control, sin llegar a la complejidad de un rectificador totalmente controlado (Mohan et al., 2003).

El tiristor SCR, dispositivo semiconductor de cuatro capas con tres terminales (ánodo, cátodo y compuerta), se considera el elemento clave en este tipo de convertidores, ya que permite regular el voltaje promedio de la salida mediante el control de la compuerta (Rashid, 2014). La configuración de los circuitos rectificadores depende de la cantidad de SCR empleados y del rango de control del voltaje de salida requerido, lo que determina su aplicación en motores, fuentes de alimentación y sistemas de potencia (Hart, 2001). El rectificador semicontrolado monofásico mostrado en la Figura 2 combina diodos y tiristores, lo que facilita el análisis del ángulo de disparo sobre el valor del voltaje promedio de salida, esta configuración representa un modelo ideal para vincular los conceptos teóricos matemáticos con aplicaciones en ingeniería, proporcionando la comprensión del comportamiento de los sistemas de potencia.

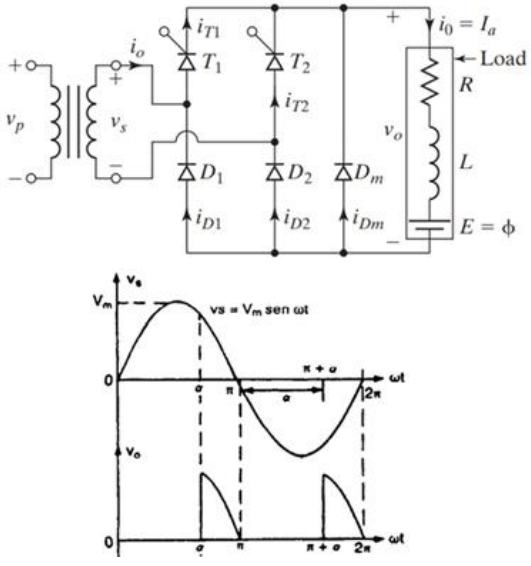


Figura 2. Diagrama eléctrico de un rectificador semicontrolado y forma de onda de salida.
Fuente. Tomado de Electrónica de Potencia. (p.134), Rashid (2014)

Para este circuito se emplearon los valores de voltaje eficaz (Vrms) que en el diagrama eléctrico se representa por medio de Vs, el voltaje máximo (Vm) y el voltaje promedio (Vo) cuyo propósito fue comparar y analizar el comportamiento de las señales eléctricas en los rectificadores. El valor eficaz representa la potencia equivalente que una señal eléctrica alterna puede entregar a una carga, esto permite cuantificar la capacidad real de trabajo y también la eficiencia del rectificador. El voltaje máximo indica la máxima amplitud de la señal sinusoidal eléctrica, mientras que el voltaje promedio refleja el valor medio del voltaje a lo largo de un ciclo que se genera en la carga. Estos tres parámetros son indispensables para evaluar la eficiencia del proceso de conversión de corriente alterna a corriente directa.

Las funciones trigonométricas seno y coseno no solo describen la forma de onda de entrada para los rectificadores, sino que también forman parte del cálculo de los valores promedio y eficaz. El ángulo de disparo α regula el punto de inicio de conducción de los SCR, reflejándose en expresiones como cos(α) que cobra importancia dentro del cálculo de voltaje y corriente promedio (Rashid, 2014).

Matemáticamente el valor promedio de la tensión de salida para una carga resistiva puede expresarse como

$$V_o = \frac{V_m}{\pi}[1+\cos(\alpha)] \quad (1)$$

Donde V_o= voltaje promedio, V_m es el voltaje máximo o pico y α es el ángulo de disparo.

El análisis matemático para deducir el voltaje promedio del rectificador semicontrolado monofásico es el siguiente:

$$V_o = \frac{1}{T}\int_0^T V_m sen(\omega t)d(\omega t) \quad (2)$$

donde T= π y $\omega t = 2\pi f =$ frecuencia angular en $\frac{\text{rad}}{\text{s}}$; donde α puede variar desde 0 a π ∴

$$V_o = \frac{1}{\pi}\int_0^\alpha V_m sen(\omega t)d(\omega t) + \frac{1}{\pi}\int_\alpha^\pi V_m sen(\omega t)d(\omega t) \quad (3)$$

En un rectificador semicontrolado monofásico el voltaje promedio de salida en el intervalo de 0, α es igual a cero, ya que $V_m sen(\omega t) = 0$ puesto que no se ha disparado a los SCR y no hay conducción de corriente en el semiciclo positivo hasta el momento en que se recibe el pulso de disparo en la compuerta de los tiristores, por lo tanto, la integral se simplifica a la expresión

$$V_0 = \frac{1}{\pi}\int_\alpha^\pi V_m sen(\omega t)d(\omega t) = \frac{V_m}{\pi}[-\cos(\omega t)]_\alpha^\pi \quad (4)$$

Se puede expresar en términos de V_{rms} al Voltaje promedio sustituyendo $V_m = V_{rms}\sqrt{2}$

$$= \frac{V_m}{\pi}[-\cos\pi + \cos\alpha] = \frac{V_{rms}\sqrt{2}}{\pi}[1+\cos\alpha] = 0.45V_{rms}[1+\cos\alpha] \quad (5)$$

Donde V_m es el valor máximo de la tensión de entrada y α el ángulo de disparo del tiristor. Esta ecuación demuestra que al incrementar α, la tensión promedio disminuye.

A partir de la integración de la onda de salida y del uso de identidades trigonométricas, se observa cómo el control por fase incide directamente en la magnitud del voltaje continuo disponible (Rashid, 2014).

La corriente se obtiene directamente a partir de la tensión de salida:

$$I_o = \frac{1}{\pi R}\int_{\alpha}^{\pi} V_m sen\,\theta\, d\theta = \frac{V_m}{\pi R}(1+\cos\alpha) \quad (6)$$

Donde V_m es el valor máximo de la tensión de entrada, α el ángulo de disparo del tiristor, *Io* es la corriente de salida y *R* es el valor de la resistencia de carga.

Así mismo, el cálculo del valor eficaz V_{rms} implica un análisis más profundo, ya que requiere evaluar la integral del cuadrado de la forma de onda de salida. Para ello se requiere aplicar transformaciones trigonométricas, tales como la identidad

$$sen^2\theta = \frac{1}{2}(1-\cos 2\theta) \quad (7)$$

Con el fin de simplificar el proceso matemático y permite expresar la tensión de salida en función de α y describir de manera precisa su comportamiento eléctrico.

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_{\alpha}^{\pi}(V_m sen\theta)^2 d\theta} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{1}{\pi}\left[(\pi-\alpha)+\frac{sen\,(2\alpha)}{2}\right]} \quad (8)$$

Y ya con la ecuación del V_{rms} se puede estimar la I_{rms}

$$I_{rms} = \frac{V_m}{R\sqrt{2}}\sqrt{\frac{1}{\pi}\left[(\pi-\alpha)+\frac{sen\,(2\alpha)}{2}\right]} \quad (9)$$

Donde V_m es el valor máximo de la tensión de entrada, α el ángulo de disparo del tiristor, I_{rms} es la corriente eficaz, V_{rms} es el voltaje eficaz y *R* es el valor de la resistencia de carga.

Para calcular la Potencia real (P_R) se utilizarán los valores del voltaje promedio y corriente promedio en la salida del rectificador

$$P_R = V_0 I_o^2 \quad (10)$$

Y la eficiencia está dada por la relación entre la Potencia real (P_R) y la Potencia aparente (P_A) o *rms*. Donde la Potencia aparente está dada por

$$P_A = V_{rms} I_{rms}^2 \quad \therefore \quad (11)$$

$$Eficiencia = \eta = \frac{P_R}{P_A} \quad (12)$$

En conjunto, estas expresiones reflejan la importancia del análisis trigonométrico en el estudio de los rectificadores semicontrolados, así como su relevancia en el diseño de sistemas electrónicos de potencia (Hart, 2001, p. 34).

Las ecuaciones de *Vo* (13) y *Io* (14) representan y describen los parámetros principales que se han obtenido para los cálculos pertinentes, las cuales corresponden a la ecuación (5) y la ecuación (6) respectivamente.

$$V_o = \frac{V_m}{\pi}(1+cos\alpha) \quad (13)$$

$$I_o = \frac{V_m}{R\pi}(1+cos\alpha) \quad (14)$$

2. Método

El trabajo se fundamentó en un enfoque cualitativo y se estructuró a partir de los principios de la metodología de Investigación-Acción (I-A), aplicada en un primer ciclo de pilotaje asumiéndose el rol de profesor- investigador, se utilizó como el marco orientador para transformar la práctica docente mediante el diseño de una estrategia didáctica basada en el ABPt. El estudio se acotó a un diseño preexperimental, transversal y descriptivo, esta articulación posibilitó que el proceso de la I-A fuera valorado en un momento específico, describiendo las características y logros alcanzados por el grupo participante (Hernández et al., 2014).

Esta situación permitió vincular la práctica docente con la reflexión sistemática sobre los procesos de aprendizaje. En este sentido, Colmenares (2012) señala que la I-A constituye una metodología transformadora que articula la generación de conocimiento con la modificación de la práctica pedagógica en el aula.

La elección de este enfoque respondió a la necesidad de analizar fenómenos educativos en su contexto natural, favoreciendo la comprensión de las dinámicas de grupo y la construcción colaborativa del conocimiento (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). Según Hernández et al. (2014) "…la investigación cualitativa busca comprender los fenómenos en su ambiente natural y desde la perspectiva de los participantes" (p. 364).

En este sentido, la implementación el ABPt se convirtió en la estrategia central del trabajo de campo a través de la resolución de un problema auténtico. Como señalan Domínguez et al. (2021), esta metodología respalda la intervención al ofrecer un espacio propicio para el crecimiento integral "…el aprendizaje basado en proyectos ofrece un contexto idóneo para el desarrollo de competencias para la comunicación eficaz, la escucha activa y un perfil comunicativo como es el estilo asertivo" (p. 33).

De este modo, la propuesta de integración del ABPt constituye un marco metodológico idóneo para el proceso de enseñanza; postura que coincide con lo expuesto por Hmelo-Silver (2004), para quien "…las metodologías activas promueven el pensamiento crítico y la comunicación efectiva" (p. 23).

El trabajo de campo se llevó a cabo durante el semestre de enero a junio de 2025 de acuerdo con la metodología de I-A, que se estructuró en tres fases: diagnóstico y diseño; desarrollo y acción; y evaluación y reflexión.

En la primera fase de la I-A, el profesor diseñó las actividades por desarrollarse respecto al proyecto basado en el ABPt, definidas en tres etapas que se alinearon a las fases de la I-A, dichas etapas del ABPt se describen en las Tablas 1, 2 y 3.

En la primera etapa del ABPt, ver Tabla 1, las actividades se orientaron en la formación de los equipos de trabajo, dar a conocer a los estudiantes la relevancia del prototipo y su aplicación en entornos reales, se establecieron las pautas para el desarrollo del rectificador y la estructura para presentar el portafolio de evidencias e indicaciones para la exposición final. En este marco, se aplicó el cuestionario diagnostico inicial, se dio introducción a los dispositivos de potencia y se

promovió la indagación de las hojas de especificaciones de los parámetros eléctricos de los componentes. Así mismo, se propició la investigación de los fundamentos matemáticos vinculados con la tipología del rectificador.

La recolección de los datos se sustentó en instrumentos como el cuestionario diagnostico inicial, identificando las dificultades recurrentes en el aprendizaje de las matemáticas y conceptos básicos de rectificación, el diario de campo, el portafolio de evidencias y cuestionarios semiestructurados aplicados en grupos de discusión, permitiendo documentar el proceso de aprendizaje.

Tabla 1. Planeación de la Etapa 1 del ABPt.

Objetivos	Actividades del profesor	Actividades del alumno	Instrumentos de recolección de datos
1.Dar a conocer al alumno la relevancia, alcance y aplicaciones del proyecto.	1. Aplicar el cuestionario diagnostico inicial. 2. Dar la introducción del tema de rectificador controlado de onda eléctrica. 3. Solicitar a los estudiantes que realicen la investigación de dispositivos de potencia que utilizarán. 4. Dar a conocer cómo deberán desarrollar el prototipo y explicar la estructura del portafolio de evidencias a entregar.	1. Resolver el cuestionario diagnostico inicial. 2. Investigar los dispositivos de potencia indicados, buscar parámetros eléctricos y aplicaciones en la industria.	1. Cuestionario diagnostico inicial (alumno). 2. Diario de campo, (docente). 3. Portafolio de evidencias, (alumnos). 4. Cuestionario para entrevista semiestructurada 1, aplicada a grupos de discusión (docente).
2. Definir la base de la matemática que se involucra en distintos tipos de rectificadores controlados.	1. Exponer las matemáticas que se involucran en el proyecto. 2. Proponer ejercicios del punto anterior para discusión.	1. Resolver los ejercicios propuestos en el aula.	1. Portafolio de evidencias, (alumno). 2.Diario de campo, (docente).
3. Exponer la guía del diseño del proyecto y formar los equipos de trabajo.	1. Dar a conocer los criterios que se tomarán en cuenta para evaluar el producto final y proporcionar el circuito de control de disparo por método de rampas y propiciar la investigación de *data sheets* de componentes a utilizar.	1. Investiga y analiza los conceptos matemáticos relacionados con voltaje, corriente, potencia y factor de potencia del rectificador monofásico semicontrolado. 3. Buscar los parámetros eléctricos y *data sheets* de los componentes a utilizar.	1. Portafolio de evidencias, (alumno). 2. Diario de campo, (docente).

En la segunda etapa del ABPt, ver Tabla 2, los estudiantes participaron en la construcción de un proyecto tecnológico: el diseño y simulación de un rectificador monofásico semicontrolado. Esta etapa se caracterizó por la integración de conocimientos matemáticos y tecnológicos, así como por la ejecución del trabajo colaborativo, como señalan Velasteguí-Hernández et al. (2025) "…la implementación del ABPt requiere que los estudiantes asuman un rol activo en la construcción de su aprendizaje" (p. 45).

El profesor desempeñó el papel de asesor y supervisor; los alumnos por su parte determinaron las fórmulas necesarias para calcular parámetros eléctricos de voltaje, corriente, potencia, factor de potencia eficiencia, además de simulación, ensamble de componentes y verificar el desempeño del funcionamiento del prototipo bajo carga. La recolección de los datos se sustentó en el portafolio de evidencias, diario de campo, listas de cotejo y rúbrica, permitiendo evaluar los cálculos matemáticos y la construcción y funcionamiento del rectificador.

Tabla 2. Planeación de la Etapa 2 del ABPt.

Objetivos	Actividades del profesor	Actividades del alumno	Instrumentos de recolección de datos
1. Asesorar a los alumnos durante el desarrollo del rectificador.	1. Supervisar el arranque del prototipo y verificar que determinen las fórmulas para los cálculos de los parámetros eléctricos de voltaje, corriente, potencia y factor de potencia. 2. Asesorar en uso del simulador *Multisim14.0*.	1. Determinar las fórmulas para los cálculos de parámetros eléctricos de voltaje, corriente, potencia y factor de potencia. 2. Diseñar el rectificador monofásico semicontrolado y realizar la simulación.	1. Portafolio de evidencias (alumno). 2. Diario de campo (docente). 3. Cuestionario para entrevista semiestructurada 2, (docente). 4. Lista de cotejo para evaluación de cálculos matemáticos y simulación del rectificador, (docente).
2. Supervisar la construcción del circuito de control de disparo y rectificación.	1. Asesorar al alumno en la construcción del circuito de control de disparo y rectificador. 2. Apoyar en la visualización de señales por método de rampas para el disparo de los tiristores.	1. Construir los circuitos de control de disparo y rectificación. Ensamble en el *protoboard* (aplica conocimientos previos de electrónica analógica).	1. Portafolio de evidencias, (alumno).

Objetivos	Actividades del profesor	Actividades del alumno	Instrumentos de recolección de datos
3. Supervisar pruebas de funcionamiento en laboratorio.	1. Asesorar al alumno en las pruebas en laboratorio con la conexión de la carga.	1. Realizar las pruebas necesarias en el laboratorio y verificar el correcto funcionamiento del prototipo con carga.	2. Lista de cotejo que evalúa el ensamble del prototipo y el funcionamiento del rectificador, (docente).

En la tercera etapa del ABPt, ver Tabla 3, se presentó el prototipo final y la evaluación integral del ABPt. El profesor sugirió a los estudiantes que realizaran una exposición promoviendo la reflexión sobre sus resultados obtenidos. Los alumnos elaboraron una presentación que integró los cálculos matemáticos del diseño y redactaron una reflexión personal sobre los aprendizajes adquiridos. Además, participaron en la autoevaluación y coevaluación, lo que permitió valorar tanto los resultados técnicos del proyecto como el desarrollo de habilidades transversales. Este proceso concuerda con lo expuesto por Hmelo-Silver (2004), quien señala que las metodologías activas "…promueven la reflexión crítica sobre la práctica y la mejora continua" (p. 23). La recolección de los datos se sustentó en el portafolio de evidencias, rúbricas de observación y listas de cotejo que posibilitaron contrastar el impacto del ABPt frente al método tradicional, finalmente se aplicó del cuestionario de validación final

Tabla 3. Planeación de la Etapa 3 del ABPt.

Objetivos	Actividades del profesor	Actividades del alumno	Instrumentos de recolección de datos
1. Presentación del prototipo final.	1. Guiar a los estudiantes en la preparación de su presentación.	1. Preparar una presentación final que incluya cálculos matemáticos del diseño del rectificador y la simulación. 2. Exponer la importancia de las matemáticas en el diseño del rectificador. 3.Escribir una reflexión personal sobre lo aprendido durante el desarrollo del proyecto.	1. Portafolio de evidencias, (alumno). 2. Rúbrica de observación para evaluar la calidad de la presentación e integración de los conceptos matemáticos, (docente). 3. Cuestionario para entrevista semiestructurada (docente).
2. Medir la metodología ABPT con enfoque *STEM.*	1. Proporcionar la coevaluación y la autoevaluación a los alumnos y propiciar que la realicen.	1. Evaluar a sus compañeros de equipo mediante la coevaluación que se proporcionó. 2. Contestar la autoevaluación proporcionada por el docente.	1. Lista de cotejo para evaluar a sus compañeros de equipo. 2. Cuestionario de autoevaluación para el alumno. 3. Cuestionario de validación final (alumno).
3. Construir las conclusiones y la reflexión sobre el ABPt. (Profesor)	1. Reflexionar y obtener las discusiones de los resultados y elaborar las conclusiones del ABPt con enfoque *STEM*.		1. Rúbrica para evaluar el desempeño y las habilidades desarrolladas en los integrantes de los equipos (docente). 2. Lista de cotejo para evaluar el ABPt en comparación con el método tradicional (docente).

La población de estudio estuvo conformada por siete estudiantes de séptimo semestre de la carrera de Ingeniería Eléctrica inscritos en la asignatura de Electrónica Industrial en el Instituto Tecnológico de Durango, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por accesibilidad y pertinencia académica, que tras una invitación se ofrecieron en participar, de esta manera el criterio de selección se basó en la disposición de los estudiantes para trabajar en un proyecto educativo para su avance reticular, que les permitía aplicar conocimientos de cálculo integral y trigonometría en el diseño de circuitos electrónicos, como señalan López y García-Milà (2021) "…el muestreo intencional se utiliza cuando los participantes poseen características específicas que resultan relevantes para el estudio (p. 34).

La muestra fue pequeña y de esta forma permitió un seguimiento cercano y detallado de los procesos de aprendizaje, que también facilitó la organización de equipos de trabajo y la interacción constante entre los participantes y el docente. Como afirman Muñoz et al. (2021), los proyectos educativos requieren distintos agrupamientos, grupos más reducidos "…permite progresar de manera notable una tarea específica" (p.20), lo que también favorece la colaboración efectiva y la retroalimentación continua.

El ABPt se centró en el diseño y construcción de un rectificador semicontrolado monofásico, un dispositivo utilizado ampliamente en la industria para la conversión de corriente alterna a corriente directa. Para validar los diseños de circuitos y verificar los resultados antes de su ensamble, de acuerdo con National Instruments (2015), se empleó el software *Multisim* 14.0 "...herramienta que permite a los estudiantes experimentar con circuitos electrónicos en un entorno seguro y controlado" (p. 22).

La recolección de datos se desarrolló de manera deductiva, buscando categorías derivadas de las tres dimensiones de habilidades que se desarrollan con la implementación del ABPt, que se muestran en la Figura 3.

Las flechas con líneas punteadas suponen una relación indirecta de las habilidades tecnológicas y transversales en la comprensión de las matemáticas aplicadas mientras que las flechas con línea continua muestran la relación directa de las habilidades matemáticas a la comprensión de conceptos matemáticos aplicados.

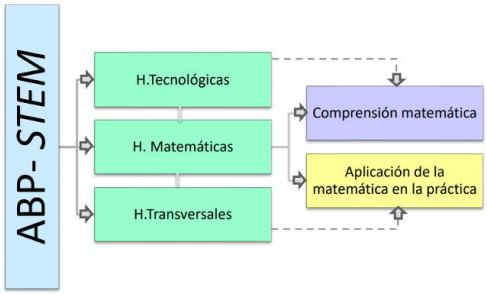


Figura 3. Desarrollo de habilidades mediante la metodología ABPt con enfoque STEM.

Las habilidades tecnológicas incluyeron el pensamiento crítico y creativo aplicado al uso de tecnologías, la comunicación y colaboración en entornos digitales, la seguridad informática y la resolución de problemas técnicos (Vela et al., 2022).

Las habilidades matemáticas se centraron en la aplicación de trigonometría y cálculo integral, lo que constituyó las matemáticas asociadas al diseño del rectificador semicontrolado monofásico y las habilidades transversales comprendieron las relacionadas al trabajo en equipo, liderazgo, comunicación efectiva, pensamiento crítico y resolución de problemas.

De esta manera las categorías buscadas en la recolección de datos se organizan como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Categorización de las habilidades desarrolladas por el ABPt

Dimensiones	Categorías
Tecnológicas	Uso de simuladores. Aplicación de herramientas de medición eléctrica. Implementación práctica de un rectificador de onda eléctrica. Diseño de circuitos rectificadores controlados. Ensamble de componentes electrónicos.
Matemáticas	Análisis de funciones y su relación con las señales de corriente alterna. Obtención de las fórmulas para el cálculo de tensión, corriente, potencia y eficiencia en el rectificador. Representación gráfica de ondas eléctricas. Cálculo de valores eficaces y picos de voltaje.
Transversales	Trabajo en equipo y liderazgo. Comunicación efectiva. Pensamiento crítico. Resolución de problemas. Adaptabilidad frente a desafíos técnicos y matemáticos. Toma de decisiones.

Los instrumentos de recolección de datos fueron: el diario de campo, portafolio de evidencias, entrevistas semiestructuradas, cuestionarios de coevaluación y autoevaluación, cuestionarios de diagnóstico inicial y de validación final, antes y después de la intervención respectivamente y rúbricas de desempeño. El análisis de la información se basó en una codificación deductiva donde se tuvieron las categorías establecidas a partir del marco teórico, lo que permitió identificar patrones en el desarrollo de competencias. Según Hernández et al. (2014) "…la codificación deductiva parte de categorías predefinidas que se contrastan con los datos empíricos" (p. 389).

La aplicación de los instrumentos y la fase correspondiente en que se aplicaron se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Recolección de datos

Instrumento	Descripción	Fase en la que se aplicó.
Cuestionario diagnostico inicial	Cuestionario aplicado a estudiantes con el fin de medir conocimientos previos.	Inicio de Fase 1
Diario de campo	Bitácora de observación del profesor.	Fase 1, 2 y 3.
Cuestionario	Preguntas aplicadas a los estudiantes en grupos de discusión. Conceptos de rectificadores.	Fase 1
Portafolio de evidencias	Documento del reporte general del prototipo, elaborado por los equipos de estudiantes.	Fase 1, 2 y 3.
Cuestionario	Preguntas aplicadas a los estudiantes en grupos de discusión. Conceptos de matemática del rectificador.	Fase 2
Lista de cotejo	Evaluación aplicada a los estudiantes sobre la investigación de 8 dispositivos de potencia.	Fase 2
Lista de cotejo	Evaluación aplicada a los estudiantes para evaluar los cálculos matemáticos y simulación del circuito.	Fase 2
Lista de cotejo	Evaluación aplicada a los estudiantes para evaluar la construcción del circuito de control y de potencia.	Fase 2
Rúbrica	Evaluación aplicada a los estudiantes para la calidad de la presentación y la integración de los conceptos matemáticos del rectificador.	Fase 3
Cuestionario	Preguntas aplicadas a los estudiantes al final de la presentación. Conceptos del rectificador.	Fase 3
Lista de cotejo coevaluación	Evaluación de cada integrante del equipo al resto de sus compañeros.	Fase 3
Cuestionario Autoevaluación	Encuesta que evaluó la percepción personal del alumno en el desarrollo del ABPt.	Fase 3
Cuestionario de validación final	Evaluó conceptos matemáticos y técnicos del Rectificador.	Fase 3
Rúbrica	Evaluó las habilidades por equipo del desarrollo del ABPt.	Fase 3
Lista de cotejo	Análisis comparativo de efectividad de ABPt y método tradicional realizada por el profesor.	Fase 3

El análisis de la información se realizó inicialmente de forma manual, mediante un proceso de codificación basada en tres dimensiones derivadas del marco teórico: habilidades tecnológicas, habilidades matemáticas y habilidades transversales. A partir de este planteamiento se identificaron subcategorías que emergieron de examinar los criterios de evaluación presentes en las listas de cotejo, el diario de campo y las conclusiones del portafolio de evidencias. El

procedimiento incluyó la detección de conceptos recurrentes, discursos de los estudiantes y actitudes registradas en el diario de campo, así como la identificación de patrones y sentimientos coincidentes derivados de las autoevaluaciones y coevaluaciones, lo que permitió construir una visión integral del fenómeno que se les hizo experimentar.

3. Resultados

Al inicio de la implementación del ABPt se aplicó el cuestionario de diagnóstico inicial, con el propósito de identificar el nivel de comprensión de los estudiantes respecto a los conceptos matemáticos involucrados en el diseño de rectificadores. Los resultados mostraron una comprensión limitada de funciones trigonométricas y cálculo integral mostrando dificultades para relacionar estos conceptos con el análisis de señales eléctricas. En la Tabla 6 se observa que los estudiantes 2, 3, 5 y 7 no contestaron ningún reactivo correctamente, ni incorrectamente, el estudiante 1 contesto todo y el resto dejaron también de contestar la mayoría de los reactivos, por lo que se infiere de acuerdo con estos resultados que, los estudiantes presentan dificultades en la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos.

Tabla 6. Resultados del cuestionario diagnostico inicial

5	Equipo 1 (participantes)				Equipo 2 (participantes)		
reactivos	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Correctos	**1**	0	0	**1**	0	**1**	0
Incorrectos	4	0	0	0	0	1	2

En esta misma fase inicial, los alumnos mencionaron antes del proyecto que, sentían inseguridad al aplicar fórmulas matemáticas en problemas prácticos, mientras que en la fase 3 después del cuestionario de validación final, expresaron mayor seguridad en sus respuestas. Este cambio coincide con lo señalado por López (2018), quien afirma que "el conocimiento debe ser producto de la experiencia del estudiante, lo que supone una transformación en la sociedad…" (p. 9).

Durante la Fase 2 al construir el rectificador, los estudiantes aplicaron conocimientos teóricos y prácticos, logrando diseñar un prototipo funcional. Se observaron avances en la capacidad de relacionar teoría con práctica y aunque los estudiantes habían externado tener dificultades para el análisis matemático, el trabajo colaborativo y la disposición a la resolución de problemas técnicos contribuyeron al desarrollo de habilidades matemáticas y tecnológicas. Sin embargo, en la Tabla 7 se muestra que el uso de simuladores se vio limitado a 5 alumnos, aun así, la simulación del circuito que se realizó antes del ensamble les permitió constatar los cálculos y medir el efecto de la variabilidad del ángulo de disparo. El portafolio de evidencias, la rúbrica evaluativa y el diario de campo mostraron que los alumnos lograron realizar los cálculos de voltaje promedio y corriente con mayor precisión, esto se muestra en la Tabla 8. La dimensión matemática mostró avances notables, las entrevistas semiestructuradas también evidenciaron que los alumnos lograron deducir correctamente las expresiones del voltaje promedio.

Tabla 7. Desarrollo de habilidades tecnológicas

Habilidades tecnológicas	**Equipo 1 (participantes)**				**Equipo 2 (participantes)**		
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Uso de simuladores			✓	✓			
Aplicación de herramientas de medición eléctrica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Implementación práctica de un rectificador de onda	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Diseño de circuitos rectificadores	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Ensamble de componentes electrónicos requeridos	✓		✓	✓	✓	✓	

Nota: La marca en la celda representa evidencia de la habilidad

Las Tablas 7 y 8, muestran la integración de las matemáticas y la técnica ya que los estudiantes demostraron en las discusiones grupales aplicar identidades trigonométricas para simplificar cálculos de voltaje y corriente demostrando obtener un nivel de abstracción permitiendo obtener las fórmulas de los parámetros eléctricos, así como construir el circuito físicamente y verificar con el osciloscopio las señales esperadas y los valores calculados, como se señala en Aritio et al. (2021) "…el proyecto debe centrarse en conocimientos y aptitudes basados en planes de estudio que guarden relación con los niveles a evaluar" (p. 12) siendo así que el ABPt fomente la aplicación práctica de los contenidos en los planes de estudio.

Tabla 8. Desarrollo de habilidades matemáticas

Habilidades matemáticas	**Equipo 1 (participantes)**				**Equipo 2 (participantes)**		
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Análisis de funciones con las señales de corriente alterna	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Obtención de las fórmulas de tensión, corriente, potencia y eficiencia	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Representación gráfica de ondas eléctricas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Cálculo de valor eficaz (rms) y pico de voltaje	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Nota: La marca en la celda representa evidencia de la habilidad

La segunda fase también se destacó por el desarrollo de habilidades transversales con el trabajo colaborativo por parte de cada integrante de los equipos, quienes desempeñaron un rol conforme a las destrezas personales, esto evidenció la comunicación asertiva, así como la resolución de problemas adaptándose a los desafíos del proyecto para finalmente desarrollar el pensamiento crítico al resolver problemas reales en ingeniería.

La integración de las tres dimensiones permitió evidenciar un impacto global en la formación de los estudiantes. No solo adquirieron conocimientos técnicos y fortalecieron la matemática involucrada en el rectificador, sino que también desarrollaron competencias transversales que los prepara para el ámbito profesional, en la Tabla 9 se observa la presencia de la habilidad transversal en cada uno de los estudiantes, los alumnos 6 y 7 no lograron desarrollar todas las habilidades al externar la falta de comunicación y adaptabilidad en el equipo durante las pruebas en el laboratorio.

Tabla 9. Desarrollo de habilidades transversales

Habilidades transversales	Equipo 1 (participantes)				Equipo 2 (participantes)		
	1	2	3	4	5	6	7
Trabajo en equipo y liderazgo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Comunicación efectiva	✓	✓	✓	✓	✓		
Pensamiento critico	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Resolución de problemas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Adaptabilidad ante desafíos	✓	✓	✓	✓	✓		
Toma de decisiones	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Nota: La marca en la celda representa evidencia de la habilidad

En la etapa 3 del ABPt, se aplicó el *cuestionario de validación final* que permitió comparar los resultados con la evaluación inicial *cuestionario diagnostico inicial*. Los resultados mostraron una mejora notable en la resolución de problemas matemáticos aplicados a la ingeniería eléctrica en los temas de rectificadores, esta evidencia se muestra en la Tabla 10, con la aplicación de este instrumento se observó un incremento en la comprensión de funciones sinusoidales y la capacidad de integrar conceptos matemáticos en el diseño de rectificadores controlados.

El cuestionario de validación final reflejó una mejora en la capacidad de los estudiantes para aplicar cálculo integral y trigonometría en el análisis de voltajes y corrientes de rectificadores (Tabla 7). El cuestionario se conformó de 9 reactivos que se diseñaron tomando en cuenta los conceptos de teoría matemática para el diseño del rectificador semicontrolado, se tomaron 9 reactivos debido al tiempo que se les permitió para resolverlo en el aula. La comparación entre ambos instrumentos mostró un incremento en la precisión de los cálculos y en la interpretación de las gráficas de simulación. Este hallazgo coincide con lo planteado por Rashid (2014), quien afirma que "…al incrementar el ángulo de disparo, la tensión promedio disminuye" (p. 134), condición experimental que los estudiantes lograron comprobar en sus simulaciones.

Tabla 10. Resultados del cuestionario de validación final

9 reactivos	Equipo 1 (participantes)				Equipo 2 (participantes)		
	1	2	3	4	5	6	7
Correctos	8	8	8	9	2	6	6
Incorrectos	1	1	1	0	7	3	3

En esta fase también se aplicó la rúbrica evaluativa de la presentación final del prototipo realizado, donde en cada uno de los equipos se obtuvieron resultados uniformes en la puntuación de los criterios evaluados como se muestra en la Figura 4, los alumnos realizaron una exposición final donde expresaron sus experiencias desde el inicio del diseño, simulación, ensamble hasta culminar con las conclusiones obtenidas.

En general los resultados del análisis cualitativo revelaron que los estudiantes desarrollaron habilidades en tres dimensiones: tecnológicas, matemáticas y transversales, las habilidades tecnológicas están relacionadas directamente con las habilidades matemáticas mediante el diseño de los parámetros eléctricos del rectificador, mientras que las habilidades transversales fortalecieron el desarrollo de las otras dos dimensiones de manera indirecta ya que las características de las habilidades tecnológicas y matemáticas son conocimientos científicos y tecnológicos, mientras las habilidades transversales son habilidades socio-personales.

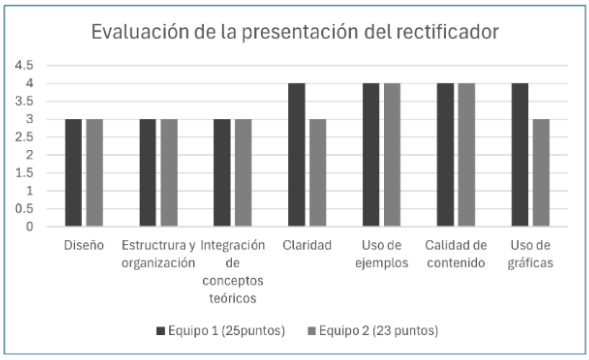


Figura 4. Resultados de la evaluación por equipos de la presentación del rectificador

Al analizar el ultimo instrumento, la lista de cotejo, que se muestra en la Tabla 6, la cual se aplicó en la última fase de la I-A, consistió en reflexionar sobre la comparación entre la metodología del ABPt y la enseñanza tradicional, esta fue una reflexión del profesor quien expresó que las metodologías activas favorecen el desarrollo de las tres dimensiones de habilidades planteadas para la implementación de la estrategia.

4. Discusión

Los resultados de este trabajo se relacionan con experiencias documentadas en otros estudios bajo otros contextos, para Dicha et al. (2024) el aumento en la motivación así como en la construcción autónoma del conocimiento en la asignatura de cálculo diferencial, fueron resultados obtenidos mediante la aplicación del ABPt, mientras que Torras et al. (2024), señalaron que el ABPt fomenta la innovación y la creatividad en proyectos de ingeniería, Martínez (2023) destacó que el enfoque STEM potencia la integración interdisciplinar y la capacidad de resolver problemas complejos, por lo que la coincidencia de estos hallazgos refuerza la validez de la metodología del ABPt bajo un enfoque STEM para el diseño de un rectificador de onda eléctrica aplicada en el Instituto Tecnológico de Durango.

Los hallazgos de cuestionarios diagnostico inicial y el de valoración final, mostraron un avance en la comprensión de los conceptos matemáticos aplicados al diseño del rectificador. Al inicio los estudiantes presentaban dificultades para relacionar su funcionamiento con la teoría matemática de los rectificadores, lo que se reflejó en respuestas incompletas y errores frecuentes.

Sin embargo, tras la implementación del ABPt, se observó una mejora en la precisión de los cálculos, dado que los resultados revelaron una comprensión más sólida de los conceptos matemáticos y mayor motivación, confirmando lo planteado por López (2018) quien sostiene que el conocimiento debe se producto de la experiencia del estudiante y en la misma línea Siavichay et al. (2024) encontraron que el ABPt facilita la comprensión conceptual y fomenta el razonamiento matemático en problemas reales.

La eficacia de la intervención realizado se sustenta también en lo expuesto por Flores et al. (2024) quienes identifican al ABPt como una estrategia fundamental para la transformación en los entornos educativos STEM, señalando que es la metodología preferida por los docentes para innovar su práctica y fomentar la construcción de conocimientos. Esta transformación no es meramente técnica; de acuerdo con Aritio et al. (2021) la implementación del ABPt permite el fortalecimiento de las habilidades blandas, como la comunicación, y la coordinación de tareas, las cuales resultaron determinantes para que los estudiantes aplicaran la base matemática en el diseño de rectificadores.

Los resultados coinciden con investigaciones que destacan la efectividad del ABPt en la enseñanza de la ingeniería. Aritio et al. (2021) afirman que el aprendizaje basado en proyectos fomenta la autonomía, la colaboración y la aplicación práctica de los contenidos como uno de los pilares fundamentales para aplicar la metodología con eficacia (p. 12).

Así mismo la experiencia se relaciona con lo planteado por Velastegui-Hernández et al. (2025) quienes sostienen que "…las competencias transversales son esenciales para la formación integral de los estudiantes en ingeniería" (p. 49).

Los resultados arrojan que, además de las habilidades matemáticas, los estudiantes desarrollaron habilidades transversales significativas, tales como el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y el pensamiento crítico. Estas competencias socio-profesionales resultan indispensables en los esquemas contemporáneos de acreditación y formación de ingenieros, coincidiendo con la literatura educativa que enfatiza la necesidad de un enfoque formativo integral. Desde esta perspectiva pedagógica, se busca dotar al estudiantado de herramientas de análisis para resolver problemas complejos mediante la vinculación activa de la teoría con la práctica profesional. De este modo, la implementación del ABPt bajo el enfoque STEM constituye un ejemplo concreto de cómo la investigación-acción se materializa para enriquecer la experiencia en el aula de ingeniería (Colmenares, 2012).

El desarrollo de un prototipo funcional permitió que los estudiantes no solo adquirieran conocimientos técnicos específicos, sino que también desarrollaran competencias socio-tecnológicas. En el ámbito actual de la enseñanza de la ingeniería, estas competencias implican la capacidad de integrar el diseño técnico instrumental con una visión reflexiva y de responsabilidad social en el uso de la tecnología. De esta manera, este trabajo aportó evidencia empírica sobre la pertinencia de la estrategia didáctica aplicada para transformar y otorgar un sentido práctico a la educación tecnológica.

5. Conclusiones

La eficacia de la metodología ABPt con enfoque STEM permite una transposición didáctica efectiva de conceptos abstractos como el cálculo integral y las funciones sinusoidales, hacia aplicaciones tangibles en la ingeniería eléctrica en el contexto de rectificadores. Al situar al estudiante frente al reto de diseñar un rectificador funcional, se logra que las matemáticas dejen de ser percibida como una herramienta aislada y se convierta en el lenguaje fundamental para la resolución de problemas técnicos reales.

A partir del análisis de la intervención, el proyecto ilustra el valor pedagógico de transitar de una enseñanza técnica tradicional atomista hacia un modelo de formación integral. Bajo esta dinámica de aprendizaje activo, el estudiantado no solo adquirió destrezas operativas en electrónica de potencia, sino que logró conectar la ética profesional con el desarrollo de soluciones tecnológicas independientes. Este tránsito metodológico apoya las propuestas contemporáneas que defienden una formación en ingeniería socialmente comprometida, demostrando que el rigor en el diseño de prototipos físicos e instrumentales puede coexistir y potenciarse de forma mutua con una visión crítica y reflexiva de la profesión.

Se ratificó que el ABPt es una estrategia de innovación preferente que fomenta la construcción autónoma del conocimiento. Los resultados mostraron que, a pesar de los obstáculos iniciales evidenciados en el diagnostico inicial, la implementación del ABPt incrementó la motivación intrínseca de los alumnos, quienes pasaron de un rol pasivo a ser protagonistas de su propio proceso de aprendizaje mediante la indagación y la experimentación.

También, que el fortalecimiento de las habilidades blandas como la comunicación asertiva, escucha activa y el liderazgo, es un resultado tan crítico como el dominio técnico. Se observó que una comunicación efectiva dentro de los equipos fue el factor determinante para superar fallas técnicas imprevistas en el laboratorio, evidenciando con esto la resiliencia de los estudiantes.

El estudio reveló que factores externos, como equipos obsoletos en el laboratorio y las limitaciones de tiempo, representan barreras significativas que pueden inducir frustración en el estudiantado. Por lo tanto, se observa que el éxito pleno de estas metodologías activas requiere un compromiso institucional para mejorar la infraestructura y asegurar que el sistema de andamiaje docente sea flexible ante las diversas trayectorias académicas y el rezago educativo.

La experiencia podría contribuir, en cierto modo, en resarcir rezagos de aprendizaje en matemáticas, y contribuir en reducir los índices de reprobación y deserción, alineándose con los objetivos institucionales de mejora continua del instituto.

Para el docente, haber experimentado este trabajo de campo le ofrece elementos de reflexión en diferentes ámbitos del proceso, que ponen de manifiesto los nichos de oportunidad que orientan al profesor a mejorar su acción en el aula, visualizándose la necesidad de desarrollar nuevos ciclos de investigación replanteados en pro de la mejora de su práctica docente.

Declaración sobre el uso de Inteligencia Artificial generativa y tecnologías asistidas por IA

Durante la preparación del presente manuscrito, los autores utilizaron *Google Translate* y *Gemini Notebook*, como herramientas de apoyo para la traducción al inglés del resumen y la revisión de estilo gramatical de algunos fragmentos del texto. Todo el contenido generado o sugerido por las herramientas fue revisado y editado por los autores, quienes asumen plena responsabilidad por la exactitud, originalidad, integridad y rigor científico del contenido final del manuscrito.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto Tecnológico de Durango y al Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica por las facilidades brindadas para la realización de este trabajo. Se agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el respaldo otorgado a M.S. Domínguez-González (CVU: 853084) mediante una estancia postdoctoral y a I. Gómez-Arista (CVU: 333218) a través del programa de investigadoras e investigadores por México.

Referencias

Arias, W., Mejia, M., Carranza, S. y Alvarado, H. (2024). Educación STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) en la educación básica: integración curricular y efectividad, una revisión desde la literatura. *Polo del Conocimiento*, *9*(91), 2026-2045. https://doi.org/10.2196/12612

Aritio, R., Berges, L., Cámara, T. y Cárcamo Sáenz-Díez, M. E. (2021). Cuestiones clave para el trabajo en ABP: pilares, beneficios y dificultades. En *Iniciación al Aprendizaje Basado en Proyectos: Claves para su implementación* (pp. 9-19). Universidad de la Rioja. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=854321

Castiblanco, P. J. y Lozano, R. (2016). *El modelo STEM como práctica innovadora en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en las escuelas unitarias de la IED* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. Repositorio Institucional UTB. https://repositorio.utb.edu.co/server/api/core/bitstreams/cb2310fc-d8a7-4074-9ab5-eb2e1f771064/content

Colmenares, A. M. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, *3*(1), 102–115. https://doi.org/10.18175/vys3.1.2012.07

Dicha, C., Sánchez, C. y Zaragoza, J. (2024). Implementación del ABP para la conceptualización de las derivadas en una IPES del Altiplano Hidalguense. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, *16*(2024), 400-410. https://doi.org/10.63136/read162024971pp400

Domínguez, R., Fernández, Á., Fraile, S. y Sánchez, C. (2021). Comunicación verbal, no verbal, escucha activa y asertividad en el ABP. En *Iniciación al Aprendizaje Basado en Proyectos: Claves para su implementación* (pp. 21-28). Universidad de la Rioja.

Estalayo, A., Gordillo, S., Iglesias, A. y López, M. (2021). Cuestiones clave para el trabajo en ABP: pilares, beneficios y dificultades. En *Iniciación al Aprendizaje Basado en Proyectos: Claves para su implementación* (pp. 5-8). Universidad de la Rioja.

Flores, M., González, L. y Vences, A. (2024). La educación STEM y las metodologías activas: una revisión sistemática. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, *XII*(2024), 1-20. https://doi.org/10.46377/dilemas.v12i.4398

Hart, D. (2001). *Electrónica de Potencia*. Prentice Hall.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a ed.). McGraw Hill.

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.

Hmelo-Silver, C. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, *16*, 235-266. https://link.springer.com/article/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

López, J. y García-Milà, M. (2021). *Investigación cualitativa en educación: Fundamentos y aplicaciones*. Editorial Síntesis.

López, P. (2018). *El Aprendizaje Basado en Proyectos en la enseñanza de la historia: Propuesta de dos unidades didácticas para la Educación Secundaria Obligatoria* [Tesis de grado, Universidad de las Islas Baleares]. Repositorio Institucional UIB. http://hdl.handle.net/11201/150194

Martín, O. y Santaolalla, E. (2020). Educación STEM: Formación con conciencia. *Revista Padres y Maestros*, (381), 41-46. https://doi.org/10.14422/pym.i381.y2020.006

Martínez, D. P. (2023). Aprendizaje basado en proyectos (ABPy), una estrategia metodológica interdisciplinar. *Nómadas*, (56). https://doi.org/10.30578/nomadas.n56a15

Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2003). *Electrónica de Potencia: Convertidores, aplicaciones y diseño* (3a ed.). McGraw Hill.

Muñoz, A., Elvira, C. y Domínguez, M. (2021). Aprendizaje cooperativo y ABP. En *Iniciación al Aprendizaje Basado en Proyectos: Claves para su implementación* (pp. 20-27). Universidad de la Rioja.

National Instruments. (2015). *NI Multisim 14.0 user manual*. National Instruments. https://www.ni.com/pdf/manuals/375231b.html

Pulido, J. (2024). La E de ingeniería en el enfoque STEM. *Academia y Virtualidad*, *17*(2), 137-151. https://doi.org/10.18359/ravi.7283

Rashid, M. (2014). *Power electronics: Circuits, devices, and applications* (4th ed.). Pearson.

Siavichay, S., Gustavo, K., Cabrera, S. y William, F. (2024). *Propuesta de enseñanza para el cálculo diferencial: aplicaciones de derivadas con ABP*. [Tesis de Maestria. Universidad de Cuenca]. Repositorio UCUENCA. https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/598af5c4-0459-4a25-b688-47f3979075d0

Torras, A., Lope, S., & Carrió, M. (2024). Percepción del alumnado del aprendizaje basado en proyectos en el ámbito STEM. *Cuestiones Pedagógicas*, *2*(33). https://doi.org/10.12795/CP.2024.i33.v2.10

Vela, J., Araiza, M., Covarrubias, J. y Hernández, J. (2022). Componentes que determinan las habilidades tecnológicas de los docentes en una escuela tecnológica. *Innovaciones de Negocios UANL*, *9*(37), 1-19. https://doi.org/10.29105/revin19.37-382

Velastegui-Hernández, R., Mayorga-Ases, L., López-López, L. y Morales-Zuñiga, H. (2025). Enseñanza de matemáticas para ingeniería en educación superior. *593 Digital Publisher CEIT*, *10*(1.2), 216-230. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9988551