



UNANCHAY

REVISTA CIENTÍFICA

ISSN 2953 6707

06

**Ciencias de la Ingeniería
y Desarrollo Tecnológico**

**Vol. 04
Núm. 01**

2 0 2 5

Enero - Junio



Sede La Magdalena: Calle Jambelí
0e3-158 y la Unión.

Campus Calderón (vía a Marianas): Av.
Giovanni Calles y Los Cipreses N6.99

Sede Santa Elena: Barrio 25 de Septiembre,
Av, 25 entre calle 27 y 28, La Libertad.

Campus Eloy Alfaro (sector Solca): Av.
General Eloy Alfaro N52-85 y José Félix
Barreiro.

Sede Guayaquil: Calle 6 de Marzo y
Rosendo Avilés, Barrio del Centenario.

Campus Pífo, Barrio Chaupimolino junto al
Cuerpo de Bomberos, Ignacio Fernández
Salvador Oe2-439 y Pasaje Baldeón.



Revista Científica Unanchay (ISSN 2953-6707)
Volumen 4. Número 1. Año 2025.
Enero-junio de 2025



La Revista Científica Unanchay, es un espacio editorializado por el Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuatoriano, que tiene el propósito de difundir la producción científica en el área de ciencias de la ingeniería constituyéndose como un espacio de referencia para la socialización de investigaciones y producciones técnicas aplicadas a las líneas de investigación de la revista.

Tabla de Contenidos

Artículos Originales

Adaptación de Dominio Adversarial para Imágenes de Profundidad: Reduciendo la Brecha Simulación-Realidad en la Percepción de UAVs	1-20
<i>Pablo Jose Salazar Villacis</i>	
Impacto de la robótica educativa en habilidades de programación y electrónica con enfoque STEAM	21-39
<i>Junior Rafael Figueroa Olmedo, Manuel Asdrual Montaña Blacio, Daniel Armando Jaramillo Chamba, Cindy Vanessa Figueroa Olmedo</i>	
Del aula al empleo: competencias y desafíos de estudiantes de Ingeniería en Ecuador	40-57
<i>Christian Franco Crespo, Alex Valencia Silva, Sandra Baldeón Báez, Fernando Herrera García</i>	
Técnicas para medir la compresión relativa de un motor de combustión interna V6 2700 CC	58-76
<i>Lizbeth Soria Villacis, Klever Armando Tumbaco Casa, Diego Andrés Calero Torres</i>	

Artículos de Revisión

El transistor: una revolución tecnológica	77-92
<i>Franklin Israel Sánchez Gamboa</i>	

Presentación del Dossier Científico: Avances en Tecnología, Ingeniería y Educación

Sandy Lorena Carapaz

El número actual de la Revista Científica Unanchay, presenta el siguiente dossier donde, se reúnen investigaciones relacionadas con las ciencias de la ingeniería y su aplicación en los diferentes campos, que abordan desafíos contemporáneos en robótica, educación STEAM, ingeniería automotriz, electrónica y formación profesional. Los estudios presentados destacan innovaciones metodológicas y tecnológicas, desde la adaptación de dominio con redes generativas para UAV hasta la evaluación de competencias laborales en estudiantes universitarios. Cada contribución subraya la importancia de cerrar brechas entre teoría y práctica, simulaciones y realidad, y formación académica y demandas industriales.

La investigación sobre la adaptación de dominio con GAN para Percepción de Profundidad en vehículos aéreos no tripulados (UAV), enfrentan limitaciones en navegación autónoma debido a la discrepancia entre imágenes de profundidad sintéticas y reales. Este estudio compara dos enfoques de redes generativas adversariales (GAN): Pix2Pix (supervisado) y CycleGAN (no supervisado), para transformar imágenes simuladas en representaciones realistas. Los resultados revelan que Pix2Pix supera a CycleGAN en precisión de intensidad, mientras que CycleGAN preserva mejor la geometría, pero falla en modelar ruido de sensores. La integración en ROS valida la utilidad para percepción en tiempo real, mejorando la navegación en entornos complejos.

El siguiente manuscrito denominado, Impacto de Talleres de Robótica Educativa en Habilidades STEAM, realiza un estudio mediante la aplicación de doce talleres con el robot mBot Neo, donde, se evaluó el efecto que produce su uso en habilidades de programación y electrónica en estudiantes de secundaria. Las encuestas pre/post mostraron un aumento significativo en la comprensión de conceptos (sensores, IoT, IA) y en el interés por áreas STEAM. Los hallazgos respaldan la robótica educativa como herramienta para motivar y desarrollar competencias técnicas desde edades tempranas.

Factores de Preparación Laboral en Ingeniería en Alimentos y Biotecnología

Un modelo de bosques aleatorios y análisis de correlación identificó que la edad ($r = 0.244$), calidad de instalaciones ($r = 0.253$) y rendimiento académico ($r = 0.213$) son predictores clave de la preparación laboral en estudiantes. Se detectó alta demanda de formación en control de calidad y análisis de datos. Las conclusiones enfatizan la necesidad de estrategias institucionales para alinear la formación universitaria con las exigencias del mercado.

En el texto “Método Electromecánico para Diagnóstico de Compresión Relativa en Motores” propone un método basado en amplitud de onda y campos electromagnéticos para medir la compresión relativa en un automotor Hyundai Tucson V6. Las mediciones con osciloscopio revelaron correlación entre consumo de corriente (34 A vs. 0 A) y compresión (130 PSI vs. 0 PSI), identificando fallas mecánicas como ruptura de banda de distribución. El método cumple con la norma UNE-EN 61010-2-032:1996, validando su aplicabilidad en diagnóstico motor.

La presentación cierra con el estudio de la Evolución del Transistor: De Shockley a Dispositivos Neuromórficos, una revisión histórica, con la cual, el autor clasifica transistores (BJT, MOSFET, IGBT) y destaca innovaciones como TFET y dispositivos neuromórficos, estos últimos prometedores para reparar tejido nervioso. El estudio concluye que el transistor sigue siendo pivotal en computación neuromórfica y medicina, con avances hacia mayor eficiencia y escalabilidad.

Los trabajos aquí compilados ilustran cómo la convergencia de tecnología, educación e ingeniería impulsa soluciones innovadoras. Desde la mejora de UAV hasta la formación de futuros profesionales, estos estudios enfatizan la necesidad de enfoques interdisciplinarios y adaptativos. Futuras investigaciones deberán profundizar en la transferibilidad de estos métodos a escalas industriales y educativas más amplias.

Redes Generativas Adversariales (GANs) para Imágenes de Profundidad: Reducción de la Brecha Simulación-Realidad en la Percepción de UAVs

Generative Adversarial Networks (GANs) for Depth Image Transformation: Reduction of Simulation-to-Reality Gap in UAV Perception

 Pablo José Salazar Villacis: Loughborough University, PhD in Computer Science,
<https://orcid.org/0000-0001-7137-477X>
Autor de correspondencia: p.salazar-villacis@lboro.ac.uk

DOI: <https://doi.org/10.64424/rcu41202560>

Recibido: 26 febrero 2025
Publicado: 12 marzo 2025

Resumen:

Los vehículos aéreos no tripulados (UAV) dependen de la percepción de profundidad para la navegación autónoma y la evasión de obstáculos. Sin embargo, los modelos entrenados en simulación tienen dificultades para generalizar debido a la brecha entre imágenes de profundidad sintéticas y reales, causada por diferencias en el ruido del sensor, la variabilidad del entorno y las texturas de los objetos, lo que reduce su eficacia en aplicaciones reales. Este estudio aborda la adaptación de dominio mediante redes generativas adversariales (GAN) para transformar imágenes de profundidad simuladas en representaciones más realistas. Se implementan dos enfoques: Pix2Pix, un modelo supervisado que requiere datos emparejados, y CycleGAN, un método no supervisado que adapta imágenes sin correspondencias directas. Para una evaluación rigurosa, se construye un conjunto de datos alineado con imágenes sintéticas y reales. Los resultados muestran que Pix2Pix supera a CycleGAN en la replicación de características de profundidad del mundo real al minimizar errores de intensidad, mientras que CycleGAN, aunque conserva la geometría, tiene dificultades para modelar el ruido del sensor. La adaptación adversarial reduce significativamente la brecha simulación-realidad, mejorando la precisión de la imagen de profundidad para la percepción de UAV. Para validar su aplicabilidad, las imágenes adaptadas se integran en el Sistema Operativo de Robots (ROS), permitiendo la percepción en tiempo real. Los hallazgos demuestran que la adaptación de dominio basada en GAN mejora la visión robótica basada en profundidad, facilitando una navegación más fiable de los UAV en entornos complejos.

Palabras claves: Adaptación de dominio, Imágenes de profundidad, Redes Generativas Adversariales, Brecha de simulación a realidad.

Abstract:

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) rely on depth perception for autonomous navigation and obstacle avoidance. However, models trained in simulation often struggle to generalize due to the domain gap between synthetic and real depth images. This gap results from differences in sensor noise, environmental variability, and object textures, reducing the effectiveness of simulation-trained models in real-world applications. This paper explores domain adaptation using Generative Adversarial Networks (GANs) to transform simulated depth images into more realistic counterparts. Two approaches are implemented: Pix2Pix, a supervised model requiring paired datasets, and CycleGAN, an unsupervised method that adapts images without paired samples. A dataset of aligned synthetic and real-world depth images is constructed to enable robust evaluation. Results show that Pix2Pix outperforms CycleGAN in replicating real-world depth characteristics by minimizing depth intensity errors, while CycleGAN, despite preserving object geometry, struggles to model sensor noise. The adversarial adaptation method significantly reduces the simulation-to-reality gap, improving depth image accuracy for UAV perception. To validate real-world applicability, the adapted depth images are integrated into the Robot Operating System (ROS), enabling real-time UAV perception. The findings demonstrate that GAN-based domain adaptation enhances depth-based robotic vision, facilitating more reliable UAV navigation in complex environments.

Keywords: Domain Adaptation, Depth Images, Generative Adversarial Networks, Simulation-to-Reality Gap.



Introduction

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have emerged as a crucial technology in robotics, enabling applications in exploration, indoor navigation, object transportation, and environmental mapping (Al Radi et al., 2024). Their ability to operate in three-dimensional (3D) environments makes them particularly well-suited for tasks that require autonomous perception and navigation in unstructured scenarios. However, robust UAV navigation in real-world environments remains challenging due to sensor limitations, perception inaccuracies, and the need for reliable adaptation from simulated training environments to real-world deployment (Xu et al., 2024).

Deep learning techniques have significantly advanced robotic perception, facilitating improved object detection, scene understanding, and autonomous navigation (Le et al., 2024; Wu et al., 2019). Many of these methods rely on training in simulated environments, where large datasets can be generated efficiently and safely. However, a persistent issue in transferring learned models to real-world applications is the domain gap between synthetic and real data. This gap arises from differences in sensor noise, lighting conditions, object textures, and environmental variability, leading to poor generalization of simulation-trained models when deployed in reality (Sadeghi and Levine, 2017; Sampedro et al., 2018). Addressing this issue is essential to enable the deployment of robust robotic systems capable of operating reliably across different environments. This study hypothesises that GAN-based domain adaptation methods, particularly Pix2Pix, can significantly reduce perceptual errors in depth images, thereby improving UAV navigation in real environments.

The domain adaptation problem has been widely studied in the context of robotic vision and deep learning. UAV navigation systems heavily rely on perception mechanisms that integrate depth images to understand spatial constraints and detect obstacles (Jing Chen et al., 2016; Sikang Liu et al., 2016). While various works have explored domain adaptation for image classification and semantic segmentation, the problem of adapting depth images remains underexplored. Prior research has attempted to mitigate the reality gap through physics-based simulations, domain randomization, and adversarial learning techniques (Westerski and Teck, 2023). Among these, Generative Adversarial Networks (GANs) have demonstrated promising capabilities in translating images from one domain to another while preserving structural consistency (Goodfellow et al., 2014). Early works on domain adaptation applied GANs to generate realistic textures from synthetic images, yielding improvements in object detection and scene reconstruction (Xu et al., 2023). However, the adaptation of depth images, particularly for UAV perception, has not been fully addressed.

Depth cameras play a fundamental role in UAV perception, providing crucial spatial awareness for obstacle avoidance and trajectory planning. However, simulated depth images often fail to capture the full complexity of real-world depth sensors, including noise artifacts and non-uniform depth distribution (Tzeng et al., 2020). These discrepancies contribute to the sim-to-real gap, leading to degraded model performance when transitioning from simulation to real-world applications. Bridging this gap is crucial for ensuring the reliable deployment of UAVs in dynamic and unknown environments (James et al., 2019).

One promising approach to mitigating this challenge is domain adaptation, which enables models trained on synthetic data to generalize more effectively to real-world conditions. In this work, we investigate domain adaptation techniques based on Generative

Adversarial Networks (GANs) to transform simulated depth images into their real-world counterparts (James and Johns, 2016). The goal is to reduce the perceptual discrepancy between synthetic and real depth images, thereby improving the accuracy and robustness of depth-based perception models for UAV navigation.

This paper presents a comparative study of two domain adaptation approaches for depth image transformation: Pix2Pix, a supervised method requiring paired depth images for training (Isola et al., 2017), and CycleGAN, which enables adaptation without the need for paired datasets (Zhu et al., 2017). To ensure accurate ground truth for training and evaluation, a dataset of aligned synthetic and real-world depth images is constructed. A key aspect of this study is the quantitative and qualitative assessment of the adapted depth images, focusing on how effectively they replicate real-world depth characteristics. Results indicate that the adversarial-based Pix2Pix model significantly reduces the adaptation error compared to the reconstruction-based CycleGAN approach, which, while preserving object geometry, struggles to replicate the noise characteristics inherent to real depth sensors.

Furthermore, to demonstrate the real-world applicability of these adaptation techniques, the generated depth images are integrated into the Robot Operating System (ROS), allowing real-time perception for UAVs (Quigley et al., 2019). The performance of the adapted images is analysed through error distribution comparisons, revealing that adversarial-based adaptation provides a notable improvement in depth perception accuracy. By improving the fidelity of depth perception, the proposed methods directly contribute to more reliable obstacle detection and trajectory planning, which are critical for safe and autonomous UAV navigation in unstructured environments. This ultimately leads to a measurable reduction in perception-related navigation errors during real-world deployment.

Methodology

This study follows a structured methodology to ensure a controlled and reproducible evaluation of domain adaptation techniques for depth image refinement. The approach involves constructing a high-fidelity simulation environment, carefully modelling real-world objects, and integrating real-time pose synchronisation to maintain consistency between simulated and physical setups. By implementing precise depth camera calibration and leveraging adversarial learning techniques, the study provides a robust framework for improving UAV perception. The evaluation focuses on the effectiveness of Pix2Pix and CycleGAN, two generative models with distinct adaptation strategies, in transforming simulated depth images into realistic counterparts. The methodological design allows for a direct comparison of their strengths and limitations, offering valuable insights into the trade-offs between paired and unpaired domain adaptation and their implications for real-world robotic applications.

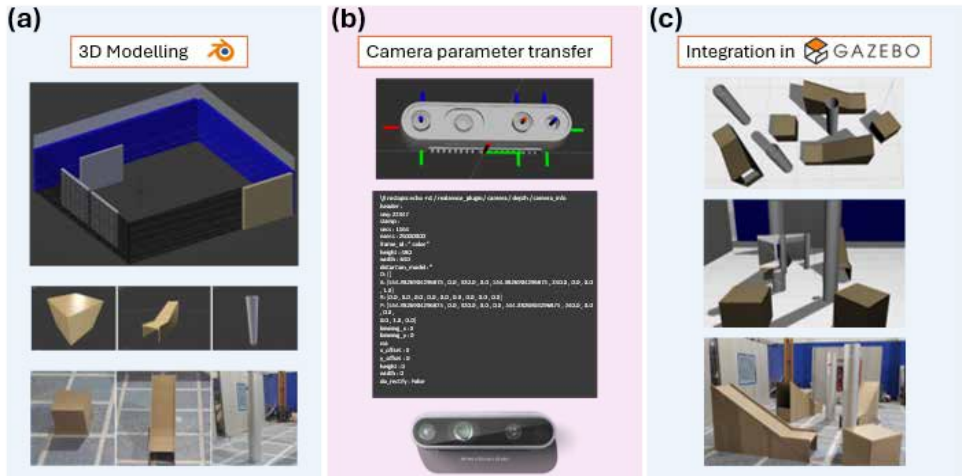
Virtual Environment Construction and Depth Image Generation

To facilitate domain adaptation for depth image refinement, a controlled virtual environment was developed to closely replicate real-world conditions. The simulation setup was designed to ensure that the generated depth images remained structurally consistent with those captured in real-world experiments. This required precise 3D modelling, camera calibration, and integration into a physics-based simulation environment, as illustrated in Figure 1.

Three key objects were selected for depth perception evaluation: a wooden cube, a cylindrical obstacle, and a ramp-like structure. These objects introduce diverse spatial patterns that enhance model generalisation, particularly for UAV navigation tasks. The wooden cube, measuring 60 cm, functions as a UAV takeoff and landing station. The cylindrical obstacle, standing 2 metres tall with a 30.5 cm diameter, mimics structural elements commonly found in urban and industrial environments. The ramp, composed of segmented components, introduces inclined surfaces that simulate uneven terrains. These objects were precisely modelled in Blender using Boolean operations where necessary to create hollow structures and merge components (Figure 1a). To enhance realism, UV mapping was used to apply textures that closely match real-world materials, ensuring that the visual and depth properties remained consistent across domains. The wooden cube and ramp were assigned wood-textured surfaces, while the cylindrical obstacle was colour-matched to its real-world counterpart. The final models were exported in .dae format for seamless integration into the simulation.

Figure 1

Virtual environment setup for depth image generation.



Source: Author (2025). (a) 3D modelling of the Robotics Arena and key objects in Blender. (b) Camera parameter transfer for accurate RealSense D435 simulation. (c) Integration of objects into Gazebo for realistic depth image acquisition.

The virtual testing environment, referred to as the Robotics Arena, was developed within Gazebo, a widely used physics-based simulation platform (Figure 1c). The spatial configuration of this environment was carefully aligned with the real-world experimental setup, ensuring one-to-one correspondence between the placement of physical and virtual objects. Structural elements such as safety nets and walls were incorporated to maintain environmental consistency between the real and simulated setups.

A critical component of the simulation environment was the integration of a depth sensor to generate synthetic depth images that accurately reflect real-world depth perception. The Intel RealSense D435 was selected due to its compact design and maximum sensing range of 10 metres, making it ideal for UAV applications. Since Gazebo only provides a default RealSense R200 model, a customised RealSense D435 sensor was implemented to ensure an accurate simulation of its optical properties. A Gazebo plugin was developed to replicate the real camera’s intrinsic parameters, including focal length, baseline distance, and depth sensing characteristics (Figure 1b).

To maintain consistency between real and simulated depth images, the horizontal field of view of the virtual camera was calculated based on the intrinsic parameters of the RealSense D435. This calibration process ensured that the depth images captured in the simulation accurately reflected those obtained in real-world experiments. By integrating a properly calibrated depth sensor, the study enabled direct comparisons between generated and real-world depth images, forming the foundation for effective domain adaptation.

Pose Synchronisation and Depth Image Acquisition for Domain Adaptation

The alignment of real and simulated objects was critical for ensuring consistency in depth image acquisition for domain adaptation. The OptiTrack motion capture system was employed to track the real-world positions of objects using retroreflective markers, enabling precise pose synchronisation between physical and virtual environments. The Motive software processed these marker-based detections, transmitting rigid body pose data to the Robot Operating System (ROS) through the `vrpn_client_ros` package. This ensured continuous real-time synchronisation, allowing objects in simulation to be accurately positioned to match their real-world counterparts.

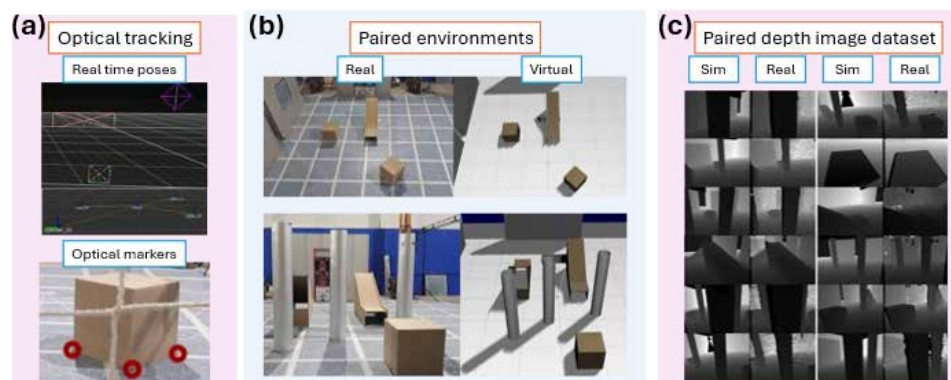
A ROS-based service was implemented to automatically spawn 3D models in Gazebo using the real-world pose data. By subscribing to OptiTrack updates, this service ensured that the placement of objects in the virtual environment remained consistent with the physical setup. This synchronisation was essential for acquiring paired depth images, which formed the foundation for supervised domain adaptation with Pix2Pix. Without this level of environmental fidelity, inconsistencies between simulated and real-world conditions would limit the adaptation capability of the trained models.

The process of depth image acquisition was tailored to support both paired and unpaired domain adaptation techniques. A dataset of depth images was collected, ensuring that each simulated image had a directly corresponding real-world counterpart. This was achieved by continuously tracking the Intel RealSense D435 camera's pose using OptiTrack and replicating its position in simulation through the `/gazebo/set_model_state` service. Depth images were synchronised and stored using a ROS bag file, capturing a range of experimental conditions.

The dataset was structured to support the different requirements of the domain adaptation models. Pix2Pix, which relies on supervised learning, was trained using paired depth images to learn direct pixel-wise transformations between simulated and real depth domains. In contrast, CycleGAN was trained on unpaired depth images, learning to perform synthetic-to-real depth translation without explicit one-to-one correspondences. This distinction in training strategies provided a comparative framework for evaluating the advantages and limitations of paired versus unpaired adaptation methods.

Figure 2

Pose synchronisation and depth image acquisition.



Source: Author (2025). (a) OptiTrack enables real-time pose tracking. (b) Paired environments ensure alignment between real and simulated setups. (c) Paired depth images form the basis for supervised domain adaptation.

The dataset was structured to support the different requirements of the domain adaptation models. Pix2Pix, which relies on supervised learning, was trained using paired depth images to learn direct pixel-wise transformations between simulated and real depth domains. In contrast, CycleGAN was trained on unpaired depth images, learning to perform synthetic-to-real depth translation without explicit one-to-one correspondences. This distinction in training strategies provided a comparative framework for evaluating the advantages and limitations of paired versus unpaired adaptation methods.

The alignment process, depth acquisition setup, and structured dataset are illustrated in Figure 2a shows the OptiTrack optical tracking system used for real-time pose synchronisation. Figure 2b presents the paired real and simulated environments, demonstrating the accuracy of object placement between domains. Figure 2c displays a sample of the paired depth image dataset, highlighting the correspondence between simulated and real-world depth images, which was essential for evaluating the performance of the adaptation models.

Generative Models for Depth Image Adaptation

To bridge the simulation-to-reality gap, this study implemented two domain adaptation techniques: Pix2Pix and CycleGAN, both of which leverage Generative Adversarial Networks (GANs). These models were trained to refine synthetic depth images, making them more representative of real-world sensor outputs. They were selected due to their effectiveness in image-to-image translation tasks and their contrasting training paradigms: one supervised and the other unsupervised. Adversarial domain adaptation methods such as CoGAN (Liu and Tuzel, 2016), SimGAN (Shrivastava et al., 2017), and PixelDA (Bousmalis et al., 2017) have introduced strategies like coupled discriminators, self-regularisation, and noise conditioning to enhance the realism of generated images. However, these models often require more complex architectural configurations and may struggle to preserve structural features that are critical for depth-based robotic perception. Pix2Pix and CycleGAN were therefore selected to provide a balanced evaluation of paired versus unpaired training regimes while maintaining architectural simplicity and structural fidelity.

Pix2Pix is a supervised GAN-based model that learns a direct mapping from synthetic to real depth images using paired training data. The model architecture consists of a U-Net-based generator, which transforms simulated depth images into their real-world counterparts, and a PatchGAN discriminator, which evaluates the realism of the generated images. The training process optimises adversarial loss, encouraging the generator to produce more realistic images, and L1 loss, ensuring that translated images remain structurally consistent with ground truth. This combination allows Pix2Pix to retain fine structural details while improving the realism of synthetic images.

In contrast, CycleGAN is an unsupervised GAN-based model that learns bidirectional mappings between synthetic and real domains without requiring paired training data. Instead of relying on direct pixel-wise correspondences, CycleGAN introduces cycle consistency loss, ensuring that an image translated to the target domain and then mapped back retains its original structure. The model consists of two generators and two discriminators, learning transformations between synthetic and real domains in both directions. This flexibility allows CycleGAN to adapt synthetic images to real-world characteristics even when paired datasets are unavailable. However, due to the lack of direct supervision, CycleGAN may introduce structural inconsistencies and fail to replicate certain depth features.

While both models are based on adversarial learning and aim to reduce the perceptual gap between synthetic and real domains, they differ significantly in their underlying mechanisms and training requirements. Pix2Pix relies on supervised learning

with paired data and uses a combination of adversarial and pixel-wise losses to ensure both realism and structural fidelity. In contrast, CycleGAN adopts an unsupervised approach, introducing cycle-consistency loss to preserve content in the absence of paired samples. This distinction not only affects training strategies but also influences the models' ability to replicate sensor-specific noise and geometric accuracy. Theoretical correlation between the two lies in their shared generative framework, yet their architectural configurations and learning objectives reflect different trade-offs between data alignment, realism, and generalisation.

After training, both models were integrated into ROS, enabling real-time transformation of depth images. The adapted depth images were published as ROS topics and visualised using `rqt_image_view`, allowing UAVs operating in simulation to process depth images that closely resemble real-world sensor outputs.

Experimental Setup and Model Evaluation

A structured experimental framework was designed to evaluate the performance of Pix2Pix and CycleGAN. The evaluation focused on depth accuracy, noise replication, and geometric structure preservation. The models' ability to reduce discrepancies between simulated and real-world depth images was assessed through quantitative error analysis and qualitative structural comparisons.

A dataset of 2378 depth images was used to evaluate Pix2Pix, while CycleGAN was tested on 603 images, with the difference in dataset size attributed to the higher computational cost of CycleGAN inference. Each dataset consisted of simulated, generated, and real depth images, with depth profiles extracted along the centre row of each image (640 pixels). The absolute depth errors were computed to quantify the improvements achieved by each model.

For statistical validation, a Wilcoxon signed-rank test was conducted to determine whether the observed error reductions were statistically significant. Additionally, Cliff's Delta was used to assess the practical significance of these reductions. The evaluation process combined histogram and boxplot visualisations with qualitative depth image assessments, providing a comprehensive analysis of each model's effectiveness in depth adaptation.

Results

This section evaluates Pix2Pix and CycleGAN in refining simulated depth images by analyzing error reduction and visual realism. Error distributions are quantified using histograms, boxplots, and statistical tests, including the Wilcoxon signed-rank test and Cliff's Delta. Representative images—corresponding to minimum, median, and maximum MedAE—are assessed through radar charts and depth comparisons for structural accuracy. A final comparison highlights Pix2Pix's advantage in paired supervision versus CycleGAN's reliance on unpaired training, determining which method better refines depth maps for applications in robotics and autonomous systems.

Performance of the Pix2Pix Model

The results of this study are structured into two primary analyses: the evaluation of error distributions across the dataset and the qualitative assessment of depth image reconstruction. The first analysis examines the extent to which the generative model reduces the discrepancies between simulated and real depth values, while the second analysis focuses on the visual realism and structural integrity of the generated depth images. To quantify the performance of the Pix2Pix model, we employ the Median Absolute Error (MedAE) as the primary metric, which provides a robust measure of error by computing the median of the absolute differences between the predicted and real depth values. MedAE is particularly useful in this context as it mitigates the influence of outliers, ensuring a more stable evaluation of the generative model's performance.

The boxplots of error distributions, presented in Figure 3d, illustrate the variations in absolute error across the three selected images corresponding to the minimum, median, and maximum MedAE cases. A significant reduction in error magnitude is evident when comparing the Real-Gen errors with the Sim-Real errors, indicating that the Pix2Pix model effectively refines depth information and brings the generated outputs closer to real-world depth representations.

Across the analysed dataset, the Real-Gen errors remain consistently lower than the Sim-Real errors, confirming that the generative model significantly reduces the gap between the original simulated depth maps and the corresponding real depth images. The reduction in error is most pronounced in the images associated with the minimum and median MedAE cases, where the generated depth maps closely approximate the real depth values. In contrast, the maximum MedAE case demonstrates a less effective correction, with larger residual errors remaining even after generation.

A statistical summary of the absolute errors further supports these observations. In the case of the minimum MedAE image, the Real-Gen error exhibits a median of 0.0392 meters, whereas the corresponding Sim-Real error has a median of 1.7255 meters. The reduction is also evident in the median MedAE image, where the Real-Gen median error is 0.4314 meters, compared to 1.0588 meters for Sim-Real. In the case of the maximum MedAE image, while the Pix2Pix model still reduces the error, the Real-Gen median error is 4.9804 meters, which remains substantially high. The interquartile range for the Real-Gen errors in this case is notably larger, indicating a greater degree of variance and confirming that the generative model exhibits reduced effectiveness in highly complex scenes.

For the minimum MedAE case, the generated depth profiles closely match real data, effectively correcting distortions, especially in smooth surfaces and well-defined boundaries, making Pix2Pix effective in structured scenes. In the median MedAE case, while depth estimates remain realistic, discrepancies appear at occlusion boundaries and

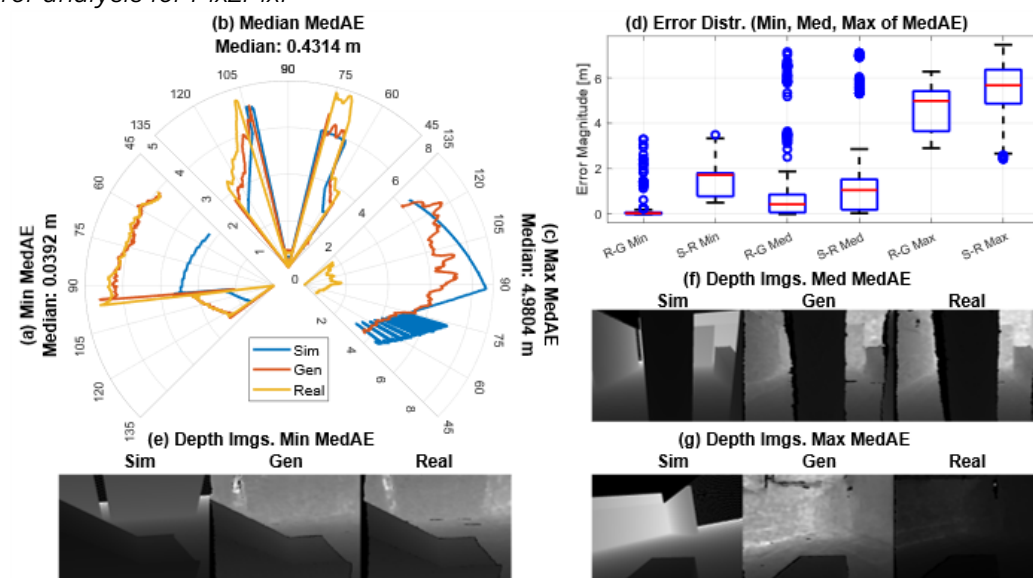
high-gradient regions, where the model struggles with depth ambiguities. In the maximum MedAE case, deviations become pronounced, with over-smoothing in high-gradient transitions, leading to a loss of fine geometric details and highlighting the model's limitations in handling complex structural changes.

The qualitative assessment of generated depth images provides further insights into the strengths and weaknesses of the Pix2Pix model. Figure 3e, figure 3f and figure 3g present the simulated, generated, and real depth images corresponding to the minimum, median, and maximum MedAE cases, respectively.

For the minimum MedAE case, the generated depth profiles closely match real data, effectively correcting systematic distortions in smooth surfaces and well-defined object boundaries, suggesting Pix2Pix performs well in structured scenes. In the median MedAE case, while the generated depth profiles align with real data, discrepancies emerge at occlusion boundaries and high-gradient regions, with errors increasing near depth discontinuities, indicating challenges in resolving occlusions and textured surfaces. In the maximum MedAE case, deviations become more pronounced, with noticeable distortions and over-smoothing in high-gradient transitions, suggesting over-regularization that leads to a loss of fine geometric details, particularly in areas with depth discontinuities.

Figure 3

Consolidated error analysis for Pix2Pix.



Source: Author (2025). Radar charts in (a), (b), and (c) compare simulated (Sim), generated (Gen), and real (Real) depth profiles for the minimum, median, and maximum MedAE cases, showing how closely Gen aligns with Real. (d) Boxplots illustrate error distributions, highlighting the reduction in Real-Gen (R-G) error. (e), (f), and (g) display the corresponding depth images, demonstrating Pix2Pix's effectiveness in refining depth structure and noise characteristics.

This highlights a fundamental limitation of the Pix2Pix model in handling highly complex depth variations, where the generative approach fails to fully reconstruct the fine geometric features of the scene.

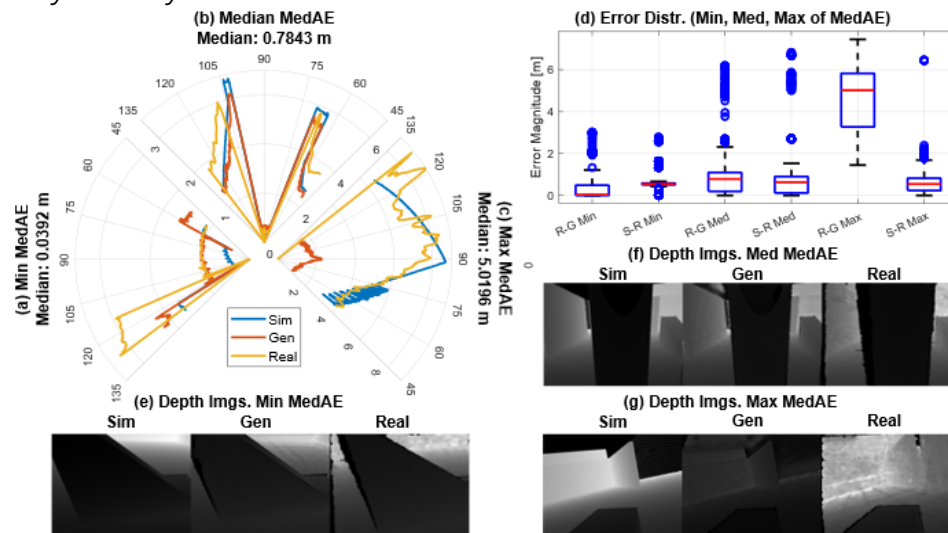
Performance of the CycleGAN Model

The assessment of the CycleGAN model's performance is structured around two key analyses: the evaluation of error distributions across the dataset and the qualitative examination of generated depth images. The first analysis aims to quantify the extent to which the CycleGAN model reduces discrepancies between simulated and real depth values. The second analysis focuses on the visual realism and structural consistency of the

generated depth maps, providing insights into the model's ability to replicate real-world depth distributions.

Figure 4

Consolidated error analysis for CycleGAN



Source: Prepared by the author (2025). . Radar charts in (a), (b), and (c) compare simulated (Sim), generated (Gen), and real (Real) depth profiles for the minimum, median, and maximum MedAE cases, showing limited improvement. (d) Boxplots indicate minimal reduction in Real-Gen error. (e), (f), and (g) present depth images, highlighting challenges in realistic depth reconstruction.

Performance of the CycleGAN Model

The assessment of the CycleGAN model's performance is structured around two key analyses: the evaluation of error distributions across the dataset and the qualitative examination of generated depth images. The first analysis aims to quantify the extent to which the CycleGAN model reduces discrepancies between simulated and real depth values. The second analysis focuses on the visual realism and structural consistency of the generated depth maps, providing insights into the model's ability to replicate real-world depth distributions.

The statistical evaluation of the model's error distributions is illustrated in figure 4 (d), where the boxplots of absolute errors corresponding to the minimum, median, and maximum MedAE cases are presented. The analysis reveals that CycleGAN effectively reduces error magnitudes, as indicated by the significant decrease in Real-Gen errors when compared to Sim-Real errors. This suggests that the model successfully refines the depth distributions, aligning the generated outputs more closely with real-world depth representations.

Despite the improvement in depth estimation, CycleGAN demonstrates varying levels of effectiveness across different cases. For the image associated with the minimum MedAE, the Real-Gen median error is 0.0392 meters, contrasting with a Sim-Real median error of 0.5490 meters. This reduction confirms that the model achieves a meaningful refinement in relatively simple scenarios. In the median MedAE case, the Real-Gen median error is 0.7843 meters, while the corresponding Sim-Real median error is 0.6275 meters. Unlike the Pix2Pix model, where a clear reduction in error is evident, CycleGAN does not consistently outperform the simulated depth maps in all cases. In the maximum MedAE case, the Real-Gen median error reaches 5.0196 meters, showing that while the model does reduce error to some extent, it struggles significantly in complex scenarios, often failing to produce substantial refinements in regions with intricate depth structures.

The statistical summary of absolute errors confirms that while CycleGAN can reduce discrepancies between simulated and real depth distributions, it does not consistently outperform the direct simulated-to-real comparison. Notably, the interquartile ranges for Real-Gen errors in all cases remain relatively large, indicating considerable variance in model performance. This suggests that while the generative process introduces some corrections, the degree of refinement is highly scene-dependent, particularly in regions characterized by complex geometries and occlusions.

The radar charts presented in Figure 4a, Figure 4b, and Figure 4c provide an in-depth comparative analysis of depth profiles extracted from the simulated, generated, and real images. The results indicate that for cases with lower MedAE, the generated depth maps exhibit a general alignment with real depth data, particularly in regions with gradual depth transitions. However, in cases with higher MedAE, the generated depth maps deviate significantly from the real data, revealing the limitations of CycleGAN in handling abrupt depth discontinuities.

For the minimum MedAE case, the generated depth profiles closely resemble real depth, correcting distortions and accurately reconstructing smooth depth variations, making CycleGAN effective in simple scenes. In the median MedAE case, artifacts appear at occlusion boundaries and high-gradient transitions, as the model struggles with sharp depth variations, leading to localized distortions. In the maximum MedAE case, deviations are significant, with over-smoothing in complex geometries, loss of fine details, and difficulty preserving intricate depth transitions. These findings highlight a key limitation of CycleGAN in its ability to generalize across highly complex scenes, where real-world depth distributions exhibit significant variance.

The qualitative assessment of the generated depth images provides additional insights into the strengths and weaknesses of CycleGAN.

Figure 4e, Figure 4f, and Figure 4g present the simulated, generated, and real depth images for the minimum, median, and maximum MedAE cases, respectively. A critical observation from these results is that while the model does produce depth maps that are statistically closer to real data, the visual quality of the generated images is noticeably inferior compared to Pix2Pix.

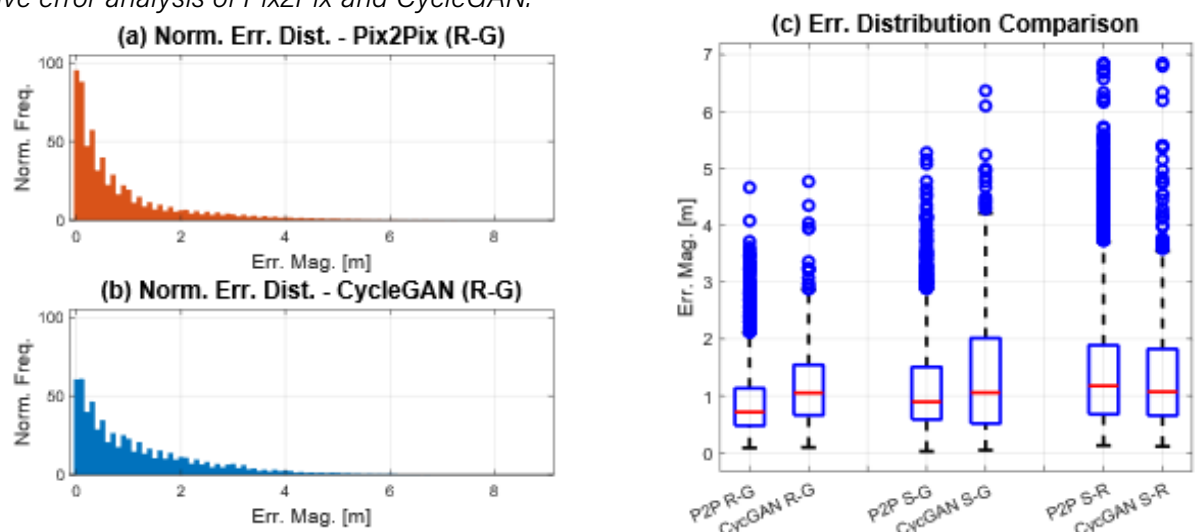
For the minimum MedAE case, the generated depth image shows structural consistency with the real depth map but appears blurred, refining edges while losing fine details. In the median MedAE case, artifacts become more prominent, especially in occluded areas and high-gradient transitions, as CycleGAN struggles with noise characterization and fails to preserve finer geometric structures. In the maximum MedAE case, discrepancies are most pronounced, with over-smoothing eliminating sharp depth transitions and failing to reconstruct high-frequency variations, highlighting CycleGAN's difficulty in replicating complex depth distributions. This qualitative analysis reveals that CycleGAN, while effective in reducing numerical errors, struggles to produce visually convincing depth reconstructions. Unlike Pix2Pix, which maintains structural coherence in most cases, CycleGAN introduces distortions that make the generated depth maps appear unrealistic. The model appears to prioritize statistical alignment over perceptual accuracy, leading to results that, while numerically valid, fail to capture the true characteristics of real-world depth distributions.

Comparative Performance of Pix2Pix and CycleGAN

The comparative analysis between Pix2Pix and CycleGAN provides insight into the relative strengths and limitations of each model. The error histograms shown in Figure 5a and Figure 5b illustrate the normalized distributions of Real-Gen errors for both models. Pix2Pix demonstrates a higher frequency of lower error values, suggesting that its generated depth images are generally more accurate when compared to real depth data. CycleGAN, on the other hand, exhibits a broader error distribution, with a noticeable shift toward higher error magnitudes, indicating that its generated depth images retain greater discrepancies from real-world measurements.

Figure 5

Comparative error analysis of Pix2Pix and CycleGAN.



Source: Prepared by the author (2025). (a) and (b) show normalized Real-Gen error distributions, with Pix2Pix exhibiting lower errors. (c) Boxplots compare error distributions, highlighting Pix2Pix's significant Sim-Real error reduction, while CycleGAN shows minimal improvement.

The statistical analysis presented in Table 1 further confirms these observations. The median Real-Gen error for Pix2Pix is 0.7143 meters, whereas CycleGAN has a higher median Real-Gen error of 1.0509 meters. Similarly, while the Sim-Gen errors are comparable for both models, the Sim-Real error for Pix2Pix is significantly larger than that of CycleGAN. This suggests that CycleGAN operates within a more constrained transformation space, achieving only marginal improvements over the original simulated depth maps. In contrast, Pix2Pix applies more substantial corrections, leading to a stronger reduction in the Sim-Real gap.

Table 1

Median errors and statistical significance for Pix2Pix and CycleGAN.

Model	Median Error (Real-Gen) [m]	Median Error (Sim-Gen) [m]	Median Error (Sim-Real) [m]	Wilcoxon p-value	Cliff's Delta
Pix2Pix	0.7143	0.8945	1.1744	4.0893e-189	0.5172
CycleGAN	1.0509	1.0562	1.0706	0.00914	-0.0116

Source: Author (2025).

The statistical significance of these differences is supported by the Wilcoxon signed-rank test, which evaluates whether the observed reduction in error is consistent across the dataset. Pix2Pix achieves an exceptionally low p-value (4.0893e-189), providing very strong evidence that the reduction in Real-Gen error is statistically significant. The effect size, measured using Cliff’s Delta, is 0.5172, indicating a large practical effect and confirming that the improvement is not only statistically significant but also meaningful in real-world applications. In contrast, CycleGAN’s p-value is 0.00914, which, while still statistically significant, suggests a weaker improvement. The corresponding effect size of -0.0116 is classified as negligible, further reinforcing the conclusion that CycleGAN does not meaningfully reduce the Sim-Real error.

Table 2 highlights the practical implications of these differences. Pix2Pix achieves an average Real-Gen error reduction of 0.46 meters, demonstrating a strong improvement in depth accuracy. CycleGAN, by contrast, achieves a significantly lower improvement of only 0.20 meters. The practical impact of these findings is clear: Pix2Pix is far more effective at refining simulated depth maps and reducing the Sim-Real gap, while CycleGAN’s improvements are relatively minor and statistically weak.

Table 2.
Comparative analysis of Pix2Pix and CycleGAN in reducing Sim-to-Real error, including mean error reduction, statistical significance, and practical impact.

Comparison	Pix2Pix	CycleGAN
Mean Real-Gen Error Reduction	0.46m	0.20m
Wilcoxon p-value	4.0893e-189 (very strong evidence)	0.0091 (weak evidence)
Effect Size (Cliff’s Delta)	0.5172 (large effect)	-0.0116 (negligible effect)
Practical Improvement	Strong reduction in Sim-to-Real gap	Very weak or negligible improvement

Source: Author (2025).

These findings are consistent with prior research in domain adaptation and sim-to-real transfer for robotic perception. For instance, Sadeghi and Levine (2017) demonstrated the effectiveness of domain randomisation for UAV control, although their approach lacked fine structural preservation compared to adversarial learning models. James et al. (2019) employed GAN-based adaptation for robotic grasping and reported statistically significant performance gains when using paired supervision. More recently, Westerski and Fong (2023) surveyed state-of-the-art synthetic data generation techniques and emphasised that methods which preserve semantic and spatial structure, such as those based on photorealistic simulation or structured domain adaptation, tend to outperform approaches relying solely on randomisation. The results of the present study reinforce this trend, showing that Pix2Pix, which leverages paired data, offers superior performance in refining depth images. This supports the idea that supervised adaptation strategies provide measurable advantages when high-fidelity domain alignment is required for UAV navigation.

Discussion

This study evaluated the performance of Pix2Pix and CycleGAN for domain adaptation in depth image refinement, focusing on their ability to bridge the simulation-to-reality gap. The results demonstrate that both models reduce depth estimation errors, but Pix2Pix consistently outperforms CycleGAN in terms of structural accuracy, numerical error reduction, and overall realism. The comparison between these two approaches highlights the trade-offs between paired and unpaired domain adaptation methods, offering insights into their applicability for real-world UAV perception and navigation.

A crucial aspect of this study was the meticulous replication of the real-world environment in simulation, achieved through precise 3D modelling and real-time pose synchronisation. Objects such as the wooden cube, cylindrical obstacle, and ramp structure were carefully reconstructed in Blender and integrated into the Gazebo simulation platform, ensuring that the geometric features encountered in simulation closely matched those in the real world. This alignment was further reinforced by the OptiTrack motion capture system, which enabled real-time tracking and pose synchronisation of physical objects with their virtual counterparts. The ability to track object positions with millimetre accuracy and replicate their exact placement in simulation was essential for acquiring paired depth images, forming the foundation for supervised domain adaptation with Pix2Pix. Without this level of environmental fidelity, the domain adaptation process would lack consistency, reducing the effectiveness of the trained models.

The error analysis confirms that Pix2Pix achieves a stronger reduction in Sim-Real error compared to CycleGAN. The boxplot analysis demonstrates that Real-Gen errors are substantially lower than Sim-Real errors across all three representative cases—minimum, median, and maximum MedAE—confirming that Pix2Pix successfully transforms simulated depth images into realistic depth distributions. The model exhibits its strongest performance in structured environments, where depth variations are gradual, and occlusion boundaries are well-defined. However, in highly complex scenes, Pix2Pix struggles with fine-scale geometric details, occasionally over-regularising depth transitions and introducing smoothing artefacts.

CycleGAN, in contrast, presents a different set of strengths and weaknesses. While the model achieves a measurable reduction in numerical error, its ability to produce visually coherent depth images is significantly weaker than that of Pix2Pix. The unpaired nature of CycleGAN training, which relies on cycle consistency loss rather than direct supervision, leads to inconsistent structural corrections. As a result, the generated depth maps often contain artefacts and distortions, failing to achieve the fine-grained depth refinement required for high-precision applications. Notably, CycleGAN's effect size is negligible, indicating that its improvements over the simulated depth images are minor in practical terms.

A key finding of this study is that Pix2Pix benefits significantly from paired supervision, allowing it to learn direct mappings between synthetic and real depth images. The effectiveness of this approach is reflected in the Wilcoxon signed-rank test results, which show overwhelmingly strong statistical significance ($p\text{-value} = 4.0893e-189$) and a large effect size (Cliff's Delta = 0.5172). This confirms that the model's refinement process is not only statistically significant but also practically meaningful, making Pix2Pix a highly suitable approach for depth adaptation in UAV perception tasks.

CycleGAN, despite demonstrating some level of numerical improvement, exhibits limited effectiveness in depth refinement. The statistical analysis supports this conclusion, as its Wilcoxon p-value (0.00914) suggests only weak statistical significance, and its effect size (-0.0116) is classified as negligible. These findings suggest that CycleGAN struggles to meaningfully close the Sim-Real gap, reinforcing the notion that unpaired domain adaptation alone may not be sufficient for high-precision depth transformations.

Beyond numerical error reduction, the qualitative assessment of depth images further underscores the advantages of Pix2Pix. The radar charts reveal that Pix2Pix-generated depth profiles closely follow real data, especially in scenes with low to moderate complexity. In contrast, CycleGAN fails to reconstruct fine-grained structures, often producing depth maps that exhibit unnatural distortions and spatial inconsistencies. These observations highlight the importance of paired supervision in generative depth refinement, as Pix2Pix consistently generates more accurate and visually coherent depth maps than CycleGAN.

Despite Pix2Pix's strong performance, challenges remain. The model occasionally struggles with high-frequency depth variations, particularly in occlusion regions where depth discontinuities are abrupt. One promising direction is to explore hybrid approaches that integrate the structural consistency of CycleGAN with the supervised learning advantages of Pix2Pix, potentially yielding a more balanced and robust depth refinement framework.

Another avenue would be to investigate the integration of alternative refinement strategies with Pix2Pix to address its possible limitations in handling high-frequency depth variations and occlusion boundaries. Techniques such as spatially-adaptive normalisation (Park et al., 2019) and multi-scale feature alignment (Xu et al., 2021) have shown promise in preserving fine structural details during image-to-image translation. Godard et al., (2019) on monocular depth estimation demonstrated that incorporating edge-aware smoothness and temporal consistency constraints can improve depth accuracy in dynamic scenes. Combining such architectural enhancements or post-processing methods with Pix2Pix may further improve its ability to generalise across complex geometries. Additionally, attention-based mechanisms (Wang et al., 2024) offer a way to prioritise high-gradient regions and could help mitigate over-smoothing in fine-grained depth structures.

Conclusion

This study investigated the application of Pix2Pix and CycleGAN for domain adaptation in depth image refinement, assessing their ability to transform simulated depth images into realistic counterparts. The findings confirm that Pix2Pix significantly outperforms CycleGAN, achieving greater reductions in depth estimation error and generating more visually coherent depth maps. The paired supervision approach used in Pix2Pix proves highly effective, enabling the model to learn direct mappings that optimise depth accuracy.

A major strength of this study lies in the high-fidelity replication of the real-world environment in simulation. The use of precisely modelled objects, OptiTrack motion capture for real-time pose synchronisation, and Gazebo-based virtual scene construction ensured that the training and evaluation process remained as consistent as possible across real and simulated domains. This structured experimental framework facilitated the acquisition of paired depth images, which were crucial for Pix2Pix's successful adaptation. The study highlights that maintaining a high level of environmental consistency is fundamental to achieving reliable depth refinement through domain adaptation.

The statistical analysis confirms the superiority of Pix2Pix, with a highly significant p-value and a large effect size, indicating that the reduction in Sim-Real error is both statistically and practically meaningful. CycleGAN, despite offering some numerical improvements, exhibits weak structural accuracy and negligible practical impact. The unpaired nature of its training process limits its ability to generate depth maps that convincingly resemble real-world data.

These findings underscore the importance of selecting the appropriate domain adaptation strategy based on specific application requirements. In tasks where high-precision depth estimation is crucial, Pix2Pix emerges as the preferred model, providing substantial reductions in error and strong structural consistency. However, CycleGAN's ability to learn without paired data may still be useful in scenarios where labelled datasets are unavailable, though its effectiveness remains limited.

Beyond its immediate contributions to UAV perception and navigation, this research has broader implications for robotic vision, computer graphics, and sensor simulation. The ability to generate realistic depth images from synthetic environments can benefit applications in autonomous systems, mixed reality, and robotic training simulations. Additionally, this tool holds potential for educational applications, particularly in settings where students and researchers lack access to real-world depth cameras. By providing a cost-effective, simulation-based approach to depth sensing, this framework can serve as a valuable resource for teaching and research in robotics, computer vision, and AI-driven perception.

Future research should explore hybrid approaches that combine the structural consistency of CycleGAN with the depth accuracy of Pix2Pix, potentially leading to a more flexible and robust depth refinement framework. Additionally, investigating alternative architectures or post-processing techniques could further enhance depth consistency and mitigate over-smoothing in complex scenes. Expanding this study to other depth sensing technologies and simulation environments may further improve its generalisation and practical impact.

Ultimately, this study confirms that adversarial domain adaptation can significantly bridge the simulation-to-reality gap in depth perception, enabling autonomous systems to operate more effectively in real-world environments while also offering new opportunities for education, research, and real-time robotic applications.

Acknowledgements

The author acknowledges the support of the Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) of Ecuador.

References

- Bousmalis K, Silberman N, Dohan D, Erhan D, Krishnan D. Unsupervised Pixel-Level Domain Adaptation with Generative Adversarial Networks. 2017 IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., vol. 2017- Janua, IEEE; 2017, p. 95–104.
- Godard C, Aodha O Mac, Firman M, Brostow G. Digging Into Self-Supervised Monocular Depth Estimation. 2019 IEEE/CVF Int. Conf. Comput. Vis., vol. 2019- Octob, IEEE; 2019, p. 3827–37.
- Goodfellow IJ, Pouget-Abadie J, Mirza M, Xu B, Warde-Farley D, Ozair S, et al. Generative adversarial nets. Adv. Neural Inf. Process. Syst., vol. 3, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; 2014, p. 2672–80.
- Isola P, Zhu J-Y, Zhou T, Efros AA. Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks. CVPR 2017.
- James S, Johns E. 3D Simulation for Robot Arm Control with Deep Q-Learning 2016.
- James S, Wohlhart P, Kalakrishnan M, Kalashnikov D, Irpan A, Ibarz J, et al. Sim-To-Real via Sim-To-Sim: Data-Efficient Robotic Grasping via Randomized-To-Canonical Adaptation Networks 2019:12627–37.
- Jing Chen, Tianbo Liu, Shaojie Shen. Online generation of collision-free trajectories for quadrotor flight in unknown cluttered environments. 2016 IEEE Int. Conf. Robot. Autom., vol. 2016- June, IEEE; 2016, p. 1476–83.
- Le H, Saeedvand S, Hsu CC. A Comprehensive Review of Mobile Robot Navigation Using Deep Reinforcement Learning Algorithms in Crowded Environments. J Intell Robot Syst Theory Appl 2024;110:1–22.
- Liu MY, Tuzel O. Coupled generative adversarial networks. Adv. Neural Inf. Process. Syst., vol. 29, 2016, p. 469–77.
- Park T, Liu MY, Wang TC, Zhu JY. Semantic image synthesis with spatially-adaptive normalization. Proc. IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., vol. 2019- June, IEEE; 2019, p. 2332–41.
- Quigley M, Gerkey B, Conley K, Faust J, Foote T, Leibs J, et al. ROS: an open-source Robot Operating System 2019.
- Al Radi M, AlMallahi MN, Al-Sumaiti AS, Semeraro C, Abdelkareem MA, Olabi AG. Progress in artificial intelligence-based visual servoing of autonomous unmanned aerial vehicles (UAVs). Int J Thermofluids 2024;21:100590.
- Sadeghi F, Levine S. CAD2RL: Real Single-Image Flight Without a Single Real Image. Robot. Sci. Syst. XIII, vol. 13, Robotics: Science and Systems Foundation; 2017.
- Sampedro C, Bavle H, Rodriguez-Ramos A, de la Puente P, Campoy P. Laser-Based Reactive Navigation for Multirotor Aerial Robots using Deep Reinforcement Learning. 2018 IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robot. Syst., IEEE; 2018, p. 1024–31.
- Shrivastava A, Pfister T, Tuzel O, Susskind J, Wang W, Webb R. Learning From Simulated and Unsupervised Images Through Adversarial Training 2017:2107–16.
- Sikang Liu, Watterson M, Tang S, Kumar V. High speed navigation for quadrotors with limited onboard sensing. 2016 IEEE Int. Conf. Robot. Autom., vol. 2016- June, IEEE; 2016, p. 1484–91.
- Tzeng E, Devin C, Hoffman J, Finn C, Abbeel P, Levine S, et al. Adapting Deep Visuomotor Representations with Weak Pairwise Constraints. Springer Proc. Adv. Robot., vol. 13, Springer, Cham; 2020, p. 688–703.

- Wang F, Zhang Q, Zhao Q, Wang M, Sun F. Unsupervised image-to-image translation with multiscale attention generative adversarial network. *Appl Intell* 2024;54:6558–78.
- Westerski A, Teck FW. Synthetic Data for Object Detection with Neural Networks: State of the Art Survey of Domain Randomisation Techniques. *ACM Trans Multimed Comput Commun Appl* 2023;21.
- Wu K, Esfahani MA, Yuan S, Wang H. Depth-based Obstacle Avoidance through Deep Reinforcement Learning. *Proc. 5th Int. Conf. Mechatronics Robot. Eng.*, vol. Part F1476, New York, NY, USA: ACM; 2019, p. 102–6.
- Xu C, Zhou M, Ge T, Jiang Y, Xu W. Unsupervised Domain Adaption With Pixel-Level Discriminator for Image-Aware Layout Generation 2023:10114–23.
- Xu X, Chen Z, Yin F. Multi-Scale Spatial Attention-Guided Monocular Depth Estimation With Semantic Enhancement. *IEEE Trans Image Process* 2021;30:8811–22.
- Xu Y, Cao H, Xie L, Li X-L, Chen Z, Yang J. Video Unsupervised Domain Adaptation with Deep Learning: A Comprehensive Survey. *ACM Comput Surv* 2024;56:36.
- Zhu J-Y, Park T, Isola P, Efros AA. Unpaired Image-to-Image Translation Using Cycle-Consistent Adversarial Networks. *2017 IEEE Int. Conf. Comput. Vis.*, vol. 2017-Octob, IEEE; 2017, p. 2242–51.

Impacto de la robótica educativa en habilidades de programación y electrónica con enfoque STEAM

Impact of educational robotics on programming and electronic skills with STEAM approach

-  Junior Rafael Figueroa Olmedo: Universidad Estatal Península de Santa Elena, Magister en Diseño Producción y Automatización Industrial, <https://orcid.org/0000-0001-8498-6601>
-  Manuel Asdrual Montaña Blacio: Universidad Estatal Península de Santa Elena, Magister en Ciencias y Tecnologías de la Computación, <https://orcid.org/0000-0001-6816-0439>
-  Daniel Armando Jaramillo Chamba: Universidad Estatal Península de Santa Elena, Magister en Ingeniería en Telecomunicaciones, <https://orcid.org/0000-0002-7695-2628>
-  Cindy Vanessa Figueroa Olmedo: Unidad Educativa Fiscal "Lcda. Águeda González Quiñonez", Magíster en Tecnología e Innovación Educativa, <https://orcid.org/0009-0000-2679-6738>
Autor de correspondencia: jrfo_rodry@hotmail.com

DOI: <https://doi.org/10.64424/rcu41202558>

Recibido: 17 febrero 2025
Publicado: 12 marzo 2025

Resumen:

El presente estudio aborda el efecto de los talleres de robótica educativa en las habilidades de programación y electrónica de estudiantes de octavo y noveno grado. El objetivo del artículo es evaluar el impacto de estos talleres en la comprensión y aplicación de conceptos de programación y electrónica, así como el interés en áreas STEAM en los primeros niveles de secundaria. La metodología empleada incluyó la ejecución de doce talleres teórico-prácticos con el robot mBot Neo, y consideró temas como la programación de movimientos, el uso de sensores, los juegos de luces y sonidos, la detección de colores y las aplicaciones de inteligencia artificial e Internet de las cosas. Para evaluar el proyecto, se aplicaron encuestas antes y después de los talleres, evidenciando tendencias positivas en la percepción y competencias de los estudiantes. Los resultados reflejaron un aumento considerable en la comprensión y aplicación de estos conceptos, además de un mayor interés en áreas STEAM.

Palabras claves: Electrónica, mBot Neo, programación, robótica educativa, STEAM.

Abstract:

This study addresses the effect of educational robotics workshops on the programming and electronics skills of eighth and ninth-grade students. The article aims to evaluate the impact of these workshops on the understanding and application of programming and electronics concepts, as well as interest in STEAM areas at the early secondary school levels. The methodology included the implementation of twelve theoretical-practical workshops using the mBot Neo robot, covering topics such as movement programming, sensor usage, light and sound games, color detection, and applications of artificial intelligence and Internet of Things. To evaluate the project, surveys were administered before and after the workshops, showing positive trends in students' perceptions and competencies. The results reflected a considerable increase in the understanding and application of these concepts, as well as greater interest in STEAM areas.

Keywords: Electronics, mBot Neo, programming, educational robotics, STEAM.



Introducción

La robótica educativa se define como una disciplina que emplea robots como herramientas pedagógicas para facilitar el aprendizaje de conceptos científicos y tecnológicos, fomentando habilidades como la resolución de problemas, el pensamiento lógico y la creatividad en los estudiantes (SMOWL, 2023).

La robótica educativa es un sistema de enseñanza interdisciplinario que expone a los estudiantes a diversos tipos de conocimiento, preparándolos para enfrentar de manera consciente los desarrollos tecnológicos del mundo actual. Este enfoque combina las enseñanzas de ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (STEAM), y también potencia áreas como la lingüística y la creatividad. A través de la robótica educativa, los estudiantes aprenden jugando, programando, razonando de manera lógica y creando interfaces o dispositivos, al mismo tiempo que se relacionan con sus compañeros y trabajan en equipo (SER, 2024).

Actualmente, se utilizan una variedad de elementos, equipos y prototipos robóticos para implementar la robótica educativa, que incluyen kits como LEGO Mindstorms para construir y programar robots con sensores y actuadores, plataformas modulares como VEX Robotics que permiten la creación de robots complejos, y kits robóticos de Makeblock, ideales para principiantes y avanzados (El País, 2023). Además, se emplean placas de desarrollo como Arduino y Raspberry Pi, microcontroladores compactos como Micro con sensores integrados, y robots programables como Ozobot y Sphero, diseñados para enseñar programación y física de manera interactiva. Se utilizan también diversos sensores como los ultrasónicos para medir distancias, actuadores como servomotores y motores DC para control de movimiento, y herramientas de programación como Scratch y Python. Complementan estas herramientas las impresoras 3D para crear piezas personalizadas y plataformas de simulación como TinkerCAD y tecnologías de realidad virtual y aumentada para desarrollar entornos de aprendizaje interactivo y simulaciones de robots.

La robótica educativa se ha consolidado como una herramienta clave en el desarrollo de habilidades en matemáticas, ciencias y programación en los niveles educativos de primaria y secundaria. En la región de Murcia - España, se implementó el programa Escuela 4.0, que abarca desde la educación infantil hasta la educación secundaria obligatoria. Este programa tiene como objetivo reducir la brecha digital y preparar a los estudiantes para un futuro tecnológico mediante la enseñanza de pensamiento computacional, programación y robótica (Cadenaser, 2024). Este enfoque busca fomentar competencias en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas desde temprana edad, asegurando que los estudiantes estén equipados con habilidades necesarias para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

En los últimos años, la robótica educativa ha ganado un papel relevante en la enseñanza secundaria en América Latina, impulsada por la necesidad de fortalecer las competencias STEAM. En el contexto colombiano, el Team Robotics del Pacífico, compuesto por jóvenes del Chocó, ha demostrado el impacto positivo de la robótica educativa, participando con éxito en competencias internacionales, con proyectos como el Aula Robótica Móvil. Este grupo ha llevado la robótica a comunidades rurales, impulsando el desarrollo de habilidades tecnológicas y de resolución de problemas en contextos con limitados recursos (El País, 2024). Estos ejemplos reflejan cómo la robótica no solo potencia el aprendizaje académico; sino también, genera un impacto social positivo al llevar oportunidades educativas a comunidades menos favorecidas.

En México, en particular, la iniciativa Robots en la Escuela ha proporcionado a

estudiantes de primaria y secundaria acceso a herramientas robóticas que fomentan el aprendizaje activo y colaborativo. Esta estrategia ha mostrado resultados positivos, mejorando el rendimiento de los estudiantes en áreas relacionadas con las ciencias y la tecnología, mientras se fortalece su creatividad y habilidades para el trabajo en equipo (González, 2021). Este tipo de programas han permitido que más estudiantes se involucren activamente en el aprendizaje de ciencias y tecnología, acercándolos a disciplinas que serán cruciales en sus futuras carreras.

En Ecuador, la Fundación Openlab Ecuador se ha destacado como una organización clave en la promoción de la robótica educativa y la cultura digital. Establecida en Quito, esta fundación se centra en el impulso de la participación ciudadana y el conocimiento abierto, a través de actividades que buscan fortalecer la economía del conocimiento y la creatividad. Entre sus iniciativas, Openlab ha apoyado a comunidades de cultura libre y digital, y colaborado con instituciones académicas, medios de comunicación, ONGs y otros actores de la sociedad civil. Esta organización también brinda asesoramiento en la organización de eventos virtuales y procesos de innovación abierta, con un fuerte enfoque en el desarrollo de la robótica educativa en Ecuador (Fundación Openlab Ecuador, s.f.).

Un estudio realizado por García-Macías e Intriago (2022) se analizó la implementación de la robótica educativa en el currículo escolar de Ecuador. Los resultados revelaron que su integración promueve el desarrollo de habilidades STEM, fomenta la inclusión y diversidad en el aula, mejora la motivación y el compromiso de los estudiantes, y resalta la importancia de la formación docente en este proceso. La investigación destaca que la robótica educativa es una herramienta eficaz para abordar los desafíos contemporáneos de la educación, preparando a los estudiantes para un mundo tecnológico y cambiante.

En la Unidad Educativa "Ambrosio Andrade Palacios" del cantón Suscal, provincia del Cañar, se diseñó e implementó una estrategia metodológica que utiliza la robótica educativa para optimizar el aprendizaje de la física (Arévalo, 2021). Esta propuesta permitió a los estudiantes aprender contenidos mediante la experimentación y el trabajo en equipo, reduciendo el efecto de la ansiedad matemática. La investigación evidenció que la robótica facilita la comprensión de conceptos físicos y promueve habilidades colaborativas entre los estudiantes.

En la Unidad Educativa Misioneros Oblatos de Cuenca, Ecuador, se llevó a cabo un programa de robótica educativa con el objetivo de fortalecer el pensamiento computacional en estudiantes de 12 a 13 años (Villavicencio, 2020). La investigación reveló que los estudiantes presentaban un bajo nivel en la aplicación de este tipo de pensamiento, lo que limitaba su capacidad para resolver problemas mediante herramientas informáticas. La implementación de la robótica permitió mejorar notablemente estas habilidades, mostrando su impacto positivo en el desarrollo del pensamiento lógico y la resolución de problemas.

La robótica educativa desempeña un papel crucial en el desarrollo de competencias en programación y electrónica, según Córdoba y Ahumada (2023). Utilizar la robótica en la educación implica diseñar y construir robots, mecanismos controlados por ordenadores programados para realizar diversas acciones. La finalidad de la robótica educativa es integrar las tecnologías en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Este enfoque es imprescindible en el contexto científico actual, ya que la sociedad moderna se desenvuelve en un entorno digitalizado y en constante cambio. La robótica educativa se presenta como una opción pedagógica innovadora y útil, fortaleciendo habilidades cognitivas como el

pensamiento crítico.

Todo este conjunto de saberes ofrece una perspectiva investigativa orientada al contexto sociocultural, con el objetivo principal de generar aprendizaje mediante procesos investigativos de situaciones del entorno. Para ello, el estudiante utiliza diversas disciplinas para enfrentar los desafíos actuales, lo que requiere trabajo colaborativo, el uso de TIC en los procesos de investigación, autonomía, liderazgo y diseño de prototipos. Se emplean plataformas virtuales gratuitas como mblock, Robertina, Tinkercad y simuladores virtuales para generar conocimiento científico que contribuya a la solución de problemas sociales (Santa María et al., 2022).

Como se ha evidenciado en estos estudios, la robótica educativa es una herramienta pedagógica eficaz para fortalecer el aprendizaje en áreas STEAM, con un énfasis particular en programación y electrónica. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el impacto de talleres de robótica educativa en el desarrollo de habilidades en estas áreas. A diferencia de otros enfoques, esta propuesta integra metodologías pedagógicas modernas con tecnologías accesibles, utilizando el robot mBot Neo para combinar programación, electrónica e inteligencia artificial en un marco STEAM. Además de fortalecer competencias técnicas, este enfoque fomenta el aprendizaje interdisciplinario y el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas reales, contribuyendo significativamente a la educación tecnológica.

Metodología

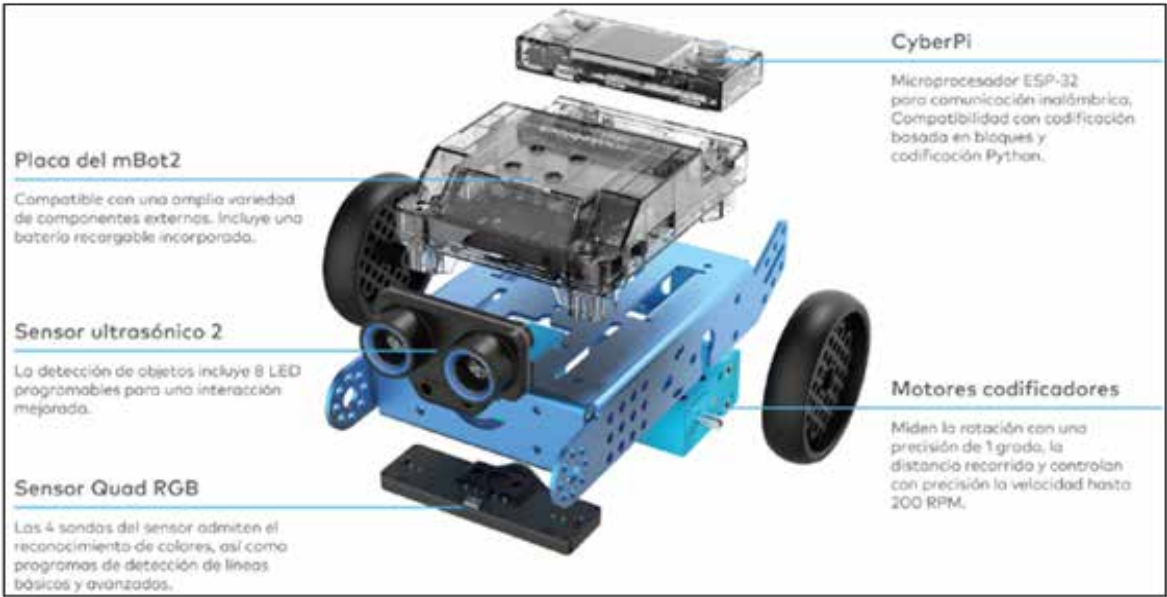
Para el desarrollo de los talleres de robótica educativa, se adoptó un diseño cuasi-experimental con un enfoque cuantitativo y de alcance explicativo. La metodología STEAM se utilizó como base para estructurar las actividades, combinando teoría y práctica con el robot mBot Neo de Makeblock, una herramienta educativa diseñada para la enseñanza de programación y electrónica. Los talleres se llevaron a cabo en la Unidad Educativa 18 de Agosto de la ciudad de Santa Elena, Ecuador, durante los meses de marzo, abril y mayo de 2024. Se implementaron actividades de aprendizaje activo en programación y electrónica, integrando principios del aprendizaje basado en proyectos (ABP). Para evaluar el impacto de los talleres, se aplicó un diseño pretest-postest con encuestas antes y después de cada sesión. Los datos obtenidos fueron analizados mediante medidas de tendencia central y de dispersión para identificar cambios en el conocimiento y habilidades de los estudiantes.

Materiales

El robot móvil mBot Neo es un robot educativo fabricado por la empresa Makeblock (ver Figura 1), descrito para que los niños desarrollen habilidades de codificación, abarcando desde niveles principiantes hasta avanzados. El robot permite la exploración al aire libre, la interacción a través de expresiones y funciones de agarre, enriqueciendo así la experiencia de codificación y construcción.

Figura 1

Componentes del mBot Neo



Nota. Makeblock, (2024)

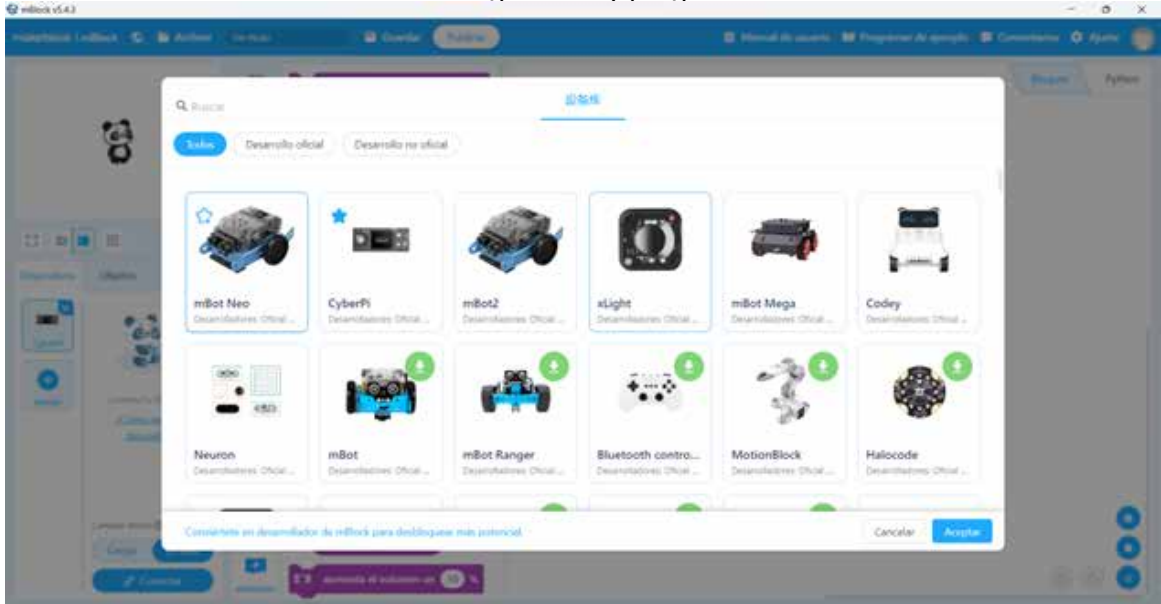
Como se observa en la Figura 1, este robot está equipado con diversas partes, como actuadores y sensores, que les permiten ejecutar diferentes acciones, según lo programado. Sus sensores y actuadores integrados incluyen un micrófono y altavoz, una unidad de medición inercial con giroscopio y sensor de aceleración, un sensor de luz, botones para operaciones de menú y una pantalla en color. Además, cuentan con un sensor ultrasónico de distancia y un sensor de seguimiento de línea con cuatro elementos RGB. Es posible conectar en serie hasta 10 sensores, motores, leds y otros componentes diversos.

Junto a esta gama de sensores y actuadores, el mBot Neo es capaz de comunicarse por Wi-Fi mediante el módulo CyberPi, lo cual permite una gama amplia de aplicaciones en temas de codificación, robótica, ciencia de datos e inteligencia artificial, en relación con otras materias como las Matemáticas, Física, etc. El módulo CyberPi incorporado en el robot, es un pequeño microordenador programable, el cual adquiere las señales de los sensores y envía las órdenes a los actuadores del robot, mediante un algoritmo de programación basado en bloques (Scratch) o código Python desarrollado en el entorno mBlock (Gutiérrez, 2024).

El robot mBot Neo de Makeblock se programa principalmente con dos tipos de software. Uno de ellos es el mBlock 5, el cual es un entorno de programación gráfica basado en bloques diseñado para facilitar el aprendizaje de la programación y la robótica, especialmente para principiantes (Gutiérrez, 2024). Ofrece una interfaz gráfica intuitiva con bloques de código visualmente arrastrables y configurables. Permite programar al robot mBot Neo de manera sencilla mediante bloques predefinidos para controlar movimientos, sensores, luces y sonidos. Además, facilita la transición hacia la programación basada en texto con soporte para Python. En la Figura 2, se puede visualizar algunos ejemplos de robots educativos (incluido el mBot Neo) que pueden ser programados mediante el entorno mBlock 5.

Figura 2

Ejemplos: robots educativos en el entorno de configuración y programación mBlock 5.



Nota. Autores, (2025)

El segundo software es una aplicación Android de Makeblock, el cual es una herramienta móvil que permite controlar y programar robots Makeblock, directamente desde dispositivos móviles como tabletas y teléfonos inteligentes. Ambos softwares, mBlock 5 y la aplicación Android, están diseñados para hacer accesible la programación y el control del robot mBot Neo. Proporcionan herramientas poderosas pero fáciles de usar que fomentan la creatividad, el aprendizaje STEAM y el desarrollo de habilidades de resolución de problemas entre estudiantes y aficionados a la robótica.

La metodología STEAM es un modelo de aprendizaje de las ciencias que integra ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, con el objetivo de promover aprendizajes prácticos, útiles y atractivos para los estudiantes. Este enfoque se basa en una metodología de proyectos, donde el rol del docente va más allá de transmitir conocimiento,

convirtiéndose en un facilitador del aprendizaje integrado de las ciencias. El modelo se centra en fomentar la innovación y la resolución creativa de problemas (Vallejo & Carrera, 2020). En conjunto, STEAM promueve un enfoque interdisciplinario donde estas áreas se complementan y se integran, fomentando el aprendizaje activo, la colaboración entre disciplinas, la resolución de problemas del mundo real y la preparación integral para enfrentar desafíos contemporáneos (Rodríguez, 2022).

Participantes

Los participantes fueron estudiantes de octavo y noveno grado de la Unidad Educativa 18 de Agosto, seleccionados con base en su disponibilidad para participar en los talleres y su interés en la robótica educativa, garantizando así una muestra con motivación intrínseca hacia el aprendizaje de programación y electrónica. Se obtuvo el consentimiento informado de los estudiantes y sus padres, asegurando el cumplimiento de las normativas éticas.

El proyecto involucró un total de 301 estudiantes, distribuidos en 161 estudiantes de octavo grado y 140 de noveno grado. La selección de estos niveles responde a la necesidad de fortalecer competencias en programación y electrónica desde edades tempranas, alineándose con enfoques pedagógicos que promueven el pensamiento computacional y la resolución de problemas. Además, esta muestra representa de manera significativa la población estudiantil de la institución, permitiendo evaluar tendencias generales en el impacto de la robótica educativa dentro de este contexto.

27

Figura 3

Desarrollo de los talleres dentro de las instalaciones de la Unidad Educativa



Nota. Autores, (2025).

Esta actividad se desarrolló dentro del proyecto de vinculación “Herramientas Tecnológicas Aplicadas a la Educación” de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. El equipo de instructores estuvo conformado por 16 estudiantes de la Carrera de Electrónica y Automatización, quienes brindaron acompañamiento en las sesiones prácticas. En la Figura 3, se muestra la interacción entre los estudiantes y sus instructores durante la ejecución de los talleres de robótica educativa.

Tareas y Métodos

El objetivo del proyecto, sobre el cual se basó este artículo, fue el desarrollo de habilidades técnicas en los estudiantes, mejorando su competencia en programación y electrónica. Complementariamente, se esperaba un aumento significativo en el interés por las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (STEAM), preparando a los estudiantes para futuros desafíos académicos y profesionales.

Para la ejecución del proyecto se desarrollaron 12 talleres (con su respectiva guía de estudio) durante 3 meses, con sesiones realizadas de lunes a jueves. Los talleres se estructuraron cuidadosamente para cubrir una amplia gama de temas relacionados con la robótica educativa. Cada taller se diseñó para cubrir un área específica, proporcionando una formación completa y detallada. A continuación, se indican los talleres implementados: Generación de movimientos, Adquisición y visualización de datos de los sensores, Generación de juegos de luces y sonidos, Detección de colores, Manejo del sensor ultrasónico, Seguimiento de trayectorias, Generación de figuras geométricas, Detección de luz, Comunicaciones inalámbricas, Reconocimiento de rostro, Aplicaciones con inteligencia artificial, Aplicaciones con IoT (Internet de las cosas).

La metodología utilizada en los talleres se centró en una combinación de teoría y práctica. En cada sesión, se explicó el funcionamiento de los diferentes elementos electrónicos que componen al robot mBot Neo, como los sensores y motores. Los estudiantes aprendieron a programar utilizando el lenguaje Scratch en el entorno mBlock 5, una herramienta accesible y visual que facilita la comprensión de conceptos de programación. Las actividades prácticas incluyeron la programación de diversas aplicaciones, que permitieron a los estudiantes poner en práctica sus conocimientos y ver resultados tangibles de sus esfuerzos. Los objetivos de aprendizaje se centraron en dos áreas principales:

- Programación: Los estudiantes debían comprender la lógica de programación, aprendiendo a estructurar secuencias lógicas para controlar los movimientos y acciones del robot. Además, adquirieron habilidades en el uso del lenguaje Scratch, permitiéndoles programar diferentes comportamientos y reacciones del mBot Neo. El desarrollo de algoritmos básicos fue una parte integral del aprendizaje, proporcionando a los estudiantes las herramientas necesarias para resolver problemas específicos de manera eficiente y creativa.

Figura 4

Ejemplo de código de programación en Scratch del Taller 5



Nota. Autores, (2025)

- **Electrónica:** En cuanto a la electrónica, los estudiantes aprendieron sobre el funcionamiento y uso de diferentes sensores (ultrasónico, de color, de luz) y actuadores (motores, leds, bocinas, pantalla). La interacción con hardware fue una parte crucial del aprendizaje, enseñándoles a conectar y configurar diferentes componentes electrónicos para realizar tareas específicas. También adquirieron habilidades en la recogida y análisis de datos provenientes de los sensores del robot; una competencia clave en el desarrollo de proyectos tecnológicos y científicos.

Los talleres se diseñaron para reforzar conocimientos de varias asignaturas académicas, integrando conceptos de Matemáticas, Informática, Trigonometría, Álgebra y Física. Por ejemplo, en Matemáticas, los estudiantes trabajaron con cálculos de trayectorias y generación de figuras geométricas, aplicando principios algebraicos y trigonométricos. En Informática, desarrollaron habilidades en programación y lógica computacional. La Física se integró a través del estudio de principios de movimiento, fuerzas y el uso de sensores, permitiendo a los estudiantes aplicar conocimientos teóricos a situaciones prácticas, siempre complementados con el uso de los diferentes elementos electrónicos y la lógica de programación.

La evaluación del proyecto se diseñó como un experimento prospectivo en un entorno controlado, supervisado por los instructores. Se utilizó una encuesta estructurada como instrumento de registro, complementada con una matriz de observación aplicada durante los talleres, para evaluar el desempeño práctico de los estudiantes. Las encuestas fueron diseñadas para medir competencias en programación y electrónica, antes y después de la intervención.

El instrumento de evaluación consistió en un cuestionario de 20 preguntas, estructurado en dos secciones: 10 preguntas sobre habilidades en programación y 10 preguntas sobre habilidades en electrónica. Las encuestas fueron revisadas y validadas por un panel de expertos en educación, robótica y evaluación de aprendizaje de la Universidad Estatal Península de Santa Elena; asegurando la pertinencia y claridad de los ítems. Para evaluar la confiabilidad del instrumento, se aplicó una prueba piloto con un grupo de 30 estudiantes de características similares a la población de estudio, calculando el coeficiente Alfa de Cronbach, el cual obtuvo un valor de 0.85, indicando una alta consistencia interna. A continuación, se indican las 10 preguntas relacionadas a la evaluación de habilidades de programación.

1. ¿Qué tanto conoces de programación?
2. ¿Cuánto conoces de programación para robots móviles?
3. ¿Qué tan familiarizado estás con el uso de tecnología para programar robots?
4. ¿Cuánto interés tienes sobre la programación en el campo de la electrónica y la robótica educativa?
5. ¿Has utilizado conocimientos de matemáticas y física en la programación de los robots?
6. ¿Qué tanto entiendes sobre la lógica de programación?
7. ¿Has programado robots utilizando Scratch?
8. ¿Estás motivado a aprender a programar diferentes aplicaciones reales con robots móviles?
9. ¿Crees que saber programar te vuelve más analítico y te ayuda a desarrollar habilidades para solucionar problemas?

1. ¿La programación de robots es una manera fácil de incursionar en el mundo de los sistemas informáticos?

A continuación, se muestran las 10 preguntas utilizadas en la evaluación de habilidades de electrónica:

1. ¿Qué tan familiarizado estás con los elementos electrónicos que forman parte de un robot móvil con ruedas?
2. ¿Eres capaz de aplicar principios de electrónica en la construcción de robots?
3. ¿Conoces el funcionamiento y el uso de motores y sensores en los robots?
4. ¿Cuál es tu capacidad para diseñar soluciones innovadoras a problemas de ingeniería?
5. ¿Tienes habilidad en desarrollar y entender los circuitos eléctricos básicos de un robot?
6. ¿Conoces algún tipo de sensor y cuál es su principio de funcionamiento?
7. ¿Conoces algún tipo de motor y cuál es su principio de funcionamiento?
8. ¿Conoces cómo interactúan todos los elementos electrónicos que componen el robot?
9. ¿Conoces cómo adquirir datos desde los sensores y enviar señales de mando a los motores?
10. ¿Crees que los sensores imponen algún tipo de condición para que el robot realice alguna acción determinada?

Los datos recolectados fueron analizados utilizando métodos estadísticos descriptivos e inferenciales. Por cuestiones de espacio, de las 20 preguntas utilizadas en la encuesta, se seleccionaron 4 preguntas relacionadas con el componente de capacidades en programación (1, 5, 6 y 10) y 4 preguntas relacionadas con el componente de capacidades en electrónica para un análisis detallado (1, 2, 5, 8 y 9). Se calcularon medidas de tendencia central (media, mediana) y de dispersión (desviación estándar) para comparar las respuestas iniciales y finales, proporcionando una medida del impacto del proyecto en el desarrollo de competencias de los estudiantes.

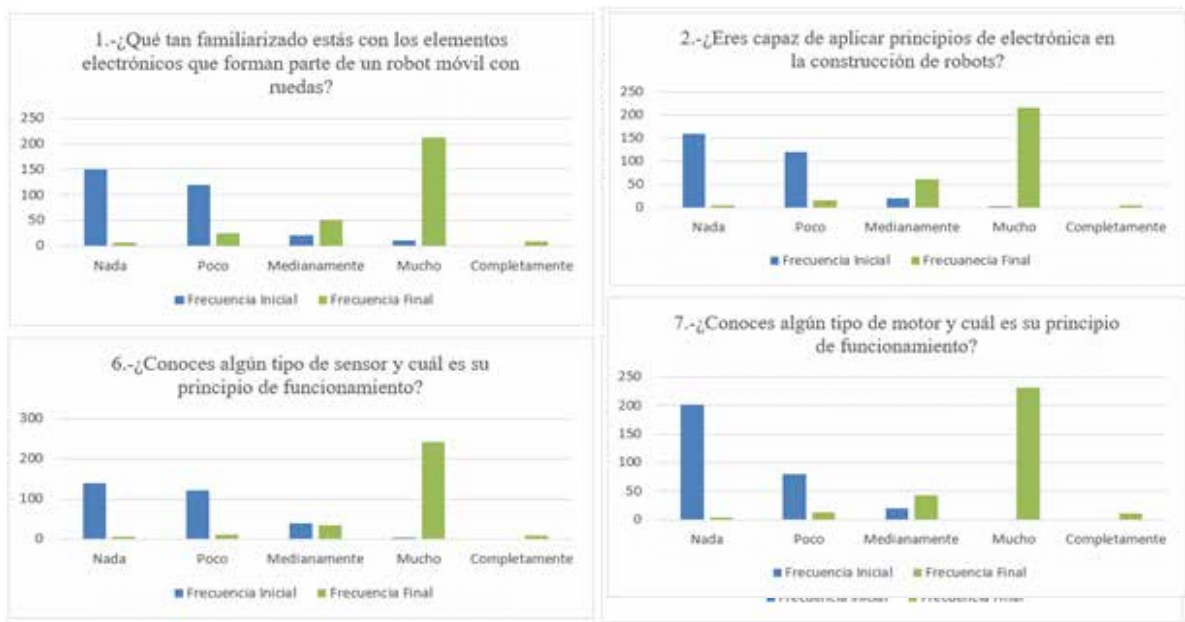
Resultados

Componente de Habilidades en el Campo de la Programación

En el componente de habilidades en el campo de la programación (ver Figura 5), al inicio del proyecto, el 50% de los estudiantes indicó no tener ningún conocimiento sobre programación y un 40% manifestó tener poco conocimiento, mientras que, al finalizar los talleres, solo un 2% indicó no tener conocimiento y un 79% reportó tener mucho conocimiento. Además, inicialmente un 17% de los estudiantes no había utilizado conocimientos de matemáticas y física en la programación de robots y un 47% lo había hecho en un grado bajo; pero, estos porcentajes se redujeron a un 1% y 7% respectivamente, con un 70% de los estudiantes indicando que había utilizado estos conocimientos en gran medida después de los talleres.

Figura 5

Resultados obtenidos de 4 preguntas seleccionadas del componente de habilidades en el campo de la programación



Nota. Autores, (2025)

En cuanto a la comprensión de la lógica de programación, el 47% de los estudiantes no la entendían y un 40% tenían un entendimiento bajo al inicio; pero, estos números bajaron drásticamente, con un 67% de los estudiantes indicando un entendimiento alto al finalizar. Asimismo, al inicio, el 50% de los estudiantes no consideraba la programación de robots como una manera fácil de incursionar en los sistemas informáticos; mientras que, al final del proyecto, un 85% la consideraba una manera fácil de incursionar en este campo.

En la Tabla 1 se muestran los valores de media, mediana y desviación estándar para los resultados obtenidos a partir de las 4 preguntas seleccionadas del componente de habilidades, en el campo de la programación. Los datos de la Tabla 1 revelan tendencias significativas en la percepción de los estudiantes sobre sus habilidades a lo largo del curso. En general, las medianas de todas las preguntas disminuyeron notablemente desde la evaluación inicial hasta la final.

Tabla 1.

Valores de media, mediana y desviación estándar para los resultados obtenidos en la Figura 5.

Pregunta	Momento	Media	Mediana	Desviación Estándar
Pregunta 1	Inicial	60.2	60.2	69.50
	Final	60.2	12.0	99.41
Pregunta 5	Inicial	60.2	50.0	59.37
	Final	60.2	21.0	87.73
Pregunta 6	Inicial	60.2	40.0	66.11
	Final	60.2	15.0	84.90
Pregunta 7	Inicial	60.2	20.0	85.27
	Final	60.2	11.0	120.16
Pregunta 10	Inicial	60.2	60.0	55.00
	Final	60.2	8.0	110.71

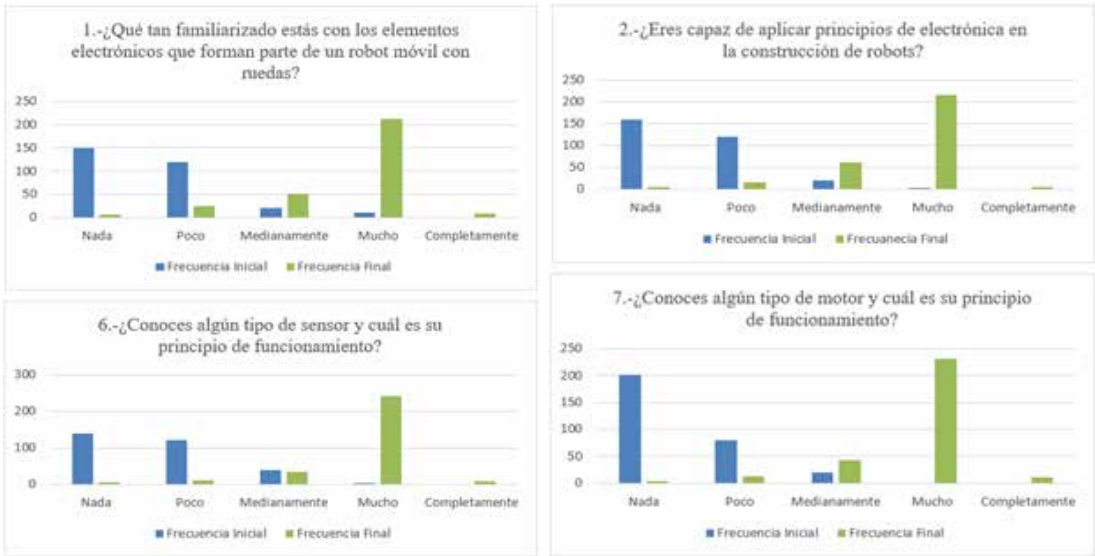
Nota. Autores, (2025)

Componente de Habilidades en el Campo de la Electrónica

En el componente de habilidades en el campo de la electrónica (ver Figura 6), inicialmente el 50% de los estudiantes no estaba familiarizado con los elementos electrónicos de un robot móvil, reduciéndose este porcentaje a un 2% al finalizar los talleres, con un 70% de los estudiantes indicando estar muy familiarizados. Además, al inicio, un 53% de los estudiantes no era capaz de aplicar principios de electrónica en la construcción de robots, cifra que descendió al finalizar el proyecto, con un 71% afirmando ser capaz de aplicar estos principios. En cuanto al conocimiento de sensores y su funcionamiento, un 47% de los estudiantes no conocía su funcionamiento inicialmente; pero, este porcentaje se redujo después de los talleres, con un 80% reportando conocer mucho sobre su funcionamiento al final del proyecto. Por último, al inicio, el 67% de los estudiantes no conocía el principio de funcionamiento de los motores, reduciéndose este porcentaje al finalizar los talleres, con un 77% indicando conocer mucho sobre su funcionamiento.

Figura 6

Resultados obtenidos de 4 preguntas seleccionadas del componente de habilidades en el campo de la electrónica.



Nota. Autores, (2025)

En la Tabla 2 se muestran los valores de media, mediana y desviación estándar para los resultados obtenidos a partir de las 4 preguntas seleccionadas del componente de capacidades en el campo de la programación. La Tabla 2 muestra una tendencia similar a la observada en programación, con una disminución general en las medianas de las respuestas finales, en comparación con las iniciales.

Tabla 2

Valores de media, mediana y desviación estándar para los resultados obtenidos en la Figura 6.

Pregunta	Momento	Media	Mediana	Desviación Estándar
Pregunta 1	Inicial	60.2	21.0	69.50
	Final	60.2	24.0	86.75
Pregunta 2	Inicial	60.2	19.0	74.57
	Final	60.2	16.0	89.61
Pregunta 3	Inicial	60.2	20.0	73.62
	Final	60.2	14.0	89.96
Pregunta 6	Inicial	60.2	40.0	66.11
	Final	60.2	12.0	102.20
Pregunta 7	Inicial	60.2	20.0	85.27
	Final	60.2	12.0	96.66

Nota. Autores, (2025)

Discusión

El análisis de los resultados obtenidos en este estudio ha permitido identificar importantes tendencias en el desarrollo de las capacidades de programación y electrónica de los estudiantes. Estos hallazgos fueron contrastados con investigaciones previas, como las de Villavicencio (2020) y García e Intriago (2022), quienes también señalaron que la robótica educativa contribuye al fortalecimiento del pensamiento computacional y la mejora del aprendizaje en áreas técnicas. Sin embargo, los resultados de este estudio aportan un enfoque novedoso al evidenciar que, a pesar de un aumento en el nivel de conocimiento reportado por los estudiantes, la media de las respuestas iniciales y finales se mantuvo constante en 60.2, lo que sugiere una discrepancia entre la percepción del conocimiento y la habilidad real adquirida. Esta discrepancia podría interpretarse como una forma de autoevaluación más crítica por parte de los estudiantes, lo cual resalta la importancia de enseñarles a evaluar sus propios conocimientos de manera más precisa, más allá de la simple adquisición de habilidades técnicas (González, 2021).

El aumento en la desviación estándar en todas las áreas de estudio indica que, mientras algunos estudiantes lograron un avance significativo, otros aún tienen brechas en la comprensión de los conceptos. De acuerdo con la experiencia de los investigadores, este fenómeno puede ser analizado desde la perspectiva del enfoque hermenéutico-dialéctico, el cual promueve un análisis reflexivo de las diferencias individuales en los procesos de aprendizaje, considerando las distintas maneras en que las personas acceden y construyen el conocimiento. El estudio de Arévalo (2021) también observó este fenómeno en el contexto de la enseñanza de física mediante robótica, sugiriendo que los estudiantes avanzan a ritmos diferentes, lo cual es crucial para adaptar los métodos de enseñanza en entornos educativos diversos.

El incremento de la dispersión en las respuestas, reflejado en el aumento de la desviación estándar, se puede comparar con los resultados obtenidos por Villavicencio (2020), los cuales indicaron que la robótica educativa puede generar diferencias significativas en el aprendizaje, dependiendo de los recursos y la formación previa de los estudiantes. Este hallazgo subraya la necesidad de implementar estrategias pedagógicas más diferenciadas, ajustadas a las particularidades de cada estudiante. Además, esto resalta la importancia de integrar el aprendizaje colaborativo y las metodologías activas en el proceso educativo para abordar las disparidades en los niveles de conocimiento entre los estudiantes.

Una de las contribuciones clave de este estudio es la integración del enfoque analítico-sintético en el análisis de las tendencias de las capacidades adquiridas. Al comparar los resultados de las respuestas iniciales y finales, hemos identificado que las medianas disminuyeron significativamente, lo que refleja una mejora en la calidad de la percepción de los conocimientos por parte de los estudiantes. Este tipo de análisis permite proyectar cómo los talleres de robótica educativa no solo desarrollan habilidades técnicas; sino también, un pensamiento crítico sobre el propio proceso de aprendizaje. De acuerdo con estudios previos, como el de González (2021), la robótica educativa tiene el potencial de fomentar una mayor involucración de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, desarrollando habilidades técnicas y capacidades de resolución de problemas, creatividad e innovación.

En cuanto a las implicaciones pedagógicas, los resultados sugieren que la robótica educativa puede ser una herramienta valiosa para el desarrollo de habilidades en áreas

STEAM, como lo demuestran las investigaciones de Villavicencio (2020) y García Macías e Intriago (2022), quienes subrayan el impacto positivo de la robótica en la enseñanza de disciplinas científicas y tecnológicas. Sin embargo, las diferencias en los niveles de aprendizaje observadas en este estudio también resaltan la necesidad de revisar las metodologías y enfoques pedagógicos en el aula. La implementación de programas educativos como “Escuela 4.0” de pensamiento computacional y robótica, que ya se está llevando a cabo en diversas regiones (SER, 2024), podría ser clave para fomentar una enseñanza más inclusiva y accesible que promueva la equidad en el aprendizaje de habilidades tecnológicas.

Por otro lado, el uso del método hermenéutico-dialéctico en este estudio ha permitido explorar las limitaciones del proceso de enseñanza-aprendizaje mediado por tecnología. A pesar de los avances, aún existen desafíos relacionados con la falta de recursos tecnológicos y la capacitación docente en áreas específicas, lo que limita el impacto de la robótica educativa en ciertos contextos. Esto refuerza la necesidad de investigaciones futuras, que indaguen sobre las mejores prácticas pedagógicas y las condiciones necesarias para maximizar los beneficios de la robótica educativa.

Finalmente, en términos metodológicos, este estudio adoptó un enfoque analítico-sintético para interpretar los resultados, lo que nos permitió descomponer los datos de forma detallada y sintetizar los hallazgos clave en relación con las tendencias actuales en educación STEAM. Este enfoque fue elegido debido a su capacidad para proporcionar una comprensión profunda de las variaciones en el aprendizaje de los estudiantes y sus implicaciones pedagógicas. El uso de este enfoque también permitió integrar los resultados del análisis cuantitativo con el marco teórico sobre el aprendizaje basado en tecnología; lo que contribuye a una reflexión más amplia sobre el impacto de la robótica educativa en el contexto de la educación secundaria.

Conclusiones

El proyecto de talleres de robótica educativa implementado en la Unidad Educativa 18 de agosto ha demostrado ser una estrategia altamente efectiva para estimular el interés y desarrollar competencias en programación y electrónica entre los estudiantes de octavo y noveno grado. A través del uso del robot mBot Neo de Makeblock, los estudiantes adquirieron conocimientos teóricos y habilidades prácticas fundamentales en un entorno educativo STEAM, integrando conceptos de matemáticas, física, informática y arte de manera tangible y aplicada. Este enfoque multidisciplinario promovió un aprendizaje integral, preparando a los estudiantes para enfrentar problemas reales de manera creativa y eficiente.

La combinación de teoría y práctica en los talleres permitió a los estudiantes no solo comprender los principios subyacentes de la programación y la electrónica, sino también aplicar estos conocimientos para resolver problemas prácticos. Esta metodología fortaleció su capacidad para analizar situaciones, diseñar soluciones y llevar a cabo pruebas iterativas para mejorar el desempeño y la funcionalidad del robot mBot Neo, lo que se alinea con las tendencias actuales de aprendizaje activo y colaborativo, promoviendo un enfoque de resolución de problemas basado en la tecnología.

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas realizadas antes y después de los talleres evidencian una mejora significativa en las competencias de los estudiantes. Al inicio, la mayoría carecía de conocimientos previos en programación y electrónica; sin embargo, al finalizar los talleres, una gran proporción reportó un alto nivel de comprensión y habilidad en estas áreas. Este cambio reflejó el éxito de los talleres en la transmisión efectiva de conocimientos y habilidades, lo que refuerza la eficacia de la robótica educativa como herramienta pedagógica, tal como se ha observado en investigaciones previas (González, 2021; García Macías & Intriago, 2022).

Específicamente, en el ámbito de la programación, los talleres enseñaron a los estudiantes a utilizar el lenguaje de programación gráfico Scratch, lo que les permitió diseñar algoritmos básicos y resolver problemas de manera lógica y estructurada. Estas habilidades son esenciales en el contexto digital contemporáneo y proporcionan una base sólida para estudios avanzados en informática y tecnología, contribuyendo al desarrollo de competencias clave en la educación del siglo XXI.

Por otro lado, los estudiantes adquirieron una valiosa comprensión práctica de la electrónica básica a través del uso del robot mBot Neo. Esta experiencia incluyó la identificación, conexión y uso de componentes como sensores infrarrojos, sensores de luz, motores y LEDs. La capacidad para comprender cómo interactúan estos componentes en entornos robóticos es esencial para el desarrollo de soluciones tecnológicas en el futuro. La implementación de estos conocimientos prácticos permitió a los estudiantes entender la teoría y experimentar directamente con la optimización de sistemas electrónicos, en un contexto robótico real.

Además de las habilidades técnicas, los talleres fomentaron el desarrollo de competencias transversales, como el trabajo en equipo, la resolución de problemas, la creatividad y el pensamiento crítico. Los estudiantes colaboraron en equipos para enfrentar desafíos y desarrollar proyectos, lo que mejoró sus habilidades de comunicación y cooperación. Este aspecto transversal de los talleres también es relevante en el contexto educativo actual, donde se reconoce la importancia de formar estudiantes con capacidades de colaboración y adaptación al cambio, habilidades cada vez más valoradas en el ámbito profesional.

En términos teóricos, los resultados de este proyecto apoyan la noción de que la robótica educativa es una herramienta eficaz para enseñar programación y electrónica a estudiantes de secundaria. Los hallazgos indican que los estudiantes adquirieron habilidades técnicas y desarrollaron una visión más crítica y realista de su propio conocimiento, y habilidades. Este aspecto es crucial para su crecimiento académico y personal, ya que fomenta una mayor autoconfianza y capacidad de autoevaluación.

En términos prácticos, este proyecto puede servir como modelo para otras instituciones educativas que busquen implementar programas de robótica educativa. La metodología utilizada, que combina teoría y práctica, y el uso de herramientas accesibles como Scratch, ofrece una fórmula que puede adaptarse y replicarse en diversos contextos educativos. Además, la participación de estudiantes universitarios como instructores benefició a los estudiantes de secundaria y proporcionó una valiosa experiencia práctica para los futuros profesionales, en el campo de la electrónica y la automatización.

A largo plazo, los resultados de este estudio sugieren que la robótica educativa puede tener un impacto significativo en la formación de futuros profesionales en disciplinas tecnológicas y científicas. Al preparar a los estudiantes desde etapas tempranas en áreas clave como la programación y la electrónica, se contribuye a la creación de una base sólida para una futura fuerza laboral, altamente capacitada en un mundo digitalmente interconectado. Además, el enfoque de aprendizaje activo y multidisciplinario promovido por la robótica educativa tiene el potencial de preparar a los estudiantes para afrontar los retos tecnológicos del futuro, de manera más efectiva y con una mentalidad creativa e innovadora. Este impacto a largo plazo será fundamental no solo para la educación de los estudiantes, sino también para el desarrollo económico y tecnológico de las regiones y países que adopten este tipo de iniciativas educativas.

Aspectos Éticos y Conflicto de Interés

Este estudio se llevó a cabo respetando las normas éticas establecidas para investigaciones con participación de estudiantes. Se obtuvo la aprobación de la Unidad Educativa 18 de Agosto para la ejecución del proyecto, así como el consentimiento informado de los participantes y sus representantes legales, garantizando la voluntariedad de su participación. La información recopilada fue manejada de manera confidencial y anónima, asegurando la protección de los datos personales conforme a las normativas de privacidad vigentes. Este trabajo no presenta conflictos de interés por parte de los autores. Asimismo, el estudio fue financiado en el marco del proyecto de vinculación "Herramientas Tecnológicas Aplicadas a la Educación" de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, sin recibir financiamiento externo de entidades privadas o comerciales.

Referencias

Bousmalis K, Silberman N, Dohan D, Erhan D, Krishnan D. Unsupervised Pixel-Level Domain Adaptation with Generative Adversarial Networks. 2017 IEEE Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit., vol. 2017- Janua, IEEE; 2017, p. 95–104.

Arévalo, M. (2021). Aplicación de la robótica educativa en la enseñanza de física en la Unidad Educativa Ambrosio Andrade Palacios, cantón Suscal, provincia del Cañar. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21894>

Cadenaser. (2024). Los centros de la Región serán los primeros de España en impartir el programa 'Escuela 4.0' de pensamiento computacional, programación y robótica. Recuperado de <https://cadenaser.com/murcia/2024/12/16/los-centros-de-la-region-seran-los-primeros-de-espana-en-impartir-el-programa-escuela-40-de-pensamiento-computacional-programacion-y-robotica-radio-murcia/>

Córdoba Sisa, M., & Ahumada Méndez , L. S. (2023). Programación y robótica educativa en Colombia: una oportunidad para mejorar. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(3), 750-770. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6229

El País. (2024, diciembre 21). Pruebo los mejores kits de robótica para niños. El País. <https://elpais.com/escaparate/comparativas/2024-12-21/los-mejores-kits-de-robotica-para-ninos.html>

El País. (2024). Cumplir las promesas: la gran exigencia del Team Robotics del Pacífico en Harvard y MIT. Recuperado de <https://elpais.com/america-colombia/2024-12-11/cumplir-las-promesas-la-gran-exigencia-del-team-robotics-del-pacifico-en-harvard-y-mit.html>

Fundación Openlab Ecuador. (s.f.). Fundación Openlab Ecuador. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Fundaci%C3%B3n_Openlab_Ecuador

García Macías, M., & Intriago, A. (2022). La robótica educativa como herramienta de inclusión en el currículo escolar en Ecuador. Publicaciones UCI. <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1136>

González, A. (2021). Robots en la Escuela: Un enfoque innovador para la enseñanza de ciencias y tecnología en primaria y secundaria. Revista de Tecnología Educativa, 34(2), 45-58. <https://doi.org/10.1037/rte.2021.0105>

Gutiérrez, J. M. (2024). CyberPi: Guía de usuario. ROBOTIX. Makeblock. (2024). Makeblock. Obtenido de <https://support.makeblock.com/hc/en-us/sections/1500001036301-mBot-Neo-mBot2>

Rodríguez, H. G. (2022). Robótica educativa utilizando el mBot en estudiantes de educación básica. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo.

Santa María, K. G., Povis Gamero, M. E. , Colca Cahuana, G. J. , & Urcia Melendez, V. M. (2022). Metodología STEAM en el desarrollo de competencias científicas en la educación básica. Sinergias Educativas. <https://doi.org/10.37954/se.vi.206>

SMOWL. (2023). ¿Qué es la robótica educativa?. Recuperado de <https://smowl.net/es/blog/robotica-educativa/>

SER. (2024). Los centros de la Región serán los primeros de España en impartir el programa 'Escuela 4.0' de pensamiento computacional, programación y robótica. Recuperado de <https://cadenaser.com/murcia/2024/12/16/los-centros-de-la-region-seran-los-pri>

- meros-de-espana-en-impartir-el-programa-escuela-40-de-pensamiento-computacio
nal-programacion-y-robotica-radio-murcia/
Vallejo, B., & Carrera, H. (2020). Aprendizaje basado en el modelo STEM y la clave de la
metacognición. Innoeduca. International Journal of Technology and Educational
Innovation, 6(1), 14-25. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2020.v6i1.6719>
Villavicencio, A. (2020). Fortalecimiento del pensamiento computacional a través de la
robótica educativa en la Unidad Educativa Misioneros Oblatos de Cuenca. Universidad
Técnica Particular de Loja. <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/30510>

Del aula al empleo: competencias y desafíos de estudiantes de Ingeniería en Ecuador

From Classroom to Employment: Competencies and Challenges of Engineering Students in Ecuador

-  Christian Franco Crespo: Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, Doctor en Economía Agraria, <https://orcid.org/0000-0002-4818-4350>
-  Alex Valencia Silva: Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, Magister en Administración de Empresas, <https://orcid.org/0009-0003-1516-2264>
-  Sandra Baldeón Báez: Universidad Autónoma de Madrid: Madrid, Madrid, España, Doctoranda en Educación, <https://orcid.org/0009-0008-7359-2445>
-  Fernando Herrera García: Escuela Politécnica Nacional, Doctor en Ciencias Políticas, <https://orcid.org/0000-0002-3871-811X>
Autor de correspondencia: Christian Franco Crespo franco.crespo.ec@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.64424/rcu41202563>

Recibido: 2 febrero 2025
Publicado: 12 marzo 2025

Resumen:

Este estudio analiza los factores que influyen en el nivel de preparación laboral de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, con el propósito de identificar áreas de mejora en las carreras profesionales y proponer apoyos complementarios que fortalezcan su inserción profesional. Para ello, se aplicó un enfoque metodológico mixto que incluyó un modelo de bosques aleatorios, orientado a determinar las variables con mayor peso explicativo, y un análisis de correlación para examinar la fuerza y dirección de las relaciones entre dichas variables y el nivel de preparación declarado por el estudiantado. Los resultados evidencian que la edad constituye un factor relevante ($r = 0.244$), lo que sugiere que los estudiantes de mayor edad tienden a poseer mayor experiencia y habilidades consolidadas. También se identificó la calidad de las instalaciones educativas ($r = 0.253$) y el rendimiento académico ($r = 0.213$) como aspectos con influencia significativa. Adicionalmente, se detectó un alto interés por fortalecer competencias técnicas, especialmente en áreas como control de calidad y análisis de datos. Se concluye que los estudiantes se perciben preparados y optimistas respecto a su futuro profesional, reconociendo la importancia de la experiencia y la formación continua. En consecuencia, el diseño de estrategias institucionales que potencien estos factores contribuirá a cerrar la brecha entre la formación universitaria y las exigencias del mercado laboral, favoreciendo tanto a los egresados como al sector productivo.

Palabras claves: Preparación laboral, Habilidades técnicas, Experiencia práctica, Currículo académico, Inserción profesional.

Abstract:

This study examines the factors influencing the job readiness of students enrolled in the Food and Biotechnology Engineering program, aiming to identify areas for improvement within academic curricula and to propose supplementary support mechanisms that enhance professional integration. A mixed-methods approach was employed, incorporating a Random Forest model to determine the most influential variables and a correlation analysis to assess the strength and direction of relationships between these variables and the students' self-reported preparedness levels. Findings indicate that age is a significant factor ($r = 0.244$), suggesting that older students tend to possess greater experience and more developed skills. Additionally, the quality of educational facilities ($r = 0.253$) and academic performance ($r = 0.213$) were identified as variables with notable influence. A strong interest was also observed in enhancing technical competencies, particularly in quality control standards and data analysis. The study concludes that students perceive themselves as well-prepared and optimistic about their professional futures, recognizing the importance of experience and continuous learning. Consequently, the development of institutional strategies that reinforce these factors is recommended to bridge the gap between university education and labor market demands, thereby benefiting both graduates and employers.

Keywords: Job preparedness, Technical skills, Practical experience, Academic curriculum, Professional integration



Introducción

La integración de la teoría con la práctica es un componente esencial en la educación en ingeniería. Según Kolb (1984) y Super (1957), el aprendizaje experiencial —que abarca prácticas, proyectos y laboratorios— es determinante para el desarrollo de habilidades aplicadas. Sin embargo, la calidad y frecuencia de estas experiencias varía considerablemente entre instituciones. Investigaciones como las de Tinto (1993) y de Pascarella y Terenzini (2005), han demostrado que los estudiantes que participan en prácticas profesionales, investigaciones aplicadas y programas de formación cooperativa co-op están mejor preparados para ingresar al mercado laboral. Estas actividades les permiten aplicar conocimientos en contextos reales, consolidar habilidades técnicas y desarrollar experiencia práctica. En carreras como Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, la falta de acceso a infraestructura moderna y la escasa vinculación con la industria representan obstáculos significativos. Astin (1993) ya advertía que mejorar la calidad formativa requiere inversión en equipamiento y alianzas con el sector productivo.

Estudios recientes refuerzan esta idea. Por ejemplo, la evidencia de Harpaz et al. (2024) demuestra que la perseverancia académica *academic grit*, junto con el bienestar subjetivo y la autoeficacia, predice significativamente el rendimiento académico, lo que refuerza la necesidad de ambientes educativos que combinen exigencia con apoyo emocional. Asimismo, investigaciones como las de Kocsis y Molnár (2025) señalan que los factores de rendimiento académico están mediados por elementos como la motivación intrínseca, el aprendizaje autorregulado y el compromiso académico; todos ellos moldeados por la calidad de las experiencias prácticas y el entorno universitario. Por otro lado, la relación entre el empleo estudiantil y el desempeño académico ha sido ampliamente debatida. El metaanálisis de Kroupova, Havranek e Irsova (2024) concluye que el empleo de baja intensidad no perjudica significativamente los resultados educativos, pero subraya la importancia de controlar el sesgo por endogeneidad y de considerar la calidad de las condiciones laborales. En ese sentido, el equilibrio entre la experiencia laboral y la carga académica debe ser cuidadosamente gestionado por las instituciones.

En el caso específico de carreras como Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, la falta de prácticas formativas alineadas con las necesidades del sector ha sido documentada en diversas regiones. Umar (2014), en un estudio sobre estudiantes de contabilidad en Nigeria, destaca la importancia de las aspiraciones individuales y las oportunidades de crecimiento profesional como factores clave para la elección de carrera. Este hallazgo es congruente con los resultados de Odia y Ogiedu (2013), quienes enfatizan que las decisiones vocacionales están influenciadas tanto por factores personales como por percepciones sobre la estabilidad laboral y el prestigio.

A su vez, la elección de una carrera profesional responde también a contextos culturales y económicos. Rababah (2016), en su estudio en Emiratos Árabes Unidos, encontró que la influencia de familiares y pares es un factor decisivo, incluso más que la reputación universitaria o las perspectivas salariales. Pratama (2017), en Indonesia, respalda este enfoque al señalar que factores intrínsecos como el interés personal tienen mayor peso en la elección de carreras en contabilidad que las recompensas extrínsecas o la presión social.

Complementariamente, Samsuri, Arifin y Hussin (2016), identifican que los estudiantes valoran la estabilidad laboral, las oportunidades de crecimiento y la motivación intrínseca como elementos centrales al evaluar su proyección profesional, pero detectan

una brecha entre estas aspiraciones y las decisiones que realmente toman. Esta desconexión entre expectativas y preparación es similar a lo que ocurre en las ingenierías, donde los programas académicos muchas veces no están ajustados a las exigencias del mercado.

Además de las capacidades técnicas, las habilidades blandas juegan un papel crucial en la preparación laboral. Las competencias en comunicación, liderazgo, trabajo en equipo y resolución de conflictos son altamente valoradas por los empleadores (Robles, 2012). Sin embargo, estas habilidades no siempre son desarrolladas explícitamente en las mallas curriculares. Estudios como el de Seibert, Kraimer y Liden (2001) resaltan que el capital social y las redes profesionales son determinantes en el éxito profesional. En ese sentido, iniciativas como pasantías, participación en ferias de empleo y mentorías contribuyen a fortalecer el perfil de los egresados, tal como lo demuestra la revisión sistemática de Brown et al. (2024) sobre actividad física y participación estudiantil, donde se destaca que la motivación, el contexto ambiental y las influencias sociales condicionan la participación en actividades que fortalecen la preparación integral.

En cuanto a los determinantes psicosociales, Eisenberg, Golberstein y Hunt, (2009) subrayan el impacto de la salud mental en el rendimiento académico. Esta afirmación ha sido reforzada por Harpaz Vaizman y Yaffe (2024), quienes encuentran que el bienestar subjetivo y el crecimiento personal inciden directamente en la determinación académica y, por tanto, en el éxito universitario.

Asimismo, la movilidad académica internacional ha sido asociada con un mayor desarrollo de competencias transversales. Estudios como los de Trooboff, Vande Berg y Rayman (2015) y Orahod, Kruze y Pearson (2015) demuestran que las experiencias de intercambio académico contribuyen al desarrollo de habilidades interpersonales y la empleabilidad, aunque su impacto depende de la percepción de los empleadores y del tipo de programa cursado. Estos hallazgos son congruentes con el trabajo de Harder et al. (2015), que muestra que los programas internacionales fortalecen la empleabilidad en carreras técnicas y científicas.

En el contexto ecuatoriano, las políticas de educación superior han evolucionado para abordar estas brechas. La tasa neta de matriculación universitaria alcanzó un 30.1% en 2021 (INEC, 2021; Banco Mundial, 2020), reflejando los esfuerzos por democratizar el acceso. El Plan Nacional de Desarrollo promueve la inclusión de habilidades blandas, formación técnica y competencias digitales, a través de mecanismos como centros de innovación, incubadoras de empresas y programas de vinculación universidad-empresa (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2021; Ministerio de Trabajo de Ecuador, 2021).

Por todo lo expuesto, el propósito de este estudio es analizar los factores que influyen en el nivel de preparación laboral de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, con el propósito de identificar áreas de mejora en las carreras profesionales y proponer apoyos complementarios que fortalezcan su inserción profesional.

Metodología

Para este estudio se aplicó una encuesta con preguntas abiertas y cerradas. Se utilizó la escala de Likert para medir percepciones y niveles de acuerdo, permitiendo evaluar la intensidad de las opiniones de los estudiantes sobre su preparación. Las variables categóricas se emplean para datos cualitativos como el tipo de carrera (alimentos o biotecnología), estado civil y sexo, ofreciendo una clasificación clara y estructurada de las características demográficas y académicas. Las variables continuas, como la edad, proporcionan datos numéricos precisos que permiten análisis detallados. Por otro lado, las variables dicotómicas responden a preguntas de sí/no, como la de si el estudiante tiene hijos, simplificando la clasificación binaria de ciertas condiciones.

Diseño del estudio

El diseño del estudio incluyó varios pasos sistemáticos. Primero, se recolectaron los datos a través de un cuestionario administrado a estudiantes universitarios de 8vo y 9no semestre de las carreras de alimentos y biotecnología de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. El cuestionario incluía preguntas sobre características personales, académicas y percepciones de los estudiantes, así como su nivel de preparación para el campo laboral. Las respuestas fueron compiladas en una base de datos que contenía múltiples variables, cada una representando diferentes aspectos de la experiencia y percepción de los estudiantes.

Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por los estudiantes matriculados en los últimos niveles (octavo y noveno semestre) de las carreras de Ingeniería en Alimentos e Ingeniería en Biotecnología de una universidad ecuatoriana, con un total de 210 estudiantes registrados en el período de levantamiento de información. Esta población fue considerada pertinente para el estudio debido a su cercanía al egreso y, por tanto, a su inminente inserción en el mercado laboral, lo que les otorga una perspectiva relevante sobre su nivel de preparación profesional.

A partir de esta población, se aplicó un instrumento estructurado y autoadministrado, obteniéndose un total de 123 encuestas válidas, lo que representa una tasa de respuesta del 58,6%. La muestra fue no probabilística, de tipo intencional, seleccionada por conveniencia y enfocada en estudiantes que cumplieran con el criterio de estar cursando los dos últimos semestres de su formación. Esta estrategia se alineó con el objetivo del estudio de identificar percepciones y brechas en la preparación laboral desde la perspectiva de quienes se encuentran en la etapa final de su trayectoria académica.

Preprocesamiento de datos

En la etapa de preprocesamiento, se revisaron los datos en busca de valores faltantes o inconsistentes. Las columnas con valores faltantes significativos fueron eliminadas para asegurar la integridad del análisis. Las variables numéricas que mostraban una distribución sesgada fueron modificadas utilizando una transformación logarítmica, ayudando a normalizar los datos y mejorar la precisión de los modelos de predicción. Además, las variables categóricas fueron codificadas adecuadamente para ser incluidas en los análisis estadísticos y de machine learning.

Validación de la encuesta

Para evaluar la fiabilidad interna del instrumento aplicado, se calculó el coeficiente alfa de Cronbach, una medida estadística ampliamente utilizada en investigación social y educativa para verificar la consistencia interna de las escalas (Turmo, Bartual-Figueras y

Sierra-Martínez, 2024). Tras una revisión previa, se excluyeron del análisis dos variables con valores faltantes, a fin de evitar sesgos en la estimación. El valor obtenido fue de 0.797, lo que indica una fiabilidad adecuada y sugiere que los ítems del cuestionario miden de forma consistente el constructor de interés.

Se calculó la matriz de correlación de los ítems estandarizados mientras que el coeficiente alfa de Cronbach se determinó utilizando la fórmula estándar:

$$\alpha = \frac{N \cdot \bar{r}}{1 + (N - 1) \cdot \bar{r}} \quad (1)$$

donde N es el número de ítems y r es la correlación media entre los ítems.

El cálculo del alfa de Cronbach para los datos seleccionados y estandarizados dio como resultado un valor de 0.797. Este valor se considera, generalmente, como indicativo de una buena consistencia interna.

Un alfa de Cronbach de 0.797 sugiere que los ítems del cuestionario tienen una alta correlación interna, lo que indica que miden de manera consistente el mismo constructo o dimensión. En el contexto académico y de investigación, un alfa de Cronbach superior a 0.70 es, usualmente, aceptado como una indicación de fiabilidad adecuada (Turmo et al., 2024).

Consentimiento informado

Todos los participantes de este estudio proporcionaron su consentimiento informado antes de completar el cuestionario. Los estudiantes indicaron su aceptación explícita de participar en la investigación, confirmando que comprendían el propósito del estudio, los procedimientos involucrados y sus derechos como participantes. Además, el protocolo de consentimiento informado y el cuestionario fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Técnica de Ambato, asegurando que el estudio cumpliera con los estándares éticos y de protección de los derechos de los participantes. Esta aprobación garantiza que los datos fueron recolectados y manejados de acuerdo con las mejores prácticas éticas en la investigación académica.

Análisis descriptivo

Antes de realizar los análisis avanzados, se llevó a cabo un análisis descriptivo para obtener una comprensión general de las características de los datos. Esto incluyó estadísticas descriptivas básicas como medias, medianas, desviaciones estándar y distribuciones de frecuencia para las variables clave.

Tabla 1

Resumen estadístico de los resultados de la encuesta a estudiantes de la FCIAB 2024

	Carrera	Semestre	Sexo	Edad
Conteo	123	123	123	123
Promedio	1.300	7.040	0.569	23.504
Desviación estándar	0.460	0.793	0.497	1.913
mínimo	1	6	0	20
25%	1	6	0	22
50%	1	7	1	23
75%	2	8	1	24
máximo	2	8	1	29

Nota. Autores, (2025)

En la Tabla 1 se puede observar un resumen estadístico de las primeras 4 variables de la base de datos analizada. La variable "Carrera" presenta una distribución bastante simple, con un total de 123 observaciones. La media de 1.30 y una desviación estándar de 0.46 indican una ligera variabilidad en los datos. Dado que la mediana y el 1er cuartil son ambos 1, y el 3er cuartil es 2, podemos deducir que la mayoría de los estudiantes están concentrados en una o dos carreras específicas. El valor mínimo y máximo de 1 y 2 respectivamente, confirman que hay dos opciones principales de carrera entre los encuestados.

Modelo de Bosques Aleatorios

El modelo de bosques aleatorios se utilizó para identificar las variables más influyentes en la predicción del nivel de preparación para el campo laboral. Los datos fueron divididos en conjuntos de entrenamiento y prueba en una proporción de 70:30. El conjunto de entrenamiento se utilizó para ajustar el modelo, mientras que el conjunto de prueba se utilizó para evaluar su rendimiento.

El modelo fue entrenado para predecir la variable dependiente "Nivel de preparación" a partir de las variables independientes disponibles en el conjunto de datos. El rendimiento del modelo fue evaluado utilizando el conjunto de prueba, y las métricas de evaluación incluyeron el error cuadrático medio (MSE) y el coeficiente de determinación R^2 . Además, se calcularon las importancias de las características para identificar las variables más influyentes.

Análisis de correlación

Para complementar el modelo de bosques aleatorios, se realizó un análisis de correlación para explorar la fuerza y la dirección de las relaciones entre las variables y el nivel de preparación para el campo laboral. Se calculó la matriz de correlación de Pearson para todas las variables numéricas en el conjunto de datos, midiendo la relación lineal entre dos variables. Las correlaciones entre la variable dependiente "Nivel de preparación" y todas las demás variables fueron extraídas y ordenadas en función de su magnitud.

El objetivo de este análisis es investigar las relaciones entre el nivel de preparación para el campo laboral y diversas variables utilizando la técnica de correlación. La correlación mide la fuerza y la dirección de la relación lineal entre dos variables, proporcionando información valiosa sobre cómo las variables pueden influenciarse mutuamente.

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

Donde x_i y y_i son los valores individuales de las variables x y y , $\bar{x}$ y $\bar{y}$ son sus medias respectivas.

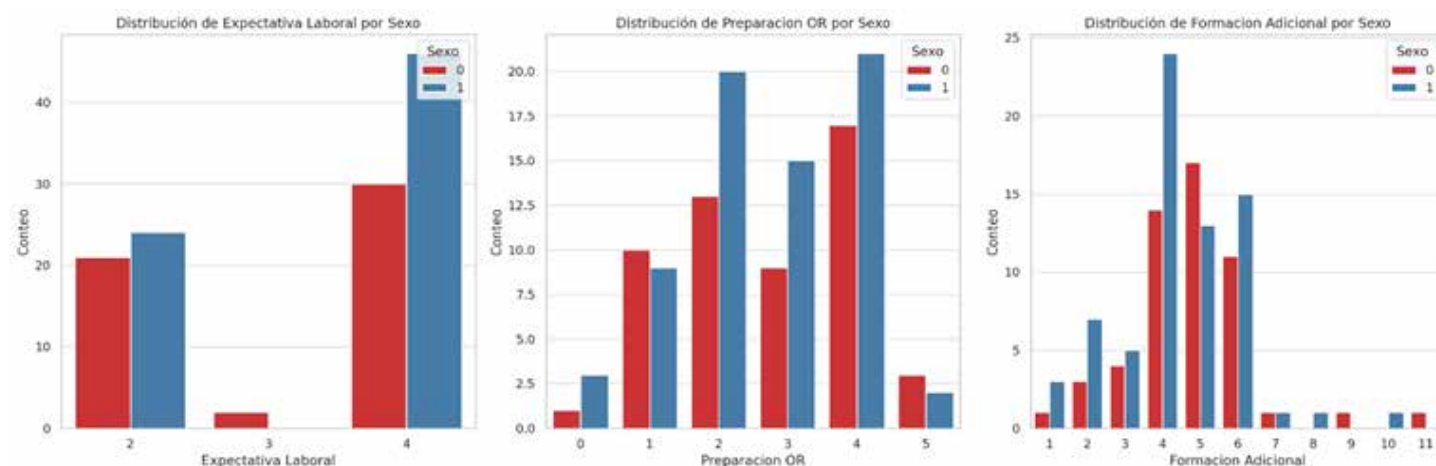
Resultados

En el presente estudio se han analizado diversas variables clave para comprender las percepciones y expectativas laborales de los estudiantes universitarios. Entre las variables analizadas se encuentran el sexo, la situación futura, el tiempo estimado para encontrar empleo, la percepción de las empresas, la preparación para el campo laboral y la necesidad de formación adicional.

Se observa que en la Figura 1 se encuentra una representación casi equitativa entre hombres y mujeres, lo cual permite realizar una comparación balanceada entre géneros. En cuanto a la situación futura, la mayoría de los estudiantes, independientemente de su género, muestran confianza en su futuro y creen firmemente que realizarán contribuciones significativas en sus respectivos campos profesionales.

Figura 1

Descripción de las variables que inciden en la percepción de una inserción laboral por parte de las personas encuestadas



Nota. Autores, (2025). (a) Expectativa laboral, (b) Preparación para el trabajo formal, (c) Formación adicional requerida expresada por los encuestados.

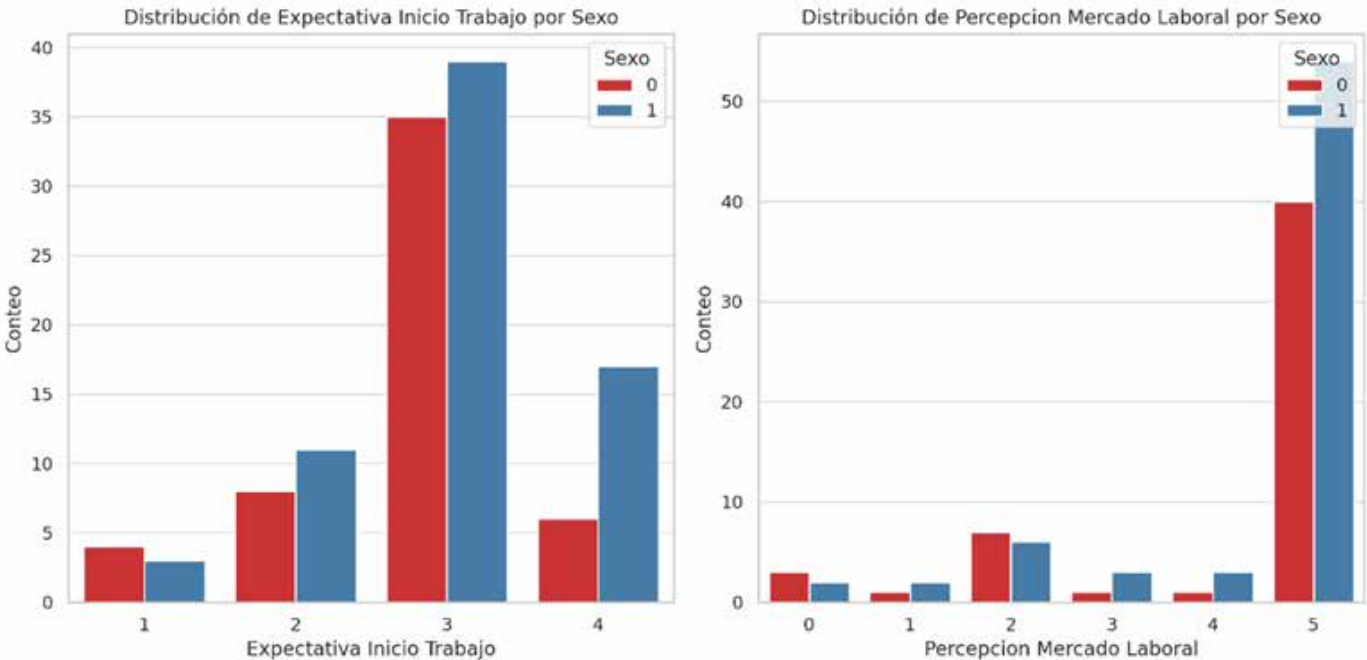
Respecto al tiempo esperado para encontrar trabajo después de finalizar los estudios, las respuestas varían entre encontrar empleo inmediatamente, después de 3 a 6 meses, y después de un tiempo adecuado. No se observan diferencias significativas entre sexos en estas expectativas, lo que sugiere una percepción similar de las oportunidades laborales post-graduación.

La percepción de las empresas que buscan personal en su área también varía entre los estudiantes. Sin embargo, de manera común, se observa que las empresas buscan candidatos con experiencia. Además, existe una buena percepción hacia las empresas, lo que indica una actitud positiva general hacia el mercado laboral. En cuanto a la preparación para el campo laboral, las respuestas de los estudiantes oscilan entre sentirse preparados y en busca de oportunidades, hasta reconocer que les falta experiencia. Nuevamente, no hay diferencias notables entre sexos en cuanto a la autoevaluación de su preparación para ingresar al mercado laboral.

Las áreas de formación adicional más mencionadas por los estudiantes incluyen normas de control de calidad, análisis de datos e inteligencia artificial. Esto refleja un interés por adquirir habilidades técnicas y de calidad que mejoren su empleabilidad en el mercado actual. La necesidad de experiencia previa y formación adicional en áreas técnicas es una constante entre los estudiantes, lo que refleja las exigencias del mercado laboral actual.

Figura 2

Descripción de las variables que inciden en la percepción de una inserción laboral por parte de las personas encuestadas



Nota. Autores, (2025). (a) Expectativa laboral, (b) Preparación para el trabajo formal, (c) Formación adicional requerida expresada por los encuestados.

En La Figura 2, por otra parte, se presenta un panorama donde los estudiantes universitarios tienen confianza en su futuro y son conscientes de las demandas del mercado laboral, valorando la experiencia y la formación continua como elementos clave para su inserción laboral. No se observan diferencias significativas entre sexos en cuanto a las percepciones y expectativas laborales, lo que sugiere una percepción uniforme de las condiciones y requisitos del mercado laboral entre hombres y mujeres.

Análisis de correlación

El análisis de correlación es una herramienta estadística fundamental para identificar y cuantificar la relación entre variables en un conjunto de datos. En el contexto educativo, entender las correlaciones entre diversas variables y el nivel de preparación para el campo laboral puede ofrecer valiosas perspectivas sobre los factores que influyen en la capacidad de los estudiantes para enfrentar el mercado laboral. En este estudio, se exploraron las relaciones entre la variable dependiente "Nivel de preparación" y una serie de variables independientes utilizando el coeficiente de correlación de Pearson. Este análisis proporciona una visión detallada de las interacciones entre las características de los estudiantes y su nivel de preparación, destacando tanto las relaciones positivas como negativas. (ver Tabla 2).

Tabla 2

Resultados de resumen de variables con correlación acorde al análisis realizado.

Variable	Correlación
Otra carrera	0.259
Metodo_estudio	0.253
Edad	0.243
Causas_calificaciones	-0.215
Calidad_instalaciones	0.212
Nivel_integración	0.192
Semestre	0.184
Rendimiento_carrera	0.183
Rendimiento_academico	0.170
Relacion_profesor_estudiante	0.170

Nota. Autores, (2025)

Las variables seleccionadas corresponden a aquellas con los coeficientes de correlación de mayor magnitud, tanto positivos como negativos, en relación con el nivel de preparación. Este criterio se basa en la premisa estadística de que, mientras más alta sea la correlación (en valor absoluto), mayor será la fortaleza de la asociación entre las dos variables. Al centrarnos en las diez correlaciones más elevadas, se prioriza la identificación de los factores que podrían tener un impacto sustancial en la preparación estudiantil, ya sea potenciando o dificultando su desarrollo. Asimismo, al incluir valores negativos, se contemplan las variables que guardan una relación inversa, ofreciendo una visión más completa de los posibles aspectos que conviene reforzar o mitigar en estrategias formativas y de orientación académica. De esta forma, el análisis se orienta a dirigir esfuerzos y recursos educativos hacia los elementos con mayor probabilidad de incidir en el éxito de las y los estudiantes en su futuro desempeño profesional.

El análisis de correlación complementó los hallazgos del modelo de bosques aleatorios al proporcionar una visión detallada de las relaciones entre las variables. Las correlaciones positivas más fuertes incluyeron la edad (0.244), el método de estudio (0.254) y la calidad de las instalaciones (0.213). Estos resultados refuerzan la idea de que la experiencia, los hábitos de estudio eficaces y un entorno educativo de calidad son factores clave que contribuyen a la preparación laboral de los estudiantes.

Por otro lado, el análisis reveló correlaciones negativas significativas. La percepción de las causas del éxito o fracaso académico mostró una correlación negativa de -0.215 con el nivel de preparación, indicando que los estudiantes que atribuyen su rendimiento a factores externos tienden a sentirse menos preparados. Esto puede deberse a una menor autoconfianza y una percepción de falta de control sobre su desempeño.

Los resultados muestran correlaciones bajas (máx. 0.259), lo que indica que ninguna variable por sí sola explica de forma contundente la percepción de preparación laboral. Esto se debe a la naturaleza multidimensional del constructo, influido por factores personales, académicos e institucionales. La dispersión sugiere que dicha percepción se configura por múltiples elementos con efectos parciales. Estos hallazgos coinciden con

estudios previos que abordan la preparación profesional como un fenómeno complejo y multifactorial (Kocsis & Molnár, 2025; Harpaz et al., 2024).

Regresión

El análisis mediante el modelo de bosques aleatorios ha permitido identificar las variables clave que influyen en el nivel de preparación para el campo laboral. Las variables más influyentes incluyen la edad, el puntaje académico, las percepciones de éxito o fracaso, la formación adicional y los motivos de elección de carrera. Estos resultados pueden ser útiles para desarrollar estrategias que mejoren la preparación laboral de los estudiantes. A continuación, se presenta la Tabla 3 con las importancias de las variables más influyentes en el modelo.

Tabla 3

Resultados del análisis de bosque aleatorios para los datos de encuestas aplicadas a estudiantes.

Variable	Importancia
Edad	0.0703
Puntaje	0.0545
Causas_notas	0.0477
Formacion_adicional	0.0387
Motivos_eleccion	0.0346
Ambiente_universitario	0.0338
Avance_académico	0.0325
Calidad_prácticas	0.0321
Metodo_estudio	0.0307
Expectativa_inicio_trabajo	0.0295

Nota. Autores, (2025)

En la Tabla 3 se presenta que la variable "Edad" emergió como la más influyente en el modelo, con una importancia de 0.0703. Esto sugiere que la edad de los estudiantes es un factor crucial en su nivel de preparación para el campo laboral. Es posible que los estudiantes mayores tengan más experiencia y habilidades desarrolladas a lo largo de su vida académica y profesional, lo que les brinda una ventaja en términos de preparación laboral. Por otro lado, los estudiantes más jóvenes podrían estar en las etapas iniciales de su desarrollo profesional, lo que puede reflejarse en una menor preparación percibida.

El puntaje académico es la segunda variable más influyente, con una importancia de 0.0545. Este resultado indica que los estudiantes con mejores rendimientos académicos tienden a sentirse más preparados para el campo laboral.

Las variables "Causas_otras" (¿A qué atribuye usted el hecho de que obtenga notas altas en una evaluación?) y "Formación Adicional" también mostraron una importancia considerable, con valores de 0.0477 y 0.0387 respectivamente. La percepción de las causas de éxito o fracaso académico y la formación adicional recibida parecen ser factores significativos en la preparación para el trabajo. La elección de carrera y los motivos detrás de esta decisión, con una importancia de 0.0346, también juegan un papel importante en el nivel de preparación.

Discusión

Los resultados obtenidos revelan que un mayor puntaje académico se asocia con una percepción más alta de preparación laboral. Esto es coherente con lo reportado por Kocsis y Molnár (2025), quienes indican que el rendimiento académico, medido a través del GPA y los créditos obtenidos (ECTS), es uno de los predictores más consistentes del éxito profesional en estudiantes universitarios. Un alto desempeño académico refleja no solo dominio de contenidos, sino también habilidades de estudio, responsabilidad y perseverancia, atributos directamente valorados en contextos laborales (Harpaz et al., 2024).

El análisis de bosques aleatorios permitió identificar variables clave que inciden en el nivel de preparación laboral: la edad, el rendimiento académico, las percepciones de éxito o fracaso, la formación adicional y las motivaciones para elegir la carrera. Estas variables coinciden con estudios como el de Umar (2014), quien señala que el entendimiento de las razones detrás del rendimiento personal y la búsqueda proactiva de formación adicional refuerzan la autoconfianza del estudiante. Asimismo, Odia y Ogiedu (2013) agrupan estas influencias en factores personales, de referencia y laborales, destacando la importancia del autoentendimiento en la construcción de trayectorias profesionales sólidas.

También se observó que el ambiente universitario, el avance académico, la calidad de las prácticas, el método de estudio y las expectativas de inserción laboral tienen una importancia significativa. Estos hallazgos se relacionan con lo identificado por Turmo Garuz et al. (2024), quienes destacan que las pasantías curriculares y el entorno institucional tienen efectos positivos sobre la empleabilidad, al permitir la aplicación práctica del conocimiento y fomentar competencias sociales. Un ambiente educativo estimulante, prácticas bien estructuradas y métodos de estudio efectivos potencian la percepción de preparación, reforzando la conexión entre la formación recibida y las exigencias del mundo profesional (Brown et al., 2024).

En particular, el análisis destaca que las motivaciones para elegir una carrera influyen considerablemente en la preparación percibida. Los estudiantes que eligen su carrera en función de intereses personales y vocación suelen estar más alineados con las competencias requeridas en el campo laboral. Este resultado es coherente con los hallazgos de Rababah (2016) y Pratama (2017), quienes evidencian que las decisiones vocacionales bien fundamentadas contribuyen a una mayor claridad profesional y compromiso con el desarrollo personal. Comprender estas motivaciones puede ayudar a las instituciones educativas a ofrecer orientación más efectiva desde los primeros semestres, mejorando el ajuste entre estudiantes, programas académicos y perfiles ocupacionales (Nguyen y Nguyen, 2024).

Los resultados del estudio confirman que la percepción de preparación laboral es un fenómeno complejo y multifactorial, influido tanto por el rendimiento académico como por factores personales, contextuales y emocionales. El análisis mediante el modelo de bosques aleatorios permitió identificar que las variables más influyentes en esta percepción incluyen la edad, el puntaje académico, la experiencia de éxito o fracaso, la formación adicional, y las motivaciones para elegir la carrera.

Un mayor puntaje académico refleja no solo comprensión conceptual, sino también habilidades de estudio efectivas y responsabilidad, características que son altamente valoradas en el mercado laboral (Kocsis y Molnár, 2025). Este hallazgo está en línea con estudios previos que vinculan el rendimiento académico con la autoconfianza y la

preparación profesional (Harpaz et al., 2024; García-Peinado, 2025), especialmente cuando los estudiantes comprenden las causas de su desempeño y buscan activamente mejorar mediante formación adicional.

Asimismo, otras variables como el ambiente universitario, el método de estudio, el avance en la carrera y las expectativas sobre la inserción laboral demostraron tener un peso considerable. Turmo et al. (2024) destacan que las pasantías curriculares, el entorno institucional y la calidad de la infraestructura tienen un efecto directo sobre la empleabilidad, al permitir aplicar conocimientos en contextos reales y fortalecer competencias clave.

Entre los elementos transversales identificados destacan las habilidades blandas o competencias socioemocionales. Brown et al. (2024) al igual que Tomlinson y Vincent (2025), en su revisión sistemática, subrayan la importancia del entorno, la motivación y los factores sociales como predictores del comportamiento en estudiantes universitarios, elementos estrechamente vinculados a su preparación profesional. Complementariamente, la experiencia internacional también ha demostrado incidir positivamente en el desarrollo de estas competencias. Estudios como los de Trooboff et al. (2015) y Orahod et al. (2015) demuestran que los estudiantes que participan en intercambios académicos tienden a fortalecer habilidades como la adaptabilidad, la comunicación intercultural y la resiliencia, competencias valoradas por empleadores a nivel global.

Además, la construcción de redes de contacto y la vinculación con mentores del sector productivo han sido destacadas como mecanismos relevantes para facilitar la inserción laboral. Nguyen y Nguyen (2024) evidencian que la orientación profesional y el acompañamiento personalizado durante la carrera influyen positivamente en las oportunidades laborales, especialmente en sectores como la administración y los negocios. Este hallazgo puede extrapolarse al campo de las ingenierías, donde el conocimiento del mercado, el acceso a redes y la proyección profesional son determinantes para una transición efectiva.

Otro aspecto crucial identificado es el papel de la experiencia laboral previa. Kroupova et al. (2024), a través de un metaanálisis, indican que si bien el trabajo de baja intensidad no afecta de forma significativa los resultados académicos, sí contribuye al desarrollo de habilidades prácticas que elevan la autopercepción de preparación para el mundo laboral. Esta evidencia coincide con lo planteado por Pratama (2017), quien afirma que los estudiantes que participan en empleos o pasantías tienden a consolidar un perfil profesional más robusto.

En el plano emocional, Harpaz et al. (2024) refieren que variables como el bienestar subjetivo, la autoeficacia y el crecimiento personal están estrechamente relacionadas con el rendimiento académico y la persistencia universitaria. Por lo tanto, la existencia de servicios de apoyo psicológico, programas de mentoría y estrategias de autocuidado no solo mejora el desempeño, sino que potencia la empleabilidad.

La motivación, tanto intrínseca como extrínseca, también emergió como un factor determinante. Oda y Ogiedu (2013) y Rababah (2016) coinciden en que los estudiantes que eligen su carrera por interés personal y vocación muestran mayores niveles de compromiso y satisfacción académica, lo que se traduce en una preparación más sólida. Esta motivación se ve reforzada por el acompañamiento vocacional temprano y por la claridad de metas profesionales, como proponen Nguyen y Nguyen (2024).

Finalmente, la calidad de los recursos institucionales, tales como bibliotecas, laboratorios equipados y tecnología actualizada, ha sido señalada como condición facilitadora del aprendizaje significativo. En este sentido, Samsuri et al. (2016) y Harder et al. (2015) argumentan que el acceso a infraestructuras modernas no solo mejora el rendimiento académico, sino que también alinea la formación con los requerimientos del sector productivo, incrementando así la competitividad de los egresados.

Conclusiones

Los hallazgos de esta investigación evidencian diversos factores que inciden en la preparación laboral de las y los estudiantes de Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, aportando lineamientos valiosos para perfeccionar las carreras académicas y ofrecer apoyos complementarios. Si bien se observan bases técnicas sólidas, persisten carencias en habilidades prácticas y blandas, cuya importancia resulta fundamental para el óptimo desempeño en el mercado laboral.

En primer lugar, sobresale la relevancia de integrar teoría y práctica. Instituciones que proporcionan espacios de formación en entornos reales, ya sea a través de prácticas profesionales, proyectos de investigación o colaboraciones con la industria, facilitan el desarrollo de competencias prácticas valiosas. Sin embargo, la desigual distribución de estos recursos limita su acceso en ciertos contextos, pudiendo obstaculizar la experiencia formativa de algunas y algunos estudiantes.

Además de los conocimientos técnicos, las habilidades blandas, tales como la comunicación, el trabajo en equipo y el liderazgo, se consolidan como elementos esenciales que, con frecuencia, no reciben la atención suficiente en los planes de estudio. La formación de este tipo de competencias puede abordarse mediante módulos específicos o actividades extracurriculares que fomenten la interacción y la colaboración. Del mismo modo, establecer redes profesionales y fortalecer el capital social resulta crucial, pues abre la posibilidad de acceder a mentorías y oportunidades de empleo.

La comprensión sobre las tendencias e innovaciones en el sector alimentario y biotecnológico también incide en la percepción de las y los estudiantes sobre sus probabilidades de éxito. La digitalización y la disrupción tecnológica plantean exigencias que van más allá de las competencias tradicionales, revelando una brecha entre la oferta educativa y la demanda del mercado. Para atenuar esta discordancia, es imprescindible ajustar el perfil de la carrera, integrando habilidades transversales que permitan a quienes egresan adaptarse a un entorno en constante cambio. Asimismo, se subraya la importancia del apoyo psicológico y el bienestar emocional como motores que impulsan el rendimiento académico y la preparación profesional.

En función de lo expuesto, fortalecer la preparación laboral requiere incorporar de manera sistemática las habilidades blandas en el currículo, ampliar las oportunidades de experiencias prácticas y consolidar redes de colaboración con la industria. Este esfuerzo conjunto demanda la inversión en infraestructura moderna y un diálogo continuo entre el sector productivo y las instituciones universitarias, con el objetivo de alinear la formación académica con las demandas cambiantes del mercado laboral.

Referencias

- Astin, A. W. (1993). *What Matters in College? Four Critical Years Revisited*. Jossey-Bass.
<https://doi.org/10.2307/2943781>
- Banco Mundial. (2020). Tasa de desempleo juvenil en Ecuador. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.UEM.TOTL.ZS%3Flocations%3DEC&ved=2ahUKewillfbLwqmHAxVUTjABHbsDBbcQFnoECBcQAQ&usg=AOvVaw18bVEoQZchWQyW1FqoTifD>
- Brown, C.E.B., Richardson, K., Halil-Pizzirani, B. Lou Atkins, Yücel Murat & Segrave Rebecca A. (2024). Key influences on university students' physical activity: a systematic review using the Theoretical Domains Framework and the COM-B model of human behaviour. *BMC Public Health* 24, 418. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17621-4>
- Eisenberg, D., Golberstein, E., & Hunt, J. (2009). Mental health and academic success in college. *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 9(1). <https://www.degruyter.com/document/doi/10.2202/1935-1682.2191/html>
- García-Peinado, R. (2025). Impacto del empleo de metodologías activas en el aprendizaje de competencias creativas y colaborativas. *Revista Varela*, 25(70), e2025257001. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14544910>
- Harder, A., Andenoro, A., Roberts, T. G., Stedman, N., Newberry III, M., Parker, S. J., & Rodriguez, M. T. (2015). Does study abroad increase employability? *NACTA Journal*, 59(1), 41–48. <https://www.jstor.org/stable/nactajournal.59.1.41>
- Harpaz, G., Vaizman, T., & Yaffe, Y. (2024). University students' academic grit and academic achievements predicted by subjective well-being, coping resources, and self-cultivation characteristics. *Higher Education Quarterly*, 78(1), 192–211. <https://doi.org/10.1111/hequ.12455>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2012). Tasa neta de matriculación en educación superior en Ecuador. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Sistema_Estadistico_Nacional/Planificacion_Estadistica/Plan_Nacional_de Desarrrollo_2017_2021/OBJETIVOS/Objetivo-1/1.20%2520FM_Tasa_matricula_ES_Uni%2520y%2520EP-%2520Nov%25202018.doc&ved=2ahUKEwiqnsTAWqmHAxVOSDABHRtrAesQFnoECBAQAw&usg=AOvVaw2GnsnOzEqC2fS8p2r2N_m0
- Kocsis, Á., & Molnár, G. (2025). Factors influencing academic performance and dropout rates in higher education. *Oxford Review of Education*, 51(3), 414–432. <https://doi.org/10.1080/03054985.2024.2316616>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice-Hall. https://www.researchgate.net/publication/235701029_Experiential_Learning_Experience_As_The_Source_Of_Learning_And_Development
- Kroupova, K., Havranek, T., & Irsova, Z. (2024). Student employment and education: A meta-analysis. *Economics of Education Review*, 100, 102539. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2024.102539>
- Ministerio de Trabajo de Ecuador. (2021). Estudio de empleabilidad juvenil. https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/8.4.-mdt-diet-084-2021-estudio_empleabilidad_juvenil_vf-signed-signed.pdf

- Nguyen, N. M., & Nguyen, H. T. (2024). Factors affecting career opportunities abroad for students of the Faculty of Business Administration of the HCMC University of Food Industry. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 5(1), 556–565.
- Odia, J. O., & Ogiedu, K. O. (2013). Factors affecting the study of accounting in Nigerian universities. *Journal of Educational and Social Research*, 3(3), 89–98. <https://doi.org/10.5901/jesr.2013.v4n3p89>
- OECD. (2019). *OECD Skills Strategy 2019: Skills to Shape a Better Future*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264313835-en>
- Orahod, T., Kruze, L., & Pearson, D. E. (2015). The impact of study abroad on business students' career goals. In *Frontiers: The Forum on Education Abroad*, X, 117–130.
- Pascarella, E. T., & Terenzini, P. T. (2005). *How College Affects Students: A Third Decade of Research*. Jossey-Bass. https://www.researchgate.net/publication/307726804_Pascarella_T_and_Terenzin_P_2005_How_College_Affects_Students_A_Third_decade_of_Research_2nd_ed_San_Francisco_Jossey-Bass
- Pratama, A. (2017). Why do accounting students choose a career in accountancy? An exploratory study in Bandung City, West Java, Indonesia. *Review of Integrative Business and Economics Research*, 6(2), 393-407. https://www.sibresearch.org/uploads/3/4/0/9/34097180/riber6-2_30k17-055_393-407.pdf
- Rababah, A. (2016). Factors influencing the students' choice of accounting as a major: The case of X University in United Arab Emirates. *International Business Research*, 9(10), 25–32. <https://doi.org/10.5539/ibr.v9n10p25>
- Robles, M. M. (2012). Executive perceptions of the top 10 soft skills needed in today's workplace. *Business Communication Quarterly*, 75(4), 453-465. <https://doi.org/10.1177/1080569912460400>
- Samsuri, A. S. B., Arifin, T. R. B. T., & Hussin, S. B. (2016). Perception of undergraduate accounting students towards professional accounting career. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 6(3), 78–88. <https://doi.org/10.6007/IJARAFMS/v6-i3/2173>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*. Obtenido de Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creacio%CC%81n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>
- Seibert, S. E., Kraimer, M. L., & Liden, R. C. (2001). A social capital theory of career success. *Academy of Management Journal*, 44(2), 219-237. <https://doi.org/10.2307/3069452>
- Super, D. E. (1957). *The psychology of careers: An introduction to vocational development*. New York: Harper.
- Tinto, V. (1993). *Leaving College: Rethinking the Causes and Cures of Student Attrition*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tomlinson, M., & Vincent, J. (2025). Capitals, capabilities, and the conversion of commodities: The case of neurodivergent graduates' transitions to the labour market. *Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s10734-025-01451-x>

- Trooboff, S., Vande Berg, M., & Rayman, J. (2015). Employer attitudes toward study abroad. In *Frontiers: The Interdisciplinary Journal of Study Abroad*, XV, 17–34. The Forum on Education Abroad. <https://doi.org/10.36366/frontiers.v15i1.214>
- Turmo Garuz, J., Bartual-Figueras, M. T., & Sierra-Martínez, F. J. (2024). Curricular internships as a factor for improving employability skills. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 22(1), 67–84. <https://doi.org/10.4995/redu.2024.19457>
- Umar, I. (2014). Factors influencing students' career choice in accounting: The case of Yobe State University. *Research Journal of Finance and Accounting*, 5(17), 59–63 <https://core.ac.uk/download/pdf/234630127.pdf>

Técnicas para medir la compresión relativa de un motor de combustión interna V6 2700 CC

Techniques for measuring the relative compression of a 2700 CC internal combustion engine.

 Lizbeth Aracely Soria Villacís: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuadoriano, Tecnóloga Superior en Electromecánica Automotriz, <https://orcid.org/0009-0005-8232-6614>

 Klever Armando Tumbaco Casa: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuadoriano, Magister en Sistemas Automotrices, <https://orcid.org/0000-0003-4955-3856>

 Diego Andrés Calero Torres: Instituto Superior Tecnológico Tecnoecuadoriano, Magister en Energías Renovables, <https://orcid.org/0000-0003-4754-4251>
Autor de correspondencia: aritas1217@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.64424/rcu41202552>

Recibido: 28 agosto 2024

Publicado: 12 marzo 2025

Resumen:

Este estudio tiene como objetivo establecer teóricamente el método utilizado para medir la compresión relativa de un cilindro en un Hyundai Tucson V6 / 2700 CC, con la intención de validar su aplicabilidad en otros vehículos. El método se fundamenta en estudios sobre amplitud de onda; así como, los campos eléctricos y magnéticos. La validación se realiza a través de un diagrama de flujo que integra métodos electromecánicos, de presión y mecánicos para el diagnóstico eléctrico. La norma UNE-EN 61010-2-032:1996 establece los requisitos de seguridad para equipos eléctricos de medición, control y uso en laboratorio, siendo aplicable a este estudio. Las mediciones iniciales, obtenidas con el osciloscopio, indican los consumos de corriente más altos, los cuales se utilizan para evaluar las condiciones internas del motor. La correlación entre las mediciones de corriente y la compresión relativa mejora la fiabilidad del diagnóstico. En este caso, se registraron 34 A de consumo para los cilindros 1, 2, 4, 5 y 6, mientras que el cilindro nº 3 mostró un consumo de 0 A. Al medir la compresión, tras desmontar un cuarto del motor, se obtuvo una compresión de 130 PSI en los cilindros 1, 2, 4, 5 y 6; mientras que, el cilindro nº 3 presentó 0 PSI, sugiriendo anomalías mecánicas como la ruptura de la banda de distribución, que podría afectar componentes críticos del motor.

Palabras claves: Mediciones de corriente, correlación, métodos electromecánicos, condiciones internas, control.

Abstract:

This study aims to establish theoretically the method used to measure the relative compression of a cylinder in a Hyundai Tucson V6 / 2700 CC, with the intention of validating its applicability in other vehicles. The method is based on wave amplitude studies; as well as, electric and magnetic fields. The validation is performed through a flow chart that integrates electromechanical, pressure and mechanical methods for electrical diagnosis. The UNE-EN 61010-2-032:1996 standard establishes the safety requirements for electrical equipment for measurement, control and laboratory use, and is applicable to this study. The initial measurements, obtained with the oscilloscope, indicate the highest current consumptions, which are used to evaluate the internal conditions of the motor. Correlation between current measurements and relative compression improves diagnostic reliability. In this case, 34 A of consumption was recorded for cylinders 1, 2, 4, 5 and 6, while cylinder #3 showed 0 A consumption. When measuring compression, after disassembling a quarter of the engine, a compression of 130 PSI was obtained for cylinders 1, 2, 4, 5 and 6; while, cylinder #3 showed 0 PSI, suggesting mechanical anomalies such as timing belt breakage, which could affect critical engine components.

Keywords: Current measurements, correlation, electromechanical methods, internal conditions, control.



Introducción

El propósito de este estudio es establecer, de manera teórica, el método empleado para cuantificar la compresión relativa en un vehículo Hyundai Tucson V6 / 2700CC del año 2007, con el objetivo de confirmar su aplicabilidad y permitir su uso en otros vehículos. El parámetro de compresión relativa facilita la comparación de la presión producida en los cilindros de un motor durante la etapa de compresión, evitando la necesidad de desmontar componentes. Desde un enfoque teórico-práctico, este procedimiento es esencial para la evaluación de motores, ya que permite detectar fluctuaciones anómalas entre los cilindros, lo cual podría señalar el deterioro de los anillos de pistón, fallos en las válvulas o problemas internos. Estas irregularidades impactan negativamente en el desempeño del motor, incrementan el consumo de combustible y podrían causar daños más graves si no se identifican a tiempo (Lomas, 2018).

Históricamente, el análisis de la compresión en los pistones de un motor se lleva a cabo mediante ensayos directos que requieren el uso de dispositivos de compresión. Este método implica la extracción de los inyectores o bujías para colocar un manómetro en cualquier cilindro y registrar la presión durante el proceso de compresión. Aunque ofrece medidas exactas de la presión absoluta en los cilindros, es un proceso invasivo que requiere tiempo y aumenta la probabilidad de errores debido a la manipulación de los componentes del motor (Heywood, J. B., 1988).

Por otro lado, existen enfoques alternativos que permiten medir la compresión de manera indirecta y menos invasiva. Un ejemplo de esto es el método que evalúa la deceleración del cigüeñal durante la fase de compresión. Este enfoque se basa en las fluctuaciones de la rapidez angular del cigüeñal: cuando un cilindro presenta una compresión reducida, ofrece menos resistencia, lo que se traduce en una desaceleración menor del cigüeñal en comparación con los cilindros con compresión normal. Aunque este método es más rápido y menos invasivo, su precisión puede ser inferior a la de los métodos directos (Contreras et al., 2018).

Es importante destacar que, aunque las pruebas de compresión relativa son útiles para detectar desbalances entre los cilindros, no proporcionan datos de presión absoluta. Por lo tanto, si se detecta una irregularidad, se recomienda realizar una prueba de compresión directa con un instrumento específico para registrar mediciones y determinar la causa del problema (Martínez & Quishpi, 2021).

El método para medir la compresión relativa de un cilindro se basa en un estudio teórico sobre la amplitud de onda y los campos eléctrico y magnético. La operación de un motor de combustión interna y la relevancia de la compresión en su desempeño son cruciales para entender cómo se relacionan la producción de corriente y la presión de compresión. Es fundamental identificar el punto crítico en el que una reducción en la compresión da lugar a una variación cuantificable de la corriente, con el fin de confirmar la correlación entre ambos procesos (Paéz, 2024).

Los instrumentos que miden la corriente producida por el mecanismo de arranque a través del ciclo de compresión brindan información vinculada con la presión en los cilindros del motor (Kumar et al., 2019). La premisa de esta técnica radica en la relación entre la corriente del sistema de encendido y la presión de compresión; una mayor corriente generalmente indica una mejor compresión. Este método resulta especialmente útil en motores donde el acceso para emplear los métodos tradicionales de medición es limitado o cuando se busca una solución más rápida y menos invasiva (Contreras et al., 2018).

Este modelo fue seleccionado debido a que sufrió una ruptura de la banda de distribución, tras lo cual se reemplazó el kit de distribución. Al encenderse el motor, se diagnosticó pérdida de potencia y un leve cascabeleo en el motor, imperceptible debido a su configuración V6. Además, al no ser un modelo actualizado, presenta problemas mecánicos asociados al período de uso y a las condiciones operativas. Estos antecedentes lo convierten en un caso ideal para evaluar la compresión relativa del motor, dado el difícil acceso a las bujías y la necesidad de examinar su rendimiento bajo condiciones rigurosas y habituales.

En esta investigación, se examinan las técnicas y consideraciones para medir la compresión relativa en un Hyundai Tucson V6 utilizando pinzas amperimétricas CC-650 AC-CD y un osciloscopio automotriz MICSIG de 100MHz / 4 canales. Estos equipos proporcionarán una alternativa electrónica para diagnosticar la compresión en los cilindros del motor de combustión interna.

La evaluación de la compresión relativa en motores de combustión interna es esencial para determinar la condición mecánica y la eficacia operativa del motor. Este indicador, basado en la correlación entre la presión obtenida en el cilindro durante el ciclo de compresión y un valor de referencia, representa un índice crucial del rendimiento del motor (Dustmurodovna, 2024). La capacidad del motor para comprimir la mezcla de aire y combustible se conoce como compresión relativa, y este factor es vital, ya que una compresión adecuada asegura una combustión eficaz, lo que resulta en un rendimiento óptimo del motor y una mayor economía de combustible (Lomas, 2018).

Los métodos convencionales para cuantificar la compresión del motor implican el uso de manómetros, dispositivos diseñados para identificar la presión máxima alcanzada en el cilindro durante la fase de compresión. Este procedimiento requiere desmontar las bujías, colocar el dispositivo apropiado, y luego encender o hacer girar el motor para documentar la presión máxima en cada cilindro (Bocos, 2017; Contreras Urgiles et al., 2018).

El funcionamiento de una pinza amperimétrica se basa en la inducción electromagnética, como lo establece la Ley de Faraday, que explica que una alteración en el flujo magnético de un conductor induce una corriente eléctrica (Sámano, 2020). La pinza cuenta con un convertidor de voltaje o un sensor de efecto Hall, dependiendo de si la corriente es alterna (CA) o continua (CC). El núcleo de la pinza crea un circuito magnético alrededor del conductor, absorbiendo el campo magnético generado por el flujo de corriente. Este principio permite medir el consumo de energía de un motor y establecer una correlación con la compresión relativa del motor. Además, señala que una corriente eléctrica que fluye a través de un conductor genera un campo magnético alrededor de este (Quelal & Peña, 2023), el cual puede ser detectado por el dispositivo sin interrumpir el flujo de corriente en el circuito.

El proceso de medición utilizando pinzas amperimétricas implica calcular la corriente eléctrica que el motor de arranque consume durante el giro del motor, concentrándose en el intervalo de flexibilidad de los cilindros durante la compresión. Esto facilita la identificación indirecta de posibles variaciones en la compresión. La relación se basa en la Ley de Ohm ($V=IR$) y la Ley de la Potencia ($P=VI$), que detallan la correlación entre la resistencia mecánica del motor y su demanda de electricidad. Al inicio, el motor eléctrico debe superar la resistencia de compresión presente en cada cilindro, lo que provoca un aumento en la corriente requerida. Si un cilindro presenta una compresión reducida, se disminuye la resistencia interna del motor, lo que reduce la corriente necesaria para rotar el cigüeñal (Periago & Bohigas, 2024).

Investigaciones en diagnóstico de vehículos han demostrado que los motores con fallos en los cilindros o desgaste de los anillos de pistón presentan una disminución en la alimentación de arranque, en comparación con los motores en óptimas condiciones. La evaluación de esta corriente mediante pinzas amperimétricas facilita la identificación de irregularidades en la compresión de forma rápida y sin afectar directamente el motor. Estudios realizados en bancos de prueba han corroborado que existe una conexión entre la compresión y el consumo de energía, validando este procedimiento como un instrumento eficaz para diagnósticos tempranos (Periago & Bohigas, 2024).

El uso de pinzas amperimétricas para evaluar la compresión en motores de combustión interna no tiene un origen claramente documentado en la industria automotriz. Sin embargo, el amperímetro ha sido utilizado en sectores como el eléctrico y el mantenimiento de maquinaria para monitorear el consumo de corriente en diversos dispositivos. Su aplicación en diagnóstico automotriz avanzado responde a la necesidad de contar con un método no invasivo que permita estimar la compresión en los cilindros, especialmente en vehículos con difícil acceso a las bujías, donde el método tradicional no es viable, permitiendo un diagnóstico más efectivo. (Periago & Bohigas, 2024).

Este procedimiento se realiza conforme a ciertos estándares que regulan las pruebas de compresión en motores, entre ellos, las normativas SAE J1995 y SAE J2723, que establecen parámetros para evaluar el desempeño de motores de combustión interna y diagnosticar posibles fallas. Sin embargo, debido a la falta de una normativa específica para la medición de compresión mediante pinzas amperimétricas, se propone el siguiente protocolo basado en principios eléctricos y mecánicos:

- **Instrumentación:** Se utiliza una pinza amperimétrica de alta sensibilidad, capaz de registrar la corriente del motor de arranque en intervalos de milisegundos.
- **Preparación del vehículo:** Se desconecta el sistema de inyección y encendido para evitar el arranque del motor.
- **Conexión de la pinza amperimétrica:** Se coloca la pinza alrededor del cable de alimentación del motor de arranque.
- **Activación del motor de arranque:** Se acciona la llave de encendido para permitir que el motor de arranque gire el cigüeñal sin encender el motor.
- **Registro de la señal:** Se capturan los valores de corriente en un osciloscopio para su posterior análisis.
- **Análisis de datos:** Se comparan los picos de corriente en cada ciclo de compresión con valores de referencia para identificar posibles irregularidades.

En cuanto a la relación entre el método amperimétrico y el método tradicional con manómetros, ambos tienen como objetivo medir la compresión en los cilindros. El método convencional, a través del compresímetro, proporciona una medición directa de la presión en cada cilindro, mientras que la pinza amperimétrica registra el consumo de corriente del motor de arranque, lo que permite obtener una estimación indirecta de la compresión. La principal ventaja del método amperimétrico es su rapidez y su carácter no invasivo, aunque su precisión es menor en comparación con el compresímetro. (Cahueñas et. al. 2018) Para mejorar la precisión de la medición amperimétrica, es fundamental calibrar los valores de referencia según el tipo de motor y tomar en cuenta factores como la temperatura y el estado del sistema eléctrico.

Metodología

Este estudio se desarrolla mediante la teorización de amplitud de onda, así como de los campos eléctricos y magnéticos; por lo tanto, se propone una metodología cualitativa para entender la compresión relativa de un cilindro en un Hyundai Tucson V6 / 2700 CC, con la intención de validar su aplicabilidad en otros vehículos. El levantamiento del corpus se desarrolla con la Preparación del motor, Calibración de equipos y Medición de corriente.

Preparación del Motor

Revisión Preliminar: Antes de comenzar la medición, es vital llevar a cabo un examen minucioso del motor. Esto abarca la revisión de elementos perceptibles y la comprobación del estado global del motor. Es necesario verificar que el motor se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento, sin fugas perceptibles o deterioros que puedan influir en los efectos dados por la medición (Cisneros & Viteri, 2018).

Desconexión del Sistema de Encendido: Para garantizar la seguridad durante la prueba, se desconecta el sistema de encendido del vehículo. Principalmente se desconecta el socket de la bobina DIS, que es la que permite que esta se accione botando chispa para el encendido del motor (Silva et al., 2018).

Instrumentación y Preparación para la Medición

Selección de Pinzas Amperimétricas y osciloscopio: El modelo CC-650 AC-CD de Hantek es la pinza amperimétrica elegida, una herramienta útil en el ámbito de la medición eléctrica y electrónica, sobresaliendo por su habilidad para evaluar CC - AC. Su diseño sólido y exacto convierten esta pinza en una alternativa segura para usos de tratamiento y pruebas en dispositivos electrónicos y eléctricos. Aquí están sus especificaciones clave:

Medición de Corriente:

- Las pinzas amperimétricas permiten medir tanto corriente continua (CC) como corriente alterna (AC), lo que las hace útiles para la mayoría de los equipos electrónicos y eléctricos (Fluke Corporation, 2025).
- Estas pinzas tienen un rango de medición que generalmente llega hasta los 600 A, lo que las hace aptas para pruebas tanto en dispositivos pequeños como en sistemas más grandes (Agilent Technologies, 2024).
- Algunas pinzas amperimétricas, como el modelo CC-650, también pueden medir voltaje tanto en corriente alterna (AC) como en corriente continua (DC), lo que las convierte en una herramienta versátil para medir la tensión de manera precisa en diferentes tipos de circuitos (Fluke Corporation, 2025).
- Las pinzas amperimétricas suelen contar con pantallas LCD que permiten visualizar las mediciones de manera clara. Algunos modelos permiten almacenar los datos para revisarlos más tarde, lo que resulta útil para el análisis a largo plazo (Keysight Technologies, 2024).
- El diseño compacto y ergonómico de estas pinzas permite su uso en espacios reducidos, mientras que su construcción robusta asegura una alta durabilidad, incluso en condiciones de trabajo exigentes (Agilent Technologies, 2024).
- En cuanto a precisión, el modelo CC-650 está diseñado para ofrecer una alta exactitud con un error mínimo en las mediciones, y muchas pinzas incluyen protección contra sobrecargas para garantizar la seguridad del usuario durante el proceso de medición (Fluke Corporation, 2025).

El osciloscopio digital MICSIG de 100 MHz y 4 canales es una herramienta fundamental para el diagnóstico electrónico en vehículos modernos, especialmente en pruebas no invasivas como la medición de compresión relativa por medio de corriente de arranque. Su capacidad para visualizar señales en tiempo real facilita el análisis de la variación de corriente durante el ciclo de compresión, permitiendo correlacionar el esfuerzo del motor de arranque con posibles pérdidas de compresión en los cilindros (Gómez et al., 2021).

Entre sus características técnicas más relevantes se encuentra su ancho de banda de 100 MHz, que permite registrar frecuencias elevadas, adecuadas para captar señales rápidas provenientes de sensores automotrices. Su diseño de 4 canales facilita la conexión simultánea a distintos componentes, como bobinas, inyectores y sensores de admisión, lo que en este estudio permite correlacionar la señal de corriente con el orden de encendido. Además, la frecuencia de muestreo de hasta 1 GS/s asegura una alta resolución temporal, útil para identificar diferencias mínimas en la señal de arranque entre cilindros con distinta compresión (Dustmurodovna, 2024).

Su pantalla LCD de alta resolución mejora la interpretación visual de las ondas, mientras que sus herramientas integradas de medición automática y captura de datos permiten registrar, comparar y almacenar eventos críticos durante la prueba. La disponibilidad de **entradas aisladas** refuerza la seguridad en la conexión directa con sistemas eléctricos automotrices, asegurando la integridad del equipo y del operador (Denton, 2016).

Calibración de los equipos de diagnóstico: Previo a efectuar mediciones, es esencial establecer la calibración de elementos como la pinza amperimétrica y el osciloscopio para garantizar la precisión de los datos recolectados. Los ajustes de estos instrumentos se llevan a cabo para que las curvas sean visibles para su interpretación. La demanda de amperios de un motor de arranque depende de varios factores, tales como la clase de motor, la condición del sistema eléctrico y las circunstancias del entorno. Para un vehículo automotor, el consumo de corriente durante el arranque suele estar en el rango de 30 a 50 A en motores a gasolina. (Moncayo, 2019). Este consumo es momentáneo y ocurre durante el encendido del motor, generalmente en pocos segundos (Denton, 2016; Murrell et al., 2023).

La validación del método se daría a cabo cumpliendo un diagrama de flujo, el mismo que considera métodos electrónicos, métodos de presión y mecánico que fueron usadas para validar la técnica de diagnóstico electrónico.

El criterio dado por el fabricante, para las calibraciones se fundamenta en asegurar mediciones exactas de los aspectos eléctricos en mecanismos de diagnóstico de automóviles. Los productores de pinzas amperimétricas definen normas específicas de calibración para asegurar mediciones exactas en diagnósticos automáticos. Estos criterios contemplan exactitud de las mediciones, tolerancia y frecuencia de calibración recomendada, reduciendo el error en la medición de la corriente, y una frecuencia de calibración sugerida cada 12 meses o tras un uso intensivo. La calibración debe llevarse a cabo en condiciones controladas del entorno para prevenir fluctuaciones en la temperatura y la humedad. Se emplean modelos de referencia certificados, tales como resistencias exactas o fuentes de corriente ajustadas, para confirmar la linealidad del aparato y la compensación térmica. Además, se llevan a cabo pruebas de aislamiento eléctrico y de respuesta dinámica para asegurar mediciones rápidas de corriente y sin interrupciones (Zumba & Peña, 2023).

Frecuentemente, las normas empleadas comprenden estándares internacionales como los definidos por la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional), que garantizan la compatibilidad, seguridad y precisión de los dispositivos. La normativa aplicar es la Norma Española UNE-EN 61010-2-032:1996, la cual hace referencia a los “Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 2-032: Requisitos particulares para pinzas amperimétricas sostenidas con la mano para medidas y ensayos eléctricos” (Asociación Española, 2019).

Los parámetros son: precisión, rango de medición, frecuencia de operación, condiciones ambientales, aislamiento eléctrico, repuesta dinámica y deriva térmica. A continuación, se describe de cada uno:

1. **Precisión:** Indica el grado de exactitud con el que el dispositivo mide una variable en comparación con el valor verdadero o estándar. Una mayor precisión significa menor error en las mediciones.
2. **Rango de medición:** Es el intervalo de valores que el dispositivo puede medir correctamente. Por ejemplo, el rango de medición de corriente de una pinza amperimétrica podría ser de 0-600 A. Este rango puede variar según el modelo y el tipo de medición (AC o DC).
3. **Frecuencia de operación:** Se refiere a la capacidad del dispositivo para medir señales a diferentes frecuencias. Esto es importante, especialmente cuando se mide corriente alterna (AC), ya que las señales de corriente pueden tener frecuencias que varían desde unos pocos hertzios hasta frecuencias más altas.
4. **Condiciones ambientales:** Son los factores externos que pueden influir en el rendimiento del dispositivo, como la temperatura, humedad y altitud. Los dispositivos de medición deben funcionar correctamente dentro de un rango específico de condiciones ambientales.
5. **Aislamiento eléctrico:** Es la capacidad del dispositivo para evitar el paso de corriente eléctrica no deseada que pueda comprometer la seguridad del usuario o la integridad del equipo. El aislamiento adecuado protege al usuario de posibles descargas eléctricas.
6. **Respuesta dinámica:** Es la capacidad del dispositivo para seguir y medir señales que cambian rápidamente. Un dispositivo con una buena respuesta dinámica puede capturar correctamente eventos rápidos o transitorios en las señales.
7. **Deriva térmica:** Se refiere a los cambios en la medición debido a variaciones de temperatura. A medida que la temperatura ambiente cambia, algunos dispositivos pueden sufrir una variación en sus mediciones, lo que se conoce como deriva térmica. Los dispositivos de calidad suelen tener una compensación o corrección para minimizar este efecto. (Asociación Española, 2019).

Debido al dato citado anteriormente se decide calibrar el canal 1 a 50mV que transformado a amperios es 20 A por división, con lo que se asegura una buena visualización de la curva.

Los detalles específicos de las calibraciones realizadas se presentan en la Tabla 1 a continuación. Además, el canal 2 se calibra a 500mV/div para poder apreciar el pulso del inyector, tomando en cuenta que el voltaje pico de los inyectores puede llegar a más de 100v.

Tabla 1

Calibración de los equipos de diagnóstico

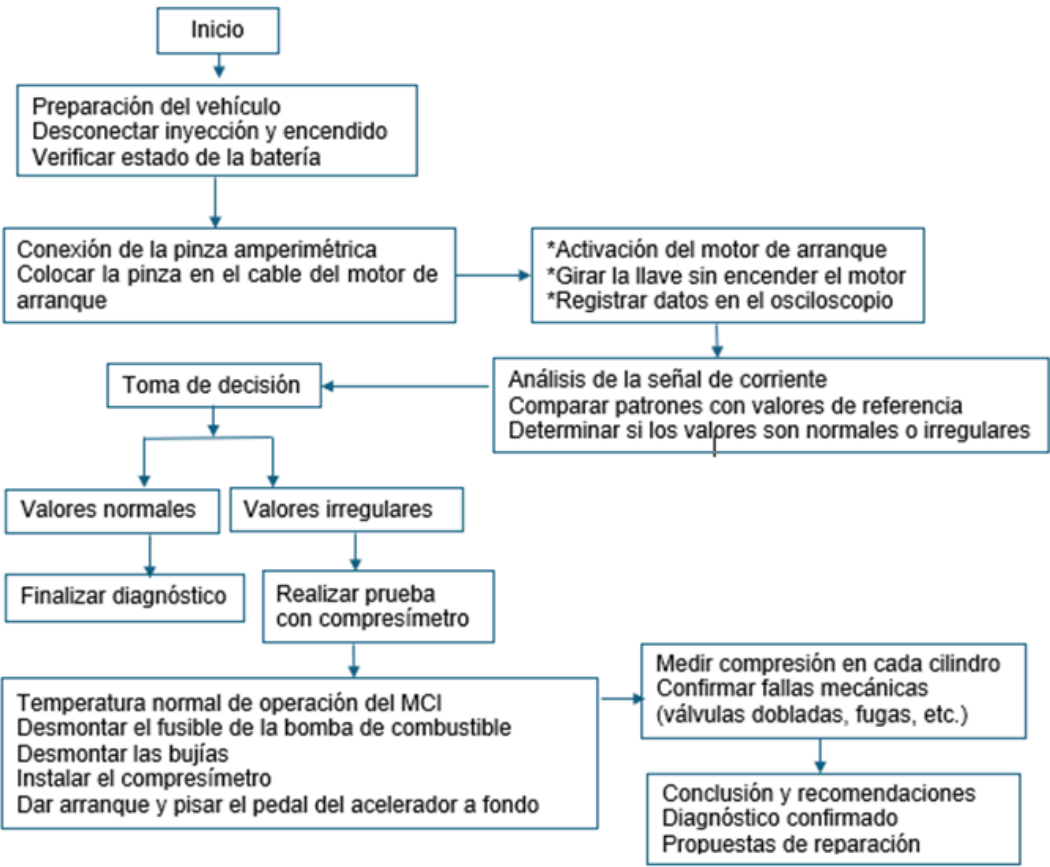
Equipo	Descripción	Calibración (IEC)
Pinza amperimétrica	Canal 1	1V / 10 A
Osciloscopio	Canal 2	500 mV por división
		200 ms por división
		Single 50 V, 200ms por división

Nota. Autor, (2025). Configuraciones empleadas para calibrar los canales del osciloscopio y la pinza amperimétrica. Esta calibración es clave para cumplir el objetivo de validar un método no invasivo de diagnóstico.

Para una mejor comprensión de lo detallado, a continuación, se presenta un diagrama de flujo (Figura 1) que ilustra de manera detallada el procedimiento de diagnóstico, abarcando posibles contingencias y sus soluciones. Este diagrama proporciona un enfoque sistemático y bien estructurado para la evaluación de la compresión del motor, permitiendo una identificación eficiente de problemas, así como su pronta resolución. La estructura del diagrama facilita el seguimiento paso a paso, asegurando que cada etapa del diagnóstico se realice de forma precisa, lo que optimiza tanto la detección de fallas como las acciones correctivas necesarias. Además, incluye protocolos claros para el manejo de contingencias, garantizando que cualquier imprevisto se pueda abordar de manera adecuada, minimizando el tiempo de diagnóstico y mejorando la precisión del proceso.

Figura 1

Diagrama de flujo diagnóstico caso de estudio



Nota. Autor, (2025). Diagrama del procedimiento de diagnóstico utilizando, tanto el método tradicional con compresímetro como el amperimétrico. ción es clave para cumplir el objetivo de validar un método no invasivo de diagnóstico.

Procedimiento de Medición

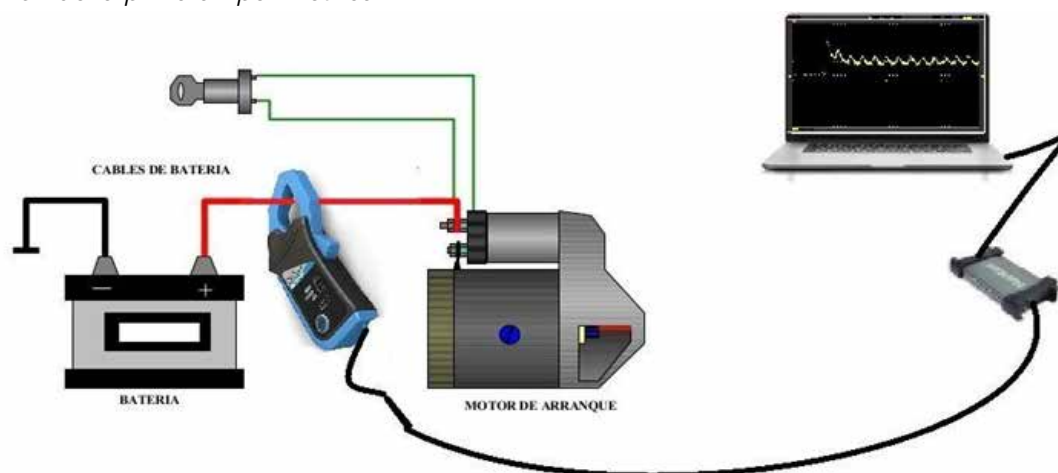
Instalación de Pinzas Amperimétricas: Se colocan las pinzas amperimétricas alrededor del cable de alimentación de la bobina de encendido. Este procedimiento debe realizarse con precisión para asegurar un buen contacto eléctrico y evitar interferencias que puedan afectar la lectura de corriente (Dustmurodovna, 2024). La elección de la pinza amperimétrica Hantek CC-650 AC/DC para medir la compresión relativa se debe a su capacidad para detectar con precisión y sin contacto directo las variaciones en la corriente de arranque del motor. Este dispositivo facilita el registro de los cambios en el consumo eléctrico del motor de arranque, lo que permite evaluar indirectamente la compresión en cada cilindro sin necesidad de desmontar componentes. Aunque existen otros modelos con prestaciones similares, la Hantek CC-650 sobresale por su amplio rango de medición de hasta 650A, su compatibilidad con osciloscopios y su capacidad para medir tanto corriente continua como alterna con alta sensibilidad. Su selección se fundamentó en la necesidad de obtener resultados precisos, facilidad de uso y total compatibilidad con el equipo de diagnóstico empleado. (Dustmurodovna, 2024)

Se cumple con la norma IEC 61010, lo que garantiza la protección eléctrica durante el uso del dispositivo, asegurando la seguridad del operador y el correcto funcionamiento del equipo. Para optimizar la precisión de las mediciones, se realizaron seis mediciones por punto, lo que permitió obtener valores promedio y minimizar posibles errores de lectura.

Con el fin de asegurar una medición precisa de la corriente, es esencial colocar la pinza amperimétrica correctamente, asegurándose de que su orientación sea adecuada y que el cierre sea firme y completo alrededor del conductor. Este procedimiento, ilustrado en el esquema de la figura 2, es fundamental para registrar con exactitud la intensidad de corriente absorbida por el motor de arranque durante la fase de compresión de los cilindros. De esta manera, se facilita la evaluación de la compresión relativa del motor sin necesidad de desmontar componentes, lo que simplifica el proceso de diagnóstico. Se cumple con la norma IEC 61010 para asegurar la protección eléctrica durante la utilización del dispositivo. Se llevaron a cabo seis mediciones por punto, lo que permitió adquirir valores medios y reducir los errores.

Figura 2

Conexión de la pinza amperimétrica



Nota. Autor, (2025). Instalación del dispositivo de medición, para garantizar lecturas precisas durante la medición de corriente de arranque. Contribuye al objetivo de estandarizar el procedimiento para futuras aplicaciones.

Resultados

Mediciones iniciales Osciloscopio:

Primera etapa, denominada de mayor consumo de corriente ya que el arranque ayuda a dar los primeros giros del MCI rompiendo la inercia, y este requiere de un mayor esfuerzo y corriente de consumo. Razón por la cual se toma el oscilograma del vehículo de estudio en el cual se observa el pico más alto.

En la Figura 3, se observa que el pico más alto alcanza los 4.90V que traducido a amperios es 49 A, ya que se escogió la escala 1V = 10 A, este es el pico más alto y el punto de mayor esfuerzo del motor de arranque para romper el estado estático, venciendo todas las fuerzas mecánicas que se oponen al movimiento. Luego las ondas estabilizadas muestran el amperaje necesario para romper la oposición al movimiento en tiempo de compresión los valores en amperios son de aproximadamente 34 A. Se observa la señal del inyector No. 01 en el canal 2;, se debe tomar en cuenta que este vehículo tiene inyección semi secuencial y servirá como referencia para observar que el pico de la onda corresponde al cilindro 01, y de ahí el orden de encendido.

Figura 3

Oscilograma CH1: Arranque / CH2: Inyector 01



Nota. Autor, (2025). Señal de corriente durante el arranque, evidenciando el esfuerzo inicial del motor y la estabilización en fase de compresión. Apoya el objetivo de establecer una correlación entre consumo eléctrico y compresión relativa.

En la Figura 4, se puede observar 3 canales, señales captadas para un diagnóstico electrónico más efectivo en el cual el CH1 es el oscilograma generado de la compresión relativa teniendo un pico de inducción del motor de arranque de 49 A, CH2 secundario de bobina captado en el cilindro #1 con el objetivo de ubicarse en el oscilograma según el orden de encendido que para el vehículo de estudio Hyundai Tucson V6 2700 CC es de 1-2-3-4-5-6 y el canal CH3 se ubica un sensor de pulsos para evaluar la descompresión.

Figura 4

Oscilograma CH1: Arranque celeste / CH2: Secundario de bobina cilindro #1/ CH3: Pulsos de admisión.



Nota. Autor, (2025). Señal de bobina y sensor de pulsos, que permite una evaluación cruzada entre variables eléctricas y mecánicas. Esto fortalece la validación del método propuesto como herramienta diagnóstica.

Discusión

Lecturas de Corriente CH1: Las lecturas de corriente en la compresión relativa para cada cilindro fueron registradas como sigue:

- Cilindro 1: 34 A
- Cilindro 2: 34 A
- Cilindro 3: 0 A
- Cilindro 4: 34 A
- Cilindro 5: 34 A
- Cilindro 6: 34 A

Los valores fueron obtenidos cuando el motor alcanzó su temperatura de funcionamiento normal de 95° C, lo que permitió que los componentes internos se dilataran y ocuparan su espacio molecular. Estos valores fueron comparados entre los cilindros del motor V6, y en el análisis del oscilograma, se observó que el cilindro #3 no presenta consumo de corriente. El comportamiento del vehículo estudiado indica que el motor de arranque no realiza esfuerzo en vencer la inercia del cilindro, lo que sugiere una falta de compresión y, por lo tanto, un daño mecánico en el mismo. Además, el sensor de pulsos muestra una depresión en la señal correspondiente al cilindro #3, lo que confirma la ausencia de compresión debido a un daño interno en este.

La falta de consumo de corriente en el cilindro #3 durante el arranque es, por tanto, un indicio directo de la ausencia de compresión. En los motores de combustión interna, la compresión es un factor crítico para su correcto funcionamiento (Gómez et al., 2021). Cuando el motor de arranque no presenta esfuerzo al intentar vencer la inercia del cilindro, se puede concluir que éste no está generando la compresión necesaria. Esta anomalía en el arranque puede ser el resultado de fallos mecánicos, tales como: válvulas defectuosas, anillos de pistón desgastados o grietas en las paredes del cilindro; lo que impide que el motor de arranque opere de forma eficiente en ese cilindro, afectando el rendimiento global del motor.

En trabajos recientes, como el estudio de Vera et al. (2023), se concluye que el análisis de oscilogramas de corriente durante el arranque de motores puede ser una herramienta eficaz para identificar fallas en la compresión de los cilindros. La ausencia de consumo de corriente o el comportamiento anómalo de la corriente puede señalar un problema mecánico en un cilindro determinado. Este estudio pone de manifiesto que los oscilogramas deben ser interpretados cuidadosamente, ya que no solo revelan la falta de esfuerzo del motor de arranque, sino también pueden ofrecer pistas adicionales sobre el tipo de fallo mecánico, como la posible rotura de componentes internos.

Martínez et al. (2022), en su análisis sobre fallos en motores V6, también concluyen que la ausencia de compresión en un cilindro no solo se refleja en el comportamiento del motor de arranque; sino que, puede estar correlacionada con cambios en los pulsos generados por los sensores de presión en cada cilindro. Estos sensores, que registran las variaciones en la presión durante el ciclo de compresión, muestran patrones atípicos en el cilindro con pérdida de compresión. En este caso, la depresión en el sensor de pulsos del cilindro #3 podría ser una manifestación adicional de este problema, lo que indica que el cilindro no está realizando correctamente su ciclo de compresión.

La correlación entre las mediciones de corriente del motor de arranque y las mediciones de presión de los cilindros ha sido una herramienta diagnóstica cada vez más relevante. Según el trabajo de Gómez et al. (2021), las tecnologías de diagnóstico basadas en la combinación de oscilogramas y sensores de pulsos permiten a los técnicos identificar con mayor precisión los puntos débiles en los motores. Este enfoque facilita el diagnóstico temprano de fallas mecánicas y permite la intervención antes de que el daño sea irreversible.

La Tabla 2 presenta la comparación entre la compresión recomendada por el fabricante que es de 140 PSI y las mediciones obtenidas con el manómetro en cada cilindro dando presión de 130 PSI, aproximadamente, producto del desgaste normal del motor y en el cilindro no. 03 se evidencia que no hay compresión. Estos valores permiten identificar posibles anomalías como fugas en las válvulas, juntas defectuosas o desgaste en los anillos del pistón. Además, sirven como referencia para el análisis de la compresión relativa medida con la pinza amperimétrica.

Tabla 2

Compresión del motor de combustión interna Hyundai V6 2700 CC.

# de cilindro	PSI / Manual del Fabricante	PSI / Real
01	140 PSI	130 PSI
02	140 PSI	130 PSI
03	140 PSI	0 PSI
04	140 PSI	125 PSI
05	140 PSI	130 PSI
06	140 PSI	130 PSI

Nota. Autor, (2025). Comparación entre los valores de compresión recomendados y los reales medidos en cada cilindro. Estos datos respaldan la precisión del método amperimétrico al identificar pérdidas de compresión y fallas mecánicas.

La Figura 5 muestra la medición de compresión en el cilindro 3, en la que se registra un valor de 0 PSI. Esta imagen pretende evidenciar la ausencia de presión en dicho cilindro, lo que indica una anomalía mecánica.

Figura 5

Compresión cilindro #03: 0 PSI



Nota. Autor, (2025). Evidencia visual de la ausencia total de presión en el cilindro 3, lo que confirma una falla mecánica identificada previamente por la técnica amperimétrica. Refuerza la correlación entre ambos métodos.

Se procede con el desmontaje del cabezote, la Figura 6 ilustra claramente el daño observado en las válvulas de admisión y de escape. Se evidencia una luz y no un cierre hermético.

Figura 6

Válvulas de admisión y escape dobladas.



Nota. Autor, (2025). Imagen que demuestra el daño mecánico en las válvulas del cilindro 3, validando la anomalía detectada mediante la medición de corriente. Confirma la eficacia del método propuesto para diagnóstico temprano.

Para obtener un diagnóstico preciso, se ha seguido un procedimiento escalonado que incluye la medición de compresión relativa, la prueba de compresión convencional y, finalmente, el desmontaje del motor para evaluar el daño mecánico. Este orden de diagnóstico es especialmente necesario en motores V6, como el Hyundai Tucson V6 2700 CC, donde el acceso a las bujías es limitado, lo que dificulta la aplicación directa de métodos convencionales.

En la primera etapa del diagnóstico, la medición de compresión relativa mediante la pinza amperimétrica mostró valores de corriente que variaron entre 34 A y 0 A, evidenciando una diferencia significativa entre los cilindros. De acuerdo con el orden de encendido (1-2-3-4-5-6), se identificó que el cilindro #3 no registraba consumo de corriente, lo que sugiere una pérdida total de compresión. Este resultado indicó la posibilidad de un daño mecánico asociado a la ruptura de la banda de distribución, que pudo haber afectado las válvulas de admisión o escape.

Para confirmar este hallazgo, en la segunda etapa del diagnóstico se realizó una prueba de compresión convencional, lo que requirió el desmontaje parcial del motor. Los resultados mostraron que la mayoría de los cilindros presentaban una compresión promedio de 130 PSI, un valor inferior al recomendado por el fabricante (140 PSI). Esta disminución sugiere un desgaste interno progresivo del motor, probablemente debido a factores como el uso prolongado, lubricantes y combustibles de baja calidad, filtros deficientes y arranques en frío frecuentes. En contraste, el cilindro #3 registró 0 PSI, confirmando una falla mecánica grave.

Ante estos resultados, se llevó a cabo la última fase del diagnóstico, que consistió en el desmontaje del cabezote para una inspección visual detallada. En esta etapa, se evidenció que las válvulas de admisión y escape del cilindro #3 estaban dobladas debido al impacto con la cabeza del pistón, producto de la falla en la banda de distribución.

Este procedimiento diagnóstico confirma la correlación entre las mediciones de corriente obtenidas con la pinza amperimétrica y las pruebas de compresión mecánica, validando la eficacia del método amperimétrico como una herramienta de diagnóstico inicial en motores con acceso restringido a las bujías.

En motores V6, como el del vehículo de estudio, la variación en las revoluciones por minuto (RPM) y la pérdida de potencia suelen ser menos evidentes, lo que dificulta la detección temprana de fallas. No obstante, la implementación de técnicas de diagnóstico electrónico ha demostrado ser una herramienta altamente eficaz, ya que posibilita la identificación precisa de anomalías, lo que a su vez permite una orientación adecuada en el proceso de reparación.

Conclusiones

El presente estudio permite establecer teóricamente el método utilizado para medir la compresión relativa del motor de un Hyundai Tucson V6 / 2700 CC, con la intención de validar su aplicabilidad en otros vehículos; por lo tanto, se afirma que el método propuesto es efectivo y adaptable a una amplia gama de motores, siempre y cuando se realicen las adecuaciones necesarias para cada tipo de vehículo, considerando las especificaciones técnicas particulares de los diferentes sistemas de motorización y componentes involucrados. Además, este enfoque tiene el potencial de contribuir a una evaluación más precisa y eficiente del estado de los motores, facilitando su diagnóstico y mantenimiento preventivo en contextos automotrices más amplios.

Las técnicas de medición de compresión relativa, combinadas con herramientas electrónicas como las pinzas amperimétricas y los manómetros, han demostrado ser altamente efectivas para identificar problemas en motores de combustión interna, como en el caso del Hyundai Tucson V6 2700 CC. Este enfoque permitió detectar con alta precisión fallas en el cilindro #3 y las válvulas, incluso en vehículos con accesos difíciles, como los motores V6.

La correlación entre las mediciones de corriente y la compresión relativa proporciona un diagnóstico más confiable sobre las condiciones internas del motor. En este caso, se registraron 32 A de consumo de corriente en los cilindros 1, 2, 4, 5 y 6; mientras que, en el cilindro #3 el consumo fue de 0 A. La medición de compresión realizada en el vehículo, tras desmontar el $\frac{1}{4}$ del motor, reveló que los cilindros 1, 2, 4, 5 y 6 tenían una compresión de 130 PSI, mientras que el cilindro #3 mostró una compresión de 0 PSI. Esta diferencia significativa en los valores obtenidos sirve como un claro indicador de anomalías mecánicas, como la posible ruptura de la banda de distribución, que puede afectar componentes críticos del motor.

A pesar de la efectividad de las mediciones electrónicas, el desmontaje de componentes clave, como el $\frac{1}{4}$ del motor y el cabezote, sigue siendo fundamental para confirmar el diagnóstico. Este proceso permitió la inspección visual directa de daños mecánicos, como válvulas dobladas, proporcionando la evidencia necesaria para realizar las reparaciones adecuadas y garantizar un diagnóstico certero.

Referencias

- Agilent Technologies. (2024). Pinzas amperimétricas y sus características. Recuperado de <https://www.agilent.com>
- Bocos, J. (2017). Desarrollo de un método para determinar la relación de compresión de un motor de combustión interna alternativo en tiempo real a partir de la medida de la presión cilindro [Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Diseño, Universitat Politècnica de Valencia]. <https://acortar.link/w1UY49>
- Cahueñas Montenegro, K. A., Chaves Fernández, M. J., & Torres Carrera, A. S. (2018). Estudio de Compresión de un Motor Diésel y Gasolina en Función del Amperaje. Repositorio Digital UIDE. Recuperado de <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2633>
- Cisneros, E., & Viteri, F. (2018). Estudio Estático Del Desgaste De Un Motor En Tiempos Definidos [Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2501/1/T-UIDE-1793.pdf>
- Contreras, W., Arichávala, M., & Jérez, C. (2018). Determinación de la presión máxima de compresión de un motor de encendido provocado basado en una red neuronal artificial recurrente. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, 19, 9-18. <https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.01>
- Denton, T. (2016). Automóvil Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil (Cuarta). Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. <https://acortar.link/fDVlRg>
- Dustmurodovna, K. M. (2024). Vehicles of Transportation Internal Combustion Engine Press the Details of the Institution Inspection. Journal of Mechanical Engineering, 1(2), 8. <https://doi.org/10.47134/jme.v1i2.2616>
- Exposición en el lugar de trabajo Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional, 689 UNE 10 (2019).
- Fluke Corporation. (2025). Guía de pinzas amperimétricas y medición de corriente. Recuperado de <https://www.fluke.com>
- Gómez, F., Torres, H., & Castillo, R. (2021). Tecnologías de diagnóstico temprano de fallas en motores de combustión interna: Análisis de pulsos y corriente. Journal of Automotive Technology, 16(1), 50-58. <https://doi.org/10.4321/jat.2021.01>
- Heywood, J. B. (1988). Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill.
- Keysight Technologies. (2024). Soluciones avanzadas de medición de corriente y voltaje. Recuperado de <https://www.keysight.com>
- Kumar, A., Gopal, J., Sharma, N., & Pratap, A. (2019). Advanced Engine Diagnostics. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3275-3>
- Martínez, A., & Quishpi, W. (2021). Análisis y diagnóstico avanzado del motor de combustión interna por medio de Oscilogramas Eléctricos de Presión y Análisis de Emisiones [Carrera de Ingeniería Automotriz, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <https://acortar.link/4QYfwL>
- Murrell, M., Montero, E., Campos, S., Bermúdez, L., & Vetrani, K. (2023). Calibración de equipos de laboratorio en entornos universitarios: Estrechando la brecha en materia de gestión metrológica. Revista Tecnología en Marcha. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i3.6316>

- Periago, M., & Bohigas, X. (2024). Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de Ingeniería. REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 7(2), 24.
- Quelal, L., & Peña, C. (2023). Diagnóstico de la Corriente de Fuga Máxima en Vehículos Alimentados con Batería Plomo—Acido [Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, Universidad Técnica del Norte]. <https://acortar.link/nRIULK>
- Sámano, J. (2020). Instrumentalism and Maxwell's electromagnetic theory. Open Insight, 11(21), 135-159. <https://doi.org/10.23924/oi.v11i21.366>
- Silva, H., Pasuy, Á., & Recalde, A. (2018). Estudio comparativo del voltaje del bobinado secundario en función de la chispa [Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador]. <https://acortar.link/ZtVXhl>
- Zumba, E., & Peña, J. (2023). Equipos de medición y calibración mecánica zumba (emcm-zumba). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Vera, S., Ortega, L., & Díaz, P. (2023). Diagnóstico de fallas en motores mediante análisis de oscilogramas de corriente y presión. Revista de Ingeniería Automotriz, 30(2), 98-105. <https://doi.org/10.1234/engauto.2023.02>
- Martínez, J., Ruiz, L., & Sánchez, M. (2022). Evaluación de fallas mecánicas en motores V6 utilizando sensores de presión y oscilogramas de corriente. Ingeniería Automotriz y Mecánica, 14(4), 221-229. <https://doi.org/10.5678/engauto.2022.04>

El transistor: una revolución tecnológica

The transistor a technological revolution

 Franklin Israel Sánchez Gamboa: Instituto Superior Universitario Cotopaxi, Ingeniero en Electromecánica,
<https://orcid.org/0000-0001-8390-6200>
Autor de correspondencia: jambiuku@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.64424/rcu41202549>



Recibido: 19 junio 2024
Publicado: 12 marzo 2025

Resumen:
El artículo revisa la evolución del transistor desde su invención en 1950 por William Shockley hasta los avances más recientes. El problema abordado es la necesidad de comprender cómo los transistores han evolucionado y su impacto en la tecnología moderna. El objetivo es clasificar los transistores según su desarrollo histórico y sus aplicaciones actuales, incluyendo innovaciones recientes como los dispositivos neuromórficos. La metodología incluye una revisión exhaustiva de la literatura relevante, abarcando artículos académicos, libros y publicaciones técnicas. Los resultados más relevantes incluyen la clasificación de los transistores en tipos como BJT, MOSFET, IGBT y GTO, y sus aplicaciones en diversas industrias. Además, se destacan avances recientes como los transistores sin unión y los TFET, que prometen mayor eficiencia y escalabilidad. Los dispositivos neuromórficos basados en transistores se presentan como una innovación prometedora para la reparación del sistema nervioso dañado, imitando las características dinámicas de los sistemas neuronales biológicos. En conclusión, el transistor ha sido una innovación trascendental en la tecnología moderna y su desarrollo continuo sugiere que seguirá siendo fundamental, especialmente en campos emergentes como la computación neuromórfica y la medicina

Palabras claves: transistor, semiconductor, tecnología, revolución industrial, revisión.

Abstract:
The article reviews the evolution of the transistor from its invention in 1950 by William Shockley to the most recent advances. The problem addressed is the need to understand how transistors have evolved and their impact on modern technology. The objective is to classify transistors according to their historical development and current applications, including recent innovations such as neuromorphic devices. The methodology includes a comprehensive review of relevant literature, encompassing academic articles, books, and technical publications. The most relevant results include the classification of transistors into types such as BJT, MOSFET, IGBT, and GTO, and their applications in various industries. Additionally, recent advances such as junctionless transistors and TFETs, which promise greater efficiency and scalability, are highlighted. Neuromorphic devices based on transistors are presented as a promising innovation for repairing damaged nervous systems by mimicking the dynamic characteristics of biological neural systems. In conclusion, the transistor has been a groundbreaking innovation in modern technology, and its continuous development suggests it will remain fundamental, especially in emerging fields such as neuromorphic computing and medicine.

Keywords: transistor, semiconductor, technology, industrial revolution, revision.



Introducción

Los transistores han sido fundamentales en la revolución digital, impulsando avances en una amplia gama de dispositivos electrónicos. Sin embargo, a pesar de su larga historia, la evolución del transistor y sus implicaciones para el futuro de la electrónica siguen siendo temas de gran interés. La mayoría de las revisiones existentes se centran en aspectos técnicos específicos o en aplicaciones particulares. Este estudio busca llenar un vacío en la literatura al proporcionar una revisión exhaustiva y actualizada de la evolución del transistor.

Un transistor, también conocido como semiconductor, de acuerdo a (Amos & James, 2000), un material semiconductor es uno con una conductividad que se encuentra entre la de un aislante y la de un conductor: es decir, uno para el que la resistividad se encuentra entre, digamos $10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ (un valor típico del vidrio) y $10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ (aproximadamente el valor para cobre). Valores típicos para la resistividad de un material semiconductor miden entre 1 y $100 \Omega \cdot \text{cm}$.

Tal valor de resistividad podría, por supuesto, obtenerse mezclando un conductor y un aislante en proporciones adecuadas, pero el resultado material no sería un semiconductor. Otra característica esencial de un material semiconductor es que su resistencia eléctrica disminuye con aumento de la temperatura en un rango de temperatura particular que es característica del semiconductor. Este comportamiento contrasta con el de conductores metálicos.

El ritmo de la revolución se aceleró una década más tarde por el desarrollo del circuito integrado o c.i. (popularmente conocido como el chip de silicio) en el que los transistores y otros componentes se fabrican e interconectan para los cuales la resistencia aumenta con aumento de la temperatura (Amos & James, 2000)

La invención del transistor hace casi más de 70 años fue uno de los desarrollos técnicos más importantes de este siglo. De acuerdo a (Ross, 1998) tuvo un profundo impacto en la forma en que vivimos y en la forma en que trabajamos.

Hace unos 20 años, la situación era muy diferente. Durante ese tiempo, la electrónica de RF era algo misteriosa y sus aplicaciones habían sido principalmente militares (por ejemplo, comunicaciones seguras, sistemas de guerra electrónica, guía de misiles, electrónica de control para munición inteligente, radares) y la financiación para su desarrollo procedía principalmente de agencias gubernamentales. En la primera mitad de la década de 1980, la televisión por satélite que usaba transistores de bajo ruido que operaban a 12 GHz en los terminales del receptor surgió como la primera aplicación civil de los transistores de RF con un volumen de mercado digno de mención. (Liou & Schwierz, 2002).

Este artículo describe la evolución del transistor los materiales utilizados una descripción general en distintas aplicaciones en la actualidad y a lo largo de la historia.

Metodología

Se realiza una búsqueda de literatura relevante sobre la historia y evolución del transistor, incluyendo artículos académicos, libros de texto y publicaciones técnicas. Las fuentes seleccionadas abarcan desde los trabajos pioneros de William Shockley hasta los estudios más recientes en dispositivos neuromórficos basados en transistores. Se prioriza fuentes de alta calidad y reconocidas en el campo, como "Principles of transistor circuits" de (Amos & James, 2000), artículos en revistas de alto impacto como "Advanced Intelligent Systems" y "Nature", y conferencias relevantes como el "Proceedings of the IEEE Hong Kong Electron Devices Meeting".

Se utilizaron los siguientes términos de búsqueda: "transistor" AND "evolución" AND "aplicaciones" AND ("neuromorphic" OR "neuromorphic computing"). Inicialmente, se identificaron aproximadamente 400 artículos, de los cuales se seleccionaron 20 para la revisión en profundidad, basándose en los criterios de inclusión como los trabajos más citados por artículos y por patente.

La información recopilada se clasifica en diferentes secciones temáticas, comenzando con los principios básicos del funcionamiento del transistor y su evolución histórica.

Se revisa los diferentes tipos de transistores, como los de unión bipolar (BJT), transistores de efecto de campo óxido metálico-semiconductor (MOSFET), tiristores desactivables por puerta (GTO), transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) y tiristores controlados MOS (MCT).

Se realiza un análisis detallado de las características y aplicaciones de cada tipo de transistor, apoyado en gráficos y figuras explicativas provenientes de las fuentes revisadas.

Se investiga los últimos avances tecnológicos en el campo de los transistores, enfocándose en innovaciones como los transistores sin unión y los transistores de efecto de campo de túnel (TFET), además, se incorporaron estudios de simulación y modelado de dispositivos avanzados, basados en trabajos recientes como los de Amin & Sarin (n.d.) y Ionescu y Riel (2011).

Las aplicaciones actuales evalúan a los transistores de diversas industrias, desde control de motores eléctricos hasta su uso en dispositivos neuromórficos.

Se discutieron las implicaciones futuras de estos desarrollos, especialmente en el ámbito de la computación neuromórfica y la medicina, destacando el potencial de los dispositivos neuromórficos basados en transistores para reparar sistemas nerviosos dañados.

Análisis de resultados

Clasificación a lo largo de la historia

Los transistores de potencia que se empezaron a tener un uso comercial alrededor de 1952 estos dispositivos que se utilizan como elementos de conmutación funcionan en la región de saturación lo que provoca una baja caída de voltaje en estado de conducción encendido. Con el avance de la tecnología de semiconductores de potencia las capacidades de los transistores de potencia se mejoran de forma continua. Los transistores de potencia se pueden clasificar en cinco categorías. (Rashid, 2020)

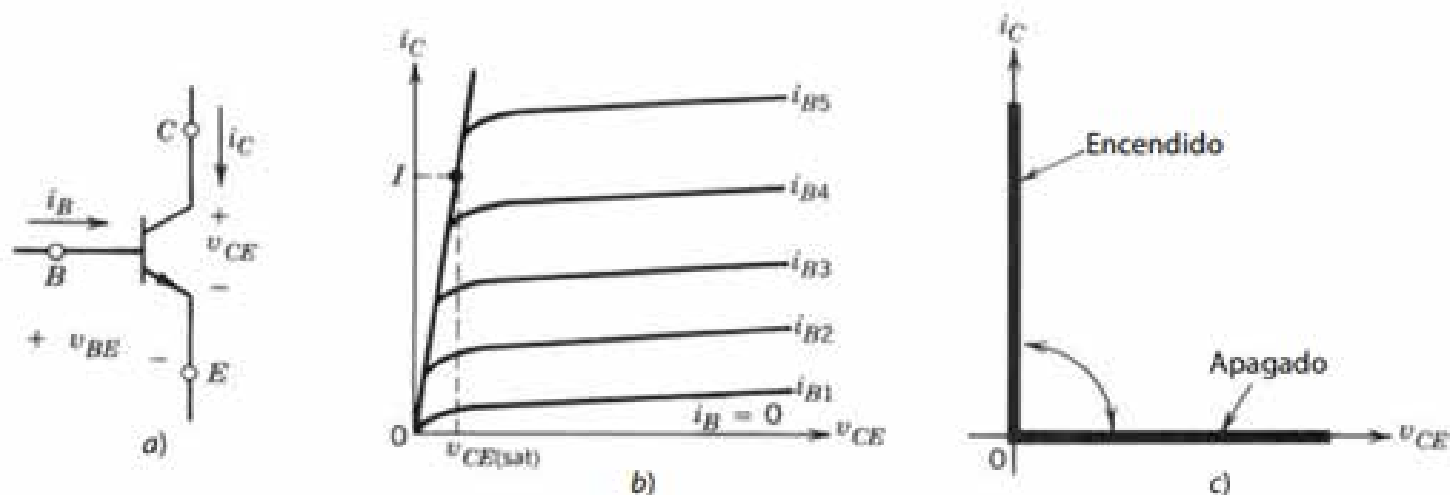
La categoría de interruptores controlables abarca varios tipos de dispositivos, como transistores de unión bipolar (bipolar junction transistors, BJT), transistores de efecto de campo óxido metálico semiconductor (metal-oxide-semiconductor field effect transistors, MOSFET), tiristores desactivables por puerta (GTO) y transistores bipolares de puerta aislada (insulated gate bipolar transistors, IGBT) (Mohan et al., n.d.)

Transistor de unión bipolar y darlingtonos monolíticos.

Nuestro recorrido a lo largo de la historia revisando el avance de esta tecnología inicia con el transistor bipolar usado comercialmente desde el año 1952, el símbolo de circuito para un NPN BJT se muestra en la figura 1 a, y sus características de estado permanente, en la figura 1 b. Como se muestra en las características de i-v, resulta una corriente de base lo bastante grande (según la corriente del colector) cuando el dispositivo está completamente encendido. Esto requiere que el circuito de control proporcione una corriente de base lo bastante grande, de modo que donde h_{FE} es la ganancia de corriente de CC del dispositivo. El voltaje del estado activo $V_{CE(sat)}$ de los transistores de potencia suele encontrarse en el rango de 12 V, así que la pérdida de energía de conducción en el BJT es muy pequeña. Las características idealizadas i-v del BJT al operar como interruptor se muestran en la figura 1 c. Los transistores de unión bipolar son dispositivos controlados por corriente, y se les tiene que suministrar corriente de base de manera continua para mantenerlos en estado activo. (Mohan et al., 2012.)

Figura 1

Curvas características de BJT.

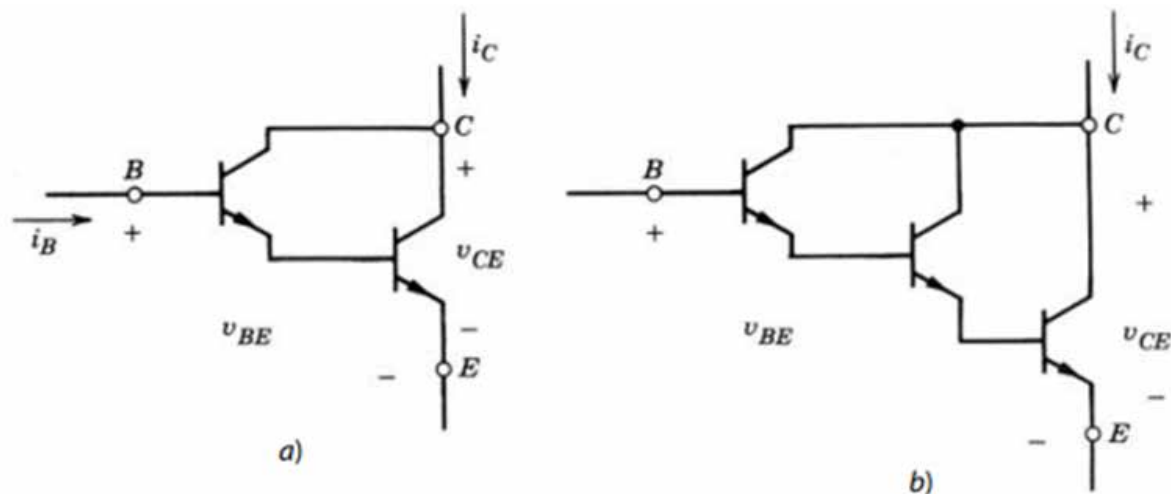


Nota. Mohan (2012)

La ganancia de corriente CC h_{FE} es normalmente en promedio de sólo 5-10 en transistores de alta potencia, así que estos dispositivos en ocasiones están conectados en una configuración Darlington o triple Darlington, como se muestra en la figura 2, a fin de lograr una mayor ganancia de corriente. En esta configuración se acumulan algunas desventajas, como valores generales $V_{CE}(\text{sat})$ un poco más altos, así como velocidades de conmutación más lentas. (Mohan et al., 2012.)

Figura 2

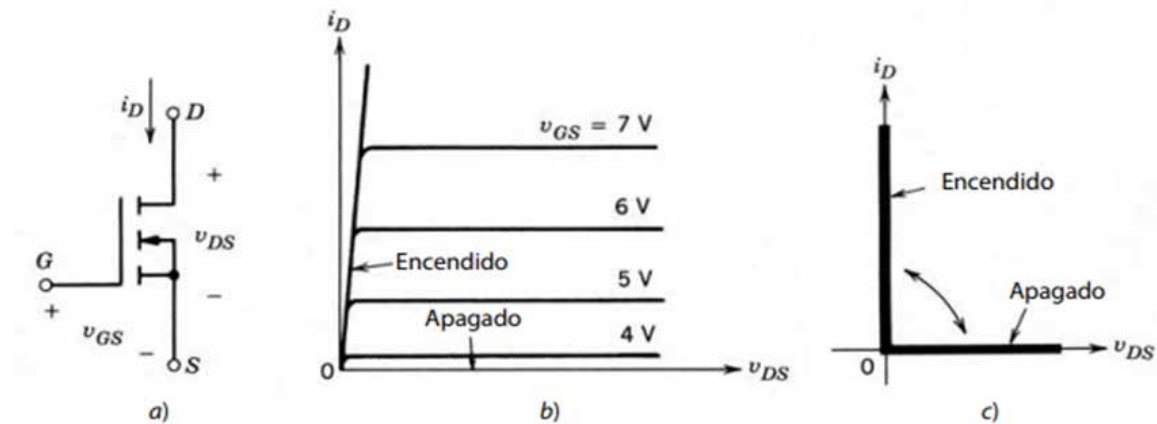
Configuración darlington.



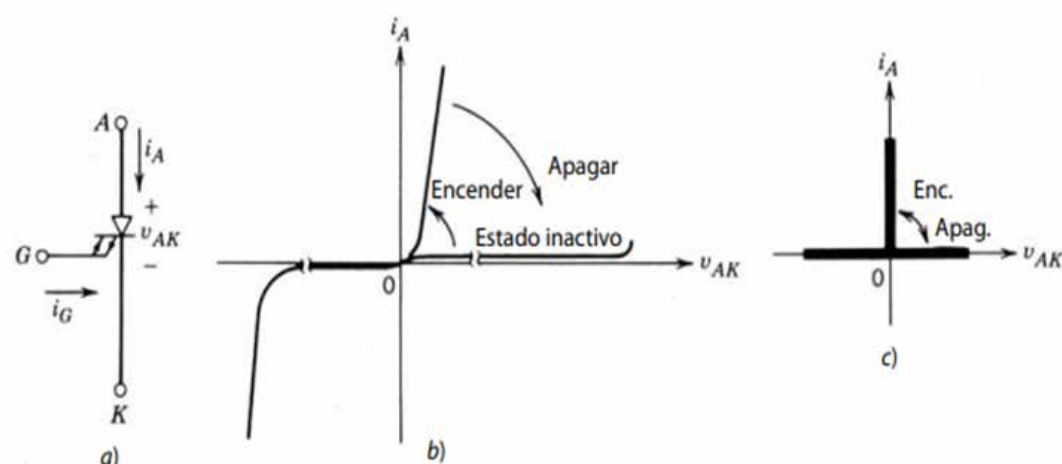
Nota. Mohan (2012)

Transistores de efecto de campo de metal-óxido-semiconductor.

En 1960 se desarrolló y adaptó para aplicaciones de potencia, el símbolo de circuito de un MOSFET de canal n se muestra en la figura 3a. Se trata de un dispositivo controlado por tensión, como lo indican las características i-v que se muestran en la figura 3b. El dispositivo está por completo encendido y se parece a un interruptor cerrado cuando la tensión de fuente de puerta está debajo del valor umbral $V_{GS}(\text{th})$. Las características idealizadas del dispositivo en operación como interruptor se muestran en la figura 3c. Los transistores de efecto de campo de metal-óxido-semiconductor requieren la aplicación continua de tensión puerta-fuente de magnitud correspondiente a fin de estar en el estado activo. No hay flujo de corriente de puerta, excepto durante las transiciones de encendido a apagado, o viceversa, cuando la capacitancia de la puerta se está cargando o descargando. Los tiempos de conmutación son muy cortos y se encuentran en el rango de unas cuantas decenas de nanosegundos a unos cientos de nanosegundos, lo que depende del tipo de dispositivo. (Mohan et al., 2012)

Figura 3*Curvas características MOSFET.**Nota. Mohan (2012)***Desactivación por puerta de tiristores.**

En el año 1960 se desarrolló el GTO se muestra en la figura 4a, y su característica de estado permanente i-v, en la figura 4b. Igual que el tiristor (SCR), el GTO se enciende por medio de un impulso de corriente de puerta de corta duración, y una vez en el estado activo, el GTO se mantiene encendido sin más corriente de puerta. Sin embargo, a diferencia del tiristor (SCR), el GTO se apaga mediante la aplicación de una tensión de puerta a cátodo negativa para que fluya una corriente de puerta negativa lo bastante grande. Esta corriente de puerta negativa sólo necesita fluir durante unos cuantos microsegundos (durante el tiempo de apagado), pero debe tener una magnitud muy grande, normalmente hasta una tercera parte de la corriente de ánodo que se esté desconectando. Los GTO bloquean voltajes negativos cuya magnitud depende de los detalles del circuito amortiguador para reducir dv/dt en la desconexión circuito de control de puerta-diseño del GTO. Las características idealizadas del dispositivo al operar como interruptor se muestran en la figura 4c. (Mohan et al., 2012)

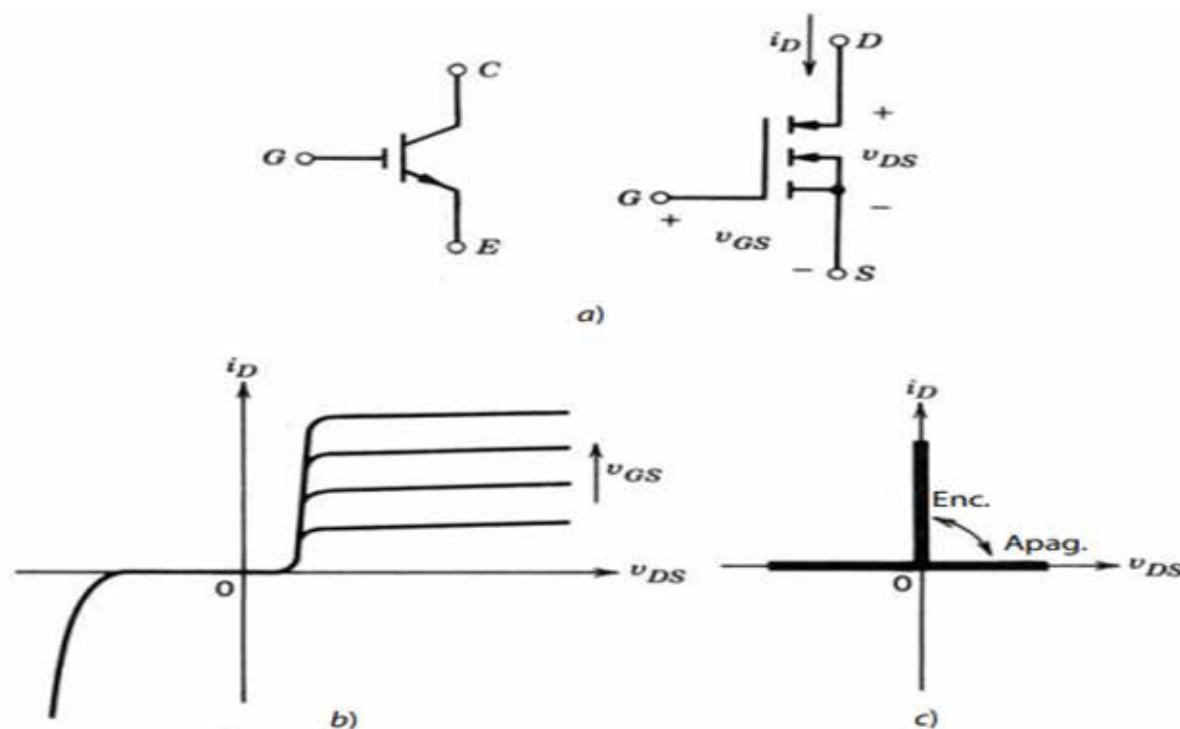
Figura 4*Curvas características GTO.**Nota. Mohan (2012)***Transistores bipolares de puerta aislada (IGBT).**

En el año 1963 se desarrolló del transistor de puerta aislada (IGBT), que combina las ventajas del BJT y el MOSFET, mejorando la capacidad de manejo de potencia el símbolo de

circuito para un IGBT se muestra en la figura 5a, y sus características de i - v , en la figura 5b. Los IGBT tienen algunas de las ventajas de los MOSFET, BJT y GTO combinados. Parecido al MOSFET, el IGBT tiene una puerta de alta impedancia que sólo requiere una pequeña cantidad de energía para conmutar el dispositivo. Igual que el BJT, el IGBT tiene un voltaje de estado activo pequeño, incluso en dispositivos con grandes voltajes nominales de bloqueo (por ejemplo, V_{ce} es de 2 a 3 V en un dispositivo de 1 000 V). Parecidos al GTO, los IGBT se pueden diseñar para bloquear tensiones negativas, como lo indican sus características de conmutación idealizadas que se muestran en la figura 5c. (Mohan et al., 2012).

Figura 5

Curvas características IGBT.



Nota. Mohan (2012)

Tiristores controlados MOS

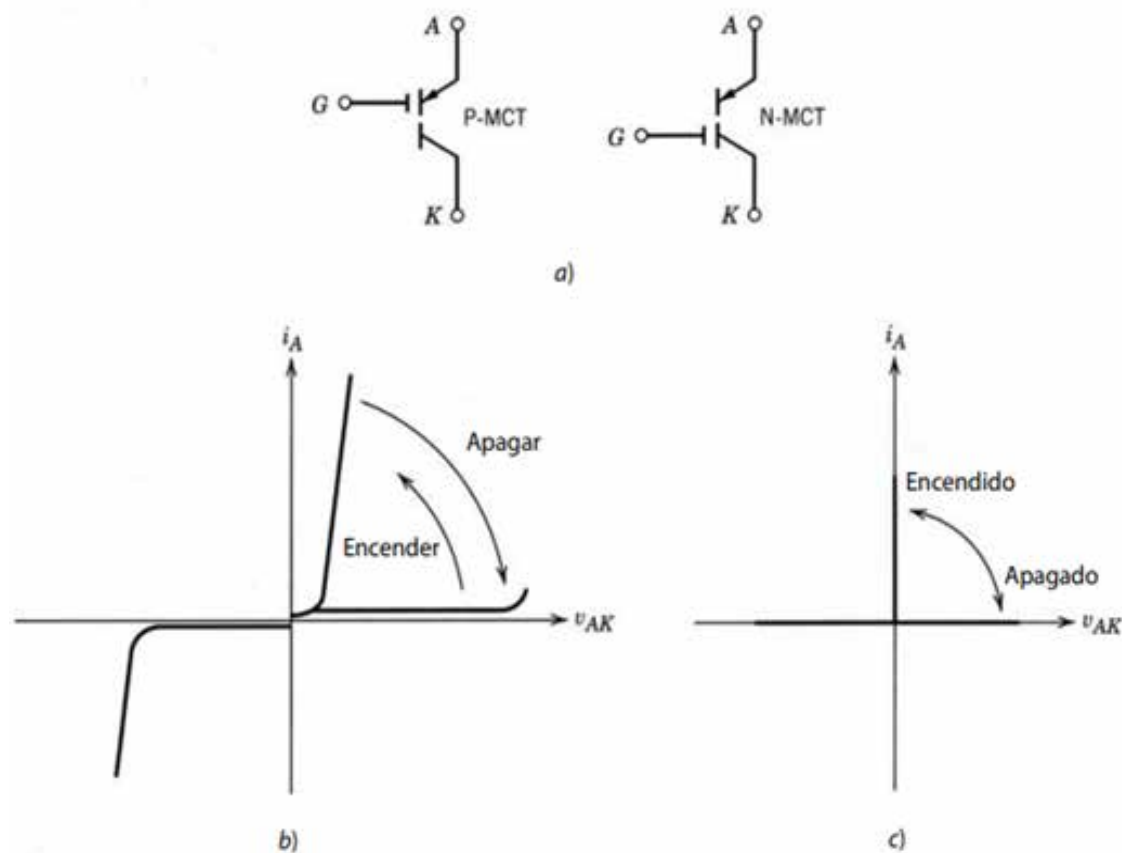
En el año 1980 se desarrolló el tiristor controlado MOS (MOS-controlled thyristor, MCT). Su símbolo de circuito se muestra en la figura 6a, y su característica de i - v , en la figura 6b. Los dos levemente distintos símbolos para el MCT denotan si el dispositivo es un P-MCT o un N-MCT. La diferencia surge por las diferentes ubicaciones de las terminales de control. Al ver las características de i - v , queda claro que el MCT tiene muchas de las propiedades de un GTO, como una caída de baja tensión en el estado activo con relativamente altas corrientes, así como una característica de activación (enclavado) (el MCT permanece encendido incluso cuando se quita la activación de la puerta). El MCT es un dispositivo controlado por tensión, igual que el IGBT y el MOSFET, y se requiere más o menos la misma energía para conmutar un MCT que para un MOSFET o un IGBT.

El MCT tiene dos ventajas principales ante el GTO, además de sus requisitos de control mucho más sencillos (no se necesita una corriente de puerta negativa grande para la desconexión, como en el GTO) y velocidades de conmutación más rápidas (tiempos de conexión y desconexión de unos cuantos microsegundos): los MCT tienen caídas de voltaje

de estado activo más pequeñas en comparación con IGBT de dimensionados comparables y están en la actualidad disponibles en tensiones nominales hasta 1 500 V con corrientes nominales de 50 A a unos cuantos cientos de amperios. Se han hecho pruebas con prototipos de voltajes nominales de 2 500 3 000 V, y pronto estarán disponibles. Las corrientes nominales de MCT individuales son considerablemente más pequeñas que las de GTO porque los MCT individuales no se pueden hacer tan grandes en el área transversal como un GTO, debido a su estructura más compleja. (Mohan et al., 2012)

Figura 6

Curvas características IGBT.



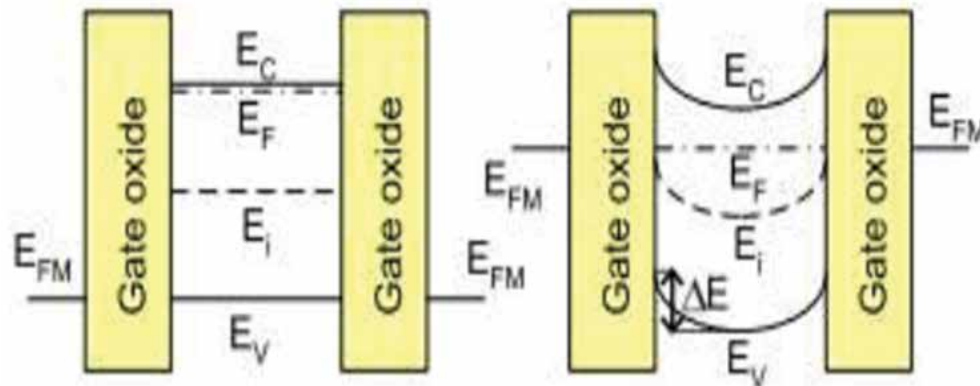
Nota. Amin y Sarin (2022)

Transistor sin unión.

A partir del año 2000 se investigó el Junctionless Transistor (JLT) Cuando se aplica un sesgo positivo a la puerta, entonces el canal se forma dentro de la mayor parte del dispositivo y la corriente pequeña comienza a fluir y debajo de la banda plana el canal de condición se vuelve neutral. La banda de energía El diagrama se muestra en la Figura 7(a) y (b). el campo eléctrico es máximo en condiciones de agotamiento total cuando el dispositivo está apagado y se convierte en cero cuando el dispositivo está encendido debido a la ausencia de la unión (El campo eléctrico existe solo cuando la unión está presente). El punto interesante aquí en JLT es que bajo el estado la longitud efectiva del canal se vuelve igual a la de la puerta longitud, por lo que el efecto de canal corto es menor en el caso de JLT en comparación con MOSFET convencional donde el efectivo la longitud del canal se reduce a medida que se enciende el dispositivo. (Amin y Sarin, 2022.)

Figura 7

Curvas características IGBT.



Nota. Amin y Sarin (2022)

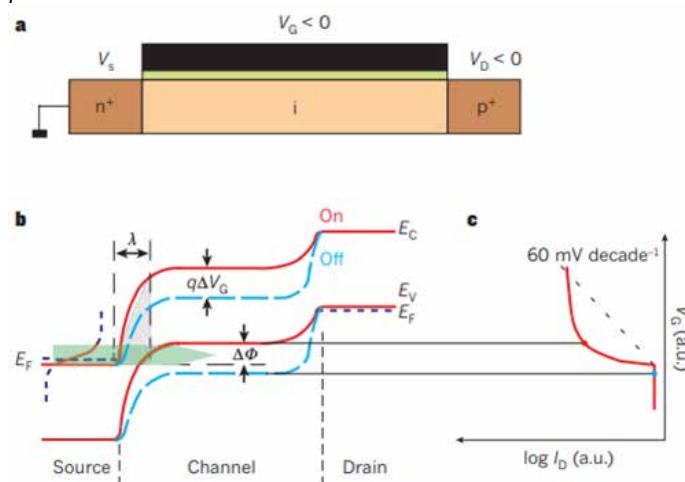
De acuerdo con (Amin & Sarin, 2022.) En el modelo de dispositivo presentado en su trabajo “Juntionless transistor: a review” en acumulación y región a granel. La simulación del dispositivo se lleva a cabo utilizando un espaciador de bajo k para diferentes longitudes de puerta que da como resultado un aumento en SS, pero aún muestra escalabilidad hasta L_{gate} de 10nm. Reduce la complejidad del proceso y mejora el rendimiento al reducir el efecto de canal corto y puede ser un candidato prometedor para la tecnología futura en la región del decanómetro.

Transistor de campo de túnel

En el año 2011 se encontraron resultados aplicativos del transistor Tunel Field Effect transistor (TFET) que su principio de funcionamiento es el túnel entre bandas, mediante el cual los portadores de carga se transfieren de una banda de energía a otra en una unión p^+-n^+ fuertemente dopada. Este mecanismo de tunelización fue identificado por primera vez por Zener¹⁴ en 1934. En un TFET, la tunelización entre bandas se puede activar y desactivar abruptamente controlando la flexión de la banda en la región del canal por medio de la polarización de la puerta. Esta función se puede realizar en una estructura $p-i-n$ con polarización inversa, figura 8 sección a. En principio, el TFET es un dispositivo ambipolar, que muestra un comportamiento de tipo p con un agujero dominante conducción y comportamiento de tipo n con conducción de electrones dominante. (Ionescu y Riel, 2011)

Figura 8

Transistores de efecto de campo de túnel.



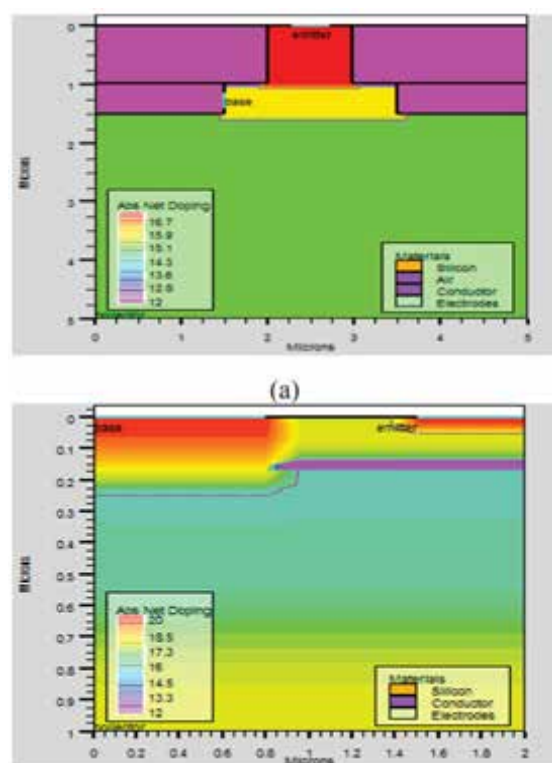
Nota. Ionescu y Riel (2011)

Transistor de difusión.

En el año 2016 se empezó a generar resultados en investigación en cuanto a los transistores de difusión, para esta investigación las estructuras simuladas en ATLAS para los transistores de difusión y deriva se muestran en la Fig. 9 (a) y la Fig. 9 (b) respectivamente de cuyos perfiles netos de dopaje se muestran en Fig. 10(a) y Fig. 10(b) respectivamente. Se hacen contactos óhmicos para los electrodos. Una malla muy fina en toda la base. se considera la región.

Figura 9

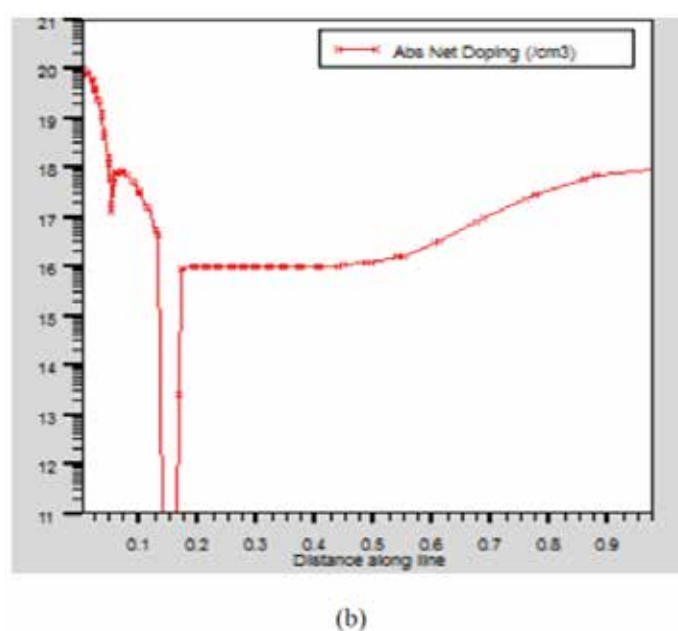
Transistor deriva y difusión bipolar.



Nota. Amin y Sarin (2022)

Figura 9

Transistor deriva doping.



Nota. Amin y Sarin (2022)

De acuerdo con (Mohapatra et al., 2016) en su trabajo titulado “Drift and diffusion bipolar transistors: a review” concluye que Es importante señalar que estas propiedades son muy simples e importantes al llevar a cabo investigación adicional en las áreas de transistores de unión bipolar como en los transistores bipolares de heterounión, por lo que son ideales para su inclusión en un libro de texto introductorio.

A continuación, se presenta una descripción a lo largo de los años del desarrollo de los transistores desde la invención 1947, hasta llegar a 2010 con los tipos neuromórfico.

Tabla 1

Avance de los transistores a lo largo de los años.

Año	Hito
1947	Invencción del transistor
Década de 1950	Comercialización de los primeros transistores de unión bipolar.
Década de 1960	Desarrollo del MOSFET y su impacto en la miniaturización
Década de 1980	Introducción de IGBT y GTO para aplicaciones de alta potencia
Década de 2000	Investigación en JLT y TFET.
Década de 2010	Desarrollo de SiC MOSFET y transistores neuromórficos

Nota. Recopilación de información sobre el linetime de evolución del transistor. Autor (2024)

Las aplicaciones que presentan los transistores dependen de la incorporación de avances tecnológicos en su estructura, llevando a que estas características sean empleados en sistemas de mayor eficiencia y tecnología, como se observa en la tabla 2

Tabla 2

Últimos avances de los transistores y su aplicación.

Tipo de transistor	Características Principales	Avances	Razón para considerarlos modernos y donde se están utilizando
SIC MOSFET	El SiC MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) funciona controlando el flujo de corriente entre el drenaje y la fuente mediante un campo eléctrico aplicado a la puerta. Utiliza carburo de silicio como material base(Wang et al., 2022)	Mayor eficiencia energética, alta velocidad de conmutación y capacidad de operar a altas temperaturas. La alta movilidad de los portadores de carga en SiC reduce la resistencia y las pérdidas de energía, mejorando el rendimiento global del dispositivo.(Neyer et al., 2021)	Alta eficiencia energética, capacidad de manejar altas corrientes y voltajes, ampliamente utilizado en aplicaciones de movilidad eléctrica, sistemas de transmission, aplicaciones aeroespaciales.(Wirths et al., 2022)
Transistor Neuromórfico de Puerta de Iones	Utiliza una capa de puerta de electrolito con cationes, como H+ y Li+; presenta mecanismos de acoplamiento electrostático y dopaje/des dopaje electroquímico (He et al., 2021)	Capacidad para imitar el funcionamiento de sinapsis y neuronas; uso de materiales con altas constantes dieléctricas (alta k)(Li et al., 2022)	Permite el desarrollo de computación neuromórfica, imitando el cerebro humano; eficiencia energética superior; potencial para inteligencia artificial avanzada(Lone et al., 2024)

Nota. Autor (2024)

La evolución del transistor continúa siendo un área de investigación activa y emocionante. La capacidad de estos dispositivos para adaptarse a nuevas necesidades y tecnologías sugiere que seguirán siendo fundamentales en el futuro de la electrónica. Las investigaciones futuras deberían enfocarse en mejorar aún más la eficiencia energética y la capacidad de miniaturización, así como en explorar nuevas aplicaciones en campos como la inteligencia artificial y la biotecnología.

En conclusión, el transistor ha demostrado ser una innovación trascendental, y su desarrollo continuo asegura que seguirá siendo un componente esencial en la tecnología moderna. La combinación de avances en diseños convencionales y nuevas tecnologías, como los dispositivos neuromórficos, destaca un futuro lleno de posibilidades y oportunidades para la mejora de la calidad de vida y el progreso tecnológico.

Discusión

Desde la invención del transistor en 1947 por John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley, la investigación y desarrollo en esta tecnología ha pasado por múltiples etapas, cada una marcada por importantes avances que han transformado tanto su eficiencia como su aplicabilidad. En sus primeras décadas, los transistores de unión bipolar (BJT) dominaron el campo. Estos dispositivos, comercializados desde 1952, se convirtieron en los elementos básicos para aplicaciones en electrónica y comunicación.

Con el desarrollo del transistor de efecto de campo óxido metálico-semiconductor (MOSFET) en la década de 1960, se abrió una nueva era caracterizada por la miniaturización y la eficiencia energética. La capacidad de los MOSFET para operar a altas velocidades con baja potencia los hizo ideales para la revolución de los circuitos integrados.

En los años 80 y 90, la introducción de transistores como los IGBT (Transistores Bipolares de Puerta Aislada) y los GTO (Tiristores Desactivables por Puerta) permitió manejar altas potencias y mejorar la eficiencia en aplicaciones industriales y de potencia. Estos dispositivos combinaron las ventajas de los BJT y MOSFET, ofreciendo baja resistencia en conducción y capacidad de conmutación rápida.

En el siglo XXI, la investigación ha avanzado hacia la creación de dispositivos más específicos y eficientes como los transistores sin unión (Junctionless Transistors) y los transistores de efecto de campo de túnel (TFET). Los JLT eliminan las uniones PN tradicionales, lo que reduce el impacto de los efectos de canal corto y simplifica la fabricación. Los TFET, por su parte, utilizan el efecto túnel para lograr una conmutación muy eficiente, ideal para aplicaciones de baja potencia y alta eficiencia.

La evolución del transistor ha sido un proceso continuo de mejora en términos de eficiencia, costo y diversidad de aplicaciones. Inicialmente, los BJT proporcionaron una solución eficiente para la amplificación y conmutación, aunque con limitaciones en la velocidad y consumo de energía. Los MOSFET superaron estas barreras, proporcionando una mejor eficiencia energética y permitiendo la miniaturización que impulsó la electrónica de consumo y la informática.(Schuman et al., 2022).

El desarrollo de IGBT y GTO permitió aplicaciones en sistemas de alta potencia, como control de motores y sistemas de energía renovable, donde la capacidad de manejar grandes corrientes y voltajes es crucial. Estos transistores ofrecieron una mayor eficiencia y confiabilidad, aunque a un costo más alto debido a su complejidad y materiales.(Lone et al., 2022).

Los transistores más recientes, como los SiC MOSFET, han elevado aún más la eficiencia al utilizar materiales como el carburo de silicio, que soportan mayores temperaturas y proporcionan menores pérdidas de energía. Esto los hace ideales para aplicaciones en automoción eléctrica y sistemas de energía.(Karout et al., 2023).

La aparición de transistores neuromórficos y dispositivos como los TFET está revolucionando campos emergentes como la computación neuromórfica y la medicina. Estos transistores, diseñados para imitar las funciones neuronales, ofrecen una eficiencia energética incomparable y tienen el potencial de revolucionar la inteligencia artificial y las aplicaciones médicas avanzadas, incluyendo la reparación de sistemas nerviosos dañados.(Meng et al., 2023).

Conclusiones

Los transistores son dispositivos que partieron de una investigación que revolucionó al mundo hace más de 70 años dando un gran avance en aplicaciones industriales con su clasificación probada dentro de la ingeniería para mejorar nuestra tecnología pero su alcance no se detiene en aplicaciones que se nos puede venir a la mente como controlar motores controlar tarjetas circuito electrónicos ahora estamos hablando que el transistor de acuerdo a los últimos estudios serviría para simular las características dinámicas de los sistemas neuronales biológicos, esto nos entrega un abanico de posibilidades hablando solo de aplicaciones médicas citando a (He et al., 2021) es posible que podamos reparar el sistema nervioso dañado a nivel neuronal y sináptico utilizando dispositivo neuromórfico artificial.

Tomando en consideración el desarrollo a lo largo de los años se puede concluir que existieron hitos que dieron el cambio a la siguiente etapa en el desarrollo de esta tecnología en primer lugar la miniaturización donde la transición de los tubos de vacío a los transistores y luego a los circuitos integrados marcó un punto de inflexión en la reducción del tamaño y el aumento de la complejidad de los dispositivos electrónicos.

Después la eficiencia energética donde el desarrollo de MOSFET y dispositivos más recientes como los TFET ha permitido una mejora significativa en la eficiencia energética, lo que ha impulsado la miniaturización de dispositivos móviles y la creación de sistemas más sostenibles. A continuación, se considera las aplicaciones de alta potencia donde la introducción de IGBT y GTO amplió el rango de aplicaciones de los transistores a sistemas de alta potencia, como la electrónica de potencia y los sistemas de tracción eléctrica. Y finalmente la computación neuromórfica donde los transistores neuromórficos representan un nuevo paradigma en la computación, con el potencial de revolucionar la inteligencia artificial y la neurociencia.

Referencias

- Amin, S. I., & Sarin, R. K. (2022). JUNCTIONLESS TRANSISTOR: A REVIEW.
- Amos, S. W. (Stanley W., & James, M. (2000). Principles of transistor circuits : introduction to the design of amplifiers, receivers, and digital circuits. Newnes.
- Edición, C. (n.d.). ELECTRÓNICA DE POTENCIA.
- He, Y., Zhu, L., Zhu, Y., Chen, C., Jiang, S., Liu, R., Shi, Y., & Wan, Q. (2021). Recent Progress on Emerging Transistor-Based Neuromorphic Devices. *Advanced Intelligent Systems*, 3(7), 2000210. <https://doi.org/10.1002/aisy.202000210>
- Ionescu, A. M., & Riel, H. (2011). Tunnel field-effect transistors as energy-efficient electronic switches. In *Nature* (Vol. 479, Issue 7373, pp. 329–337). <https://doi.org/10.1038/nature10679>
- Liou, J. J., & Schwierz, F. (2002). RF/microwave transistors: Evolution, current status, and future trend. *Proceedings of the IEEE Hong Kong Electron Devices Meeting, 2002-January*, 5–10. <https://doi.org/10.1109/HKEDM.2002.1029145>
- Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2012.). *Electrónica de potencia. Convertidores, aplicaciones y diseño*. www.FreeLibros.me
- Mohapatra, S., Jena, M. R., & Panda, A. K. (2016). Drift and diffusion bipolar transistors: A review. *Proceedings of the 3rd International Conference on Devices, Circuits and Systems, ICDCS 2016*, 14–17. <https://doi.org/10.1109/ICDCSyst.2016.7570614>
- Ross, I. M. (1998). The invention of the transistor. *Proceedings of the IEEE*, 86(1), 7–28. <https://doi.org/10.1109/5.658752>
- Karout, M. A., Taha, M., Fisher, C. A., Deb, A., Mawby, P., & Alatise, O. (2023). Impact of Diode Characteristics on 1.2 kV SiC MOSFET and Cascode JFET Efficiency: Body Diodes Vs SiC Schottky Barrier Diodes. *Conference Proceedings - IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition - APEC, 2023-March*, 202–208. <https://doi.org/10.1109/APEC43580.2023.10131399>
- Li, J., Zhao, C., & Man, K. (2022). Neuromorphic Hardware Based on Artificial Synaptic Devices. *Proceedings - International SoC Design Conference 2022, ISOC 2022*, 187–188. <https://doi.org/10.1109/ISOC56007.2022.10031458>
- Lone, A. H., Rahimi, D. N., Fariborzi, H., & Setti, G. (2024). Magnetic Soliton MTJ Devices for Neuromorphic Computing Applications. *IEEE Electron Devices Technology and Manufacturing Conference: Strengthening the Globalization in Semiconductors, EDTM 2024*. <https://doi.org/10.1109/EDTM58488.2024.10511578>
- Lone, A. H., Zou, X., Garcia, G. I. M. I., Li, X., & Fariborzi, H. (2022). Spin Orbit Torque Tunable Skyrmion Neuromorphic Devices. *2022 IEEE International Conference on Emerging Electronics, ICEE 2022*. <https://doi.org/10.1109/ICEE56203.2022.10117876>
- Meng, J., Liu, Y., Fang, Y., Li, Z., Song, J., Wang, T., Zhu, H., Chen, P., Sun, Q., Zhang, D. W., & Chen, L. (2023). Fiber-Shaped Cu-Ion Diffusive Memristor for Neuromorphic Computing. *IEEE Electron Device Letters*, 44(7), 1220–1223. <https://doi.org/10.1109/LED.2023.3274828>
- Neyer, T., Domeij, M., Das, H., & Sunkari, S. (2021). Is there a perfect SiC MosFETs Device on an imperfect crystal? *IEEE International Reliability Physics Symposium Proceedings, 2021-March*. <https://doi.org/10.1109/IRPS46558.2021.9405098>
- Schuman, C. D., Plank, J. S., & Rose, G. S. (2022). Application-Hardware Co-Design: System-Level Optimization of Neuromorphic Computers with Neuromorphic Devices. *Technical Digest - International Electron Devices Meeting, IEDM, 2022-December*,

241–244. <https://doi.org/10.1109/IEDM45625.2022.10019362>

Wang, Y., Li, W., Ding, Y., Sun, H., & Yin, Y. (2022). Multi-Physics Coupling Analysis and Optimization Design of SiC MOSFET Power Module Package Insulation. 2022 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2022. <https://doi.org/10.1109/ECCE50734.2022.9947443>

Wirths, S., Alfieri, G., Romano, G., Ceccarelli, E., Arango, Y., Mihaila, A., & Knoll, L. (2022). Gate Stress Study on SiN-Based SiC Power MOSFETs. Proceedings of the International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs, 2022-May, 245–248. <https://doi.org/10.1109/ISPSD49238.2022.9813671>

EQUIPO EDITORIAL

- **Directora de la revista**

PhD. Ana Teresa Berrios Rivas - Doctorado en Educación: Tecnología Instruccional y Educación a Distancia
<https://orcid.org/0000-0002-0101-176X>

- **Editor General**

MSc. Christian Patricio Cabascango Camuendo - Magíster en Diseño Mecánico con Mención en Fabricación de Autopartes
<https://orcid.org/0000-0002-4927-0832>

- **Editores Asociados**

MSc. Isabel Cristina Meléndez Mogollón - Máster Universitario en Gestión de la Seguridad Clínica del Paciente y Calidad de la Atención Sanitaria.
<https://orcid.org/0000-0002-9030-8935>

- **Administrador Tecnológico**

Ing. Christian David Moscoso G. - Ingeniero en Sistemas de la Información.
<https://orcid.org/0000-0003-1557-400X>

- **Diseñadora Gráfica**

Lic. Katerine Guaman Catucuago - Licenciada en Publicidad.

COMITÉ EDITORIAL EXTERNO

- PhD. Belkys Josefina Pereira Cuicas. Doctora en Ciencias de la Educación. Universidad Politécnica Territorial Andrés Bello Blanco. Barquisimeto, Venezuela.
- PhD. Beatriz Emilia Veracoechea F. PhD. en Tecnología Instruccional y Educación a Distancia. Universidad Abierta para Adultos (UAPA). República Dominicana
- PhD. Arsenio Perez Perez. PhD. en Tecnología Instruccional y Educación a Distancia. Broward International University. Florida, EE. UU.
- PhD. José Andrés Castillo Reyes. Doctor en Educación Superior. Quito, Ecuador.
- PhD. Raúl Gutiérrez Álvarez. PhD en Ingeniería Energética, Química y Ambiental. Riobamba, Ecuador.
- MSc. Johnny Marcelo Pancha Ramos. Magister en Sistemas Automotrices. Quito, Ecuador.
- MBA. Alberto Caceda. MBA. Business. Presidente de la Plataforma Tecnológica Peruana. Lima, Perú.
- M.Ed. Alirio Antonio Mejía Marín. Magister en Investigación Educativa. Barquisimeto, Venezuela.
- MSc. Juan Fernando Iñiguez Izquierdo. Magister Gerencia y Liderazgo Educativo. Quito, Ecuador.
- Msc. María Mercedes Cambil Caruci. Magister Scientiarum en Sistemas de Información. Barquisimeto, Venezuela
- MSc. Franz Paul Guzmán Galarza. Magister en Seguridad salud y Ambiente. Quito, Ecuador.
- Mgtr. Richard Andrés Cabrera Armijos. Magíster en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial. Universidad Iberoamericana del Ecuador. Quito, Ecuador



UNANCHAY

REVISTA CIENTÍFICA

ISSN 2953 6707

Volumen 4. Número 1. Año 2025.
Enero - junio