

El software como apoyo didáctico en la enseñanza de la electrónica digital en la educación superior en México

Software as a didactic support in the teaching of digital electronics in higher education in Mexico

 René Pérez

Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco - México
Cuernavaca, México
reneperezmi@gmail.com

RESUMEN

La educación actual ha sufrido diversas modificaciones, sobre todo con la aparición del COVID-19 en el mundo. Entre las herramientas tecnológicas que apoyan la actividad didáctica, están los softwares educativos; éstos permiten la simulación de prácticas en laboratorios virtuales que complementan el aprendizaje y permiten demostrar principios teóricos. En el presente artículo se llevó a cabo un análisis documental sobre el uso del software en la electrónica digital, se elaboró un temario común de la materia electrónica digital de las licenciaturas que oferta el Tecnológico Nacional de México. Finalmente se llevó a cabo un análisis del uso del software determinado hacia la materia en cuestión y se estableció una relación que indica el nivel de adecuación de este.

Palabras clave: Electrónica; Digital; Laboratorio; Simulación; Software

ABSTRACT

Current education has undergone various modifications, especially with the appearance of COVID-19 in the world. Among the technological tools that support the didactic activity is simulation software; These allow to carry out virtual laboratory practices that complement the learning and allow demonstrating theoretical principles. In this article, a documentary analysis was carried out on the use of software in digital electronics, a common agenda of digital electronic matter of the degrees offered by the Tecnológico Nacional de México was elaborated. Finally, an analysis of the use of the software determined towards the subject in question was carried out and a relationship was established that indicates the level of adequacy. Learning styles were identified in the group of surveyed students, and their relationship with the level of satisfaction and achievement of the software.

Keywords: Electronic; Digital; Lab; Simulation; Software

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico digital ha ido incrementándose en los últimos años, así como el uso de las herramientas digitales con fines educativos (Abdel-Maksoud, 2018), tales como sensores, computadoras y la simulación virtual, las ventajas que representa su uso son aprovechadas no solo en institutos de educación, sino que también empresas, centros de investigación y en el hogar (Wu, 2018).

Los cambios globales a la vuelta del siglo XX al XXI han puesto a la educación en la necesidad de adaptarse a las nuevas condiciones de cada país, así como la priorización de ésta en los asuntos de mayor importancia de las naciones (Abeldina et al., 2018). La coyuntura abierta por la pandemia del COVID-19, ha mostrado una serie de vulnerabilidades y riesgos (Luna-Nemecio, 2020) ante los cuales se requiere desarrollar habilidades y competencias en tecnologías que se encuentren en constante actualización. Actualmente, con la llegada de la Industria 4.0 las universidades se han convertido en el elemento principal para el desarrollo de las naciones (Soomro et al., 2018); son ellas las que deben adaptar sus programas de estudio, así como sus métodos y herramientas de enseñanza, para la formación competente de sus ingenieros (López Ríos et al., 2020; Romero-Rodríguez et al., 2020).

Una de las metas de las políticas educativas es asegurar que la calidad educativa cumpla con el desarrollo innovador que la sociedad demanda, a través de la mejora de las capacidades cognitivas se logra también el desarrollo de las competencias profesionales; por lo que es un tema muy importante en la educación moderna (Karabaevna et al., 2019). Estas necesidades han propiciado la transformación de las estrategias de aprendizaje, orientándolas hacia un enfoque educativo con el alumno como el elemento central del proceso y responsable activo del desarrollo de sus propias habilidades (Bermúdez et al., 2020), haciendo uso de recursos tecnológicos educativos (López Ríos et al., 2020; Romero-Rodríguez et al., 2020). Estos recursos prevalecen en muchos aspectos de la educación actual con la implementación de programas en línea, aprendizaje virtual, clases híbridas o bibliotecas digitales (Brunkan & Mercado, 2019). Para el caso específico de la enseñanza de la ingeniería se utilizan, entre otras herramientas, recursos basados en ambientes virtuales (Abdel-Maksoud & Nahed, F., 2018; Ndahi et al., 2007).

La aparición del COVID 19 en China —y que se propagase en todo el mundo durante el 2020— llevó a una modificación sin precedentes sobre la forma de vivir y, en específico de aprender, mismas que se tuvieron que adaptar a un confinamiento impuesto por cada gobierno nacional (Bojović et al., 2020; José et al., 2020; Luna-Nemecio & Tobón, 2021; Nassr et al., 2020; Villegas-Ch et al., 2020; Wang et al., 2020). En situaciones inesperadas como ésta, la educación basada en herramientas virtuales puede ser de gran ayuda (Romero-Rodríguez et al., 2020).

El uso de software computacional como apoyo didáctico en las escuelas de educación superior es indispensable y existe una amplia variedad de temáticas, contenidos y tipos de software que buscan adecuarse a las necesidades generales de los estudiantes, cada una con sus propias características y objetivos, sin embargo, todos tienen en común el ayudar a los estudiantes en su aprendizaje, (José et al., 2020; Molina-Carmona & Villagrà-Arnedo, 2018). Sin embargo, no existe un nivel de aprovechamiento único en el uso de estas herramientas, por lo que su eficiencia depende de diversas características propias de cada programa educativo, institución, profesor y alumno que hace uso de ellas.

Las investigaciones actuales muestran y analizan la forma en que el software educativo apoya en los programas de enseñanza en todos los niveles (Campos et al., 2020; Estany et al., 2017); tanto de forma parcial, con el uso de un software para realizar algunas prácticas o experimentos virtuales, como de forma global, con la utilización de un software como acompañamiento de todo el desarrollo de un curso educativo, señalan, las ventajas y desventajas que dicho software supone, las habilidades necesarias para su empleo y la forma de utilización (Bojović et al., 2020; Kalu, 2018; Karvinen & Karvinen, 2018; Kholis et al., 2018; Melo-Solarte et al., 2018; Rodríguez-Alabanda et al., 2019). Es inaplazable el análisis de la adecuación de los softwares, más utilizados en el TecNM, hacia una aplicación específica y adaptada a un programa educativo de una asignatura.

Esta investigación pretende analizar el uso del software computacional más utilizado en la enseñanza de la electrónica digital, en los programas de ingeniería del TecNM, y servir como guía para poder elegir el más adecuado, de acuerdo a los contenidos de los programas educativos de la materia y obtener una mayor eficiencia en el empleo del mismo. Lo anterior mediante la realización de los siguientes puntos:

-Determinar, mediante un análisis documental, los 2 softwares más utilizados en programas educativos de electrónica digital en la educación superior.

-Analizar la adecuación y porcentaje de aplicación del software determinado para el contenido temático de materias de electrónica digital en la educación superior en México, mediante la revisión de los programas educativos de las materias de electrónica digital de las distintas carreras ofertadas en el TecNM.

2. MÉTODOS

2.1 Tipo de Estudio

Se realizó un estudio de tipo documental, basado en la consulta de fuentes de información secundarias, tales como revistas indexadas y libros (Del Cid Pérez et al., 2007). A partir de la información recabada se efectuó un análisis para seleccionar, organizar y presentar la información de manera unificada, articulada y ordenada (Hernández et al., 2014; López Vázquez et al., 2020).

2.2 Categorías de Análisis

La investigación documental que se realizó se dividió en tres categorías para su organización: 1. Temas de electrónica digital en programas de ingeniería del Tecnológico Nacional de México (TecNM). 2. Software de simulación de electrónica más utilizadas en la educación superior. 3. Adecuación del software a los programas de la materia electrónica digital del TecNM (ver Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de Categorías Empleadas en el Estudio

Categorías	Descripción de las categorías	Preguntas o componentes
Electrónica digital	Se revisan los temas contenidos en los programas de electrónica digital en educación superior del TecNM.	¿Cuáles son los temas comunes en los programas de electrónica digital en la educación superior del TecNM?
Software de electrónica	Se identifican los softwares de electrónica más utilizados en la enseñanza de la electrónica.	¿Cuáles son los softwares más utilizados por estudiantes y profesores de electrónica en la educación superior?
Adecuación a los programas educativos del TecNM	Se establece la aplicabilidad del software de electrónica digital en relación con los programas de electrónica digital del TecNM	¿Cuál es el nivel de adecuación del software de acuerdo a los temarios de la materia electrónica digital del TecNM?

Fuente: Elaboración de los autores para la presente investigación

2.3 Criterios de Selección de los Documentos

- Se buscaron artículos, libros y manuales mediante las siguientes bases de datos: Scopus, Google Académico, WoS, Science Direct, Scielo, Redalyc y Latindex.
- Se emplearon las siguientes palabras esenciales “software”, “didactic” “higher education OR univesity”, junto con una o varias de las siguientes palabras complementarias: “simulation”, “calculation”, “learn*”, “tool”, “multisim”, “workbench”, “poteus”, “everycircuit”, “electric circuit” y “engineering”.
- Se seleccionaron solamente artículos de revistas indexadas, publicados entre los años

2018-2021. En algunos casos se emplearon libros de editoriales reconocidas, centros de investigación o universidades.

- Los documentos debían abordar algún elemento de las categorías establecidas.
- Se analizaron los temarios de la materia electrónica digital de las diferentes carreras ofertadas en el TecNM

2.4 Documentos Analizados

Se realizó una búsqueda y análisis en artículos de revistas indexadas, libros especializados y temarios de la materia electrónica digital del TecNM . Tabla 2.

Tabla 2. Ejemplo de Documentos Analizados en el Estudio

Documentos	Sobre el tema	De contextualización o complemento	Latinoamericanos	De otras regiones
Artículos teóricos	4	13	3	14
Artículos empíricos	8	12	1	19
Libros	0	1	1	0
Manuales	0	4	4	0

Fuente: Elaboración de los autores para la presente investigación

3. RESULTADOS

3.1 Temas de electrónica digital en programas de educación superior

En el TecNM se imparten actualmente cuatro licenciaturas que incluyen en sus planes de estudios la materia de electrónica digital: Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería en Sistemas Automotrices y como diseño digital en la licenciatura de Ingeniería Electrónica (TecNM, 2016a; TecNM, 2016b; TecNM, 2016c; TecNM, 2017). De acuerdo a este análisis se unificaron los temas de los programas mencionados, Tabla 3.

Tabla 3. Unificación de temas de los programas de Electrónica Digital en ingenierías ofertadas en el Tecnológico Nacional de México

Temas	Subtemas
1. Sistemas digitales	Características de sistemas digitales Sistemas numéricos Conversiones entre sistemas numéricos Códigos binarios y alfanuméricos
2. Compuertas lógicas y álgebra booleana	Compuertas básicas Circuitos integrados de circuitos lógicos Tablas de verdad Postulados y teoremas booleanos
3. Lógica combinacional	Minimización de funciones Minitérminos y maxitérminos Mapas de Karnaugh Implementación de funciones empleando compuertas lógicas
4. Circuitos combinacionales	Circuitos combinacionales básicos Multiplexores y demultiplexores Codificadores y decodificadores

5. Circuitos secuenciales

Temporizadores

Flip flops

Contadores, registros y memorias

Fuente: Elaboración de los autores para la presente investigación

3.2 Software de simulación de electrónica más utilizadas en la educación superior

La experimentación en el aprendizaje es una parte fundamental para corroborar los conocimientos teóricos y para fortalecer el aprendizaje (Dak et al., 2018; Saleheen et al., 2018; Zheng et al., 2018). En el caso de la enseñanza de la ingeniería, es de suma importancia el que los estudiantes comprendan los principios y el funcionamiento de tópicos específicos (Okoyeigbo et al., 2020; Ortega-Alvarez et al., 2018; Sharma & Mantri, 2019). Existe un pensamiento en común, por parte de investigadores y académicos, respecto a que el uso de software y herramientas tecnológicas de simulación pueden potencializar el proceso de aprendizaje y promover la capacitación y preparación profesional de los estudiantes (Campos et al., 2020).

La práctica es de suma importancia en el plan de estudios de la ingeniería (Alajbeg & Sokele, 2019) which enable design, simulation, measuring and circuit analysis as well as PCB (Printed Circuit Board). Existen herramientas digitales para tal fin, las mayormente encontradas en los documentos revisados para el aprendizaje de la electrónica digital, son las siguientes:

- Multisim: Permite la simulación, análisis y verificación de un circuito eléctrico, así como de dispositivos y sistemas (Marianoga & Palczynska, 2018; Srikanth et al., 2019), además de aumentar la motivación y mejora la comprensión de la electrónica (Lilyanova, 2019). Pese a no ofrecer una simulación perfecta es una buena alternativa para comprobar un circuito (Kavianpour, 2019).
- Proteus: Software de simulación que contiene una gran biblioteca de circuitos integrados, dispositivos y equipo eléctrico y electrónico Kavianpour, 2019).

3.3 Adecuación del software a los programas de la materia electrónica digital del TecNM

El uso de herramientas virtuales de aprendizaje está siendo cada vez más frecuente en los sistemas educativos (Laeq & Memon, 2018). A través de la integración de las TIC's, se están ampliando los horizontes del aprendizaje electrónico; de tal manera que muchas universidades en el mundo ofrecen cada vez más este modo de aprendizaje en su oferta de estudios (Basri & Siam, 2018; Bojović et al., 2020; Farid et al., 2018).

Después de la revisión y unificación de los temarios de electrónica digital en las ingenierías ofertadas por el TecNM, se realizó encontró la posibilidad de simular los temas contenidos de acuerdo a la Tabla 4.

Tabla 4. Adecuación de software de simulación más utilizado con respecto a los temas contenidos en un programa de asignatura de electrónica digital en el TecNM

Temas comunes contenidos en los programas educativos de la materia electrónica digital del TecNM	Prácticas que pueden realizarse con el software Multisim	Prácticas que pueden realizarse con el software Proteus
Características de sistemas digitales	No	No
Conversiones entre sistemas numéricos	No	No
Códigos binarios y alfanuméricos	No	No
Compuertas básicas	Sí	Sí
Circuitos integrados de circuitos lógicos	Sí	Sí

Tablas de verdad	Sí	Sí
Postulados y teoremas booleanos	No	No
Minimización de funciones	Sí	Sí
Minitérminos y maxitérminos	No	No
Mapas de Karnaugh	No	No
Implementación de funciones empleando compuertas lógicas	Sí	Sí
Circuitos combinacionales básicos	Sí	Sí
Multiplexores y demultiplexores	Sí	Sí
Codificadores y decodificadores	Sí	Sí
Temporizadores	Sí	Sí
Flip flops	Sí	Sí
Contadores, registros y memorias	Sí	Sí

Fuente: Elaboración de los autores para la presente investigación.

4. DISCUSIÓN

A partir del análisis documental llevado a cabo, el presente estudio mostró que el uso del software de simulación es de gran ayuda en la educación, presencial y distancia (Basri & Siam, 2018; Bojović et al., 2020; Farid et al., 2018; Laeeq & Memon, 2018; (Romero-Rodriguez et al., 2020). Entre las herramientas de simulación, en el ámbito de la ingeniería electrónica, las más usadas para implementación de circuitos son: Multisim, Proteus y Labview (Asparuhova et al., 2018; Dak et al., 2018; Kavianpour, 2019; Lilyanova, 2019; Marianoga & Palczynska, 2018; Srikanth et al., 2019; Tortoreli et al., 2017); Tanto Multisim como Proteus, permiten el desarrollo de diversas prácticas de laboratorio y analizar los resultados de las mismas. Con el análisis realizado, se observó que la aplicación de estos dos softwares está enfocada en la realización de simulaciones específicas, sin embargo, no se establece un análisis para el acompañamiento de una materia en particular. Las dos herramientas más utilizadas fueron Multisim y Proteus, por lo que en la investigación realizada el enfoque fue, principalmente, en estas 2 herramientas.

En segundo lugar, puede concluirse que el 65% de los temas, que son coincidentes en temarios de la materia electrónica digital de programas de ingeniería del TecNM, pueden simularse, tanto en Multisim como en Proteus. Las limitaciones que muestra el estudio es el 35% de temas restantes, lo que muestra que cumple parcialmente con el acompañamiento de la enseñanza de la materia electrónica digital, de acuerdo a los planes de ingenierías del TecNM.

Existe la posibilidad de generar nuevas herramientas que faciliten el aprendizaje, a través de la elaboración de la simulación de prácticas de laboratorio, y que sean apegadas a programas educativos de la materia electrónica digital; esto de acuerdo a los programas del TecNM.

5. CONCLUSIONES

Una primera conclusión es que los contenidos temáticos de los programas educativos de la materia electrónica digital, ofertada en las distintas carreras que se ofertan en el TecNM, tienen temas en común que permiten establecer un temario general para abordar el análisis requerido para esta investigación, que fue establecer la relación entre dichos contenidos con un software de simulación.

Con el análisis documental de las revistas revisadas, se encontró que los softwares de simulación más utilizados para la elaboración de prácticas virtuales en el campo de la electrónica digital, son multisim y proteus.

La investigación nos permitió ver el alcance que tienen los softwares multisim y proteus, para la realización de prácticas virtuales de laboratorio, en relación a los temas del programa general de electrónica digital; cuyo resultado nos muestra una igualdad en este rubro.

La limitante de este estudio radica en que el análisis de los contenidos temáticos se realizó solo programas educativos pertenecientes al TecNM, por lo que, para determinar la adecuación de estas aplicaciones hacia programas de estudio pertenecientes a otros centros de estudio, es necesario llevar a cabo un estudio particular. Lo anterior es un área de oportunidad para un análisis más extenso, en el que se abarquen otras instituciones de educación superior, ya sea a nivel nacional e incluso internacional.

REFERENCIAS

- Abdel-Maksoud, N. F. (2018). When virtual becomes better than real: Investigating the impact of a networking simulation on learning and motivation. *International Journal of Education and Practice*, 6(4), 253–270. <https://doi.org/10.18488/journal.61.2018.64.253-270>
- Abeldina, Z., Makys, G., Moldumarov, Z., Abeldina, R., & Moldumarov, Z. (2018). Virtual environment as a tool for increasing students' natural science literacy. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(4), 1–6. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.38.24309>
- Alajbeg, T., & Sokele, M. (2019). Implementation of Electronic Design Automation software tool in the learning process. *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2019 - Proceedings*, 532–536. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2019.8757096>
- Asparuhova, K., Shehova, D., & Lyubomirov, S. (2018, November 27). Using Proteus to Support Engineering Student Learning: Microcontroller-Driven Sensors Case Study. *2018 IEEE 27th International Scientific Conference Electronics, ET 2018 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ET.2018.8549587>
- Basri, W. S., & Siam, M. R. A. (2018). Information Communication Technology (ICT) in educational institutions and strategic initiatives. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(4), 462–464. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.28.22631>
- Bermúdez, M., Puertas, J., & Cea, L. (2020). Introducing Excel spreadsheet calculations and numerical simulations with professional software into an undergraduate hydraulic engineering course. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(1), 193–206. <https://doi.org/10.1002/cae.22185>
- Bojović, Ž., Bojović, P. D., Vujošević, D., & Šuh, J. (2020). Education in times of crisis: Rapid transition to distance learning. *Computer Applications in Engineering Education*. <https://doi.org/10.1002/cae.22318>
- Brunkan, M. C., & Mercado, E. M. (2019). A Comparison of Laboratory and Virtual Laryngeal Dissection Experiences on Preservice Music Educators' Knowledge and Perceptions. *Journal of Voice*, 33(6), 872–879. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.06.012>
- Campos, N., Nogal, M., Caliz, C., & Juan, A. A. (2020). Simulation-based education involving online and on-campus models in different European universities. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0181-y>
- Dak, R., Khoje, S., & Pardeshi, P. J. (2018). A review on cost-efficient virtual laboratory: A teaching aid. *Proceedings of the International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2017*, 663–667. <https://doi.org/10.1109/ICCMC.2017.8282549>
- Del Cid Pérez, A., Méndez, R., & Sandoval Recinos, F. (2007). *Investigación. Fundamentos y metodología*. PEARSON EDUCACIÓN.
- Estany, P., Calvet, L., Juan, A. A., & Fonseca I Casas, P. (2017). Using simulation to estimate evacuation times in large-size aircrafts: A case study with simio. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 3335–3345. <https://doi.org/10.1109/WSC.2017.8248050>
- Farid, S., Ahmad, R., Alam, M., Akbar, A., & Chang, V. (2018). A sustainable quality assessment model for the information delivery in E-learning systems. *Information Discovery and Delivery*, 46(1), 1–25. <https://doi.org/10.1108/IDD-11-2016-0047>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.
- José, F., Casado-Lumbreras, C., Colomo-Palacios, R., & Yadav, A. (2020). Smart learning. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 19, pp. 1–7). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app10196964>

- Kalu, A. (2018). Z-matrix for calculating mesh currents. *Journal of Engineering Technology*, 35(1), 40–45.
- Karabaeva, Z., Musurmanova, A., & Xamroevich, R. (2019). Improving the competence of future vocational education teachers based on modular-rating education. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9(1), 6903–6906. <https://doi.org/10.35940/ijeat.A2997.109119>
- Karvinen, K., & Karvinen, T. (2018). IoT rapid prototyping laboratory setup. *International Journal of Engineering Education*, 34(1), 263–272.
- Kavianpour, A. (2019, June 15). Simulation software for online teaching of ECE courses. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--33267>
- Kholis, N., Syarifuddin Zuhrie, M., & Rahmadian, R. (2018). Innovation Online Teaching Module Plus Digital Engineering Kit with Proteus Software through Hybrid Learning Method to Improve Student Skills. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 336(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/336/1/012036>
- Laeq, K., & Memon, Z. A. (2018). An integrated model to enhance Virtual Learning Environments with current social networking perspective. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(9), 252–268. <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i09.8000>
- Lilyanova, I. (2019, June 1). Innovation in the teaching methodology of electronics. *2019 16th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems, ELMA 2019 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ELMA.2019.8771678>
- López Ríos, O., Lechuga López, L. J., & Lechuga López, G. (2020). A comprehensive statistical assessment framework to measure the impact of immersive environments on skills of higher education students: a case study. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 14(4), 1395–1410. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00698-1>
- López Vázquez, R., Tobón, S. T., Guadalupe, M., Bucheli, V., & Gibran Juárez Hernández, L. (2020). La mediación didáctica socioformativa en el aula para favorecer la inclusión educativa The socioformative didactic mediation in the classroom to favors educational inclusion. *Revista Fuentes*, 23, 2. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.v23.i2.02>
- Luna-Nemecio, J. (2020). Determinaciones socioambientales del COVID-19 y vulnerabilidad económica, espacial y sanitario-institucional. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(2), 21–26. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i2.32419>
- Luna-Nemecio, J. & Tobón, S. (2021). Urbanización sustentable y resiliente ante el Covid-19: nuevos horizontes para la investigación de las ciudades. *Universidad y Sociedad*, 13(1), 110–118. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1906>
- Marianoga, K., & Palczynska, B. (2018). The Simulation Laboratory Platform Based on Multisim for Electronic Engineering Education. *2018 International Conference on Signals and Electronic Systems, ICSES 2018 - Proceedings*, 269–274. <https://doi.org/10.1109/ICSES.2018.8507313>
- Melo-Solarte, D. S., Díaz, P. A., Vega, O. A., & Serna, C. A. (2018). Digital situation for higher education institutions: Model and tool. *Informacion Tecnologica*, 29(6), 163–174. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600163>
- Molina-Carmona, R., & Villagrà-Arnedo, C. (2018). Smart learning. *ACM International Conference Proceeding Series*, 645–647. <https://doi.org/10.1145/3284179.3284288>
- Nassr, R. M., Aborujilah, A., Aldossary, D. A., & Aldossary, A. A. A. (2020). Understanding Education Difficulty During COVID-19 Lockdown: Reports on Malaysian University Students' Experience. *IEEE Access*, 8, 186939–186950. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3029967>
- Ndahi, H. B., Charturvedi, S., Akan, A. O., & Pickering, J. W. (2007). Engineering education: web-based interactive learning resources. *The Technology Teacher*, 67(3).
- Okoyeigbo, O., Agboje, E., Omuabor, E., Samson, U. A., & Orimogunje, A. (2020). Design and implementation of a Java based virtual laboratory for data communication simulation. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(6), 5883–5890. <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i6.pp5883-5890>
- Rodríguez-Alabanda, O., Guerrero-Vaca, G., Romero, P. E., & Sevilla, L. (2019). Educational software tool based on the analytical methodology for design and technological analysis of multi-step drawing processes. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(1), 38–48. <https://doi.org/10.1002/cae.22055>
- Romero-Rodríguez, J. M., Aznar-Díaz, I., Hinojo-Lucena, F. J., & Gomez-Garcia, G. (2020). Mobile Learning in Higher Education: Structural Equation Model for Good Teaching Practices. *IEEE Access*, 8, 91761–

91769. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994967>
- Saleheen, F., Wang, Z., Picone, J., Butz, B. P., & Won, C. H. (2018). Efficacy of a virtual teaching assistant in an open laboratory environment for electric circuits. *Advances in Engineering Education*, 6(3), 1–27.
- Sharma, B., & Mantri, A. (2019). Augmented reality underpinned instructional design (ARUIDS) for cognitive load. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 16(10), 4379–4388. <https://doi.org/10.1166/jctn.2019.8529>
- Soomro, S., Soomro, A. B., Bhatti, T., & Ali, N. I. (2018). Implementation of blended learning in teaching at the Higher Education Institutions of Pakistan. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(8), 259–264. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2018.090833>
- Srikanth, M., Kumar, S., Gireesh, N., Manideep, T. V. N., Harichandana, B., & Sangeetha, K. (2019, March 1). A Different way of Level measurement for PBL in Education of Students using NI-LabVIEW, Multisim and MyRIO. *2019 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies, i-PACT 2019*. <https://doi.org/10.1109/i-PACT44901.2019.8960023>
- Tecnológico Nacional de México. (2016). Programa instrumental de la materia AEC-1022 Electrónica Digital. Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica.
- Tecnológico Nacional de México. (2016). Programa instrumental de la materia MTF-1013 Electrónica Digital. Ingeniería Mecatrónica.
- Tecnológico Nacional de México. (2016). Programa instrumental de la materia SAF-1314 Electrónica Digital. Ingeniería en Sistemas Automotrices
- Tecnológico Nacional de México. (2016). Programa instrumental de la materia ETF-1014 Diseño Digital. Ingeniería Electrónica
- Tortoreli, M. D., Chatzarakis, G. E., Voudoukis, N. F., Pagiatakis, G. K., & Papadakis, A. E. (2017). Teaching fundamentals of photovoltaic array performance with simulation tools. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 54(1), 82–94. <https://doi.org/10.1177/0020720916669157>
- Villegas-Ch, W., Roman-Cañizares, M., Jaramillo-Alcázar, A., & Palacios-Pacheco, X. (2020). Data analysis as a tool for the application of adaptive learning in a university environment. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(20), 1–19. <https://doi.org/10.3390/app10207016>
- Wang, T., Wang, B., & Liang, Y. (2020). Multi-agent graphical games with input constraints: an online learning solution. *Control Theory and Technology*, 18(2), 148–159. <https://doi.org/10.1007/s11768-020-0013-6>
- Wu, J. (2018). A space design teaching model using virtual simulation technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(6), 163–175. <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i06.8585>
- Zheng, W., Shi, J., Qiao, J., Xu, T., Feng, L., & Fu, P. (2018). Virtual laboratory application development for mobile terminal. *International Journal of Online Engineering*, 14(2), 76–89. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v14i02.7779>

AUTOR

René Pérez. Maestro en Educación con Enfoque en la Innovación de la Práctica Docente Ingeniero Mecánico Electricista Área: Ingeniería Eléctrica y Electrónica Profesor Investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Tlaxco. Estudiante de Doctorado en Socioformación y Sociedad del Conocimiento.

Conflicto de intereses

No existe ningún conflicto de intereses.

Financiamiento

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimientos

Agradezco al Centro Universitario CIFE y al Dr. Josemanuel Luna-Nemecio por el asesoramiento en la elaboración de este artículo.