

El uso de simuladores para la enseñanza en línea de electrónica básica

Patricia Avitia Carlos^a, Bernabé Rodríguez Tapia^b, Norma Candolfi Arballo^c

Universidad Autónoma de Baja California, Tijuana, México, ^apatricia_avitia@uabc.edu.mx, ^brodriguez.bernabe@uabc.edu.mx , ^cncandolfi@uabc.edu.mx

Resumen

Dentro de la enseñanza de la ingeniería se considera a las actividades prácticas de laboratorio como fundamentales para el desarrollo de competencias técnicas específicas en el estudiante, mismas que son requeridas en el campo profesional. Empero, la contingencia internacional por Covid-19 ocasionó la migración de las actividades de enseñanza presencial al espacio virtual y dificultando este proceso. El propósito del presente estudio consistió en la identificación de las estrategias didácticas desarrolladas por docentes universitarios del área de electrónica para el desarrollo de competencias técnicas, ante las limitantes presentes para la realización de prácticas de laboratorio presenciales. Se indagó además sobre la valoración que éstos docentes realizan de la efectividad general de dichas estrategias y de las propias limitantes. Con dicho objetivo se realizó un estudio descriptivo de corte cualitativo. Se aplicó un cuestionario en línea a un grupo de ocho expertos, quienes imparten docencia a nivel licenciatura en programas de ingeniería. Los resultados obtenidos muestran que los docentes han modificado la organización de sus actividades, no así su alcance o contenidos. El uso de software de simulación se erige como la principal estrategia, mismo que previamente era considerado como complementario a la dimensión teórica. Adicionalmente, las limitantes de acceso de los estudiantes a recursos en línea para la simulación constituyen la principal preocupación docente.

Palabras clave: *educación en ingeniería, simulación, electrónica, competencias técnicas.*

Introducción

Los continuos avances tecnológicos y su impacto en las dinámicas sociales demandan una actualización de la educación superior. Siendo la ingeniería una disciplina orientada a proveer soluciones a necesidades sociales cotidianas por medio de la tecnología y el conocimiento científico (Pleasant & Olson, 2018), sería esperable que liderara una innovación educativa adoptando nuevas tecnologías, dotando de pertinencia a sus perfiles de egreso. Pongamos por caso a la industria 4.0, la cual conlleva la digitalización e interconexión de sistemas ciberfísicos, así como la inteligencia que aporta la analítica de datos a la manufactura y los negocios (Yang, 2017). Los profesionistas de ingeniería deben ser capaces de adaptarse a este contexto, colaborar interdisciplinariamente en entornos virtuales y desarrollar a la par las competencias técnicas requeridas. Para Delgado et al (2019), los métodos de enseñanza deben actualizarse de manera acorde a estos avances, a fin de que proporcionen a los estudiantes actuales un espectro más amplio de habilidades y capacidades laborales específicas para desempeñarse profesionalmente en esta industria. Empero, algunos autores señalan que en la formación universitaria de ingenieros prevalece el enfoque tradicional y que estos programas han encontrado mayores obstáculos para migrar a los entornos virtuales en comparación con otras disciplinas (Bourne, Harris & Mayadas, 2005; Contreras, García & Ramírez, 2010).

Uno de los motivos por los cuales se ha restringido la transición de la enseñanza de los programas de ingeniería a la virtualidad es la complejidad de transformar efectivamente a las actividades de laboratorio (Bourne, Harris & Mayadas, 2005). Estas actividades son consideradas parte integral de la formación de nuevos ingenieros (Feisel & Rosa, 2005) por ser básicas para el desarrollo de competencias requeridas en el campo laboral. El trabajo desarrollado en los laboratorios provee a los estudiantes de competencias en el manejo de instrumental y equipo, la recolección e interpretación de datos, a la vez que los dota de habilidades manuales y los capacita en el seguimiento de procedimientos estándares de seguridad. Asimismo, fortifica el trabajo metódico y sistemático, proveyendo una comprensión más amplia de la aleatoriedad que aportan las condiciones de trabajo a los resultados obtenidos en la construcción y operación física, con relación a los parámetros teóricos esperados (Martínez & Cantú, 2017). De igual manera, se considera que el trabajo de laboratorio promueve la comunicación, colaboración, trabajo en equipo, ética, y mejora la comprensión de conceptos teóricos (Rathod & Kalbande, 2016). Particularmente, en el área de electrónica de los cursos de ingeniería, el trabajo de laboratorio resulta esencial. Los estudiantes adquieren en estos la habilidad para la manipulación de instrumentos, analizan fenómenos no observables a simple vista contrastándolos con la teoría y, sobre todo, aprenden técnicas de trabajo seguras en un ambiente controlado.

El presente trabajo indaga sobre las estrategias empleadas por docentes de cursos de electrónica a nivel superior, a fin de llevar a la virtualidad el trabajo de laboratorio asociado, por efecto de la pandemia por SARS-CoV-2.

1.1. Laboratorios virtuales para la enseñanza

Para empezar, podemos distinguir entre los distintos tipos de laboratorios existentes en las instituciones de educación superior del área de ingeniería, de acuerdo con su propósito. Posteriormente, podemos observar su relación con los objetivos de aprendizaje de los cursos de ingeniería, a partir de las competencias que desarrollan. Esto nos permite visualizar cuáles son las actividades desarrolladas en los laboratorios proclives a trasladarse al medio virtual. Así, encontramos que de acuerdo con Feisel & Rosa (2005), los laboratorios pueden ser de desarrollo, investigación o educativos. Sus diferencias radican en los objetivos educativos que se espera aporte cada uno de ellos, mismos que deben estar claros tanto en el diseño del programa como para el docente. Como ha sido señalado anteriormente, el propósito atribuido a los laboratorios educativos reside en aprender técnicas que se espera que los ingenieros sepan y para ello dicho conocimiento debe estar claramente definido dentro de los objetivos de aprendizaje. En esta óptica, para Rathod & Kalbande (2016) la estructura tradicional del trabajo de laboratorio requiere más bien de poco pensamiento crítico para el desarrollo de un experimento y, en consecuencia, la profundidad del aprendizaje alcanzado es baja.

Por otra parte, y basados en las teoría conductista del aprendizaje, los autores Salim, Puteh, & Mohd Daud relacionan las actividades de los laboratorios de enseñanza de electrónica con el desarrollo del dominio psicomotor. Así, citando a Ferris & Aziz (2005, como se citó en Salim et al, 2010) establecen siete categorías de desarrollo: 1) Reconocimiento de herramientas y materiales, 2) Manejo de herramientas y materiales, 3) Operación básica de herramientas, 4) Operación competente de herramientas, 5) Operación experta de herramientas, 6) Planeación de operaciones de trabajo, y 7) Evaluación de resultados y planificación para la mejora. Los autores coinciden en que cada uno de estos niveles de dominio deben ser analizados y tenerse muy clara la manera de ser abordados en la planificación de actividades de aprendizaje dentro de los laboratorios de electrónica.

Si los niveles de desarrollo psicomotor señalados se obtienen de la manipulación manual de equipos y herramientas, ¿qué ocurre entonces con el desarrollo de competencias cuando estas se trasladan al medio virtual a través del equipo de cómputo? Los autores Zendler & Gohl (2019), comparan la valoración docente del aprendizaje basado en computadora contra la instrucción directa en la enseñanza de ingeniería. Si bien encuentran que el aprendizaje basado en problemas es el método mejor valorado por docentes STEM (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés) para apoyar el aprendizaje, siguen a este método en apreciación docente el aprendizaje por objetivos, aprendizaje por descubrimiento, trabajo por proyectos y en último lugar la instrucción directa. De acuerdo con los mismos

docentes, si el aprendizaje se caracteriza por los procesos de construir, procesar, aplicar y transferir, entonces la instrucción directa se ajusta bien a construir y procesar, mientras que la simulación por computadora es adecuada para la aplicación y transferencia de conocimiento.

Se identifican dos aproximaciones en la implementación de laboratorios en línea dentro de la enseñanza de ingeniería: laboratorios virtuales con simulaciones educativas y laboratorios remotos (Bourne, Harris & Mayadas, 2015). Los primeros consisten en el uso de simulaciones basadas en la red que proveerían de varias de las competencias requeridas en la ingeniería y algunas, limitadas, de experimentación. Esto es debido a que las simulaciones educativas son típicamente limitadas en alcance y exactitud, mientras que los simuladores profesionales resultan más costosos. La segunda aproximación consiste en los laboratorios remotos, los cuales hacen uso de Internet para observar y manipular equipo e instrumentación localizados a distancia. Los autores citados esperan sean cada vez más comunes, haciendo posible la obtención de grados de ingeniería completamente en línea. Sin embargo, señalan también que aún cuando diversos estudios muestran similar efectividad entre los laboratorios remotos y los virtuales, su adopción permanece relativamente baja.

1.2. Aprendizaje de ingeniería utilizando simuladores

La simulación por computadora se ha empleado tradicionalmente dentro de la educación en ingeniería. En el contexto de las teorías de aprendizaje, la simulación por computadora se ubica dentro de la teoría constructivista. Este método de enseñanza conlleva seis pasos: introducción, definición del problema, planeación, ejecución y registro, ampliación de la base de conocimiento y nuevas hipótesis y repetición de los pasos (Zendler & Gohl, 2019).

Las simulaciones pueden utilizarse como experiencias previas al trabajo experimental de laboratorio para darles una idea de lo que encontrarán en un experimento real. Esto contribuye a incrementar la seguridad de los laboratorios, producir ahorros financieros al reducir el tiempo que requieren los estudiantes en el laboratorio y, por tanto, el número de estaciones de trabajo requeridas. Las simulaciones también pueden ser usadas como sustitutos de ejercicios del laboratorio físico (Rathod & Kalbande, 2016). En este último caso, entender que el ejercicio se refiere a una actividad planificada con resultados esperados y no a experimentaciones de investigación o desarrollo.

El uso de simulaciones es útil para desarrollar estudios experimentales de sistemas que son demasiado grandes, costosos o peligrosos para ser manipulados por estudiantes de licenciatura (Rathod & Kalbande, 2016). En el mismo sentido se expresan otros autores (Martínez & Cantú, 2017; Feisel & Rosa, 2005), para quienes las simulaciones permiten afrontar los retos económicos involucrados en la adquisición de equipo de laboratorio, y realizar actividades con mayor seguridad, sin riesgo a los estudiantes ni a dañar el equipo.

Las autoras Noga & Palczynska (2017) reportan con relación al uso de simuladores que estos permiten a los estudiantes una mejor comprensión de los materiales y principios expuestos en las clases.

Asimismo, Martínez & Cantú (2017) consideran al uso de simuladores como una herramienta adicional para la docencia, que mejora la atención del estudiante y propicia un aprendizaje significativo al emplearse a la par con técnicas dinámicas en enseñanza. De la misma manera, Feisel & Rosa (2005) pugnan por una mejor definición de los objetivos de trabajo del laboratorio, de manera que puedan aprovecharse realmente las herramientas computacionales, o bien, dejar de pensar que solamente se aprende en el laboratorio físico. Además, Cabero-Almenara & Costas (2016) identificaron en su trabajo un alto nivel de satisfacción de estudiantes y expertos usuarios de un simulador en la enseñanza, además de encontrarlo eficaz para aprender contenidos a través de este.

Por el contrario, entre las críticas iniciales realizadas a las simulaciones, se incluye el considerarlas demasiado rígidas, con modelos muy poco realistas o con resultados de simulación que no representan adecuadamente a los sistemas del mundo y real y su comportamiento (Feisel & Rosa, 2005). Además, las autoras Contreras et al. (2010), quienes realizan un estudio sobre el uso de simuladores en la enseñanza de ciencias básicas y programación en una universidad privada de Colombia, encuentran que su uso en el proceso de enseñanza-aprendizaje es muy escaso y que las evaluaciones siguen mecanismos tradicionales, en algunos casos memorísticos.

Método

La contingencia global por el virus SARS-CoV-2 presente desde finales del año 2019, conllevó la abrupta interrupción de la educación formal presencial en la mayoría de los países del orbe y todos los niveles educativos (UNESCO, 2021). En muchos casos, se presentó una migración desde las aulas físicas a los espacios virtuales, tal fue el caso de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología (FCITEC) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Siendo esta una Facultad en la que se imparten clases a nivel licenciatura de distintos programas de ingeniería, los docentes del área académica de electrónica han debido desarrollar estrategias que les permita continuar con las actividades de enseñanza-aprendizaje en el entorno virtual, incluyendo aquellas correspondientes al trabajo de laboratorio.

Con el objetivo de conocer las estrategias empleadas por los docentes para desarrollar en los estudiantes competencias habitualmente relacionadas con el trabajo de laboratorio, así como la valoración que realizan de las mismas, se realizó un estudio descriptivo de corte cualitativo. Para ello se aplicó un cuestionario en línea a un grupo de ocho expertos, quienes imparten

docencia a nivel licenciatura en programas de ingeniería. El cuestionario contaba con preguntas cerradas con opción a ampliar los comentarios.

Resultados

Se entrevistó a ocho profesores del área de electrónica, cinco hombres y tres mujeres, con una edad promedio de 39 años. De los mismos, siete son profesores de tiempo completo y uno es profesor a tiempo parcial. Imparten sus cursos en los programas de Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Aeroespacial o Bioingeniería. Cada uno ha impartido al menos un curso de electrónica durante el periodo de distanciamiento social por contingencia y sus grupos constan de 20 estudiantes en promedio.

Entre los cambios observados en sus dinámicas de trabajo se encuentra la organización del trabajo colaborativo. La mitad de los docentes ha modificado la configuración de los equipos de laboratorio para reducir el número de integrantes. Los docentes reportan que en condiciones regulares sus estudiantes trabajaban en parejas (37.5%) o en equipos de tres o más personas (62.5%). Sin embargo, a raíz del trabajo en línea sus grupos se organizan para trabajar de manera individual (50%), en parejas (25%) o en equipos de tres o más personas (25%).

En cuanto a los ejercicios realizados, los docentes reportan una reducción en el número de practicas que desarrollan durante el semestre. De casi doce practicas que reportan realizaban en promedio, han disminuido el número a ocho. Las estrategias que utilizan para hacer las prácticas de laboratorio incluyen principalmente el empleo de simuladores por parte de los estudiantes, ya sea con versiones o aplicaciones gratuitas en línea. Solamente (37.5%) de los docentes reportan solicitar a los estudiantes realizar sus prácticas físicamente en casa.

Los docentes graban videos donde demuestran a los estudiantes el uso del software de simulación (75%) o la ejecución de las practicas con el equipo de laboratorio (50%) o incluso agendan sesiones de videoconferencia donde muestran a los estudiantes el uso del software de simulación (12.5%). El software empleado es recurso libre (87.5%) y solamente un docente reporta emplear software con licenciamiento. La principal característica que consideran para elegir un software para realizar prácticas con los estudiantes es en primer termino la disponibilidad (62.5%) y en segundo lugar la funcionalidad (12.5%).

Posteriormente se solicitó a los docentes que calificaran con una escala de Likert de 5 puntos (Totalmente de Acuerdo=4, De acuerdo=3, Neutral=2, En Desacuerdo=1, Totalmente en Desacuerdo=0) a varias afirmaciones relacionadas con el desempeño de los laboratorios en la situación de educación en línea por contingencia. Sus respuestas se resumen en la Tabla 1.1, donde puede verse que los docentes consideran indispensable la ejecución física de practicas de laboratorio para la adquisición de competencias de egreso, pero están

parcialmente de acuerdo en que las practicas simuladas contribuyen adecuadamente a la construcción de competencias de egreso de los estudiantes.

Tabla 1.1. Valoración docente del uso de simuladores para actividades de laboratorio

Afirmación	Puntos
La ejecución física de prácticas de laboratorio es indispensable para la adquisición de competencias de egreso de los estudiantes.	3.5
La capacidad económica de los estudiantes es por lo regular un obstáculo para la realización de prácticas de laboratorio.	2.4
Durante la contingencia he migrado todas mis practicas físicas a virtuales.	3.4
Como docente, cuento con los recursos necesarios para realizar las practicas (físicas o simuladas) requeridas en mis cursos desde casa.	3
Las practicas simuladas contribuyen adecuadamente a la construcción de competencias de egreso de los estudiantes.	2.8
Los estudiantes cuentan con acceso a recursos para la realización de simulaciones desde sus hogares.	3
El desempeño general de los estudiantes en la realización de prácticas de laboratorio simuladas ha sido bueno.	3

Conclusiones

Los sistemas educativos han sido desafiados por el distanciamiento social impuesto por la situación de contingencia ante SARS-CoV-2. Los programas de ingeniería han debido acelerar sus procesos de actualización y reconsiderar la figura de los laboratorios dentro de su enseñanza. Un primer paso obligado lo constituye el acceso de docentes y alumnos a recursos en línea, para lo cual la disponibilidad de los recursos abiertos es una oportunidad para practicas educativas, que no así para desarrollar actividades de investigación y desarrollo.

En la enseñanza de ingeniería, las practicas de laboratorio son consideran indispensables por los docentes. Sin embargo, al cuestionárles sobre las simulaciones las consideran medianamente adecuadas para el desarrollo de competencias. La determinación de cuáles competencias en particular desarrollan y cuáles no, es un tema para continuar revisando y analizando conforme avanzan técnicamente los programas de simulación, su disponibilidad y su capacidad para interconectarse con sistemas gestores de aprendizaje. Estos rasgos deben contrastarse con los objetivos específicos de aprendizaje para emplearse de manera más eficiente, abriéndose a la posibilidad de trasladar algunas actividades a la virtualidad.

Los docentes también nos indican que las dinámicas con la que se realizan las actividades de laboratorio por los estudiantes debe ser replanteada, afianzando la comunicación entre los mismos y con el docente. A su vez, los docentes tienen necesidades particulares ya sea de

dotación de recursos materiales para su labor, de actualización en su campo disciplinar y de formación docente para la enseñanza y evaluación en línea.

Referencias

- Bourne, J., Harris, D., & Mayadas, F. (2005). Online Engineering Education: Learning Anywhere, Anytime. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 131-136.
- Cabero-Almenara, J., & Costas, J. (2016). La utilización de simuladores para la formación de los alumnos. *Prisma Social*, (17), 343-372. Recuperado de <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=353749552015>
- Contreras Gelves, G. A., García Torres, R., & Ramírez Montoya, M. S. (2010). Uso de simuladores como recurso digital para la transferencia de conocimiento. *Apertura*, 2(1), 1-14. Recuperado de <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/22/32>
- Delgado Prieto, M., Fernandez Sobrino, A., Ruiz Soto, L., Romero, D., Fibla Biosca, P., & Romeral Martínez, L. (2019). Active Learning based Laboratory towards Engineering Education 4.0. *24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, (pp. 776-783). doi:10.1109/ETFA.2019.8869509
- Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The Role of the Laboratory in Undergraduate Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 121-130.
- Ferris, T. L., & Aziz, S. M. (2005). A psychomotor skills extension to Bloom's taxonomy of education objectives for Engineering education. *Exploring Innovation in Education and Research (iCEER)*, (pp. 1-6). Tainan, Taiwan.
- Martínez-Marín, F. A., & Cantú-Munguía, I. A. (2017). Manejo de la simulación en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 12(24), 58-62.
- Noga, K. M., & Palczynska, B. (2018). The Simulation Laboratory Platform Based on Multisim for Electronic Engineering Education. *International Conference on signals and electronic systems (ICSES)*, (pp. 269-274). Cracovia, Polonia.
- Pleasant, J., & Olson, J. K. (2018). What is engineering? Elaborating the nature of engineering for K-12 education. *Science Education* (103), 145-166. doi:<https://doi.org/10.1002/sce.21483>.
- Rathod, S. S., & Kalbande, D. R. (2016). Improving Laboratory Experiences in Engineering Education. *Journal of Engineering Education Transformations*, 29(4), 51-60.
- Salim, K. R., Puteh, M., & Daud, S. M. (2011). Levels of Practical Skills in Basic Electronic Laboratory: Students' Perceptions. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 231-235). Amman, Jordania: IEEE.
- UNESCO. (2021). La educación en América Latina y el Caribe ante la COVID-19. Recuperado de UNESCO Santiago: <https://es.unesco.org/fieldoffice/santiago/covid-19-education-alc>
- Yang, L. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.

Zendler, A., & Gohl, M. (2019). Direct Instruction vs. Computer Simulation and their Learning Outcome in Engineering Education. *International Journal of Engineering Education (IJEE)*, 1(2), 91-98. doi: <http://dx.doi.org/10.14710/ijee.1.2.91-98>

