

Importancia del uso de simuladores educativos para la formación de estudiantes de ingeniería

Hurtado Rangel Ricardo, Murillo Yáñez Luis E., Avalos Bravo Armando Tonatiuh

¹ Departamento de Control y Automatización, Instituto Politécnico Nacional, Av. IPN s/n, Ciudad de México, C.P. 07738, México

² Departamento de Ingeniería Química Industrial, Instituto Politécnico Nacional, U.P.A.L.M. Edificio 7, Planta Baja, Ciudad de México, C.P. 07738, México

* Autor para correspondencia: avalosarma@hotmail.com

Recibido:

20/abril/2018

Aceptado:

26/julio/2018

Palabras clave:

Simulación,
Didáctico,
Estudiante

Keywords:

Simulation,
Didactic
Student

RESUMEN

El presente trabajo, demuestra la importancia del uso de simuladores educativos en la formación de estudiantes, mediante un análisis referencial del estado del arte, la fundamentación teórica y un estudio de campo, basado en una encuesta aplicada a los alumnos de la carrera de Ingeniería en Control y Automatización (ICA), para determinar las ventajas y desventajas propuestas por diferentes autores y por las experiencias de los estudiantes encuestados, así como los programas de simulación más versátiles y utilizados en el área de estudio. De acuerdo a los resultados, se tiene que hay una gran variedad de software en el mercado de uso didáctico e industrial, lo que también facilita su uso, además de que se pudo comprobar que son herramientas necesarias para el análisis y el diseño de sistemas de diferente índole, así como para la formación de recursos humanos en general, y que debería ser una opción para resolver la falta de laboratorios en las escuelas, por cuestiones pedagógicas, económicas y de infraestructura.

ABSTRACT

This paper, show the importance of the use of educational simulators in the formation of students, through a referential analysis of the theoretical foundation and a field study, based on a survey applied to the students of the Engineering in Control and Automation, obtaining the advantages and disadvantages proposed by different authors and by the students surveyed. Obtaining which are the most versatile simulation software and used in the study area, as well as the variety that exists in the didactic and industrial use market, confirming that the use of simulators, is a necessary tool for the analysis, the design of systems of different nature, proving that it improves the training of human resources in general, and that it should be an option to solve the lack of laboratories in schools, due to economic and infrastructure issues.



Introducción

Los simuladores son programas didácticos que simulan sistemas y/o aspectos del mundo en entornos interactivos, permitiendo a los estudiantes modificar condiciones y parámetros, para el entendimiento y análisis del mismo (Escamilla, 2000). Estos programas aprovechan toda la capacidad de las computadoras, para aprendizaje experimental y por descubrimiento, ya que les permite crear ambientes ricos en situaciones que el usuario debe explorar, para generar sus propios modelos de pensamiento, sus interpretaciones con el mundo virtual que son aplicados en el mundo real. Trabajar con equipo de proceso físicamente, tiene muchas ventajas y beneficios, sobre todo si es de tipo industrial como sería en campo. Sin embargo, requieren de infraestructura (espacio, servicios auxiliares, etc.,...), mantenimiento, personal especializado para su uso, materia prima, mayor consumo de energía, por lo que suele ser caro. Una alternativa es mediante plantas a escala o piloto, se reducen los requerimientos y costos, pero no es suficiente. Por otro lado, los simuladores educativos se vuelven una solución factible para el aprendizaje, ya que no requiere materiales, accesorios y servicios. Además se pueden hacer pruebas que con los sistemas reales no se podría, ya sea por limitaciones físicas, seguridad u otra razón.

El uso de simuladores educativos mejora la formación de estudiantes. Obviamente, no es exclusivo de ellos, se podría decir que los puede utilizar cualquiera que requiera una capacitación y/o formación. Les permite desarrollar destreza mental o física a través de su uso y los pone en contacto con situaciones que pueden ser utilizadas de manera práctica. Si son usados en trabajo colaborativo, estimulan el trabajo en equipo al provocar la discusión del tema. En (LANDER, 2016), se menciona que:

Se podría considerar que la simulación nace en 1777 con el planteamiento del problema “la aguja de buffon”, un método matemático sencillo para ir aproximando el valor del número π a partir de sucesivos intentos. En 1812 Laplace mejoró y corrigió la solución de Buffon y desde entonces se conoce como solución Buffon-Laplace.

En los años 40 la aparición de los primeros computadores de propósito general como el ENIAC (Serna, 2010) y el trabajo de Stanislaw Ulam, John Von Neumann y otros científicos para usar el método de Montercarlo en computadoras y solucionar problemas de difusión de neutrones en el diseño y desarrollo de la bomba de hidrógeno, sentaron las bases para la rápida evolución del campo de la simulación (Serna,

2010). Por lo tanto, se comienza a cubrir la brecha entre los métodos precomputadora y los algoritmos numéricos programados, aplicados a la ingeniería química. Teniendo, por ejemplo, el libro de (Lapidus, 1962). En 1974 aparece el primer simulador de procesos químicos, (el FLOWTRAN) (Scenna, 1999). Otros ejemplos de simuladores en el campo de procesos de propósito generales son: Aspen Plus y Speedup (de Aspen Technology, USA), Pro II (de Simulations Sciences, USA), Hysys (de Hyprotech, Canada), Chemcad (de Chemstations, USA), etc. (Martínez, 2000). Y actualmente la simulación presta un invaluable servicio en casi todas las áreas posibles, algunas de ellas son: Procesos de manufacturas, Plantas industriales, Sistemas públicos, Sistemas de transportes, Construcción, Diseño, Educación, capacitación entre otros.

Metodología

Con este estudio se pretende mostrar la importancia que tiene hoy en día, el uso de simuladores en casi cualquier ámbito y/o área de conocimiento para la formación de recursos humanos, así como fomentar el uso e inclusive el desarrollo y el diseño de nuevos simuladores como una herramienta fundamental en la educación y como parte de las alternativas de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Considerando lo anterior, para demostrar la importancia del empleo de los simuladores y qué tanto impacta en la formación de los estudiantes, este trabajo ha iniciado con un estado del arte genérico, donde se resaltan algunos antecedentes, que han dado la pauta y demuestran la importancia de su uso, así como de sus fundamentos poniendo especial atención en las ventajas y desventajas más importantes de acuerdo con algunos autores citados. Posteriormente, se hace un análisis de algunos resultados ya mostrados por otros autores y/o trabajos que tienen que ver con el tema, para que finalmente, mediante una investigación de campo, basado en una encuesta a un grupo de estudiantes que están por concluir su carrera, se pueda contrastar lo investigado para comprobar la hipótesis aquí planteada, dejando además algunas recomendaciones.

Fundamentación

La simulación es conveniente cuando, no existe una formulación matemática con solución analítica, existe un modelo matemático, pero es difícil obtener una solución; no existe el sistema real, los experimentos son imposibles debido a impedimentos económicos, de seguridad, de calidad o éticos, el sistema evoluciona muy lentamente o muy rápidamente. Es una de las herramientas más poderosas disponibles para los responsables en la toma

de decisiones, tales como ingenieros, diseñadores, analistas, administradores y directivos, para diseñar y operar sistemas complejos (Giudicessi, Martínez-Ceron, Saavedra, Cascone, & Camperi, 2016). Una de las funciones principales de los simuladores en educación es el apoyo a docentes en la transferencia de conocimiento (Gelves, Torres, & Montoya, 2010).

Entre las ventajas de los simuladores se tiene (Rosa, 2007):

- Se pueden ensayar nuevos diseños y esquemas sin comprometer recursos adicionales de implementación.
- Sirven para explorar nuevos procedimientos, reglas de decisión, estructuras administrativas y organizacionales, etc., sin interferir con la situación actual
- El fin es emular la realidad.
- Posibilidad de equivocaciones sin riesgos de provocar un accidente.
- Toma de decisiones en escenarios reales.
- Representaciones de escenarios futuros.
- Se pueden detectar cuellos de botellas en flujos de materiales o información y probar nuevos procedimientos que mejoren tal situación.
- Desarrollo de la lógica.
- Entrenamiento de adaptación frente al cambio.
- Intercambio de roles, lo que provoca cambio de actitudes.

Las etapas de un proceso de simulación (Cataldi, Dominighini, & Lage, Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza, 2013):

Implican: a) la definición del problema (objetivos, preguntas a resolver), b) la planificación del proyecto (personal, equipos y software disponibles), c) la definición del sistema (límites y restricciones del problema), d) la formulación conceptual del modelo (diagramas de boques o flujos), e) el diseño experimental preliminar (nivel de abstracción, tipos de datos que se necesitan), f) la definición de los datos de entrada (recolectar

los datos necesarios), g) la traducción del modelo (traducir el modelo en el lenguaje computacional), h) la verificación y validez del modelo (comprobar el funcionamiento del modelo y su comparación con datos reales), h) el diseño final del experimento (diseñar las pruebas según la pregunta buscada), j) la experimentación (correr el programa y realizar los análisis de sensibilidad), k) el análisis de los resultados (inferir las conclusiones), y l) la documentación (informar los resultados).

El desarrollo y uso de simuladores puede generar algunos inconvenientes, de acuerdo a (Rosa, 2007):

- Es importante llevar un programa o control en su aplicación ya que entre la teoría sobre el tema y llevarlo a la práctica con efectividad, requiere tiempo el cuál puede provocar no cumplirse o retrasarse en el programa de estudio.
- Se requiere de la utilización de más de una computadora ya que su uso es de recomendación individual.
- Para obtener estimaciones más exactas y para minimizar la probabilidad de tomar una mala decisión se tienen que hacer un gran número de ensayos en cada simulación y repetir toda la simulación un gran número de veces. Para problemas más complejos, un gran número de repeticiones puede requerir cantidades significativas de tiempo de cómputo.
- Como toda tecnología en su uso se requiere de una capacitación del maestro, para que este pueda servir de multiplicador hacia sus alumnos y sobre todo en conocimiento de la existencia de los mismos Software.
- Puede haber simuladores que no estén actualizados, y provocar que el alumno caiga en errores.

En (Giudicessi, Martínez-Ceron, Saavedra, Cascone, & Camperi, 2016), se señala que el uso de simuladores en la educación es relevante porque disminuye la posibilidad de cometer errores durante la práctica profesional. Por otro lado, en la carrera de Ingeniería en Control y Automatización (ICA) se han desarrollado varias tesis de nivel licenciatura con temas referentes a la simulación y control de procesos industriales, como se muestra en (Contreras, 2006), (Padilla, 2008) y (Sanchez, Medina, & Cruz, 2015).

Estudio de campo

Para hacer el estudio de campo, se han seleccionado dos grupos del último semestre de la carrera ICA, de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), perteneciente al Instituto Politécnico Nacional (IPN). El criterio que se utilizó, es que los estudiantes están por terminar su formación profesional, eso hace que tengan más elementos para compartir de acuerdo con la experiencia de haber cursado casi todos los semestres, donde indudablemente han utilizado este tipo de recursos en sus diferentes clases.

Las preguntas que se plantearon a ambos grupos son: ¿Qué es un simulador?, ¿Menciona qué simuladores conoces?, A lo largo de la carrera en qué materias utilizaste un simulador para tu formación y ¿cuáles son?, ¿Qué ventajas y desventajas observas al utilizar simuladores de acuerdo con tu experiencia? y ¿Piensas qué al utilizar simuladores educativos mejoras tu formación profesional? (Si/No ¿Por qué?). Esto con el fin, primero de saber qué tan familiarizados están con el término y el concepto, tener un panorama general de los simuladores que conocen, cuáles han sido los que han utilizado y finalmente cuál es su impresión acerca de ellos.

Con la información investigada y con los datos adquiridos de las encuestas, se tomó un muestreo (10 estudiantes de cada grupo), se comparó y se hizo un análisis de la información para reportar los resultados, recomendaciones y concluir con el trabajo.

Resultados

De acuerdo con la respuesta de los estudiantes, todos tienen una noción clara de lo que es un simulador; se mencionaron hasta 31 programas para simulación, de los cuales los 5 más conocidos en ICA son Matlab, Tia Portal, Proteus, SolidWorks y Automation Studio. Es importante aclarar que de los programas mencionados, no todos son simuladores propiamente, algunos son programas de desarrollo y otros son industriales con hardware de aplicación. Sin embargo, casi todos incluyen herramientas para simulación.

La encuesta muestra cuales son los programas más versátiles ya que se utilizan en más unidades de aprendizaje como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Software para simulación que más se utilizan en unidades de aprendizaje de ICA.

Software para Simulación	Unidades de Aprendizaje en donde se utilizan
Matlab	Teorías del control, Control de Procesos, Modelado, electrónica, programación, cálculo, prácticas DAQ y tecnología de mecanismo.
Labview	Electrónica, Teoría de los circuitos, Control de máquinas, Control de procesos, Instrumentación e Interfases y Microcontroladores.
Automation Studio	Máquinas Eléctricas, Tecnología de los mecanismos, Control de máquinas, Comunicaciones Industriales y Manipuladores
Proteus	Teoría de los circuitos, Electrónica, Máquinas eléctricas y Control de Máquinas
Multisim	Teoría de los circuitos, Electrónica, Máquinas eléctricas, Control de Máquinas y electricidad y Magnetismo.

Las unidades de aprendizaje que utilizan más variedad de programas para simulación son Control de Máquinas y Electrónica. Con respecto a las ventajas que predominan entre los estudiantes para el uso de los simuladores se tiene que:

- Se puede diseñar, probar y poner en práctica la teoría, para conocer el comportamiento del sistema antes de ser implementado, sin que se tenga el equipo físicamente.
- Se ahorra tiempo y dinero, ya que los simuladores no requieren materia prima, mantenimiento de equipo, consumo de energía, cuando el equipo físico es costoso, etc.
- Los simuladores marcan los errores y fallas en el sistema, dan información de los materiales y equipos requeridos, antes de su implementación y puesta en marcha.
- Se puede ejecutar el programa las veces que sea necesario, no hay equipo y persona que se ponga en riesgo, por lo que es seguro y rápido.

Las desventajas que más se mencionaron son:

- No existe, un acercamiento con los componentes físicos, lo que hace que no se conozcan las conexiones y errores físicos, derivado de ello, el uso de simuladores debe ser complementario.
- Generalmente, se trabaja con condiciones ideales, lo que podría no asegurar el correcto funcionamiento del sistema.
- Se pierde la práctica en cuanto a la realización de cálculos y habilidades físicas en la operación de los sistemas.
- Las configuraciones pueden llegar a ser complejas, se requiere capacitación, licencias y actualizaciones.

Prácticamente todos los estudiantes encuestados dicen que sí les ayudo a mejorar su formación el uso de simuladores, como se ve en la gráfica de la Fig. 1, de los cuales el 25% no está del todo convencidos resaltando algunas de las desventajas mencionadas y que debería de ser una herramienta complementaria a su formación.

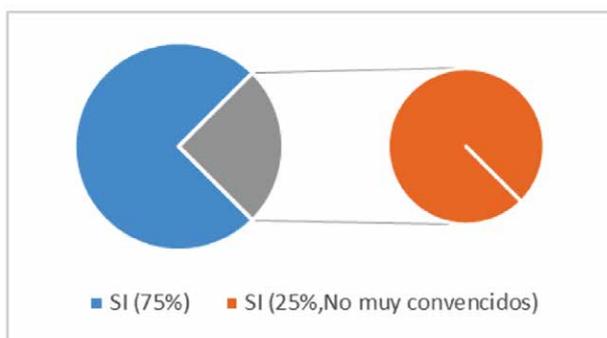


Figura 1. Estudiantes de ICA que opinan que el uso de simuladores mejoró su formación profesional.

Las encuestas muestran información que se puede utilizar para analizar otras cuestiones. Por ejemplo, para invertir en laboratorios virtuales basados en simuladores, se puede pensar, en los programas que son más versátiles porque son más rentables ya que se utilizan en más unidades de aprendizaje, se puede homologar el uso de simuladores en las unidades de aprendizaje conociendo cuáles se utilizan más. En caso de tener la necesidad de diseñar un simulador, de acuerdo con los resultados, la plataforma de desarrollo que se recomienda es Matlab, debido a que es más conocido y utilizado, lo cual facilitaría su uso.

Conclusiones

Con el estado del arte, planteado en el trabajo se mostró la importancia del uso de simuladores, ya que han permitido resolver problemas sencillos hasta complejos como el desarrollo de la bomba de hidrogeno, sin contar las innumerables aplicaciones industriales, hasta lo que hoy sucede en el ámbito educativo. Los simuladores son herramientas TIC que ayudan, en la solución de problemas y en la toma de decisiones, como operar y diseñar sistemas complejos entre otros. Con respecto al interés de este trabajo es un apoyo a los docentes en la transferencia de conocimientos.

Se tienen muchas ventajas para considerar el uso de simuladores en la formación de estudiantes, algunas relevantes son: para el ensayo de nuevos diseños y/o procedimientos; pueden emular la realidad; reducen riesgos de todo tipo seguridad, salud, etc.; son útiles para entrenamiento de personal. Por otro lado, el desarrollo y uso de simuladores requiere de ciertas etapas que pueden llevar consigo ciertos inconvenientes: como la necesidad de cierta infraestructura; formación de personal especializado para su uso; actualizaciones de hardware y software debido a la evolución de las tecnologías. Sin embargo, haciendo un análisis de los pros y contras, existen más beneficios ya que desde el punto de vista educativo disminuyen las posibilidades de cometer errores en la práctica profesional, mejoran la seguridad, costos y proporcionan mayores posibilidades de desarrollo con respecto a los sistemas reales.

Finalmente, se conoció la variedad de programas de simulación que se utilizan en ICA, las etapas y recomendaciones que se necesitan para desarrollar un simulador. Y de acuerdo con mi experiencia y lo aquí reportado, se recomienda ampliamente su uso en situaciones, donde el equipo sea limitado, obsoleto y costoso. Inclusive, cuando requiere personal calificado para su operación y mantenimiento o simplemente para utilizarlo como una herramienta pedagógica, los simuladores son una buena alternativa.

Agradecimientos

Se agradece cordialmente a la COFAA y a la ESIME del Instituto Politécnico Nacional, por el apoyo brindado, para la realización, presentación y divulgación del trabajo.

Referencias

- Cataldi, Z., Dominighini, F. J., & Lage, C. J. (2013). Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 8-16.
- Cataldi, Z., Donnamaría, C., & Lage, F. (2008). *Simuladores y laboratorios químicos virtuales: Educación para la acción en ambientes protegidos*. Buenos Aires: Facultad Regional Buenos Aires Universidad Tecnológica Nacional.
- Contreras, I. P. (2006). *Emulador para pruebas de EHC's de Turbinas Basado en un ambiente de Simulación en Tiempo Real*. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México: IPN.
- Escamilla, J. G. (2000). *Selección y uso de tecnología educativa*. México: Trillas.
- Gelves, G. C., Torres, R. G., & Montoya, M. R. (2010). Uso de simuladores como recurso digital para la transferencia de conocimiento. *Apertura*, 2(1).
- Giudicessi, S. L., Martínez-Ceron, M. C., Saavedra, S. L., Cascone, O., & Camperi, S. A. (2016). Las Tecnologías y la Enseñanza en la Educación Superior. Un Simulador Aplicado a la Integración de Conceptos Enseñados en Cursos de Posgrado. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 9-28.
- LANDER. (2016). Historia de la simulación. Recuperado el 14 de Marzo de 2018, de <http://www.landersistimulation.com/formacion-con-simulacion/el-mundo-en-movimiento/historia-de-la-simulacion/>
- Lapidus, L. (1962). *Digital Computation for Chemical Engineers* (Primera ed.). US: McGraw-Hill Inc.
- Martínez, S. V. (2000). *Simulación de Procesos en Ingeniería Química*. México: Plaza y Valdés Editores.
- Padilla, G. A. (2008). *Diseño y desarrollo de un simulador para una planta virtual, por medio de redes neuronales*. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional. México: IPN.
- Rosa, A. (19 de Marzo de 2007). *Simuladores en Educación Ventajas y Desventajas; Experiencia de Uso de un Simulador*. Recuperado el 3 de Agosto de 2018, de <http://candelaalma.blogspot.mx/2007/03/simuladores-en-educacion-ventajas-y.html>
- Sanchez, J. A., Medina, D. D., & Cruz, A. N. (2015). *Gestión y Control Vía OPC para un Proceso Simulado*. Tesis de Licenciatura. Instituto Politecnico Nacional. México: IPN.
- Scenna, J. N. (1999). *Modelado, Simulación y Optimización de Procesos*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Tecnológica.
- Serna, A. A. (2010). Línea del tiempo de las ciencias computacionales. *Revista Digital Lámpsakos*, 86-94.