

## MECHLAB: Sistema de realidad virtual para la capacitación de estudiantes en el manejo de equipo industrial

M.C. Aarón Junior Rocha Rocha<sup>1</sup>, MSc. Bruno Barboza Orozco<sup>2</sup>, MG. Julialba Castellanos Ruiz<sup>3</sup>, M.C. Juan Pablo Guerra Ibarra<sup>4</sup>, M.C. Ana Celia Segundo Sevilla<sup>5</sup>

**Resumen:** Para las instituciones educativas y sus estudiantes, resulta sumamente valioso el realizar visitas a la industria y gestionar la realización de prácticas en la misma, dónde el estudiante pueda observar, en un ambiente real, los procesos, técnicas, equipos y maquinarias de los que ha aprendido en las aulas. Esta actividad ayuda a solventar, también, algunas posibles carencias de infraestructura y tecnología de las instituciones. Por la naturaleza de los procesos, normativas y estándares empleados en la industria, es común que estas visitas o prácticas terminen convirtiéndose en simples recorridos guiados, con poca o nula interacción con el proceso productivo. Esta situación limita la experiencia de los estudiantes a la mera observación y reconocimiento de lo que ahí se realiza. En este trabajo se presenta MECHLAB, un simulador con el potencial de mejorar el proceso de enseñanza y capacitación de estudiantes, profesionales y trabajadores de distintas ramas de la industria. En el presente trabajo, este simulador es probado por estudiantes de diversas ingenierías, quienes muestran una gran aceptación e interés por aprender y mejorar sus habilidades mediante su uso. Se hacen recomendaciones basadas en los resultados para futuras investigaciones.

**Palabras clave:** realidad virtual, capacitación, educación, talleres, visitas industriales

### Introducción

#### *¿Qué es la Realidad Virtual?*

La Realidad Virtual (RV) es una tecnología de reciente auge, que cuenta con más de 50 años de historia y la cual permite a los usuarios un acercamiento a experiencias que, en circunstancias comunes, podrían estar fuera de su alcance o ser ajenas a su persona. Para Linowes (2015) “...la realidad virtual es la simulación de un ambiente 3D generada por computadora, el cual parece ser muy real para la persona que lo experimenta, usando equipo electrónico especializado...”; cabe destacar que, a pesar de ser generado por computadora, no es indispensable buscar el realismo en las imágenes o sonidos. Lo más importante es la experiencia que el usuario tiene al encontrarse dentro del ambiente de RV.

La tecnología de RV permite a los usuarios experimentar mundos, situaciones, lugares, actividades, etc., fuera de lo convencional, de una manera segura y controlada, abriendo la gama de posibles aplicaciones a casi cualquier dominio.

Lo anterior se logra mediante un Sistema de Realidad Virtual (SRV) el cual consta de un conjunto de componentes tanto lógicos como físicos. Entre los componentes básicos se encuentra el headset del cual existen al menos dos tipos: el primero provee seguimiento de la orientación de la mirada del usuario, y el segundo adiciona la ubicación espacial del headset e incluso de mandos incluidos en el sistema. Los SRV hacen uso de diversos dispositivos para proveer distintos niveles de inmersión.

La inmersión es un estado en el que los usuarios se desapegan de su realidad al involucrarse profundamente con la actividad que están realizando o la situación en la que se encuentran participando, comprometiéndose con que esta se logre completar de manera adecuada, tal que se puede generar un verdadero deseo de realizarla. En el ámbito de la realidad virtual, la inmersión se refiere a la condición en la que un usuario se involucra con un mundo virtual al grado de percibirse parte de él, tanto en un sentido de presencia como de convivencia con él. En parte, esto se logra debido a que, tanto el headset como los mandos, permiten una interacción más realista al posibilitar al usuario utilizar diversas partes su cuerpo para interactuar con el ambiente.

---

<sup>1</sup> M.C. Aarón Junior Rocha Rocha es Profesor de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México. [arocha@accitesz.com](mailto:arocha@accitesz.com) (autor correspondiente)

<sup>2</sup> MSc. Bruno Barboza Orozco es Profesor de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México. [bbarboza@accitesz.com](mailto:bbarboza@accitesz.com)

<sup>3</sup> MG. Julialba Castellanos Ruiz es Magister en Educación y Desarrollo Humano, Docente investigador del Departamento de Movimiento Humano de la Universidad Autónoma de Manizales, Colombia. [jcastellanos@autonoma.edu.co](mailto:jcastellanos@autonoma.edu.co)

<sup>4</sup> M.C. Juan Pablo Guerra Ibarra es Profesor de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México. [jguerra@accitesz.com](mailto:jguerra@accitesz.com)

<sup>5</sup> M.C. Ana Celia Segundo Sevilla es Profesora de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México. [asegundo@accitesz.com](mailto:asegundo@accitesz.com)

Algunos autores distinguen entre el concepto de inmersión y presencia (Bowman & MacMahan, 2007), donde el primero se refiere al nivel de fidelidad sensorial que un sistema de RV provee, y que depende solo de los dispositivos de despliegue e interacción que sean utilizados en el sistema. La inmersión generalmente se asocia a la pérdida de la noción del paso de tiempo (Sanders & Cairns, 2010), mientras que la presencia depende del estado de la mente en el momento en que es utilizado; un sistema puede dar diferentes experiencias para diferentes usuarios, e incluso, un mismo sistema puede proveer distintas experiencias en diferentes momentos.

La gamificación es otro concepto altamente empleado en el contexto de la realidad virtual, y consiste en un conjunto de técnicas que permiten a una persona verse inmersa en una actividad. Según Bohyun Kim (2015) "...nos provee de una actividad divertida o entretenida que hacer, tiene reglas a seguir y puede requerir varios niveles de tecnología, desde nada hasta simple o avanzada. Puede servir para diferentes propósitos para diferentes individuos en diferentes contextos, desde el des estrés hasta el gozo; y puede ser adictiva, tal como los juegos".

La inmersión es una meta que comúnmente se busca alcanzar en muchas de las aplicaciones de realidad virtual con el propósito de que sean exitosas. Para lograr esto, se pueden utilizar técnicas de gamificación que ayudan a crear un ambiente entretenido para el usuario adaptándose a su nivel de comprensión y habilidad. La gama de dominios en donde la realidad virtual puede ser aplicada es vasta y se extiende por diversas áreas, empezando por algunas tan comunes como los video juegos y el entretenimiento, hasta llegar a áreas más complejas como la milicia, medicina, terapia física y mental, educación, entrenamiento y capacitación, etc. Esta última área es de particular interés para este trabajo, debido al impacto potencial que puede tener en diferentes niveles del sistema educativo actual en México.

Múltiples autores abordan el tema del entrenamiento y capacitación mediante diversas aplicaciones de realidad virtual. Algunos autores, como Piromachi et al. (2015) plantean realizar el entrenamiento de cirujanos mediante sistemas que simulan cirugías de diversos tipos, con el objetivo de mejorar sus habilidades quirúrgicas. Haluck y Krummel (2000) explican que es un gran reto brindar un adecuado adiestramiento a nuevos cirujanos, sobre todo si se toma en cuenta los costos y la seguridad de los pacientes. Debido a lo anterior, proponen realizar dichos entrenamientos mediante sistemas de realidad virtual interactivos que ofrezcan una guía para la correcta realización de los procesos quirúrgicos en cuestión.

El campo militar provee a los investigadores de múltiples problemáticas relacionadas con la seguridad y el costo de las actividades de preparación del personal militar. En algunos casos, las investigaciones presentan propuestas para adiestrar al personal a conducirse adecuadamente en situaciones hostiles o de riesgo (Caballero y Niguidula, 2018). Hogue (2001) presenta una propuesta para la milicia que consiste en el entrenamiento de sus elementos para llevar a cabo saltos en paracaídas tras la eyección desde una aeronave o para la entrada en zonas de riesgo.

En otros ámbitos, Westerfield et al. (2015) reportan un trabajo relacionado con la enseñanza y entrenamiento de ensamblaje de tarjetas madre mediante un sistema de tutoría inteligente, el cual, mediante técnicas de realidad aumentada, guía al participante a lo largo del proceso de ensamblaje, explicando los conceptos establecidos mediante una ontología del dominio.

Torres et al. (2017) proponen el uso de realidad virtual para simular talleres de soldadura industrial que provean de un mejor adiestramiento de los estudiantes, lo que permite realizar las prácticas de forma segura y con el menor desperdicio de materiales. Este trabajo se centra en el aprendizaje basado en modelos cognitivos funcionales, y aplica un concepto inmersivo enfocado en la atención del usuario.

### *Problemática*

Las instituciones educativas de nivel medio superior y superior (principalmente públicas) no siempre cuentan con el equipo o maquinaria especializada más actual utilizado en las industrias a la que se incorporarán sus estudiantes al egresar. Esto puede ocurrir por diversos motivos como la falta de recursos económicos o la velocidad con la que los equipos se vuelven obsoletos con relación a la frecuencia con la que son renovados, entre otros. Por tales circunstancias, existe una importante brecha entre la academia y la industria que se refleja en la preparación de los estudiantes egresados.

Algunas instituciones cuentan con convenios para que los estudiantes realicen visitas de prácticas a la industria con el objetivo de tener un acercamiento a sus tecnologías. Sin embargo, son escasas las oportunidades en las que la industria permitirá a los estudiantes tener una interacción o un acercamiento directo significativo para la formación del estudiante en relación con dicha industria y su maquinaria y equipo. Incluso, en ocasiones, los nuevos trabajadores en distintas industrias no reciben un adiestramiento directo desde el momento de su incorporación, pudiéndose extender hasta semanas o meses y requiriendo de recursos humanos y financieros efectuar su capacitación.

Algunas de estas situaciones han sido validadas mediante un estudio estadístico realizado sobre la población estudiantil del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, el cual cuenta con 7 carreras (6 ingenierías y 1 licenciatura). En estas carreras, los alumnos realizan diversas visitas y viajes de prácticas a distintas empresas, a lo largo de su formación académica, las cuales les ha permitido observar las instalaciones, equipamiento y hasta parte

del proceso productivo en operación. Tras una encuesta realizada a alumnos del ITESZ (174 alumnos) de todas las carreras, el 62.6% reportaron haber participado en viajes de prácticas a empresas organizados por docentes del ITESZ. Del total de alumnos encuestados, el 71.1% mencionaron que en sus visitas a empresas solamente recibieron pláticas informativas, y 50% mencionaron que solo estudiaron o analizaron las tecnologías y procesos con las que cuenta la empresa. Asimismo, el 86.7% de los alumnos reportaron que no les fue permitido interactuar con el equipo dentro de la empresa.

Aunque los estudiantes no desmerecen los programas y esfuerzos del sector productivo para recibirlos durante las visitas a sus empresas y viajes de prácticas y así compartir experiencias y conocimiento, estos reconocen las dificultades existentes para que la industria les permita acercamientos más directos a sus recursos. Esto es debido a la complejidad misma de los procesos productivos, normas de seguridad y calidad, entre otras.

Así mismo, más del 67.4% de los estudiantes destacan los posibles beneficios de interactuar de forma más activa y directa con los procesos productivos, y los equipos especializados en la industria de su formación.

Tras una búsqueda exhaustiva en la literatura, se determinó que no se reportan trabajos bajo esquemas de realidad virtual, cuyos productos sean ampliamente implementados en la capacitación de estudiantes o nuevos trabajadores para una inclusión exitosa en distintas áreas empresariales o industriales.

En este trabajo se presenta MECHLAB, un simulador con el potencial de mejorar el proceso de enseñanza y capacitación de estudiantes, profesionales y trabajadores de distintas ramas de la industria.

### Desarrollo

Para la evaluación de la propuesta, se definió un estudio de caso, en el cual se identificó una actividad de mantenimiento de equipo industrial (sobre un brazo robótico) para estudiantes de ingeniería. Se desarrolló una aplicación de Realidad Virtual en el entorno de desarrollo de videojuegos de Unity3D y se utilizaron tanto SteamVR como el headset HTC VIVE como plataforma destino. La aplicación consiste en tres etapas divididas en varias actividades para cada etapa.

#### *Etapa 1: Presentación e instrucciones de uso del sistema*

En la primera etapa, se presenta el SRV al usuario, haciendo énfasis en dos aspectos principales: la adaptación visual-espacial al sistema y la mecánica de interacción con los objetos de este. Al iniciar la aplicación, se sitúa al usuario en un entorno de simulación ambientado en un taller industrial, el cual se muestra en la Figura 1 (a), (b), donde se le presenta una hoja de datos que contiene los controles básicos de interacción con el ambiente (navegación, interacción con objetos y mostrar/ocular mensajes en pantalla) y un resumen del objetivo a alcanzar en la primera escena como se muestra en la Figura 1 (c). Adicionalmente, el usuario recibe paso a paso instrucciones para realizar un conjunto de actividades para lograr el objetivo de la escena, como: hacer un recorrido por el escenario, tomar algunos objetos (como se muestra en la Figura 1 (d)), y finalmente dirigirse a una de las máquinas y pasar a la siguiente escena.

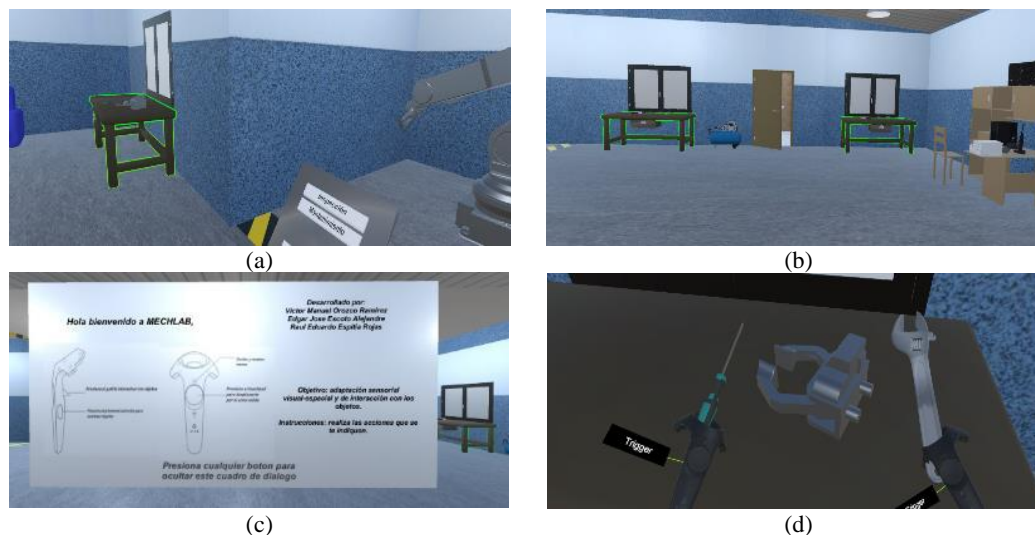


Figura 1. Primera escena (Lobby) donde se ubica al usuario de la aplicación de Realidad Virtual.

### *Etapa 2: Inspección de la maquinaria*

Esta etapa consiste en realizar una revisión de la maquinaria y conocer de manera breve su funcionamiento. Por ejemplo, para el caso del brazo robótico, se describen los segmentos que lo componen, se introduce el concepto de grados de libertad de sus articulaciones y se le permite al usuario manipular el brazo de dos formas. La primera es a control remoto, como se muestra en la Figura 2 (a), seleccionando la sección del brazo que se desea manipular y la dirección de rotación de la articulación correspondiente. La segunda forma es mediante manipulación directa, representado en la Figura 1 (b), que consiste en tomar el brazo desde cualquier sección y arrastrarla para moverla o rotarla hasta una posición deseada. Finalmente, se le indica al usuario avanzar a la siguiente escena.

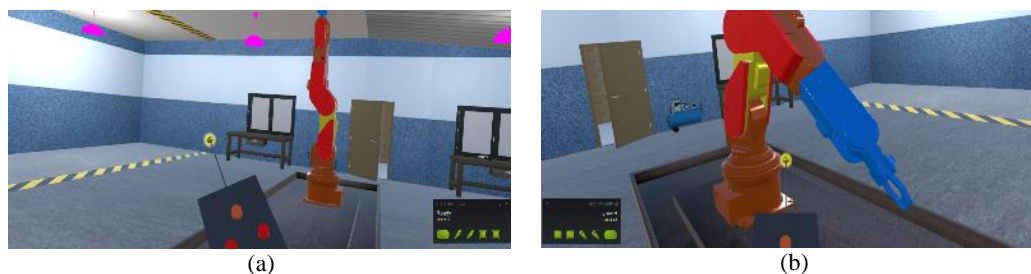


Figura 2. Escena de inspección del brazo robótico, presenta concepto de grados de libertad.

### *Etapa 3: Mantenimiento correctivo*

Esta etapa es la última escena y consiste en realizar una pequeña tarea de mantenimiento sobre el dispositivo. Al iniciar la escena, el simulador brinda al usuario una descripción de una problemática en la que se indica que el brazo robótico experimenta problemas para hacer girar una de las secciones. El objetivo de la actividad es que el usuario reemplace el servomotor correspondiente a dicha sección. Para completar la tarea, el participante debe buscar la herramienta adecuada para acceder al motor dentro del brazo, retirarlo e inspeccionarlo, como se observa en la Figura 3. A partir de los datos técnicos del motor, el usuario debe buscar un reemplazo correcto de entre un conjunto de posibilidades y colocarlo en su lugar dentro del brazo.



Figura 3. Escena de mantenimiento, se plantea un problema al usuario, y se le guía a la solución.

### **Pruebas y resultados**

En esta fase del trabajo, un conjunto de 30 estudiantes del Tecnológico de Zamora fue invitado a usar el sistema desarrollado. Este conjunto de alumnos se conformó por 5 jóvenes de cada una de las 6 ingenierías impartidas en el Tecnológico y fueron seleccionados de forma aleatoria a su entrada en las instalaciones del instituto. Los únicos parámetros utilizados para la selección de los participantes fueron la ingeniería a la que pertenecen y su experiencia previa en el uso de sistemas de realidad virtual (siendo entre nula y mínima). Los sujetos de prueba no fueron

informados de la naturaleza de su participación sino hasta presentarse al ensayo, donde se les proporcionó una hoja informativa (que explicaba los objetivos del proyecto y su intervención en este) y una carta de consentimiento que posteriormente firmaron por su propia voluntad y convicción.

Cada participante realizó un ensayo, donde llevaba a cabo las actividades indicadas durante la simulación en cada una de las escenas descritas anteriormente. Los 30 ensayos fueron registrados en videos individuales, que incluyen la escena real y la escena virtual. Estos videos fueron utilizados posteriormente para la evaluación tanto del funcionamiento del simulador, como de la forma en que los usuarios se desarrollaron dentro del mismo.

Tras realizar el ensayo, cada participante contestó un cuestionario, en escala tipo Likert, relacionado con las actividades que realizó y su percepción del sistema. El cuestionario buscaba obtener información referente a: experiencia previa con el uso de RV, claridad de las instrucciones y objetivos de las diversas escenas, nivel de facilidad/complejidad al utilizar el equipo y desplazarse por el ambiente, así como obtener información de lo que los usuarios consideran que sería mejoras al sistema.

### *Resultados*

El cuestionario junto con las observaciones realizadas de forma presencial y mediante los videos permitieron realizar la evaluación del simulador:

El 80% de los participantes mencionaron no tener experiencia previa con ambientes de realidad virtual. Tras responder el cuestionario, el 76% de los participantes mencionaron que, de manera general, las instrucciones fueron claras y entendibles. Sin embargo, tras hablar específicamente de las diversas escenas, los participantes empezaron a comentar los problemas particulares que estos tuvieron en cada una de ellas. Los aspectos mayormente resaltados fueron:

- Las instrucciones eran difíciles de comprender al realizar actividades particulares como localizar el panel de opciones de la simulación o manipular el brazo robótico.
- Los cuadros de mensajes eran poco claros; el texto era borroso o poco legible.
- La interacción con los objetos era complicada.
- El manejo de los mandos era complicado debido a que los nombres de los botones del control eran difíciles de recordar.

El 80% de los sujetos de prueba mencionaron sentirse cómodos utilizando la tecnología y creen que puede ser muy útil para mejorar su aprendizaje en el uso de equipos y maquinarias a los cuales no siempre tienen acceso. Solamente 2 participantes mencionaron haber tenido problemas para adaptarse al manejo del sistema, sin embargo, también señalaron que a medida que usaban el sistema les fue más sencillo entender cómo manejarlo.

Por otro lado, mediante la evidencia en video recabada durante los experimentos, fue posible detectar un par de problemas recurrentes. Primeramente, se observó que los usuarios no realizaban el procedimiento indicado durante la simulación a pesar de que en sus pantallas contaban con las instrucciones que debían seguir en cada actividad. En algunos casos, dichos participantes mencionaban que las instrucciones no eran claras y no sabían que hacer. Adicionalmente, fue posible observar un problema de percepción de distancia y profundidad por parte de los participantes dentro de la simulación. Algunos de los sujetos de prueba no podían identificar que tan cerca se encontraban de los objetos, y otros participantes mostraban temor a dar uno o dos pasos para acercarse y tomar o interactuar con ellos.

### **Conclusiones**

Como se menciona anteriormente, en este trabajo se presentó y desarrolló MECHLAB, un simulador con el potencial de mejorar el proceso de enseñanza y capacitación de estudiantes, profesionales y trabajadores de distintas ramas de la industria. De los 30 participantes, 24 refirieron que el sistema y el equipo eran sencillos de utilizar o que la curva de aprendizaje por la que pasaron fue muy pequeña, lo que les permitió utilizar el simulador de manera adecuada y rápida. Así mismo, los participantes, a través del cuestionario, mencionaron que el uso de sistemas de realidad virtual para realizar prácticas de laboratorio o prácticas con equipo industrial sería una alternativa viable para ellos. Los estudiantes resaltaron que, en la vida real, no es común el acceso al equipo que existe en las empresas durante su formación académica, lo cual obedece, principalmente, a que este se encuentra funcionando y no se puede interrumpir su operación para fines demostrativos. Por otro lado, estos simuladores también pueden resultar de gran valor en las instituciones de educación públicas y privadas de diferentes niveles educativos, pues permitirían reflejar un panorama aproximado al que realmente se vive en la industria sin la necesidad de realizar adquisiciones altamente costosas.

### Limitaciones

Con relación a las pruebas de funcionamiento del simulador, cabe mencionar que 2 de los participantes sufrieron de malestares físicos como dolor de cabeza o mareos tras realizar los experimentos. Estos efectos no resultan atípicos cuando se habla de sistemas de realidad virtual. Entre las razones más comunes de estos malestares se encuentra un efecto originado por la discrepancia que existe entre la información que los ojos reciben de *headset* y las sensaciones que el resto de los sentidos perciben del cuerpo. Por ejemplo, la vista le informa al cerebro que la persona se encuentra en movimiento cuando realmente el usuario se encuentra estático. Por lo tanto, es probable que el usuario sufra de mareos y dolores de cabeza ya que el cerebro debe adaptarse a la nueva serie de señales que están siendo recibidas. Sin embargo, esto tiende a desaparecer o disminuir con el paso del tiempo y con la práctica.

### Recomendaciones para futuras investigaciones

Como trabajo futuro, se recomienda el uso de diferentes canales sensoriales para transmitir información más nutrida al usuario respecto de su intervención con el simulador. Se considera que puede ser de especial utilidad la combinación de estímulos auditivos, visuales y hápticos para garantizar una mejor percepción del ambiente, así como una mejora en la ubicación espacial dentro de la escena virtual. También, se sugiere realizar un estudio instruccional que incorpore el parámetro del uso del simulador y se contraste con los resultados obtenidos por un grupo de control.

Es de la opinión de los autores de este trabajo que sistemas de simulación como MECHLAB ofrecen una mejora potencial al proceso de enseñanza y capacitación de estudiantes, profesionales y trabajadores de distintas ramas de la industria.

### Referencias

- Bowman, D. A., & McMahan, R. P. (2007). Virtual reality: how much immersion is enough? *Computer*, 40(7).
- Caballero, A. R., & Niguídula, J. D. (2018, March). Disaster Risk Management and Emergency Preparedness: A Case-Driven Training Simulation Using Immersive Virtual Reality. In *Proceedings of the 4th International Conference on Human-Computer Interaction and User Experience in Indonesia, CHuXiD'18* (pp. 31-37). ACM.
- Haluck, R. S., & Krummel, T. M. (2000). Computers and virtual reality for surgical education in the 21st century. *Archives of surgery*, 135(7), 786-792.
- Hogue, J., Allen, R., MacDonald, J., Schmucker, C., Markham, S., & Harmsen, A. (2001). Virtual reality parachute simulation for training and mission rehearsal. In *16th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar* (p. 2061).
- Kim, B. (2015). Gamification. *Library Technology Reports*, 51(2), 10-18.
- Linowes, J. (2015). *Unity virtual reality projects*. Packt Publishing Ltd.
- Piromchai, P., Avery, A., Laopaiboon, M., Kennedy, G., & O'Leary, S. (2015). Virtual reality training for improving the skills needed for performing surgery of the ear, nose or throat. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (9).
- Sanders, T., & Cairns, P. (2010, September). Time perception, immersion and music in videogames. In *Proceedings of the 24th BCS interaction specialist group conference* (pp. 160-167). British Computer Society.
- Torres, F., Tovar, L. A. N., & del Rio, M. S. (2017). A learning evaluation for an immersive virtual laboratory for technical training applied into a welding workshop. *EURASIA J. Math. Sci. Technol. Educ*, 13(2), 521-532.
- Westerfield, G., Mitrovic, A., & Billinghurst, M. (2015). Intelligent augmented reality training for motherboard assembly. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 25(1), 157-172.