



Uso del metaverso en el área de la Salud

Sergio Teodoro Vite⁽¹⁾, Ariana Cerón Apipilhuasco⁽²⁾, Karla Verdiguél Sotelo⁽³⁾

Resumen

La simulación es un concepto que puede considerarse tangible y abstracto, que ha permeado una amplia gama de aplicaciones en las ciencias básicas y aplicadas, dando origen a tecnologías que permiten describir, bajo entornos y condiciones controladas, fenómenos físicos, propiedades intrínsecas y extrínsecas de los objetos que nos rodean, en una variedad de escalas posibles; de tal forma que prácticamente cualquier objeto de estudio puede ser representado mediante modelos que evolucionan en el tiempo. Cada elemento del mundo real es transportado, por tanto, de un espacio físico a un espacio virtualizado, donde gobiernan leyes conocidas, datos provenientes de la experimentación empírica y extrapolaciones históricas.

Actualmente, la tecnología y la medicina se encuentran interrelacionadas, con la electrónica, la informática y las Tecnologías en Información (TIC's), las cuales son el conjunto de herramientas relacionadas con la transmisión, procesamiento y almacenamiento digitalizado de la información, lo que ha permitido que el profesional de la salud tenga a su haber, más y mejores herramientas para sus propósitos fundamentales. La simulación virtual utiliza diferentes medios para reproducir condiciones reales en escenarios controlados. Es una estrategia didáctica, que permite el entrenamiento sistemático, fiel a la realidad de un contexto clínico y garantiza las competencias profesionales de manera segura y libre de riesgos a los estudiantes del área de la salud.

Palabras clave: Simulación, Realidad Virtual, Realidad Aumentada.

Abstract

Simulation is a tangible and abstract concept, which has permeated a wide range of applications in the basic and applied sciences, giving rise to technologies that allow us to describe, under controlled environments and conditions, physical phenomena, intrinsic and extrinsic properties of the objects that surround us, in a variety of possible scales. In such a way that practically any object of study can be represented by models that evolve over time. Each element of the real world is transported, from a physical space to a virtualized space, where known laws, data from empirical experimentation and historical extrapolations govern.

Currently, technology and medicine are interrelated, with electronics, informatics and Information Technologies (ICT's), which are the set of tools related to the transmission, processing and digital storage of information, have allowed the work of the health professional to have more and better tools for their fundamental purposes.

Virtual simulation uses different media to reproduce real conditions in controlled scenarios. It is a didactic strategy, which allows training in a systematic way and faithful to reality of a clinical context, to students in the area of health, which guarantees professional skills in a safe and risk-free way.

Keywords: Simulation, Virtual Reality, Augmented Reality.

Filiación institucional:

(1) Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

(2) Centro de Simulación para la Excelencia Clínica y Quirúrgica, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social.

(3) Banco de Tejido Corneal, Centro Médico Nacional "La Raza", Instituto Mexicano del Seguro Social.

Autor de correspondencia: Ariana Cerón Apipilhuasco | ariana.ceron85@gmail.com



Introducción

Neal Stephenson, en 1992, describe en su novela de ficción *Snow Crash* la relación entre realidad-virtualidad, “como un metaverso compartido, donde los humanos interactúan unos con otros mediante agentes de software, en un espacio tridimensional metafórico del mundo real” (Peddie, 2017). En 1995, Milgram (Milgram et al., 1995) retoma este concepto y lo redefine como un metaverso continuo, donde la realidad está mediada por componentes tecnológicos que pueden complementarse para lograr simular escenarios convincentes y representativos de nuestro entorno.

Los componentes tecnológicos del metaverso de la virtualidad de Milgram coexisten en una línea continua donde en un extremo se encuentra la simulación de escenarios en el mundo real y en el otro los escenarios totalmente virtualizados. Las tecnologías intermedias son englobadas en un término conocido como realidad mezclada. La aplicación que implemente el concepto de realidad aumentada podrá tener 75 % de elementos del mundo real y 25 % de elementos pertenecientes al espacio virtual. La holografía proporciona un 50 % de elementos del mundo real y 50 % de elementos virtuales. La virtualidad aumentada (hoy en día poco popularizada), provee al usuario de 75 % de retroalimentación con elementos del mundo real y 25 % de elementos del mundo virtual. Finalmente, en el extremo de lo totalmente virtual, el usuario es transportado a un entorno virtual. En el entorno virtual simulado, un participante es estimulado multisensorial y psicológicamente, para que su cerebro sea “engañado”, haciéndole creer que la información del ambiente se encuentra en una realidad auténtica, alterna, sintética, artificial, mezclada, extendida, modulada, proyectada, híbrida o en espejo.

La realidad virtual, como parte de este metaverso, tiene por objetivo el proporcionar los elementos necesarios para estimular los sentidos del usuario. Sherman y Craig (2003) definen a la realidad virtual como “un medio compuesto de simulaciones por computadora interactivas que monitorean la actividad del participante (posición y acciones),

proporcionándole retroalimentación sintética a uno o más sentidos, y dándole la sensación de estar inmerso o estar presente en la simulación”.

Existen diversos tipos de modelos del metaverso:

- Juegos o mundos virtuales: Son aplicaciones interactivas con entornos inmersivos.
- Mundos espejo: Son representaciones virtuales detalladas de uno o varios aspectos del mundo. Ejemplo: Google Earth.
- Realidad aumentada: emplea la tecnología de mundos espejo en situaciones reales de nuestra vida cotidiana, ofreciéndonos información virtual sobre una realidad física (Cerón, 2020).
- Lifelogging: sistemas de registro que recogen información de la vida cotidiana con el fin de ser analizada. (Cerón, 2020).

Simulación en ciencias de la salud

De acuerdo con Harry Owen (2016), los registros de la simulación en las ciencias de la salud encuentran una ventana de aplicaciones a lo largo de 1500 años de historia, siendo el siglo XVII el punto de partida para los tipos de simuladores que conocemos hoy en día. Estas metodologías basadas en simulación, nacieron como una necesidad de proveer nuevas formas de adquisición de destrezas prácticas y como recursos didácticos para la formulación de nuevos tratamientos. Durante el siglo XVIII se llegaron a utilizar modelos de cérvix con matrices artificiales (Manningham, 1740) y maniqués de órganos internos hechos de madera y pintados a mano (Zi y Giles, 1925).

Un simulador en ciencias de la salud está relacionado con cada uno de los elementos, tanto funcionales (instrumental quirúrgico, equipo de monitoreo, infraestructura quirúrgica y herramientas de diagnóstico), como de interoperabilidad (protocolos clínicos para la atención y preparación del paciente y acciones del personal médico). De acuerdo con los elementos involucrados en la recreación de escena-



rios, los simuladores se pueden clasificar de acuerdo a su modelo en:

- a) Modelos biológicos o cadáveres,
- b) Maniqués sintéticos
- c) Modelos artificiales generados por computadora

Actualmente, en el mundo de la simulación hablamos de realismo, dicha condición involucra infraestructura, factores ambientales (temperatura, olor, color) lo cual se puede lograr a través del metaverso (Baniyadi, 2020).

Otra clasificación, que toma en cuenta el punto de vista clínico y de usabilidad en ambientes de salud controlados, como un quirófano o escenarios de atención en el primero, segundo y tercer nivel, es:

- a) Simuladores de uso específico: focalizados en un padecimiento en particular, como una punción ventricular o abordajes intravenosos, generalmente concentran en una sola parte del cuerpo o tejido. Ayudan a la adquisición de habilidades técnicas y psicomotoras.
- b) Paciente estandarizado: un actor toma el papel de un paciente ofreciendo al personal médico una actuación coherente y precisa de un problema de salud.
- c) Simuladores virtuales en pantalla: emplean programas de cómputo para representar órganos virtuales y protocolos clínicos que ponen a prueba las capacidades y habilidades del practicante, y donde también se combina el software con dispositivos sensorizados para el monitoreo de tareas precisas, como los gestos quirúrgicos.
- d) Simuladores híbridos: combinan elementos de los otros tipos de simuladores para ofrecer un entrenamiento integral, en equipos de trabajo inclusive. Ejemplos de este tipo de sistema es el simulador CAE VimedixAR (Parks et al., 2013).

Una tercera clasificación, que toma en cuenta el aspecto de "fidelidad", donde el grado de realismo juega un papel muy importante para evaluar la efectividad de los elementos que conforman el simulador, es:

- a) Simuladores de baja fidelidad: se enfocan en el actuar del personal médico para la atención del paciente, generalmente hacen uso de maniqués inanimados y poco realistas para representar al paciente y su composición, sin embargo, ofrecen puntos clave de referencia para establecer protocolos de actuación y de atención de emergencia, así como herramientas para adquirir habilidades motrices en un procedimiento simple o examen físico.
- b) Simuladores de mediana fidelidad: aportan un mayor grado de realismo en la representación del paciente mediante modelos biológicos, maniqués sensorizados, herramientas hápticas y programas computacionales, que permiten, tanto al instructor como al aprendiz, tener control sobre ciertas variables fisiológicas básicas y el desarrollo de competencias centradas en la ejecución del procedimiento de manera correcta.
- c) Simuladores de alta fidelidad: adicional al grado de realismo alcanzado por un simulador de mediana fidelidad, estos simuladores permiten llevar a cabo un monitoreo completo de las acciones del personal médico, permitiendo la definición de métricas objetivas usando sistemas de control y tracking, así como la evaluación del practicante durante la ejecución de procedimientos complejos. La simulación, empleando este tipo de simuladores, requiere ambientes muy parecidos a los reales, por lo que se lleva a cabo en centros hospitalarios de tercer nivel, donde se pueden representar, fielmente, escenarios de quirófano o de clínica de especialidad. Este tipo de sistemas generalmente combinan distintas tecnologías basadas en maniqués, pacientes estandarizados, tejidos biológicos, efectos especiales, realidad virtual, realidad aumentada y se les considera los más completos e integrales de su tipo. Un ejemplo notable es el sistema de



entrenamiento Hyper-Realistic® Training (Strategic Operations, 2020), de la empresa Strategic Operations con sede en San Diego, California, USA, donde los practicantes se involucran en escenarios de emergencia muy parecidos a los reales, inclusive en condiciones de quirófano (Mueller et al., 2012).

Particularmente, la realidad virtual resalta hoy en día por su capacidad de transformarse y adaptarse a escenarios multipropósito, donde la simulación se lleva a una máxima expresión multisensorial. El campo de la salud ha destacado en los últimos años por una adopción temprana, conforme a los últimos avances tecnológicos en el desarrollo de cascos inteligentes.

Realidad virtual y aumentada en el entrenamiento médico

Los ambientes virtuales han estado estrechamente relacionados con los dispositivos de interacción, principalmente por el tipo de retroalimentación visual, auditiva y táctil que proveen. Las dos sensaciones, el gusto y el olfato, aún siguen siendo nichos de investigación para proveer de experiencias inmersivas completas.

La aplicación de estas tecnologías, en sus versiones contemporáneas, se han incrementado en la práctica médica en los últimos años y la evidencia ha demostrado que mejoran las prácticas clínicas y habilidades quirúrgicas (Cao y Cerfolio, 2019). Los simuladores que hacen uso de estas herramientas encuentran sus aplicaciones en áreas como (M. R. Desselle et al., 2020): entrenamiento (Heredía-Pérez et al., 2019; Vite et al., 2018), diagnóstico (Negrillo-Cárdenas et al., 2020), planeación quirúrgica (Teodoro Vite et al., 2019), asistencia quirúrgica (De Paolis y Ricciardi, 2018) y tratamientos de rehabilitación (M. A. Padilla-Castañeda et al., 2013; Malone et al., 2010). Algunas especialidades médicas que se han visto beneficiadas de acuerdo con (Cao y Cerfolio, 2019) son: cirugía dental, cirugía laparoscópica, cirugía cardíaca, cirugía de columna, neurocirugía, cirugía

oftálmica, cirugía hepática, cirugía ortopédica y urología. La aplicación de la realidad virtual no solo es el campo clínico, también para el docente representa una gran herramienta en temas que son de gran complejidad como son anatomía y fisiología, debido a que utiliza *serious games*, retos, música, etc., lo cual genera en el alumno interés por aprender. (Samadbeik, 2018).

Los simuladores con realidad virtual integran soluciones multimodales para representar lo más realista posible, por ejemplo, el comportamiento biomecánico de los tejidos del cuerpo humano. Mediante el uso de técnicas propias del cómputo gráfico, procesamiento de imágenes, señales, sistemas de control, audio, dispositivos electrónicos, dispositivos hápticos, entre otros, estos sistemas son capaces de proporcionar elementos didácticos que permiten aprovechar la experiencia del usuario y convertirla en información útil para estudiar un evento como si se hubiese llevado a cabo bajo condiciones reales (Chan et al., 2013). Por esta razón, los simuladores médicos han encontrado un gran potencial para su uso en el entrenamiento médico, cubriendo una necesidad real del sector salud, como se abordará más adelante. En el campo quirúrgico, la realidad virtual y la realidad aumentada proporcionan métodos atractivos y novedosos para el entrenamiento y el reforzamiento de habilidades, aumentando la experiencia de los especialistas y la detección temprana de errores tanto para residentes como de cirujanos experimentados.

Estas tecnologías virtuales, además de representar escenarios complejos para entrenamiento médico, permiten, mediante el diseño asistido por computadora, abstraer elementos importantes de estructuras anatómicas en elementos físicos mediante impresión 3D y hacer más palpable los elementos virtuales, por ejemplo, el sistema LIMBO-SIM® (Imagen 1), un simulador desarrollado en México para el procedimiento de extracción in-situ de tejido corneal con fines de trasplante. Este simulador se compone de un maniquí de cabeza impreso en 3D con Ácido Poliláctico (PLA), con dimensiones anatómicas de una cabeza humana, sobre la cual se sobrepone una capa de piel sintética flexible. Me-

diante técnicas de moldeamiento, se incorporan ojos artificiales, que simulan las capas de conjuntiva, esclera, córnea, iris y humor vítreo. Un practicante puede ejecutar procedimientos de disposición de tejido corneal y trasplante, inclusive, realizando incisiones en el propio modelo físico, que, combinados con condiciones de quirófano, dan lugar a una simulación de alto realismo.

La realidad virtual utiliza los juegos educativos digitales inmersivos (JED) que constituyen un enfoque altamente promisorio que podría facilitar el aprendizaje y convertirlo en una tarea más placentera. De acuerdo con Suittea, N. y et al. (2012) los también denominados “juegos serios” son juegos cuyo propósito principal no es el entretenimiento o la diversión, su función es educar y entretener a través de una experiencia simple y convincente. Los juegos tienen un doble propósito: la participación en el mundo real para observar y analizar información en el sitio y el razonamiento reflexivo para seleccionar datos a capturar por el dispositivo. La principal característica de los “juegos serios” es que ayudan al jugador a lograr objetivos de aprendizaje mediante experiencias entretenidas; es el entretenimiento el

que compromete al estudiante. Entre los desafíos que enfrentan los JED se encuentran: hallar un adecuado balance entre el juego con las actividades de aprendizaje y entre los retos del juego con las habilidades del alumno; incluir convincentemente los objetivos educativos en un escenario de juego; y financiar los excesivos costos de esta tecnología (Samadbeik, 2018).

Conclusiones

La tendencia actual en entrenamiento para cirugía son los simuladores de alta fidelidad e híbridos, que tratan de proveer de experiencias inmersivas completas en escenarios especializados en casos de estudio muy específicos sobre pacientes reales, bajo condiciones más apegadas a la realidad. Dichos sistemas pueden incluso abarcar sistemas de control complejos y algoritmos de inteligencia artificial para analizar habilidades quirúrgicas. La tecnología de impresión 3D también es una tendencia en la construcción de simuladores porque tiene la ventaja de proporcionar modelos físicos cercanos a la ana-



Imagen 1. Simulador LIMBOSIM® para el entrenamiento en el procedimiento de disposición de tejido corneal con fines de trasplante.

tomía de los pacientes, sin embargo, aún presenta limitaciones en términos de fidelidad biomecánica, realismo visual, costo, simulación de fenómenos complejos como sangrado, corte de tejidos blandos y deformación e incluso el monitoreo y análisis de métricas de destreza automatizado. La combinación de modelos impresos y realidad mixta en escenarios híbridos parece un enfoque prometedor para el entrenamiento quirúrgico del futuro, al tiempo que representa un gran reto desde el punto de vista técnico, que se acorta gracias a la integración de grupos de investigación en salud, que involucran la participación de médicos en simulación, ingenieros y tomadores de decisiones en instituciones públicas y privadas.

Referencias bibliográficas

1. Baniasadi, T., Ayyoubzadeh, S.M. y Mohammadzadeh, N. (2020), Desafíos y Consideraciones Prácticas en la Aplicación de la Realidad Virtual en la Educación y Tratamiento Médico. *Oman Med J*; 35(3).
2. Cao, C., y Cerfolio, R. J. (2019). Virtual or Augmented Reality to Enhance Surgical Education and Surgical Planning. *Thoracic surgery clinics*, 29(3), 329-337. MEDLINE. <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2019.03.010>
3. Chan, S., Conti, F., Salisbury, K., y Blevins, N. H. (2013). Virtual reality simulation in neurosurgery: Technologies and evolution. *Neurosurgery*, 72 Suppl 1, 154-164. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3182750d26>
4. Ceron, A., Loria, J., López, T., Flores, R., y Vite S. (2020), Sala de realidad virtual para la enseñanza médica, *Arch. Med. Urgen. Mex.* Vol. 12, Núms. , pp: 39-42.
5. De Paolis, L. T., y Ricciardi, F. (2018). Augmented visualisation in the treatment of the liver tumours with radiofrequency ablation. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*, 6(4), 396-404. <https://doi.org/10.1080/21681163.2017.1287598>
6. Owen, H. (2016). Simulation in Healthcare Education. An Extensive History. *The Obstetrician & Gynaecologist*, 18(4), 330-330. <https://doi.org/10.1111/tog.12329>
7. Heredia-Pérez, S. A., y et al. (2019). Virtual reality simulation of robotic transsphenoidal brain tumor resection: Evaluating dynamic motion scaling in a master-slave system. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 15(1), e1953. <https://doi.org/10.1002/rcs.1953>
8. Padilla-Castañeda, M.A. y et al. (2013). A virtual reality system for robotic-assisted orthopedic rehabilitation of forearm and elbow fractures. 2013 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1506-1511. <https://doi.org/10.1109/IROS.2013.6696548>
9. Desselle, M. R. y et al. (2020). Augmented and Virtual Reality in Surgery. *Computing in Science & Engineering*, 22(3), 18-26. <https://doi.org/10.1109/MCSE.2020.2972822>
10. Malone, H. R. y et al. (2010). Simulation in neurosurgery: A review of computer-based simulation environments and their surgical applications. *Neurosurgery*, 67(4), 1105-1116. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3181ee46d0>
11. Manningham, R. (1740). Lectures advertisement (4). *London Evening Post*.
12. Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE*, 1, 282. Complementary Index.
13. Mueller, G. R., Moloff, A. L., Wedmore, I. S., Schoeff, J. E., & Laporta, A. J. (2012). High intensity scenario training of military medical students to increase learning capacity and management of stress response. *Journal of Special Operations Medicine : A Peer Reviewed Journal for SOF Medical Professionals*, 12(2), 71-76.
14. Negrillo-Cárdenas, J., Jiménez-Pérez, J.-R., y Feito, F. R. (2020). The role of virtual and augmented reality in orthopedic trauma surgery: From diagnosis to rehabilitation. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 191, 105407. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105407>
15. Parks, A. R., Atkinson, P., Verheul, G., y Leblanc-Duchin, D. (2013). Can medical learners achieve point-of-care ultrasound competency using a high-fidelity ultrasound simulator?: A pilot study. *Critical Ultrasound Journal*, 5(1), 9-9. PubMed. <https://doi.org/10.1186/2036-7902-5-9>



16. Peaud, P. (2019). Creation and development of an application to learn the human anatomy. Universidad Nacional Autónoma de México.
17. Peddie, J. (2017). *Augmented Reality: Where We Will All Live*. Springer International Publishing.
18. Samadbeik M, Yaaghobi D, Bastani P, Abhari S, Rezaee R, Garavand (2018). Las Aplicaciones de la Tecnología de Realidad Virtual en Grupos Médicos Docentes. *J Adv Med Educ Prof*; 6(3): 123-129.
19. Sherman, W. R. y Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. M. Kaufmann.
20. Strategic Operations. (2020). *Hyper-Realistic® Training (Versión 2020)* [Hyper-Realistic® Training]. Strategic Operations. <https://www.strategic-operations.com/Articles.asp?ID=262>
21. Vite, S. T., Domínguez Velasco, C. F., Muscatello, S., Padilla Castañeda, M. Á., y De Paolis, L. T. (2019). An Augmented Reality Platform for Preoperative Surgical Planning. En S. Vlad y N. M. Roman (Eds.), *6th International Conference on Advancements of Medicine and Health Care through Technology*; 17–20 October 2018, Cluj-Napoca, Romania (pp. 177-182). Springer Singapore.
22. Vite, S. T., Velasco, C. D., Valencia, A. F. H., Lomelí, J. S. P., & Castañeda, M. Á. P. (2018). Virtual Simulation of Brain Sylvian Fissure Exploration and Aneurysm Clipping with Haptic Feedback for Neurosurgical Training. En L. T. De Paolis & P. Bourdot (Eds.), *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics* (pp. 230-238). Springer International Publishing.
23. Zi, L., y Giles, L. (1925). *Taoist Teachings from the Book of Lieh Tzu*. John Murray.