

Apertura / vol. 6, núm. 2 / octubre, 2014 / ISSN: 2007-1094

La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería

*Virtual reality, an innovative technology
applicable to the teaching of engineering students*

Jesús Alberto Flores Cruz
jafloresc@ipn.mx

Patricia Camarena Gallardo
pcamarena@ipn.mx

Elvira Avalos Villarreal
eavalosv@ipn.mx

ESIME Zacatenco-IPN

RESUMEN

La preparación de los estudiantes de ingeniería para enfrentarse a un mundo globalizado es muy compleja, y se convierte en algo que, en el mejor de los casos, resulta difícil y en el peor de ellos, inalcanzable. Para lograrlo, ellos deben aprender no sólo a través de la teoría, sino también de la práctica. Ponerlos en situaciones prácticas resulta muy costoso en términos materiales o riesgosos en términos humanos, ya que a veces no se cuenta con el equipamiento adecuado para prevenir algún accidente, entre otros inconvenientes. Todo ello vuelve infructuosos muchos esfuerzos de las universidades y los administradores de las empresas para brindar experiencias prácticas que resulten suficientes dentro de las instalaciones industriales o en los laboratorios escolares. Buscando soluciones, una tecnología innovadora comienza a incrementar su uso y aplicación en el ámbito educativo: la realidad virtual, cuyos usos y aplicaciones son el tema central de este artículo. Dicha tecnología permite involucrar a los estudiantes de manera multisensorial en ambientes virtuales, en donde él puede tener representaciones tridimensionales de los conceptos que se le enseñan y, además, experimentar, elegir, tomar decisiones e iniciativas, fallar y volver a intentarlo tantas veces como sea necesario, hasta que se desarrollen en él las habilidades y destrezas necesarias que le permitan, por ejemplo, actuar y reaccionar en situaciones reales futuras ante accidentes, eventos fortuitos o fallas de funcionamiento. Este artículo presenta una investigación documental de la realidad virtual como parte de un proyecto de investigación aplicada.

Palabras clave:

Realidad virtual, ingeniería, obstáculos didácticos.

ABSTRACT

Forming students to face a globalized world is becoming more complex and diverse, becoming something that the best difficult and at worst unachievable. To achieve this, the student must learn often through practice. Put them in practical situations is very costly in terms materials or hazardous in human terms, sometimes do not have the right equipment and if a student is injured during an industrial visit, it would have the problem of possible demands that a company would have to face, together with the necessary logistics to carry out these activities, back many unsuccessful efforts made by universities and corporate managers to provide practical experiences that are sufficient in industrial facilities or school laboratories. Seeking to solve this, an innovative technology begins to increase its use and application; it is the Virtual Reality, whose applications are the focus of this article. This technology allows students to engage multisensory way of immersing in a virtual environment, where he can try things out, choose, to make decisions, fail and try again; many times as necessary, until he develops the right skills and abilities that allow them to learn how to act and react to accidents, random events or malfunctions. In this way, this article presents a documentary investigation of the VR, as part of an applied research project.

Keywords:

Virtual reality, engineering, didactic obstacles.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación muestra los resultados de un estudio analítico descriptivo efectuado desde el enfoque de sistemas, en el que se propone utilizar la tecnología de la realidad

Vol 6, No 2 (2014) Octubre 2014 - marzo 2015

virtual como estrategia didáctica innovadora dentro del proceso formativo de los estudiantes de ingeniería, en particular en aquellos cursos que presentan algún obstáculo didáctico para los métodos de enseñanza tradicionales; por ejemplo, cuando se tratan de enseñar conceptos científicos, complejos, abstractos o modelos complicados mediante esquemas dibujados en el pizarrón (Nadan *et al.*, 2011); o bien, en temas que involucran situaciones de peligro o riesgo para el estudiante, como es el caso del manejo en el laboratorio de sustancias químicas peligrosas, altas temperaturas, variables eléctricas elevadas, o en las visitas a plantas industriales o actividades reales de ingeniería (Bohorquez *et al.*, 2009).

Lo anterior ha representado históricamente un reto para las instituciones educativas, en particular para los profesores que participan en la actividad de formar ingenieros y los ha obligado a innovar su práctica docente muchas veces a través de nuevas estrategias didácticas para hacer que los futuros ingenieros entiendan los problemas complejos de su profesión. Lo anterior se logra mediante una sólida base de conocimientos teóricos (Ulloa, 2008; Bosch *et al.*, 2011) y una importante formación práctica adquirida algunas veces con prácticas en el laboratorio y otras por el contacto con la industria mediante visitas para conocer actividades reales de la ingeniería (Maynard *et al.*, 2012).

Aunque estas visitas son muy importantes para la formación de los estudiantes, en numerosas ocasiones no es posible llevarlas a cabo por los riesgos implícitos o por el hecho de que se trata de obras o proyectos ingenieriles que involucran largos periodos para su realización, lo que representa que los estudiantes, durante una visita, observen apenas una pequeña porción de todo el ciclo de vida de los proyectos; así, se pierde el contexto real de dichas actividades y queda sólo el conocimiento adquirido, en el mejor de los casos, a través de la teoría que se obtuvo en el salón de clases, de unas cuantas prácticas en el laboratorio y de unas cuantas imágenes que le brindó el mundo real de la ingeniería.

Tratando de contrarrestar los obstáculos descritos y de conjuntar, de alguna forma, a los estudiantes y a la industria dentro del salón de clases, desde hace algunos años se ha utilizado en el ámbito educativo la realidad virtual. Al respecto, Sampaio destaca: "Los métodos tradicionales de educación responden solamente a las necesidades de algunos cuantos estudiantes en algunos temas específicos, pero en la mayoría de los casos no logran ofrecer un aprendizaje óptimo" (2012, p.153).

En contraparte a estos métodos, la realidad virtual ofrece la oportunidad de transmitir información de manera multisensorial, que hace que los usuarios involucrados en dicha tecnología tengan vivencias muy parecidas a las que obtendrían si estuvieran en esa misma situación, pero en la realidad. Negroponte menciona: "La realidad virtual puede hacer que lo artificial parezca tan real, o incluso más que la propia realidad" (1995, p. 9), con lo que se amplían las posibilidades de transmitir conocimientos sin obstáculos a más estudiantes, más asignaturas y más escuelas, aunado a la convergencia tecnológica actual en materia de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), lo que también permite un uso cada vez mayor de esta tecnología a costos cada vez más accesibles (Abulrub, Attridge & Williams, 2011).

CONCEPTUALIZACIÓN

Los conceptos centrales de esta investigación se describen a continuación:

Enfoque de sistemas. Desde este enfoque toda la sociedad está organizada mediante sistemas complejos; ésta es la forma como la humanidad ha tratado de dar una apariencia de orden a su universo. Algunos sistemas como conceptos científicos son manejables y poco complejos, pero, por otra parte, sistemas como los industriales, educativos, políticos o culturales son de gran complejidad y tamaño, lo que ha originado que los métodos tradicionales de interpretación se vean limitados cuando se tratan de entender dichos sistemas; por ello, en esta investigación se adoptó el enfoque sistémico, planteado por Chadwick (1992), mediante la aplicación de un conjunto de conocimientos científicos al ordenamiento del ámbito educativo y al sistema de educación formal, lo cual se logra con la secuencia mostrada en la figura 1.

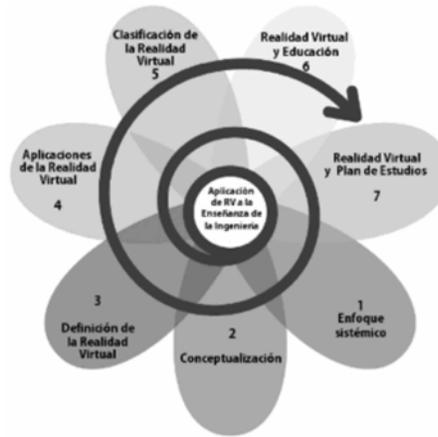


Figura 1. Secuencia sistémica de estudio para la investigación.

Ingeniería. De acuerdo con la Junta de Acreditación de Ingeniería y Tecnología (ABET, por sus siglas en inglés), la ingeniería es la profesión en la que se aplica el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquirido mediante el estudio, la experiencia y la práctica con juicio para desarrollar formas de utilizar económicamente los materiales y fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad; en particular, en esta investigación se considera que la ingeniería eléctrica tiene por objetivo:

...planear, proyectar, diseñar, innovar, controlar, instalar, construir, coordinar, dirigir, mantener y administrar equipos y sistemas, aparatos y dispositivos, destinados a la generación, transformación y aprovechamiento de la energía eléctrica en todas sus aplicaciones, así como operar equipos y materiales eléctricos tomando en cuenta su interrelación con los sistemas de potencia, distribución y utilización...(ESIMEZ-IPN, s.f.).

Obstáculo didáctico. Los obstáculos didácticos en el sentido que los maneja Brousseau (citado por Camarena, 2002; Cortina, Zúñiga y Visnovska, 2013) son aquellos que tienen su origen en las estrategias que se utilizan en la enseñanza para procurar apoyar el aprendizaje de nociones específicas. Los obstáculos didácticos son provocados por el profesor por el modo en que se enseñan los conocimientos conforme a un modelo educativo específico.

Convergencia tecnológica. Para Olawuyi y Mgbale, "...la convergencia tecnológica es la tendencia de los diferentes sistemas tecnológicos para evolucionar hacia la realización de tareas similares" (2012, p.1). Papadakis es más específico al mencionar que "la convergencia tecnológica es el proceso por el cual las telecomunicaciones, la informática y los medios de comunicación, sectores que en un principio operaron de forma independiente entre sí, actualmente están creciendo juntos" (2007, p.1). En este caso en particular, hay seis grandes tecnologías que convergen a la realidad virtual, las cuales pueden presentarse en forma aislada o a través de combinaciones, pero siempre dependiendo del desarrollo tecnológico existente. Estas tecnologías son las de visualización, hardware, sistemas de comunicación, equipos de adquisición de información y accesorios complementarios (ver figura 2).



Figura 2. Convergencia tecnológica en el campo de la realidad virtual.

DESARROLLO

Al tratarse de un estudio analítico descriptivo, éste se llevó a cabo mediante una revisión exhaustiva de múltiples fuentes documentales indexadas en las principales bases del conocimiento científico, como son el ISI Database[®] y el Journal Citation Report[®], además del estudio de otros artículos científicos vinculados a los temas en cuestión; esto sirvió como base para llevar a cabo esta investigación, siguiendo la secuencia de estudio que se muestra en la figura 1.

Definición de la realidad virtual

Existen diversas definiciones del término de realidad virtual, derivadas principalmente de la combinación de tres perspectivas: la filosófica, la técnica y la psicológica (Brudniy & Demilhanova, 2012)(ver figura 3).



Figura 3. El constructo de la realidad virtual (Brudniy & Demilhanova, 2012).

Brudniy y Demilhanova definen a la realidad virtual como

la forma más avanzada de relación entre una persona y un sistema informático, dicha relación permite una interacción directa entre el usuario y el ambiente generado artificialmente, ambiente que está destinado a estimular alguno o todos los sentidos humanos, caracterizándose principalmente por crear una ilusión a nivel cerebral de participación directa en dicho ambiente (2012, p.6).

Islande (citado en Fällman, Backman & Holmlund, 1999) plantea que existen otros términos como entorno sintético, ciberespacio, realidad artificial, tecnología de simulación que han sido adoptados como sinónimos de realidad virtual.

Principales aplicaciones de la realidad virtual

La figura 4 muestra de manera gráfica los principales usos y aplicaciones de la realidad virtual en diversos campos del quehacer humano, como la medicina, el ejército, el trabajo científico, la ingeniería y la educación.

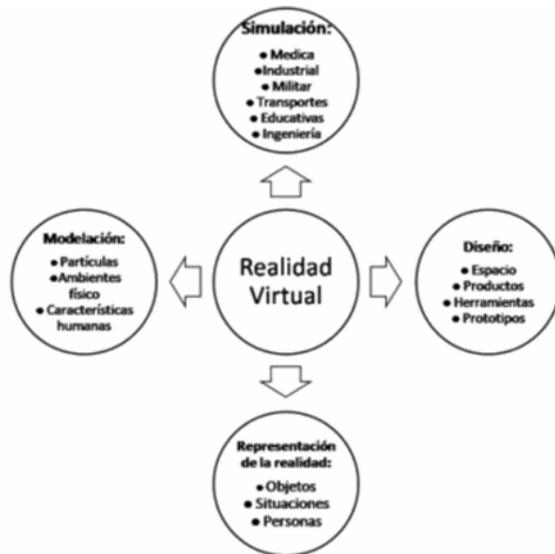


Figura 4. Principales usos y aplicaciones de la realidad virtual.

Clasificación de la realidad virtual

En la investigación se encontró que la realidad virtual se clasifica principalmente por los niveles de interacción y de inmersión ^[1] que proporcionan al usuario; existen tres tipos (Fällman, Backman & Holmlund, 1999; Ai-Lim & Wai, 2008):

Sistemas de realidad virtual de escritorio o no inmersiva: es la forma más común y menos costosa de realidad virtual que existe; por lo general, está conformada simplemente por una computadora de escritorio con características comunes, capacidad para reproducir contenidos multimedia o simulaciones que se pueden explorar a través del teclado, el mouse, un *joystick* o una pantalla táctil. Estos sistemas carecen por completo de sensaciones de inmersión para el usuario.

Sistema de realidad virtual semi inmersiva: intenta proporcionar a los usuarios una sensación de estar inmersos ligeramente en un entorno virtual; se realiza en general mediante diferentes tipos de software y a través de pantallas estereoscópicas.

Sistema de realidad virtual de inmersión total: está constituido por un par de pantallas de visualización tridimensional montadas en un casco sobre la cabeza del usuario, que le permiten estar del todo aislado del mundo físico exterior; en esta categoría también entran las llamadas cuevas de realidad virtual, las cuales son una sala en la que las paredes que rodean al usuario producen las imágenes tridimensionales a través de diversos tipos de proyección, y ofrecen la sensación de inmersión total. En los ambientes inmersivos, además, es necesario algún tipo de hardware especial para poder interactuar con el entorno, como son guantes, trajes y sistemas de sensores. La realidad virtual totalmente inmersiva es considerada la mejor opción para transmitir información multisensorial, incluyendo entre la capacidad de aislar casi por completo la interferencia que pudiera proveer el mundo exterior y permitir de este modo al usuario enfocarse por completo en la información que le ofrece el entorno virtual.

La realidad virtual y la educación

Durante esta investigación se encontró que el primer uso práctico de una aplicación de la realidad virtual en la educación se produjo en 1993 y fue a través de un prototipo de laboratorio de física aplicada (Bowen, Engleberg & Benedetti, 1993). En 1998, el Instituto de Análisis de Defensa de los Estados Unidos emitió un informe completo acerca de las aplicaciones que se podían hacer con esta tecnología en el campo de la educación (Youngblut, 1998). A partir de ahí la realidad virtual ha alcanzado un nivel de desarrollo tal que ha permitido considerarla dentro del grupo de las tecnologías innovadoras aplicables a la educación, la formación y la investigación (Abulrub, Attridge & Williams, 2011), que ofrecen nuevas oportunidades y desafíos para el sector educativo.

Uno de esos grandes desafíos se venció, en años recientes, cuando por efecto de la convergencia tecnológica en el campo de las TIC se incrementó el poder de procesamiento

Vol 6, No 2 (2014) Octubre 2014 - marzo 2015

y visualización de la información de los nuevos equipos de cómputo, y se redujeron con ello de manera considerable los costos asociados a dicha tecnología. A partir de ahí, la realidad virtual ha madurado rápidamente al ofrecer en la actualidad una alternativa viable para la entrega de nuevas experiencias educativas a los estudiantes de todas las edades y en todas las disciplinas.

El profesor Bowen de la Universidad de Houston (citado por Loftin, Brooks & Dede, 1998) contrastó la educación tradicional con aquella que se podía brindar a través de la realidad virtual y reveló que lo mejor que la primera puede ofrecerle a los estudiantes en el aula o en el laboratorio son las tradicionales lecturas de materiales clásicos de épocas pasadas, complementadas algunas veces con una escasa participación de ellos en experimentos de laboratorio y una también escasa observación de otras regiones, culturas y pueblos; esto se facilitaba muchas veces a través de imágenes, fotografías o videos en dos dimensiones. Durante siglos, el principal medio utilizado en el ámbito educativo había sido la palabra hablada y escrita, con las limitantes que eso implicaba para la enseñanza.

Lo anterior ha hecho que en los últimos años y principalmente en los países desarrollados, la realidad virtual haya ganado presencia en los entornos educativos como un enfoque alternativo a las experiencias de aprendizaje tradicionales (Ai-Lim, Wai & Fung, 2010), ya que a diferencia de otras aplicaciones informáticas, la realidad virtual le brinda al usuario un entorno visual en tres dimensiones altamente interactivas muy parecidas a las que ofrece el mundo real. Esto permite, además, que los estudiantes experimenten no sólo la sensación de estar presentes dentro del entorno con la posibilidad de interactuar con los objetos dentro de él, sino que también algo suceda dentro de dicho entorno sin que esto necesariamente sea resultado de una acción que él efectuó (Bossard & Kermarrec, 2006), todo ello a través de sus dos componentes clave: la inmersión y la interacción.

West (citado por Fällman, Backman & Holmlund, 1999) indica que la capacidad para trabajar con información abstracta y multidimensional es una habilidad crucial para los profesionistas en la sociedad actual, no sólo en el mundo académico, sino también en una gran parte de los entornos productivos. Los métodos tradicionales de visualización y la visualización misma de modelos y datos, por ejemplo, en la pantalla de una computadora o en los libros, muchas veces se hace con esquemas en dos dimensiones, a pesar de que con ellos se trata de describir una realidad que por naturaleza es tridimensional. Entonces, la realidad virtual permite a los estudiantes no sólo visualizar estos modelos y datos en un contexto más apropiado, sino que también les brinda la posibilidad de interactuar con ellos cuando sea necesario; pueden observarlos desde varios puntos de vista, además de la posibilidad de cambiar el tamaño de dicha representación, así como la perspectiva desde la que ellos los experimentan (Fällman, Backman & Holmlund, 1999).

Con la tecnología de realidad virtual el alumno puede enfrentar situaciones variables y mundos complejos por medio de las simulaciones realizadas por computadora e incorporadas a un sistema de realidad virtual que da la posibilidad de tener múltiples sesiones de práctica y ampliar la gama de situaciones a las que se enfrenta un alumno; asimismo, proporciona información sobre el rendimiento del usuario, lo que permite controlar y registrar electrónicamente los avances del participante. Dentro del sistema de realidad virtual se pueden incluir contenidos que incluyan situaciones históricas, ya sean desastres reales o supuestos en los que se simulan situaciones de crisis; esto representa enfrentar a los estudiantes a toda una amplia gama de posibles problemas técnicos y humanos muy similares a los que se pueden encontrar en el mundo real.

La realidad virtual es algo cada vez más popular en los medios educativos actuales por su amplia variedad de aplicaciones (Mikropoulos *et al.*, 1998; Ai-Lim & Wai, 2008); utiliza principalmente dos tipos de contenidos (Bell & Fogler, 1995; Antonietti *et al.*, 2000): el primero de ellos trata de imitar el mundo real, por ejemplo, al crear un museo virtual que fortalece el estudio de la historia, el arte y el patrimonio cultural de un país, y favorece que los estudiantes se involucren en acontecimientos históricos o de ficción, enriquecidos con información adicional sobre esos lugares (Fällman, Backman & Holmlund, 1999; Abidi, El-Tamimi & Al-Ahmari, 2012), o también con el desarrollo de materiales con los cuales se pueden ejemplificar casos como las bacterias que entran en el cuerpo humano y ocasionan alguna enfermedad; esto permite que lo abstracto e intangible pase a ser concreto y manipulable (Abidi, El-Tamimi & Al-Ahmari, 2012).

El segundo tipo de contenidos utilizados en la actualidad está integrado por las simulaciones realizadas por computadora de objetos en 3D y que luego serán reproducidas en un entorno de realidad virtual interactivo, por ejemplo, para la generación de una máquina a partir de un diagrama en 2D.

Finalmente, se encontró que, por sus características, esta tecnología ofrece la capacidad de

Vol 6, No 2 (2014) Octubre 2014 - marzo 2015

permitir a los estudiantes visualizar conceptos complejos o abstractos, observar eventos a escala atómica o planetaria, sin importar la distancia, el tiempo o los factores de seguridad que de otro modo harían que esto fuera imposible en la realidad. La realidad virtual ofrece muchas ventajas a la educación, incluida la entrega de información a través de múltiples canales, el direccionamiento de los diferentes estilos de aprendizaje y, además, el aprendizaje basado en la experiencia (Bell & Fogler, 1995). El área de la simulación es relevante para la formación de ingenieros, por lo que es factible explorar este campo con herramientas de realidad virtual y utilizarla como una estrategia educativa para ayudar a los estudiantes a adquirir conocimiento de los sistemas y procesos complejos, así como de los modelos abstractos (Fällman, Backman & Holmlund, 1999).

La realidad virtual y el plan de estudio de Ingeniería Eléctrica

En esta etapa de la investigación se abordó un caso particular de la ingeniería, y se eligió la ingeniería eléctrica. Se efectuó un análisis al contenido de las asignaturas del plan de estudios de la carrera de Ingeniería Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional (IPN); se determinaron aquellas asignaturas que por su contenido podrían generar algún obstáculo didáctico y que, por tanto, serían susceptibles a la aplicación de la realidad virtual (ver tabla 1).

Tabla 1. Resultado del análisis aplicado al plan de estudios de la carrera de Ingeniería Eléctrica del IPN

CARACTERÍSTICAS DE LA ASIGNATURA/APLICACIÓN DE LA REALIDAD VIRTUAL				
ASIGNATURA	CA	GSR	RVI	RCE
Matemática				
Química				
Física				
Computación				
Humanidades				
Economía				
Administración				
Circuitos eléctricos				
Electrónica				
Estructura de los materiales				
Conversión de la energía				
Instalaciones eléctricas				
Equipo eléctrico				
Fuentes de generación				
Líneas y redes de distribución				
Protecciones eléctricas				
Máquinas eléctricas				
Sistemas de tracción				
Sistemas de iluminación				
Altas tensiones				

La clasificación de la tabla 1 corresponde al significado de las siglas siguientes: CA: conceptos abstractos, GSR: genera situaciones de riesgo; RVI: requiere visitas industriales; RCE: requiere conocer equipo en campo. De lo anterior, se determinó que aunque los obstáculos didácticos pueden ocurrir en la mayoría de las asignaturas, en todos los casos también es posible aplicar realidad virtual para contrarrestarlos, por ejemplo cuando:

- La asignatura incorpora conceptos abstractos o complejos (CA), que al tratar de ser impartidos a través de los métodos tradicionales, representen alguna dificultad para el profesor, como en el caso en que se enseña el concepto de átomo, enlace químico, fuerza, campo electromagnético, entre otros muchos y para ello el profesor se auxilia de un esquema en dos dimensiones dibujado en el pizarrón, el cual por más detalles que contenga y por más esfuerzos que represente su elaboración, no ofrecerá la misma cantidad de información que si éste utilizara un modelo 3D creado por computadora y luego reproducido en un sistema de realidad virtual (Shudayfat, Moldoveanu & Moldoveanu, 2012).
- La asignatura requiere ejemplificar máquinas o situaciones reales (GSR); por ejemplo, la operación de un transformador dentro de una subestación eléctrica o de un motor dentro de un proceso industrial, operación que al igual que en la situación anterior normalmente se ilustra con un dibujo en el pizarrón, con las

limitantes que esto representa. En este caso también se podría echar mano de un modelo tridimensional presentado en un espacio de realidad virtual (Romero et al., 2008; Wang & Li, 2010; Cardoso, Lamounier & Prado, 2013), con el cual los alumnos podrían interactuar a través de espacios virtuales (Aydogan et al., 2011) y conocer en algunos casos los impactos que la construcción de dichos sistemas eléctricos representan para el entorno (Jallouli, Moreau & Querrec, 2008), o grabar un video estereoscópico de la operación real del equipo, que después sería proyectado en un sistema de realidad virtual.

- La asignatura genera situaciones de riesgo para los estudiantes (GSR), ya que requiere prácticas en laboratorio o visitas industriales (RVI, RCE) a lugares específicos del sector eléctrico. Se entienden como situaciones de riesgo todas aquellas en las que exista peligro de lesión o muerte, ocasionado por causas relacionadas, directa o indirectamente, con la electricidad (Barrett, Blackledge & Coyle, 2011). Entre los riesgos eléctricos más comunes a los que se enfrenta un estudiante durante una práctica en el laboratorio o una visita industrial, por ejemplo, a una planta hidroeléctrica o termoeléctrica (Yong et al., 2012), están los provocados por:
 1. Las descargas eléctricas que se puede recibir por el contacto directo o indirecto a través de algún equipo electrificado, onda de choque o arco eléctrico, cuando exista alguna condición de falla.
 2. Una descarga eléctrica por diferencia de potencial.
 3. La inhalación de los gases tóxicos generados por la falla en un equipo eléctrico.
 4. El fuego resultante de una falla eléctrica.
- Durante el desarrollo de alguna práctica o una visita industrial existen situaciones en las que los estudiantes podrían quedar expuestos a alguna situación de riesgo, y en caso de que por algún error se violen las medidas de seguridad establecidas, puede ocurrir un accidente con desenlaces fatales; por ejemplo, cuando los alumnos tienen que visitar una subestación eléctrica elevadora cuyos voltajes de operación están en el rango de los 13.8 kV a los 500 kV, lo que representa que el mínimo error humano podría ocasionar una descarga eléctrica sobre algún estudiante que le podría ocasionar incluso la muerte.

Para prevenir lo anterior, la realidad virtual resulta muy útil, ya que no sólo permite conocer la operación de los equipos previamente (Shanku, Sharko & Prifti, 2011), sino también simular condiciones de operación e incluso alguna falla de éstos, sin ningún riesgo; además, se tiene la posibilidad de repetir las actividades las veces que sea necesario hasta que éstas sean comprendidas a través de sistemas de entrenamiento basados en realidad virtual (Gonçalves & Fonseca, 2013). Esto aplica, de igual modo, cuando se requiere conocer la fabricación de algún equipo o material específico dentro del sector eléctrico, como las visitas industriales a las plantas de manufactura (Qingjin, 2007).

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación documental revelan que la realidad virtual tiene aplicación en la enseñanza de la ingeniería, en particular en la ingeniería eléctrica, por las características que posee y que le permiten, a diferencia de otras tecnologías, involucrar a los estudiantes en situaciones muy parecidas a la realidad, pero sin los riesgos que ésta podría representar. Se debe mencionar que, actualmente, la convergencia de tecnología en las TIC ha favorecido que los costos relacionados con la implementación de sistemas basados en realidad virtual disminuyan, y ha abierto la posibilidad de que cada vez más centros educativos la incorporen mediante equipos de cómputo más potentes y de mayor rendimiento. Es necesario continuar con investigaciones que relacionen el uso de la realidad virtual en el campo de la educación en general, y en el tema de la formación de ingenieros en específico, ya que, sin duda, esta tecnología ocupará un lugar muy importante en las aulas de enseñanza de la ingeniería del siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abidi, M., El-Tamimi, A. & Al-Ahmari, A. (2012). Virtual Reality: Next Generation Tool for Distance Education. *International Journal of Advanced Science and Engineering Technology*, vol.2, núm.2, pp. 95-100.
- Abulrub, A., Attridge, A. & Williams, M.,(2011). Virtual Reality in Engineering Education: The Future of Creative Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*[S.l.], vol. 6, núm. 4, pp. 4-11. Recuperado el 1 de enero de 2013 de: <http://online-journals.org/i-jet/article/view/1766/2019> .
- Ai-Lim, E. & Wai, K. (2008). A Review of Using Virtual Reality for Learning. En *Transactions on edutainment I* (pp. 231-241).A. El Rhabili (Ed.). *Lecture Notes in Computer Science*,

Vol 6, No 2 (2014) Octubre 2014 - marzo 2015

vol. 5080. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

- Ai-Lim, E., Wai, K. & Fung, C. (2010). Learning with Virtual Reality: Its Effects on Students with Different Learning Styles. En *Transactions on edutainment IV* (pp.79-90) . Z. Pan *et al.* (Eds.). *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6250. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Antonietti, A., Rasi, C., Imperio, E. & Sacco, M. (2000). The Representation of Virtual Reality in Education. *Education and Information Technologies*, vol. 5, núm.4, Kluwer Academic Publishers, pp. 317-327.
- Aydogan, H., Karakas, E., Aras, F. & Ozudogruet, F. (2011). 3D Virtual Classroom Environment for Teaching Renewable Energy Production and Substation Equipment. *International Journal of Electrical Engineering Education*. Manchester University.
- Barrett, M., Blackledge, J. & Coyle, E. (2011). Using Virtual Reality to Enhance Electrical Safety and Design in the Built Environment. *ISAST Transactions on Computers and Intelligent Systems*, vol. 3, núm. 1, pp. 1-9.
- Bell, J. & Fogler, H.(1995, junio).The Investigation and Application of Virtual Reality as an Educational Tool. *Proceedings of the American Society for Engineering Education 1995 Annual Conference*, núm. 2513.
- Bohorquez, H., Franchi, L., Ismenia A., Salcedo, S. & Morán, R. (2009, abril-mayo-junio). La concepción de la simetría en estudiantes como un obstáculo epistemológico para el aprendizaje de la geometría, *EDUCERE*, año 13, núm. 45, pp. 477-489.
- Bossard, C., & Kermarrec, G. (2006).Conditions that Facilitate Transfer of Learning in Virtual Environment. *Information and Communication Technologies*, ICTTA '06, vol.1, pp.604-609.
- Bosch, H., Di Blasi, M. A., Pelem, M. E., Bergero, M. S., Carvajal, L. & Geromini, N. S.(2011). Nuevo paradigma pedagógico para enseñanza de ciencias y matemática. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol.2, núm.3, pp. 131-140.
- Bowen, R., Engleberg, M. & Benedetti, R. (1993). Applying Virtual Reality in Education: A Prototypical Virtual Physics Laboratory. En *Proceedings, IEEE 1993. Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality*(pp.67-74).
- Brudniy, A. & Demilhanova, A. (2012). The Virtual Reality in a Context of the "Mirror Stage". *International Journal of Advances in Psychology*, vol. 1, pp. 6-9.
- Camarena, G. (2002). Reporte del proyecto de investigación "Los registros cognitivos de la matemática en el contexto de la ingeniería", núm. de registro: CGPI-IPN-20010616, Editorial ESIME-IPN.
- Cardoso, A., Lamounier Jr., E. & Prado, P. (2013). VRCEMIG: a Virtual Reality System for Real Time Control of Electric Substations. Research Demonstration. *IEEE Virtual Reality 2013*.
- Cortina, J., Zúñiga, C. & Visnovska, J. (2013, agosto). La equipartición como obstáculo didáctico en la enseñanza de las fracciones. *Revista Educación Matemática*, vol. 25, núm. 2.
- Chadwick, C. (1992). *Tecnología educacional para el docente*(3ª ed). Barcelona: Paidós Iberica.
- ESIMEZ-IPN (s.f.). Recuperado el 3 septiembre de 2013 de <http://www.esimez.ipn.mx/OfertaEducativa/Paginas/Ingenieria-Elctrica.aspx>
- Fällman, D., Backman, A. & Holmlund, K. (1999). VR in Education: An Introduction to Multisensory Constructivist Learning Environments. *Universitets pedagogisk konferens, Umeåuniversitet*.
- Gonçalves, F. & Fonseca, I.(2013). A Training System to Help Professionals in the Electric Sector in Risky Operations. *XV Symposium on Virtual and Augmented Reality*. IEEE Computer Society Washington, DC, USA.
- Jallouli, J., Moreau, G. & Querrec, R. (2008) Wind Turbines Landscape: Using Virtual Reality for the Assessment of Multisensory Perception in Motion. En *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual reality software and technology*. New York, NY, USA: ACM.
- Loftin, R., Brooks, F.Jr, & Dede, C. (1998). Virtual Reality In Education: Promise and Reality. *Virtual Reality Annual International Symposium*, 1998.Proceedings, IEEE.
- Maynard N., Kingdon, J., Ingram, G., Tadó, M., Shallcross, D. C., Dalvean, J., Hadgraft, R., Cameron, I., Crosthwaite, C. & Kavanagh, J. (2012, julio). Bringing Industry into the Classroom: Virtual Learning Environments for a New Generation. En *Proceedings of the 8th International CDIO Conference*. Queensland University of Technology, Brisbane.
- Mikropoulos, T., Chalkidis, A., Katsikis, A., & Emvalotis, A. (1998). Students' Attitudes Towards Educational Virtual Environments. *Education and Information Technologies*, vol.3, núm. 2, pp. 137-148.
- Nadan, T., Alexandrov, V., Jamieson, R. & Watson, K. A. (2011, marzo). Is Virtual Reality a Memorable Experience in an Educational Context? *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET) [S.l.]*, vol. 6, núm. 1, pp. 53-57. Recuperado el 10 de enero de 2013 de <file://localhost/<http://online-journals.org:i-jet:article:view:1433:1666>>.
- Negroponete, N. (1995). *El mundo digital*. España: Ediciones B, S. A. Recuperado el 18 de febrero de 2013 de <http://www.bibliocomunidad.com/web/libros/NicholasNegroponete-Elmundodigital.pdf> .

Vol 6, No 2 (2014) Octubre 2014 - marzo 2015

- Olawuyi, J. & Mgbale, F. (2012). Technological Convergence. *Science Journal of Physics*, vol. 2012, article ID sjp-221.
- Papadakis, S. (2007). *Technological Convergence: Opportunities and Challenges*. Ensayos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones . Recuperado el 15 de marzo 2013 de <<http://www.itu.int/osg/spu/youngminds/2007/essays/PapadakisSteliosYM2007.pdf> >
- Qingjin, P. (2007, julio). Virtual Reality Technology in product design and manufacturing. En *Proceedings of CDEN/C2E2 Conference* (pp. 22-24). University of Manitoba Winnipeg, Manitoba.
- Romero, G., Maroto, J., Félez, J., Cabanellas, J.M., Martínez, M.L. & Carretero, A. (2008). Virtual Reality Applied to a Full Simulator of Electrical Sub-stations. *Electric Power Systems Research*, vol. 78, pp. 409-417. Elsevier.
- Sampaio, A. (2012, diciembre). Virtual Reality Technology Applied in Teaching and Research in Civil Engineering. *Journal of Information Technology and Application in Education*, vol.1, núm 4.
- Shanku, N., Sharko&Prifti, E. (2011). Toward Virtual-Real Laboratory on Electric Power System Engineering Courses A Successful Experience. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*.
- Shudayfat, E., Moldoveanu, F. & Moldoveanu, A. (2012). A 3D Virtual Learning Environment for Teaching Chemistry In High School. *Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium*, vol.23, núm.1, pp. 2304-1382.
- Ulloa, G. (2008). ¿Qué pasa con la ingeniería en Colombia? *Eduteka*. Recuperado el 20 de septiembre de 2013 de <http://www.eduteka.org/IngenieriaColombia.php>
- Wang, W. & Li, G. (2010). Virtual Reality in the Substation Training Simulator. En *Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*.
- Yong, W., Hong, W. L., Zheng, C. L. & Ming, S. H. (2012). Application of Virtual Reality Technology in the Maintenance Training System of Mobile Power Stations. En *Second International Conference on Instrumentation & Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC)*. Harbin City, Heilongjiang, China
- Youngblut, C. (1998). *Educational Uses of Virtual Reality Technology*. Virginia, USA: Institute for Defense Analyses.

Acerca de los autores

Jesús Alberto Flores Cruz es maestro en Ciencias en Ingeniería de Sistemas. Profesor Titular C ESIME Zacatenco-IPN, Av. Luis Enrique Erro s/n, Zacatenco, Del. Gustavo A. Madero, 07738 México, DF. Tel.(55)5729-6000, ext. 54563. Correo electrónico: jafloresc@ipn.mx

Patricia Camarena Gallardo es doctora en Matemáticas Educativas. Profesora Investigadora ESIME Zacatenco-IPN, Av. Luis Enrique Erro s/n, Zacatenco, Del. Gustavo A. Madero, 07738 México, DF. Tel. (55)5729-6000, ext. 54644. Correo electrónico: pcamarena@ipn.mx

Elvira Avalos Villarreal es doctora en Ciencia de Sistemas. Profesora Investigadora ESIME Zacatenco-IPN, Av. Luis Enrique Erro s/n, Zacatenco, Del. Gustavo A. Madero, 07738 México, DF. Tel. (55)5729-6000, ext. 54830. Correo electrónico: eavalosv@ipn.mx

Fecha de recepción del artículo: 27/06/2014

Fecha de aceptación para su publicación: 21/10/2014

[1] Inmersión: es la percepción que tiene un usuario de estar físicamente presente en un mundo virtual. Esta percepción se crea a través de imágenes, sonidos y otros estímulos, y proporciona un ambiente absorbente por completo.