



La Enseñanza de la Ingeniería Eléctrica, campo fértil para la aplicación de la Realidad Virtual

JESÚS ALBERTO FLORES CRUZ
jafloresc@ipn.mx

ELVIRA AVALOS VILLARREAL
eavalosv@ipn.mx

PATRICIA CAMARENA GALLARDO
pcamarena@ipn.mx

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA (ESIME), UNIDAD ZACATENCO-INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (IPN)

Línea temática

Docencia, investigación e innovación educativas

Resumen

En este artículo se analiza de manera sistémica la factibilidad de incorporar la Realidad Virtual (RV) como una alternativa tecnológica útil dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de ingeniería eléctrica, destacándose en él las características emergentes que dicha tecnología posee y que permite recrear escenarios sintéticos generados por computadora en los cuales son estimulados varios sentidos humanos mediante gráficas tridimensionales y sonidos estereofónicos, permitiendo con ello extender las capacidades de los estudiantes visuales, auditivos y kinestésicos en la comprensión de los conceptos de naturaleza compleja, abstracta o peligrosa, venciendo los obstáculos que los métodos tradicionales utilizados hasta hoy en el aula no han logrado hacer completamente.

Palabras clave

Realidad Virtual, Ingeniería Eléctrica, visión sistémica, innovación, inmersión.

Propósito

Este trabajo tiene como propósito mostrar los resultados de un análisis realizado desde la visión sistémica, en la cual se indaga a profundidad en la búsqueda de las posibilidades de aplicar la RV como tecnología emergente para el fortalecimiento de las estrategias formativas dentro de un programa de estudios en ingeniería eléctrica, principalmente en aquellas asignaturas que incluyen conceptos abstractos o complejos, situaciones riesgosas, modelación o alguna otra características que represente algún obstáculo para los métodos tradicionales de enseñanza.

Destinatarios

La formación de ingenieros en cualquiera de las áreas de especialidad ha representado históricamente un gran reto para todas las Instituciones de Educación Superior (IES) involucradas, obligándolas a buscar nuevas estrategias que les permitan mejorar su proceso de enseñanza-aprendizaje y obtener como resultado un mayor logro académico en sus estudiantes, lo anterior ha hecho que cada vez más instituciones incorporen alguna de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) dentro de sus procesos formativos, ya sea que éstas se utilicen simplemente como herramientas para la impartición de alguna asignatura o sean el tema central de otra o, en gran medida y de manera más generalizada, para la búsqueda, recolección y difusión de información. Como menciona Tuirán (2011): “Una educación superior pertinente y de calidad no sólo es una aspiración legítima, sino una condición fundamental para impulsar el desarrollo del país, fortalecer la ciudadanía, mejorar la competitividad y lograr una inserción ventajosa en la economía basada en el conocimiento”.

Contexto

El contexto en el que se desenvuelve esta investigación se encuentra definido por el proceso de integración de las TIC de última generación, como la Realidad Virtual (RV) al proceso de formación de los ingenieros electricistas, lo anterior como una estrategia innovadora para la transmisión de conocimientos, principalmente en aquellas áreas donde los métodos tradicionales no han logrado hacerlo con el éxito deseado, como es la enseñanza de conceptos científicos complejos o riesgosos (Nadan *et al.*, 2011). Se parte de la factibilidad que da la convergencia tecnológica en materia de *hardware* y *software*, la cual ha permitido la incorporación de cada vez más universidades al uso de esta tecnología por la accesibilidad de costos (Abulrub, Attridge & Williams, 2011) y la capacidad de transmitir información de manera multisensorial que hace que el usuario tenga vivencias que lo lleven a situaciones muy parecidas a las que enfrenta en la realidad, dicho en palabras de Negroponte (1995): “La realidad virtual puede hacer que lo artificial parezca tan real, o incluso más que la propia realidad”. Lo anterior hace que la RV sea una herramienta con gran potencial cuando se requiere transmitir al estudiante conceptos complejos y de situaciones en las que se deben extremar precauciones por el riesgo implícito que ellas tienen, como el manejo de sustancias químicas, altas temperaturas, visitas a plantas industriales, variables eléctricas elevadas, entre

otras, ya que durante su formación profesional, en la mayoría de las veces, solamente se les muestran con el único propósito de conocer los elementos que las integran, sin tener la posibilidad de manipularlas u operarlas.

Marco de referencia

El marco de referencia en el que se encuentra inserta esta investigación está definido por los siguientes conceptos:

Enfoque y metodología de sistemas. Desde el enfoque sistémico, toda la sociedad está organizada mediante sistemas complejos, de esta forma la humanidad trata de dar una apariencia de orden a su universo. Algunos sistemas, como la familia, son manejables y poco complejos pero, por otra parte, sistemas como los industriales, educativos, políticos o culturales son sistemas de gran complejidad y tamaño, lo que hace que los métodos tradicionales de interpretación se vean limitados.

En esta investigación se utilizó la etapa de análisis del modelo de enfoque sistémico planteado por Clifton B. Chadwick (1992) como marco de referencia de su desarrollo, en él los conceptos de enfoque y análisis de sistema son aplicables en el ámbito educativo.

Convergencia tecnológica. Para Olawuyi y Mgbale (2012): "La convergencia tecnológica es la tendencia de los diferentes sistemas tecnológicos para evolucionar hacia la realización de tareas similares", en este caso de estudio, esta evolución es hacia la RV. Mientras que Papadakis (2007) 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".

Realidad Virtual. En esta investigación partiremos del concepto de entender 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, mismo que está destinado a estimular los sentidos humanos, como son la vista, el oído, el tacto y, más recientemente, el olfato, caracterizándose principalmente por crear una ilusión de participación directa en el ambiente artificial.

Para Okechukwu y Udoka (2011), la Realidad Virtual puede ser clasificada en tres tipos principales:

- a) **Sistemas de RV no inmersiva:** Son aquéllos que utilizan en menor medida las técnicas de RV. Estos sistemas implementan la RV a través de una computadora de escritorio. A esta clase de RV también se le conoce como Ventana sobre el Mundo (Window on World –WoW, por sus siglas en inglés–) (Onyesolu, 2006). Usando este sistema, el entorno virtual se visualiza a través de un portal o ventana mediante la utilización de un

monitor estándar de alta resolución. La interacción con el entorno virtual puede producirse por medios convencionales, tales como el teclado, ratón o *trackball*.

- b) **Sistemas de RV semi-inmersivos:** Estos sistemas están integrados por un equipo de cómputo gráfico de alto rendimiento que puede ser acoplado, ya sea a un monitor de gran tamaño, a un sistema de proyección o a un sistema basado en múltiples pantallas de televisión. Debido a su amplio campo de visión, estos sistemas aumentan la sensación de inmersión o presencia experimentada por el usuario y la imagen 3D puede conseguirse utilizando algún tipo de lentes especiales.
- c) **Sistemas de RV inmersivos (inmersión total):** Un sistema de realidad virtual inmersiva es el que aporta la mayor experiencia dentro de los entornos virtuales. Aquí el usuario a través de un dispositivo montado sobre su cabeza o una pantalla de visualización frontal ve el entorno virtual, además de que la sensación de interacción se incrementa empleando algunos de los dispositivos hápticos y de seguimiento.

A partir de la clasificación anterior, en esta investigación se considerarán principalmente la Realidad Virtual del tipo **semi-inmersiva** y la **inmersiva** ya que sus propiedades emergentes permiten proyecciones en 3D de gran formato y alta definición, adicionadas con sonidos estereofónicos, logran así que los estudiantes tengan la sensación de estar completamente involucrados en los ambientes sintéticos generados.

Ingeniería Eléctrica. Para el Colegio de Ingenieros en Australia, la Ingeniería Eléctrica es aquella que está relacionada con la investigación, diseño, desarrollo, fabricación, instalación, operación, mantenimiento y gestión de equipos, plantas y sistemas que tienen que ver con la electricidad, la electrónica, las comunicaciones y las áreas de sistemas informáticos.

Las actividades anteriores se pueden aplicar a la generación, transmisión, distribución, instalaciones eléctricas en los edificios y en sitios industriales, fabricación de equipos eléctricos, instrumentación y aplicaciones de los sistemas de control en la industria, las redes de comunicación, máquinas y equipos electrónicos, así como a la integración y el control de los sistemas informáticos.

Para la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, perteneciente al Instituto Politécnico Nacional, en México, la Ingeniería Eléctrica es aquella que 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; además de participar en la construcción, mantenimiento, conservación y administración de la planta productiva, con una visión integral del desarrollo social, económico e industrial del país.

A partir de las definiciones anteriores y para efectos de esta investigación, consideramos que la Ingeniería Eléctrica es una de las múltiples ramas de la Ingeniería, se dedica al estudio de los fenómenos electromagnéticos, los cuales son aplicados para la generación, transmisión, control, distribución, comercialización, utilización y conversión de la energía eléctrica, lo que permite el desarrollo de los países; de igual forma, se ocupa del diseño, fabricación, análisis, funcionamiento y mantenimiento de dispositivos y sistemas electrónicos que controlan, procesan y transmiten información.

Estilos de aprendizaje: a lo largo del tiempo se han desarrollado y utilizado varios modelos, se trata de definir, de manera integral, los estilos de aprendizaje de cada persona, entendiéndose esto como la forma en la que una persona aprende, es decir, adquiere conocimientos o destrezas. En un sentido más amplio, significa también cómo la persona interpreta, distingue, procesa y comprende la información y el contexto (Proyecto Multilateral Grundtvig SKILLS, 2009). En esta investigación se describe uno de los modelos que más auge ha tenido en los últimos años, es el desarrollado por Neil Fleming y Colleen Mills denominado Modelo VARK, el cual proporciona una de las clasificaciones utilizadas más ampliamente (Leite, Svinicki & Shi, 2010) debido al gran uso que se le dio dentro del campo de la programación neuro-lingüística, dicho modelo consta de la siguiente clasificación (obtenida de la página web de VARK):

1. Estudiantes visuales: Son aquéllos que prefieren la representación de la información en mapas, árboles, cuadros, gráficos, diagramas de flujo, organigramas, y todos los recursos simbólicos como flechas, círculos, jerarquías, entre otros, que utilizan los profesores para representar lo que podría haberse presentado con palabras.
2. Estudiantes auditivos: Este modo de percibir describe una preferencia por la información "escuchada o hablada". Los estudiantes que prefieren este estilo dicen que aprenden mejor asistiendo a conferencias, en tutorías, con cintas o CD, grupos de debate, con el correo electrónico, conversando en chats o discutiendo los temas en profundidad. Incluye hablar en voz alta o hablar para uno mismo. La gente con esta preferencia, a menudo, prefiere resolver las cosas hablando en lugar de resolver las cosas y entonces hablar.
3. Estudiantes con preferencias de lectura-escritura: Esta preferencia se refiere a la información mostrada en forma de palabras. Como es lógico, muchos académicos tienen una fuerte preferencia por esta modalidad. Se centra en la información presentada en forma de texto (leer y escribir) en cualquiera de sus formas. La gente que prefiere esta modalidad suele ser adicta a las presentaciones en Power Point, Internet, las listas, organizadores personales, diccionarios, diccionarios de sinónimos, citas y palabras.
4. Estudiantes kinestésicos o estudiantes táctiles: Por definición, esta modalidad se refiere a la "preferencia perceptual relacionada con el uso de la experiencia y la práctica (ya sea simulada o real)." Aunque esta experiencia puede evocar otras modalidades, la clave es que la gente que prefiere ésta están conectados con la realidad, "ya sea por medio de experiencias personales concretas, ejemplos, práctica o simulación" (Fleming & Mills, 1992). Incluye demostraciones, simulaciones, vídeos y películas de cosas "reales", así como casos prácticos, ejercicios y aplicaciones.

Este fue el modelo adoptado para los fines de esta investigación debido a que ha tenido un amplio uso en los últimos años, así como a la facilidad de clasificación de estilos de aprendizaje que permite a través de un simple cuestionario de solamente dieciséis preguntas.

Procedimiento

Para realizar esta investigación fue necesario desarrollar cinco etapas, se tomó como base la fase de análisis del modelo de enfoque sistémico planteado por Clifton B. Chadwick (1992) en tres de ellas, a saber:

- Etapa 1. Aplicación del análisis sistémico para determinar las tecnologías que convergen dentro de la RV.
- Etapa 2. Aplicación del análisis sistémico para determinar los usos y aplicaciones actuales de la RV en los diversos campos del conocimiento humano.
- Etapa 3. Aplicación del análisis sistémico para determinar en cuáles asignaturas del plan de estudios de Ingeniería Eléctrica es posible fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje empleando la RV.
- Etapa 4. En esta etapa se describen las coincidencias que existen entre los estilos de aprendizaje de los estudiantes y cómo los requerimientos de dichos estilos son cubiertos por las propiedades emergentes que tiene la RV.
- Etapa 5. Se propone un modelo de aplicación de la RV en una asignatura que para este caso representa un riesgo para los estudiantes involucrados.

Desarrollo

Al tratarse de un estudio analítico descriptivo se inició con una revisión de diversas fuentes documentales, destacándose las encontradas en los sitios web de Springer Link, ScienceDirect y ACM, además de diversos artículos científicos relacionados con los temas involucrados, mismos que fueron encontrados mediante el buscador Google Scholar, lo que sirvió como base para llevar a cabo las tres etapas iniciales de esta investigación.

Etapa 1. Como resultado de la revisión y análisis de los documentos encontrados mediante los canales mencionados anteriormente, se encontró que las tecnologías que convergen dentro de la Realidad Virtual son las que se describen a continuación:

En materia de *hardware* se tiene que el más utilizado, aunque en algunos casos puede variar dependiendo del nivel de inmersión deseado, es el siguiente:

- a) Estación de trabajo.
- b) Tarjeta gráfica comercial o profesional.
- c) Sistemas de sensores para seguimiento.
- d) Lentes estereoscópicos polarizados activa o pasivamente.
- e) Dispositivos de visualización individual, como los HMD (*Head Mounted Display*).
- f) Monitores estereoscópicos.
- g) Proyectors estereoscópicos.

- h) Pantallas de proyección.
- i) Guantes *dataglove* para interactuar con el ambiente virtual.
- j) Cámaras fotográficas o de vídeo (estereoscópicas).
- k) Equipo para comunicaciones.
- l) Más recientemente se incorpora el sensor Kinect desarrollado por la empresa Microsoft, el cual comienza a ser utilizado con mayor frecuencia en los ambientes de RV inmersivos (Uden *et al.*, 2014), desplazando a los sensores alámbricos.

1. En conjunto y relacionado de manera directa con el *hardware* utilizado se encuentra el *software* necesario para su operación, el cual puede ser clasificado en las siguientes categorías:
 - a) *Software* propietario de cada equipo o dispositivo utilizado.
 - b) *Software* especializado en el procesamiento de la información estereoscópica.
 - c) *Software* especializado en la reproducción de los contenidos estereoscópicos.
 - d) *Software* comercial.

Del conjunto de *hardware* y *software* empleado en la RV, detallados en los listados anteriores, fue desarrollada la Figura 1 en la que se observa de manera integral (aplicación de la visión sistémica) la interrelación existente entre diversos sistemas tecnológicos que convergen en un sistema principal que es la RV, lo que se había definido como convergencia tecnológica, y que fue clave en esta investigación ya que derivado de ella la RV no sólo se vuelve más accesible, también se abre la posibilidad de masificar su utilización por la disminución de los costos de sus componentes (Olawuyi & Mgbole, 2012).



Figura 1. Convergencia tecnológica en el campo de la RV

Etapas 2. En la siguiente etapa se continuó con el análisis sistémico de las fuentes encontradas en los sitios web mencionados anteriormente, pero ahora se considera la información relacionada con el uso y aplicación de la RV en los diversos campos del conocimiento humano, encontrándose que dicha tecnología se utiliza principalmente en:

1. Aplicaciones en la milicia:
 - Simuladores de vuelo.
 - Simuladores de campos de batalla.
 - Entrenamiento médico.
 - Simulación de vehículos.
 - Campo virtual de entrenamiento.
2. Aplicaciones en la medicina:
 - Simulación de cirugías.
 - Tratamiento de fobias.
 - Cirugía asistida por robots.
 - Formación profesional.
3. Aplicaciones en la visualización científica:
 - Procesamiento de datos a gran escala.
 - Visualización a través de fotorrealismo o de vídeos 3D.
 - Interfaces hombres-computadora.
 - Expresión mediante modelos de conceptos científicos.
4. Aplicaciones en la ingeniería (Talaba & Amditis, 2008):
 - Diseño de productos en 3D.
 - Modelado de productos en 3D.
 - Creación y prueba de prototipos virtuales en 3D.
 - Visualización en 3D.

De lo anterior se elaboró la Figura 2 en la que se observan las cuatro categorías principales en las que podemos encuadrar el uso de la RV.

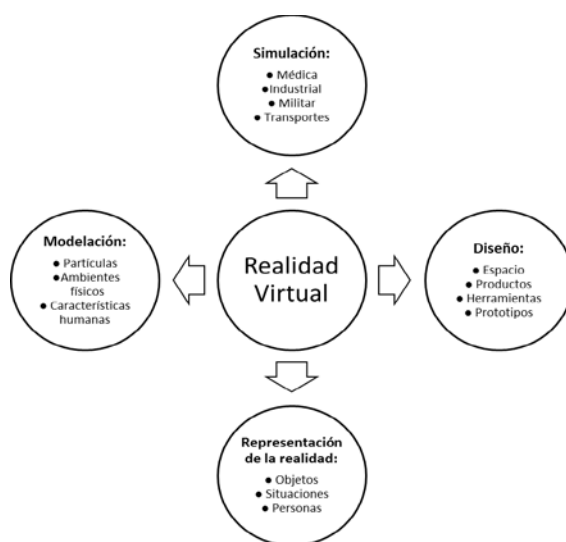


Figura 2. Principales usos de la RV

Etapas 3. Continuando con el análisis sistémico, fue revisado el plan de estudios que se ofrece a los alumnos en la carrera de Ingeniería Eléctrica y sus contenidos temáticos, lo que permitió determinar en cuáles asignaturas es posible fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje y aplicar alguna de las tecnologías de RV; se considera con base en la clasificación anterior que esta tecnología puede ser aplicable dentro de los programas académicos, principalmente en situaciones en que las asignaturas:

- a) Incorporen conceptos abstractos o complejos que mediante los métodos tradicionales representen alguna dificultad para los métodos tradicionales, por ejemplo, la representación de un átomo o enlace químico que por más esfuerzos que realice el profesor esmerándose para dibujarlo en dos dimensiones no ofrece la misma información que un modelo 3D.
- b) Requieran de modelos tridimensionales para representar situaciones emanadas de la realidad, por ejemplo, un transformador eléctrico dibujado en el pizarrón no ofrece la misma información que una fotografía tridimensional del mismo y, menos aún, que un modelo tridimensional presentado en un espacio inmersivo.
- c) Generen condiciones de riesgo para los estudiantes. En el sector eléctrico existen situaciones que si no son manejadas con las medidas de seguridad necesarias pueden motivar un accidente eléctrico que en el menor de los casos sólo ocasionará un malestar instantáneo pero que en el peor de ellos puede llevar a la muerte. Como ejemplo de lo anterior podemos citar las circunstancias en que se tiene que visitar una subestación eléctrica elevadora cuyos voltajes de operación están en el rango de los 13.8 kV a los 500 kV.
- d) Requieran visitas industriales a lugares específicos del sector eléctrico, por ejemplo, una visita a una planta hidroeléctrica con el fin de entender la forma en cómo se genera la energía eléctrica, cuyo objetivo es solamente comprender la operación de la planta sin tener la posibilidad de manipular ningún equipo de los que la integran.
- e) Requieran conocer la fabricación de algún equipo o material específico. En esta categoría caen las visitas industriales destinadas a conocer las plantas de manufactura, por ejemplo, las que se realizan para que los estudiantes comprendan los procesos de fabricación de algún equipo eléctrico en particular pero que al igual que la categoría anterior solamente se llevan a cabo con la finalidad de conocer, sin poder interactuar u operar dicho proceso.

La información anterior permitió elaborar la Tabla 1 en la que se observa claramente cómo las aplicaciones de la RV mencionadas con anterioridad cubren los requerimientos que se tienen en la mayoría de las asignaturas del programa de estudios de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

Etapas 4. Una vez encontrada la relación entre las características de las asignaturas y las aplicaciones de RV se procedió finalmente a analizar cómo esta tecnología era compatible con los estilos de aprendizaje de la mayoría de los estudiantes, para lo cual primero fue necesario establecer qué sentidos humanos son estimulados por la RV.

Aplicaciones de la RV	Simulación		Modelación	Representación de la realidad	
Características de la asignatura	Conceptos abstractos	Genera situaciones de riesgo	Requiere modelos para representar la realidad	Requiere visitas industriales	Requiere conocer equipo en campo
Categoría de la asignatura					
Matemáticas	●		●		
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		●	●	●	●

Tabla 1. Resultado del análisis sistémico aplicado al plan de estudios de Ingeniería Eléctrica

La Realidad Virtual inmersiva y semi-inmersiva que estos sistemas estimulan son principalmente tres de los cinco sentidos humanos: la vista, el oído y el tacto, y más recientemente y con menor uso, el olfato (Ariyakul, Aizawa & Nakamoto, 2013). Lo anterior permitió la elaboración de la Tabla 2 donde finalmente se observa cómo la RV satisface tres de los estilos de aprendizaje más comunes que tienen los estudiantes.

Estilo de aprendizaje	Realidad Virtual	
	Semi-inmersiva	Inmersiva
Visual	●	●
Auditivo	●	●
Lectura-escritura		
Kinestésico	●	●

Tabla 2. Relación de la RV con los estilos de aprendizaje

Etapas 5. Para concluir esta investigación se desarrolló un modelo de utilidad que muestra el uso de la RV para transmitir información de una situación que por su naturaleza representaría un riesgo eléctrico para los estudiantes, como es el caso de una visita a una subestación eléctrica elevadora cuyos equipos primarios operan a 400,000 volts, en cuya situación, si no se cuentan con las medidas de seguridad necesarias, podría generarse una descarga eléctrica (que sería fatal) sobre alguno de los visitantes. Dicho modelo es mostrado esquemáticamente en la Figura 3, en donde se observa que a través de la convergencia tecnológica es posible adquirir información real del entorno, información que posteriormente se procesará y que finalmente se transmitirá dentro de un espacio acondicionado para tal fin.

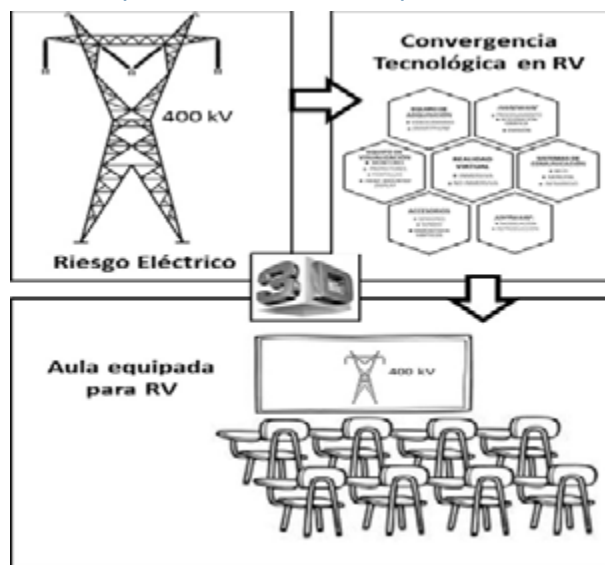


Figura 3. Diagrama esquemático de la aplicación de la RV en asignaturas que presentan algún riesgo eléctrico

Impacto

- Este trabajo es el inicio de una línea de investigación inédita a nivel internacional en materia de aplicación de la realidad virtual en el campo de enseñanza de la ingeniería eléctrica.

Resultado

- Del análisis sistémico realizado se observó que es factible implementar la tecnología de RV dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica para el caso de visitas a subestaciones eléctricas.
- Un amplio espectro de los estilos de aprendizaje de los estudiantes es cubierto por las propiedades emergentes que tiene la RV, lo que hace factible su implementación como estrategia didáctica dentro de los centros educativos.

Conclusión

- Las tecnologías emergentes como la RV abren nuevas expectativas al proceso de enseñanza-aprendizaje y logran enfrentar a los estudiantes con situaciones comparables con la realidad, sin la necesidad de estar presente en ella.
- Es necesario generar mayor información que se relacione de manera específica con el uso de la RV en el campo de la educación de manera general y, de manera específica, con el tema de formación de ingenieros.
- La convergencia tecnológica en materia de las TIC actualmente permite la implementación de espacios de RV en países emergentes ya que cada día sus costos se vuelven más accesibles.

Referencias documentales

- Abulrub, A., Attridge, A. & Williams, M. (2011). Virtual Reality in Engineering Education: The Future of Creative Learning. En *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, [S.l.], 6(4), 4-11. Recuperado el 1 de enero de 2013 de: <<http://online-journals.org/ijet/article/view/1766/2019>>.
- Ariyakul, Y., Aizawa, T. & Nakamoto, T. (2013). Visual-olfactory presentation system using a miniaturized olfactory display based on SAW streaming and electroosmotic pumps, *Virtual Reality (VR)*, 2013 IEEE, pp. 155-156.
- Bossard, C. & Kermarrec, G. (2006). Conditions that Facilitate Transfer of Learning in Virtual Environment. En *Information and Communication Technologies. ICTTA '06*. 2nd, vol. 1, pp. 604-609. Recuperado el 10 de enero de 2013 de: <<http://www.enib.fr/~tisseau/pdf/paper/jt-art-int-14.pdf>>.
- Cabrera, J. (2005). La comprensión del aprendizaje desde la perspectiva de los estilos de aprendizaje. En *Comprensión y Aprendizaje Escolar*. Pinar del Río, Cuba: Universidad "Hermanos Saiz Montes de Oca".
- Chadwick, C. (1992). *Tecnología educacional para el docente* (3ª ed.). Barcelona, España: Paidós Ibérica.
- Fleming, N. D. & Mills, C. (1992). Helping Students Understand How They Learn. *The Teaching Professor*, 7(4), Madison, Wisconsin, USA: Magma Publications.

- Kim, Y. & Horii, S. C. (Eds.) (2000). Handbook of Medical Imaging, 3. Display and PACS (Picture Archiving and Communication Systems), Washington: SPIE press.
- Leite, W. L., Svinicki, M. & Shi, Y. (2009). Attempted Validation of the Scores of the VARK: Learning Styles Inventory With Multitrait–Multimethod Confirmatory Factor Analysis Models, p. 2. En *SAGE Publications*.
- Nadan, T., et al. (2011). Is Virtual Reality a Memorable Experience in an Educational Context? En *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, [S.l.], 6(1), 53-57. Recuperado el 10 de enero de 2013 <<http://online-journals.org/i-jet/article/view/1433/1666>>.
- Negroponte, N. (1995). *El mundo digital*. Barcelona, España: Ediciones B, S. A. Recuperado el 18 de febrero de 2013, de: <<http://www.bibliocomunidad.com/web/libros/NicholasNegroponte-Elmundodigital.pdf>>.
- Okechukwu, M. & Udoka F. (2011). Understanding Virtual Reality Technology: Advances and Applications. En *Advances in Computer Science and Engineering*. New York: Intech.
- Olawuyi, J.O. & Mgbale, F. (2012). Technological Convergence. En *Science Journal of Physics*. Article ID sjp-221.
- Onyesolu, M. O. (2006). Virtual reality: An emerging computer technology of the 21st century. *International Journal of Electrical and Telecommunication Systems Research*, 1(1) 36-40.
- Papadakis, S. (2007). Technological convergence: Opportunities and Challenges. En *Ensayos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Recuperado el 15 de marzo de 2013 de: <<http://www.itu.int/osg/spu/youngminds/2007/essays/PapadakisSteliosYM2007.pdf>>
- Seltzer, M. (1992). *Bodies and Machines*. New York: Routledge.
- Talaba, D. & Amditis, A. (Eds.) (2008). Tools and Methods Based on Virtual Reality. En *Product Engineering*. The Netherlands: Springer.
- Tuirán, R. (2011). La Educación Superior en México: avances, rezagos y retos. En *Campus Milenio*. Recuperado el 20 de marzo de 2013, de: <http://www.ses.sep.gob.mx/wb/ses/la_educacion_superior_en_mexico_avances_rezagos>
- Uden, L., et al. (Eds.) (2014). Intelligent Classroom with Motion Sensor and 3D Vision for Virtual Reality e-Learning. En *The 2nd International Workshop on Learning Technology for Education in Cloud*, pp. 27-33. Springer Proceedings in Complexity.
- Van Gigch, J. P. (1997). *Teoría general de sistemas* (5ª Ed.). México: Trillas.