

Realidad aumentada en el diseño de circuitos electrónicos

Esmeralda Rivera¹, Gabriel Chavira², Carlos Contreras¹, Carlos Ramírez¹ y Guadalupe Ramírez³

Ingeniería Informática¹, Facultad de Ingeniería², Ingeniería en Sistemas Computacionales³

Instituto Tecnológico Superior de Pánuco¹, Universidad Autónoma de Tamaulipas², Instituto Tecnológico de Tuxtepec³

Pánuco, Ver.¹, Tampico, Tamps.², Tuxtepec, Oax.³; México

[esmeralda.rivera, carlos.contreras, carlos.ramirez@itspanuco.edu.mx], gchavira@uat.edu.mx, guadalupe.rv@tuxtepec.tecnm.mx

Abstract— There are areas of knowledge such as the design of electronic circuits that are difficult to understand theoretically. The objective of this research is to evaluate the acceptance of the augmented reality mobile application in the teaching-learning process for the design of electronic circuits, for which a questionnaire was applied to the eighth semester students of the degree program. Electronic engineering of the Higher Technological Institute of Panuco, using the TAM methodology (Technological Acceptance Model) to evaluate the acceptance of the application. Based on the results obtained, it is summarized that the students "agree" to use the augmented reality mobile application for the design and assembly of electronic circuits.

Keywords— *Augmented reality, electronic circuits, mobile application.*

Resumen— Existen áreas de conocimiento como el diseño de circuitos electrónicos difíciles de comprender de forma teórica. El objetivo de la presente investigación es evaluar la aceptación de la aplicación móvil de realidad aumentada en el proceso de enseñanza-aprendizaje para el diseño de circuitos electrónicos, para lo cual se aplicó un cuestionario a los alumnos de octavo semestre de la carrera de ingeniería electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, utilizando la metodología TAM (Modelo de Aceptación Tecnológica) para evaluar la aceptación de la aplicación. En base a los resultados obtenidos se resume que los estudiantes están “De acuerdo” en utilizar la aplicación móvil de realidad aumentada para el diseño y ensamble de circuitos electrónicos.

Palabras claves— *Realidad aumentada, circuitos electrónicos, aplicación móvil.*

I. INTRODUCCIÓN

Una de las herramientas tecnológicas que cada vez adquiere más aceptación como instrumento educativo es la realidad aumentada. A diferencia de los métodos tradicionales de enseñanza aprendizaje, la realidad aumentada ofrece la oportunidad de poder interactuar de manera tridimensional con el conocimiento.

La realidad aumentada es considerada como una diversificación de entornos virtuales que incorpora objetos virtuales al mundo real (Azuma, 1997) y puede ser pensada como un intermedio entre un entorno virtual y la telepresencia completamente real (Milgram & Kishino, 1994). La Realidad Aumentada (RA), permite el enriquecimiento de la realidad a través de la superposición de metadatos en formatos tales como texto, imagen, video y otros como coordenadas geográficas, que pueden ser visualizados a través de dispositivos de uso generalizado como celulares, tabletas y computadores (Gutierrez, Duque, Chaparro, & Roja, 2018).

La RA juega un papel muy importante en la simulación de prácticas, sin que esto represente consecuencias reales, permite fomentar un aprendizaje autónomo y que el alumno construya su aprendizaje por descubrimiento. Un elemento clave de la configuración de la RA como factor de innovación docente lo encontramos en lo que sería la construcción emergente de una Educación Personalizada (Leiva & Moreno, 2015), ya que le permite dar respuesta a las necesidades personales de aprendizaje de los estudiantes, en donde pueden experimentar nuevas prácticas y adquirir nuevos conocimientos acorde a exigencias propias, aprovechando las habilidades digitales que tienen y que están cambiando la forma en que aprenden.

Existen algunas áreas de conocimiento como el diseño de circuitos electrónicos, en donde por la naturaleza y complejidad del tema, resulta difícil comprenderlo de forma teórica. El diseño de circuitos electrónicos es una tarea que se adquiere solo de forma práctica, pero que implica un costo considerable para los estudiantes, razón por la cual la realidad aumentada juega un papel fundamental en la construcción de este conocimiento.

A pesar de todos los dispositivos y explicaciones de las prácticas en modalidad presencial o virtual implementadas por los docentes de la carrera de ingeniería electrónica, el alumno se ve en la necesidad de realizar algunas prácticas en su casa sin una retroalimentación presencial o inmediata. Se ha presentado que en muchas ocasiones el circuito electrónico no queda a la primera vez, o que se dañan los componentes y se tienen que volver a comprar hasta que el resultado sea favorable, y en muchas ocasiones más por desconocimiento aún del estudiante se compran componentes que de acuerdo al diseño del circuito solicitado no eran necesarios; todo esto se reduce a un gasto significativo para los alumnos, lo cual da origen a otras problemáticas como reprobación y deserción.

Son estos casos donde parte la iniciativa por construir los conocimientos sin que esto represente costo para los alumnos, información que pueden estar disponibles en cualquier momento y que permiten asociar los conocimientos teóricos con los prácticos, aunado a esto, la pandemia por COVID-19, nos ha enseñado sobre la importancia de implementar nuevas estrategias de enseñanza aprendizaje fundamentalmente en las materias prácticas, en donde es necesario resolver actividades que no se pueden llevar a cabo de manera presencial.

La RA es una forma atractiva y motivadora de aprender, ya que utiliza imágenes tridimensionales, videos y elementos multimedia, motivando y permitiendo ampliar los sentidos de los alumnos, dándole la sensación de que se encuentra realizando una actividad física o real. En el presente trabajo se evalúa una aplicación móvil de realidad aumentada para el aprendizaje del diseño de circuitos electrónicos.

II. MARCO TEÓRICO

A. *Definiciones de Realidad aumentada*

Existen diversas definiciones con respecto a la Realidad Aumentada (RA) (Azuma, 1997), define la RA como la combinación de objetos reales y virtuales en 3D, donde el usuario interactúa en tiempo real. De acuerdo a (Basogain, Olabe, Espinosa, & Rouèche, 2007), “la RA es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real y permite al usuario estar en un entorno real aumentado con información adicional generada por el ordenador”. Para (Terán, 2012), “la RA es la unión del mundo real y el virtual para crear nuevas condiciones para la imagen, donde los objetos físicos y digitales coexisten e interactúan en tiempo real”. De acuerdo a (Estebanell, Ferrés, & Cornellà, 2012), “la RA es una tecnología que permite añadir información virtual sobre la realidad”. Para (Cabero, García, & Barroso, 2016), “la RA es la conjunción de información digital y física en tiempo real a través de diferentes dispositivos tecnológicos”. La RA se define como “aquella información adicional que se obtiene de la observación de un entorno, captada a través de la cámara de un dispositivo que previamente tiene instalado un software específico” (Blazquez, 2017).

La realidad aumentada se visualiza como una herramienta tecnológica que ayuda a construir el conocimiento, ya que el uso de imágenes en tercera dimensión, el sonido y todos los elementos multimedia involucrados motivan los sentidos del ser humano de tal manera que es más fácil comprender y construir conocimientos.

B. *Realidad aumentada en la Educación*

El trabajo de (Cózar, De Moya, Hernández, & Hernández, 2015), es un ejemplo de experiencias evaluadas con resultados satisfactorios sobre la realidad aumentada en la enseñanza de las ciencias sociales. El grado de opinión de los estudiantes universitarios, futuros maestros en el campo de las ciencias sociales, es “de acuerdo o muy de acuerdo”, en cuanto a que la RA favorece el proceso de enseñanza-aprendizaje, motiva al alumnado y facilita la comprensión de contenidos.

La investigación de (Montecé, Verdesoto, Montecé, & Caicedo, 2017), comenta que la aplicación de la tecnología de la realidad aumentada al proceso de enseñanza- aprendizaje presenta ventajas respecto a los métodos tradicionales de enseñanza. El realismo, interactividad, motivación e interés en aprender son los factores más importantes a destacar, evidenciado en los alumnos a partir del uso de esta herramienta. En el análisis e interpretación de datos del estudio se comenta que algunas autoridades aunque existe desconocimiento de esta tecnología no presentan inconvenientes en su uso y aplicación, consideran que es muy atrayente para los estudiantes. En la implementación del proyecto se evidenció gran agrado e interés en el alumnado en conocer el cambio en el paradigma de aprendizaje.

La realidad aumentada también se ha visto presente en el aprendizaje de la educación básica en el área de ciencias naturales (Ponce, Monserrate, & Ochoa, 2017) . Los resultados de la investigación indican que un 99% concordó que las actividades de aprendizaje empleadas en el software ayudaron a mejorar los puntos claves que los estudiantes manejan y que fue de gran aporte porque se amplió la capacidad de atención por medio del uso de la tecnología.

Otra aplicación de la RA es la enseñanza de la ley de gravitación de Newton (Gutierrez J. , 2019) y la enseñanza de cargas eléctricas (Castro Cuervo, 2018), aunque no se presentan los resultados de evaluación de las aplicaciones, resulta novedosa en ambos casos la manipulación del entorno por medio de comandos de voz con un lenguaje natural y fluido.

La RA, tiene muchas aplicaciones en la educación, como es el caso de Construct3D (Kaufmann, 2004), en el área de geometría. En el trabajo se describe el esfuerzo en desarrollar un sistema para el mejoramiento de las habilidades espaciales y la maximización del aprendizaje en geometría al trabajar en un espacio tridimensional. En los resultados de evaluación se comenta que el software anima a los alumnos a probar nuevas funciones de manera excelente.

En forma general existen algunos ejemplos del uso de RA en educación primaria para el área de las matemáticas y en la educación superior en los ámbitos de: arquitectura, dibujo técnico, laboratorios de ingeniería y matemáticas (De Pedro & Martínez, 2012). En la investigación se comenta que la RA ofrece infinidad de posibilidades de interacción, lo que la convierte en una herramienta idónea para dotar de creatividad a las nuevas metodologías pedagógicas.

Así mismo (López, Hormechea, González, & Camelo, 2019), comenta que se han desarrollado diferentes aplicaciones de RA para el aprendizaje del sistema solar, circuitos eléctricos, estudio de la morfología humana, matemáticas, geometría, música y química. Los autores concluyen que la realidad aumentada se está convirtiendo en una herramienta práctica que mejora los procesos de enseñanza-aprendizaje de ciencias naturales y es una buena alternativa para transmitir el conocimiento de manera interactiva.

C. Realidad aumentada en los circuitos eléctricos y electrónicos

Una de las áreas de aplicación de esta nueva tecnología puede ser los laboratorios de las asignaturas impartidas en las Escuelas de Ingeniería. En estos laboratorios los estudiantes experimentan por vez primera con dispositivos eléctricos o mecánicos reales como son las máquinas eléctricas, circuitos electrónicos, modelos a escala, actuadores neumáticos, motores, etc. (Basogain, Olabe, Espinosa, & Rouèche, 2007). Aunque la investigación no presenta pruebas de su funcionalidad, definitivamente el hecho de que el sistema mediante una cámara capture la imagen de un circuito electrónico y lo muestre al alumno en la pantalla del ordenador con información adicional como videos, audio y texto, permitirá establecer un puente entre los conceptos teóricos y la realización física de los experimentos.

(Rodríguez Guiza, 2020), presenta una aplicación de realidad aumentada para la enseñanza de los circuitos eléctricos básicos y concluye que el proyecto tiene gran relevancia al momento de transmitir conocimiento sobre la electrónica básica, permite acercar al usuario y/o estudiante a la electrónica no con elementos tangibles sino virtuales, a través de la realidad aumentada. Esta aplicación fue diseñada para estudiantes de educación básica secundaria proporcionando múltiples ventajas en la formas de

enseñanza y aprendizaje, utilizando herramientas integrales como: juegos, videos y prácticas de laboratorio.

AR Circuit Constructor (ARCC) es una aplicación de realidad aumentada para explorar e inspeccionar circuitos eléctricos para su uso en entornos educativos. A través de la experimentación con diferentes configuraciones de circuitos, los estudiantes exploran diferentes propiedades de la electricidad para, en última instancia, mejorar su comprensión de la misma (Kreienbühl, Wetzel, Burgess, Schmid, & Brovelli, 2020). Se evaluó el sistema de realidad aumentada cualitativamente con un grupo de Maestros en donde destacó la tangibilidad y la credibilidad como aspectos positivos para el aprendizaje.

Un ejemplo de aplicación de circuitos eléctricos con realidad aumentada es la presentada por (Restivo, y otros, 2014), la cual tiene por objetivo contribuir a la comprensión de ciertos conceptos básicos relacionados con corriente continua, la cual utiliza fuente de alimentación, corriente impulsada, componentes del circuito como lámparas, motor, interruptor, etc., Conceptos como la dirección de la corriente, la disipación de potencia, la dirección de rotación del motor, el circuito abierto / cerrado, la asociación en paralelo / serie se observan y prueban fácilmente. Se incluye la implementación de la prueba con alumnos de secundaria entre 12 y 14 años, obteniendo resultados favorables en términos de adecuación, participación y logro estudiantil de metas específicas.

Otra aplicación de componentes electrónicos utilizando la realidad aumentada es la presentada por (Salazar & Jaramillo, 2016). En la recolección de datos, los resultados obtenidos muestran que el grado de aceptación de los estudiantes y docentes con la aplicación de Realidad Aumentada es satisfactoria, se manifestó mayor interés, concentración, mayor comprensión y retención de conocimientos.

(Pizarro, Gomez, Vargas, & Pinto, 2018), muestran una herramienta de Realidad Aumentada (RA) para la enseñanza de Electromagnetismo en la Escuela de Ingeniería Eléctrica (EIE) de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV). Aunque la herramienta no fue probada en la investigación, presenta la ventaja de que permite visualizar fenómenos de comprensión difícil para los alumnos, tales como campos magnéticos y eléctricos, los cuales requieren de un nivel alto cognitivo.

Hoy en día con el uso de la tecnología en la educación, ha cambiado la forma de enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva del maestro y alumno. La percepción de la realidad aumentada ha llevado a apreciar la enriquecedora información que se puede dar en los entornos educativos, donde se traslada la teoría a la práctica, permitiendo mayor interactividad y relación con los conceptos necesarios en el aprendizaje de ese momento.

III. METODOLOGÍAS

A. Metodología del desarrollo de la aplicación

La metodología para el desarrollo de software fue la de cascada en donde cada etapa o proceso debe arrancar con la finalización de la etapa anterior. Al momento de finalizar cada etapa, se realiza una inspección y revisión final para poder evidenciar si hay o no errores, este proceso de revisión determina la viabilidad del proyecto y si este está listo para continuar con la siguiente fase (Patiño, 2020).

B. Metodología de evaluación de la aplicación

Se realizó un cuestionario basado en el modelo de evaluación TAM (Technology Acceptance Model) (Davis, 1989), donde menciona que la aceptación de una tecnología está influenciada por la utilidad y facilidad de uso percibida. La utilidad percibida es definida por (Davis, 1989), como “el grado en el que una persona cree que el uso de un sistema concreto mejoraría su desempeño laboral” y la facilidad de uso percibida como “el grado en que una persona cree que el uso de un determinado sistema será libre de esfuerzo”.

IV. DESARROLLO

A. Desarrollo de la aplicación

Para el diseño, desarrollo e implementación de la aplicación de realidad aumentada de circuitos electrónicos, se utilizó Unity en su versión 2019 de 64 bits, el cual es un software de diseño de videojuegos multiplataforma, permite la integración de varios plug-ins y/o Assets, y utiliza el sistema Android como sistema operativo. Se utilizó el plug-ins o complemento de realidad aumentada EasyAR, que interactúa con Unity3D utilizando modelos 3D con marcadores.

Los marcadores o imágenes se construyeron con CorelDraw 2020. El software para el diseño de los modelos 3D es Sketchup en su versión 2020, para verificar si los marcadores son óptimos se utilizó una herramienta en línea llamada EasyAR. Para el desarrollo del script se utilizó el lenguaje de programación Visual Basic, el cual trabaja de manera predetermina con Unity.

Finalmente se verificó la correcta visualización de los modelos 3D y el óptimo reconocimiento de los marcadores de RA y se procedió con la construcción de varios diseños de circuitos electrónicos. Las pruebas se realizaron con una cámara de una computadora portátil, así como con la cámara del dispositivo móvil.

Los métodos tradicionales de enseñanza-aprendizaje no tienen los mismos resultados que utilizar la aplicación de realidad aumentada, la cual permite interactuar de manera tridimensional con el conocimiento utilizando formatos como texto, imagen y video, haciéndola una forma atractiva y motivadora de aprender, permitiendo ampliar los sentidos de los alumnos, y fomentar un aprendizaje autónomo para que el alumno construya su aprendizaje por descubrimiento. En la parte de circuitos electrónicos en la forma tradicional el alumno se ve en la necesidad de realizar sus prácticas en su casa sin una retroalimentación presencial o inmediata y haciendo los respectivos gastos de adquirir los componentes electrónicos. Con la implementación de la aplicación móvil de realidad aumentada el alumno puede realizar la cantidad de prácticas que requiera en donde podrá ir midiendo la funcionalidad de las mismas de manera autónoma y sin que esto represente algún costo.

B. Desarrollo de la evaluación

Para evaluar la aplicación móvil de realidad aumentada se contó con la participación de 28 estudiantes de octavo semestre de la carrera de ingeniería electrónica del ciclo escolar 2020-2021 del Instituto Tecnológico Superior de Pánuco, con edades entre los 20 y 22 años. Se les instaló la aplicación de realidad aumentada en sus celulares y se les dio en el salón de clases una explicación sobre su uso.

Posteriormente se les encomendó a los estudiantes en el salón de clases dos actividades prácticas en diseño de circuitos electrónicos apoyados por el docente, en donde utilizaron la aplicación de realidad aumentada. Finalmente se les pidió que realizaran una práctica en forma individual para la cual disponían de 50 minutos.

Una vez realizada la práctica se les solicitó a los 28 alumnos que contestaran un cuestionario realizado en google forms, previamente elaborado con el propósito de analizar la percepción del alumno con relación a la realidad aumentada, en cuanto a su forma de aprender en el diseño de circuitos electrónicos.

El diseño del cuestionario basado en el modelo TAM, recogió información de las dimensiones: utilidad percibida (UP), facilidad de uso percibida (FUP), disfrute percibido (DP), actitud hacia el uso (AU) e intención de utilizarla (IU); el cual estuvo conformado por un total de 15 preguntas. Se utilizó una escala Likert de cinco opciones (1 – Totalmente en desacuerdo, 2 –En desacuerdo, 3 – ni de acuerdo, ni en desacuerdo, 4- De acuerdo, 5 –Totalmente de acuerdo).

La dimensión UP, está directamente relaciona con el desempeño académico y el desarrollo de actividades que motivan el aprendizaje. DP está relacionada con el disfrute que se percibe en el uso de la aplicación de la realidad aumentada. AU determina la actitud de los estudiantes hacia el uso de la

aplicación de realidad aumentada, como parte del proceso pedagógico, el cual debe ser motivador e innovador. FUP está relacionada con la facilidad de uso del software y el dispositivo móvil y finalmente IU está relacionada con la intención de utilizarse la aplicación de realidad aumentada. En la Tabla I, se observa que para la dimensión de “Utilidad Percibida (UP)” se consideraron 4 reactivos, para “Facilidad de Uso Percibida (FUP)”, se consideraron 3 reactivos, en lo que se refiere a “Disfrute Percibido (DP)”, se contemplaron 3, en “Actitud hacia el uso (AU)” se utilizaron 2 reactivos y para el caso de la dimensión “Intención de uso (IU)”, se utilizaron tres reactivos.

Tabla I. Cuestionario basado en el modelo TAM

Utilidad percibida	
UP1	Usar la aplicación móvil de RA mejorará el aprendizaje en el diseño de circuitos electrónicos.
UP2	Usar la aplicación móvil de RA mejorará mi productividad (las hago mejor)
UP3	Usar la aplicación móvil de RA (incrementa) mi efectividad en mis actividades (ahorro de tiempo)
UP4	Considero que la aplicación móvil de RA es útil
Facilidad de uso percibida	
FUP1	La aplicación de RA es fácil de usar
FUP2	Usar la aplicación de RA no requiere de mucho esfuerzo
FUP3	La aplicación móvil de RA es clara y comprensible
Disfrute percibido	
DP1	Utilizar la aplicación móvil de RA es divertido
DP2	Disfruté con el uso de la aplicación móvil de RA
DP3	El sistema de RA permite aprender jugando
Actitud hacia el uso	
AU1	El uso de la aplicación móvil de RA hace que el aprendizaje sea más interesante
AU2	Creo que el uso de una aplicación móvil de RA en el aula es buena idea
Intención de uso	
IU1	Deseo seguir utilizando la aplicación móvil de RA para practicar el diseño de circuitos electrónicos
IU2	Deseo seguir utilizando la aplicación móvil de RA para practicar el diseño de circuitos electrónicos
IU3	Tengo planeado utilizar la aplicación móvil de RA diariamente

Para evaluar la fiabilidad del instrumento se utilizó alfa de Cronbach, que de acuerdo con (O'Dwyer & Bernauer, 2014), es lo más apropiado para este tipo de instrumentos.

Para analizar la relación e influencia de las puntuaciones proporcionadas por los estudiantes en el modelo TAM se utilizó un modelado de ruta por mínimos cuadrados parciales (PLS-PM) que incluye un análisis de correlación de Spearman y permite establecer la proporción de variación observada en los datos. El modelo se conformó por dos sub modelos: de medida y estructural. El sub modelo de medida representó las relaciones entre los datos analizados y las variables latentes. El sub modelo estructural analizó las relaciones entre variables latentes.

V. RESULTADOS

Al analizar los resultados del modelo TAM en las dimensiones: utilidad percibida (UP), facilidad de uso percibida (FUP), disfrute percibido (DP), actitud hacia el uso (AU) e intención de utilizarla (IU). Los valores de moda observados en general superan los 4 puntos y sugieren que la interacción con los dispositivos de realidad aumentada no implica dificultad o complejidad de uso, pueden facilitar el aprendizaje y comprensión de diversos conceptos durante el proceso de diseño de circuitos electrónicos.

Al analizar los resultados de la evaluación del instrumento de medición, se observaron valores altos para Alfa de Cronbach (mayor a 0.8), el mismo caso se presentó para la Rho de Dillon Goldstein (mayor a 0.7), esto confirmó la fiabilidad del instrumento empleado (Tabla II).

Tabla II. Evaluación de fiabilidad del instrumento

Latent variable	Dimensions	Cronbach's alpha	D.G. rho (PCA)	Condition number	Critical value	Eigenvalues
FUP	3	0.8840	0.9293	5.3399	1.0000	2.4449
						0.4694
						0.0857
UP	4	0.9030	0.9326	4.8312	1.0000	3.1046
						0.4599
						0.3025
						0.1330
DP	3	0.9128	0.9451	3.8005	1.0000	2.5551
						0.2680
						0.1769
AU	2	0.8453	0.9282	2.5426	1.0000	1.7321
						0.2679
IU	3	0.8566	0.9131	3.1729	1.0000	2.3341
						0.4341
						0.2318

El análisis de relación e influencia de puntuaciones proporcionadas por los estudiantes en el modelo TAM, incluyó el cálculo del coeficiente de determinación (R^2) y permite afirmar que el modelo propuesto explica el 59.78% de la variación total observada en los datos ($F=11.8898$; $p=0.0001$) (Tabla III).

Tabla III. Variación total explicada por el modelo PLS-PM.

R^2	F	Pr > F	R^2 (Bootstrap)	Standard error
0.5978	11.8898	0.0001	0.6838	0.1600

De acuerdo con el impacto y contribución de las variables individuales sobre la Intención de Uso (IU), se observó que Utilidad Percibida (UP) y Actitud hacia el Uso (AU) son las variables más importantes y, en conjunto, explican un 80.59% ($UP = 41.84 + AU = 38.74$) de la Intención de Uso (IU) (Tabla IV).

Tabla IV. Impacto de la distribución de las variables (PLS-SEM).

	UP	AU	DP
Correlation	0.7311	0.6961	0.6262
Path coefficient	0.3422	0.3328	0.1852
Correlation * path coefficient	0.2502	0.2316	0.1160
Contribution to R^2 (%)	41.8468	38.7499	19.4033
Cumulative %	41.8468	80.5967	100.0000

En la fig. 1, se presenta el Modelo TAM propuesto expresado como modelado de ruta por mínimos cuadrados parciales (PLS-SEM) en que se aplicó un proceso formativo, los pesos (w) de las variables latentes sobre las manifiestas y la proporción de variabilidad total (R^2), como explicación de la Intención de Uso (IU) de objetos de aprendizaje elaborados en realidad aumentada para ser utilizados en diseño y ensamble de circuitos electrónicos.

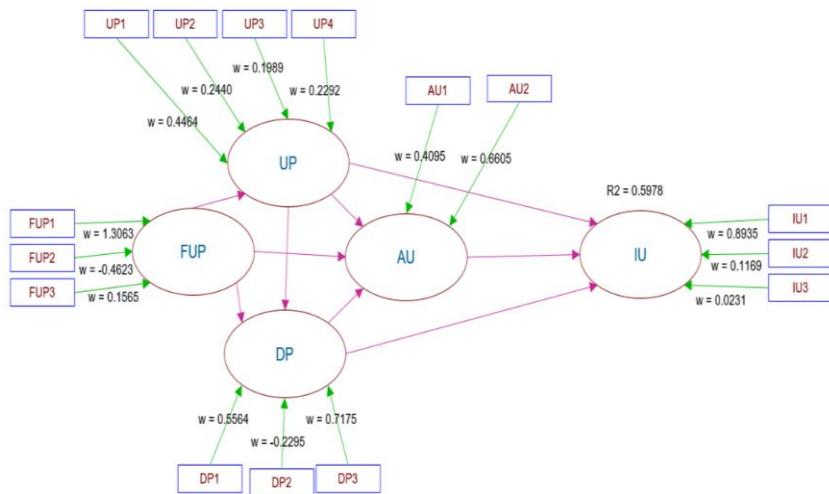


Fig. 1. Esquema de modelado de ruta por mínimos cuadrados parciales (PLS-PM)

VI. CONCLUSIONES

El uso de la realidad aumentada en el diseño de los circuitos electrónicos contribuye de manera dinámica en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como un instrumento innovador para adoptar modelos de aprendizaje.

En la realidad elaborar un circuito electrónico es un proceso complejo que no es fácil de aprender, requiere de mucha práctica y recursos por el alto costo de los componentes. La RA permite incorporar la tecnología como una oportunidad para difundir el conocimiento.

La educación con el uso de la tecnología permite mostrar que las cosas se pueden aprender de una manera más sencilla y eficaz, buscando siempre la forma de enseñar de manera distinta y más eficiente.

En base a los resultados obtenidos se puede determinar que la inclusión de la tecnología de RA de circuitos electrónicos en los procesos pedagógicos es relevante y tras el análisis que se ha presentado se pudo concluir que, el nivel de aceptación de esta tecnología por los estudiantes es alto.

Las medias obtenidas en todas las dimensiones evaluadas fueron superiores a 4 puntos, lo que indica que los estudiantes están “De acuerdo”, en utilizar la aplicación de realidad aumentada para aprender el diseño de circuitos electrónicos.

Los resultados del modelo PLS-SEM indican que el 59.78% de la variación observada en los datos es estadísticamente significativo ($F=11.8898$; $p=0.0001$) y que las variables UP y AU tienen mayor efecto sobre la Intención de Uso (IU).

De acuerdo con el impacto y contribución de las variables individuales sobre la Intención de Uso (IU), se observó que Utilidad Percibida (UP) y Actitud hacia el Uso (AU) son las variables más importantes y, en conjunto, explican un 80.59%.

Se observan valores altos en Alfa de Cronbach (Mayor a .8), valores altos en Rho de Dillon Goldstein (Mayor a 0.7), esto confirmó la fiabilidad del instrumento empleado.

REFERENCIAS

- Azuma, R. (1997). *A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and virtual environments*.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., & Rouèche, C. (2007). Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente. *7.ª Conferencia Internacional de la Educación y la Formación basada en las Tecnología Online EducaMadrid*, 24-29.
- Blazquez, A. (2017). *Realidad aumentada en educación*. Madrid, España: Universidad Politecnica de Madrid.
- Cabero, J., García, F., & Barroso, J. (2016). La producción de objetos de aprendizaje en “Realidad Aumentada”: la experiencia del SAV de la Universidad de Sevilla. *ResearchGate*.
- Castro Cuervo, J. (2018). *Aplicación de apoyo a la enseñanza de cargas eléctricas usando realidad aumentada y reconocimiento de Lenguaje Natural*. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.
- Cózar, R., De Moya, M., Hernández, J., & Hernández, J. (2015). Tecnologías emergentes para la enseñanza de las Ciencias Sociales. Una experiencia con el uso de Realidad Aumentada en la formación inicial de maestros. *DigitalEducation*.
- Davis, F. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.
- De Pedro, J., & Martínez, C. (2012). *Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense* (Vol. 7). Nicaragua: IEEE-RITA.
- Estebanell , M., Ferrés, J., & Cornella, P. (2012). Realidad aumentada y códigos QR en educación. *Dialnet*, 135.
- Gutierrez, J. (2019). *Aplicación de apoyo a la enseñanza de la ley de gravitación de Newton usando realidad aumentada y reconocimiento de lenguaje natural*. Bogotá Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Gutierrez, R., Duque, E., Chaparro, R., & Roja, N. (2018). *Aprendizaje de los Conceptos Básicos de Realidad Aumentada por Medio del Juego Pokemon Go y sus Posibilidades como Herramienta de Mediación Educativa en Latinoamérica*. scielo.
- Kaufmann, H. (2004). *Geometry Education with Augmented Reality*. Viena: Tu Wien.
- Kreienbühl, T., Wetzel, R., Burgess, N., Schmid, A., & Brovelli, D. (2020). AR Circuit Constructor: Combining Electricity Building Blocks and Augmented Reality for Analogy-Driven Learning and Experimentation. *Simposio internacional de IEEE sobre talleres de realidad aumentada y mixta (ISMARW)*.
- Leiva, J., & Moreno, N. (2015). Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas. *Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM)*.
- López, C., Hormechea, K., González, L., & Camelo, Y. (2019). *Uso de la Realidad Aumentada como Estrategia de Aprendizaje para la Enseñanza de las Ciencias Naturales*. Bogotá, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Educación.
- Milgram , P., & Kishino, F. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. IEICE Transactions on Information and Systems.
- Montecé, F., Verdesoto, A., Montecé, C., & Caicedo, C. (2017). Impacto De La Realidad Aumentada En La Educación Del Siglo XXI. *European Scientific Journal*.
- O'Dwyer, L., & Bernauer, J. (2014). Quantitative research for the qualitative. *Researcher*.
- Patiño, A. (2020). *Metodología Waterfall: definición, pros y contras*. Obtenido de <https://blog.comparasoftware.com/metodologia-waterfall/>

- Pizarro, F., Gomez, P., Vargas, H., & Pinto, J. (2018). *EIElectroAR: Realidad aumentada en aula como herramienta de aprendizaje en cursos de electromagnetismo*. Viña del Mar - Valparaíso: Conference: XXXI Congreso Sochedi 2018.
- Ponce, M., Monserrate, S., & Ochoa, J. (2017). *Sistema computacional de realidad aumentada para la solidificación del aprendizaje en la educación básica*. Universidad San Gregorio de Portoviejo. Portoviejo, Ecuador: Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación.
- Restivo, M., Chouzal, F., Rodrigues, J., Menezes, P., Patrão, B., & Lopes, J. (2014). Augmented Reality in Electrical Fundamentals. *Revista Internacional de Ingeniería Biomédica y en Línea (iJOE)*, 69.
- Rodríguez Guiza, S. (2020). *Electronicar: Aplicacion de realidad aumentada para la enseñanza de los circuitos electricos básicos*. Bogotá Colombia: Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.
- Salazar, L., & Jaramillo, D. (2016). *Construcción de una aplicación de componentes electrónicos básicos utilizando la realidad Aumentada para las niñas, niños y jóvenes de la zona 1 de Ecuador*. Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Terán, K. (2012). Realidad aumentada sus desafíos y aplicaciones para el e- learning. *ResearchGate*. doi:10.13140/RG.2.1.1464.5601