

Propuesta para el entendimiento conceptual del tiro parabólico en base a la realidad aumentada Parte I



S. Flores García¹, M. D. González Quezada¹, O. Ramírez Sandoval², M. A. Cruz Quiñones², J. E. Chávez Pierce³, N. Nieto Saldaña³

^{1,2,3}Departamento de Física y matemáticas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. del Charro 610 Nte. C.P. 32312, Ciudad Juárez Chih.

¹Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Av. Tecnológico 1340. C.P. 32500, Ciudad Juárez Chih.

E-mail: seflores@uacj.mx

(Recibido el 10 de julio de 2018, aceptado el 26 de noviembre de 2018)

Resumen

La mayoría de los estudiantes de los cursos introductorios de física muestran problemas de entendimiento conceptual. Algunas de las posibles causas son: 1) la enseñanza tradicional, 2) la poca versatilidad por parte del estudiante en la transición entre diversas representaciones matemáticas, 3) la falta de visualización por parte del mismo durante el proceso de abstracción. Particularmente en el caso de la visualización, es posible recurrir a una alternativa didáctica a través del uso de tecnología. No solo la realidad virtual, sino también la realidad aumentada podrían contribuir en la posible solución al problema de entendimiento conceptual, relacionado con el tiro parabólico en el laboratorio de física. Este artículo muestra las propiedades de exposición didáctica de ambos desarrollos tecnológicos. También, se comparten sus bondades históricas, así como sus ventajas y desventajas en el proceso de aprendizaje del movimiento en dos dimensiones. La Parte II del manuscrito muestra los resultados de entendimiento conceptual y el nivel de aceptación por partes de los estudiantes.

Palabras clave: Realidad virtual y aumentada, física educativa, movimiento de proyectiles en el laboratorio.

Abstract

Most of students from introductory physics courses show conceptual understanding problems. Some of the possible reasons are: 1) the conventional teaching, 2) low students' mathematical representations transition, and 3) a lack of visualization during the abstraction process. In the case of visualization, it is possible to use a didactic option base on technology. No only virtual reality, but also augmented reality could contribute to find a possible solution of the understanding problem related to in-lab-physics projectile motion activities. This manuscript presents the properties of a learning proposal from both technology developments. In addition, this article shares the corresponding historical attributes, advantages-disadvantages during students' the two-dimension understanding process. Article Part II shows students' conceptual understanding and acceptance level results.

Keywords: Virtual and augmented realities, physics education, in-lab projectile motion.

PACS: 45.20.D-, 45.20.Aa, 89.20.-a

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las escuelas de educación superior existe un problema de entendimiento de los conceptos de física introductoria [1]. Se ha recurrido a diversas alternativas didácticas para tratar de resolver este problema a través del uso de la tecnología [2, 3, 4]. La Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) no es la excepción [5, 6]. En este sentido, la Realidad Aumentada (RA) en los últimos años ha potencializado su utilidad, y ha demostrado ser una herramienta confiable y aplicable a diversas áreas (Medicina, Industria, Ciencias, Enseñanza, Entretenimiento, Robótica, entre otras). Este recurso (RA) funcionó como una alternativa para el aprendizaje significativo de los estudiantes de Física II (Mecánica Clásica) del Instituto de

Ingeniería y Tecnología (IIT) de la UACJ. Se desarrolló una investigación en el área de la enseñanza de las ciencias, tomando como base didáctica el uso de la tecnología. Los resultados del posible aprendizaje se mostrarán en la Parte II de este manuscrito.

En este artículo se muestran algunas investigaciones similares a esta propuesta de investigación didáctica de la física. Se presentan características técnicas e históricas de la plataforma Moodle, la realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA), las diferencias entre ellas y sus diversas aplicaciones. También, se muestran los tipos de software que son orientados a aplicaciones móviles y aplicaciones web, así como los lenguajes de programación que se pueden emplear para las aplicaciones web.

II. ANTECEDENTES

En el año 2011 universidades de prestigio como lo son *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* y Harvard, desarrollaron aplicaciones de realidad aumentada en formato de juegos. Se pretendía que los estudiantes se involucraran en la educación combinando las experiencias del mundo real, con la información extra que se les presentaba en dispositivos móviles. También se han desarrollado juegos para enseñar materias como lo son matemáticas y ciencias [7]. De manera similar, en el instituto para *el Análisis Inteligente y Sistemas de Información de Fraunhofer (IAIS)* desarrollaron el proyecto *ARiSE* (una plataforma basada en realidad aumentada), se enfocaba principalmente en el nivel de educación secundaria. En el caso del aprendizaje de conceptos físicos, esta herramienta basada en 3D facilita la comprensión de todas las ciencias. Los estudiantes interactúan con objetos virtuales en un entorno real aumentado, y además desarrollan aprendizaje experimental [8].

La capacidad de la realidad aumentada para insertar objetos virtuales en el mundo real, la ha convertido en una herramienta muy útil para presentar contenidos bajo las premisas de entretenimiento y educación. Además, ha demostrado su función pedagógica en otro tipo de escenarios, como son los museos que constituye uno de los recursos museográficos más novedosos entre los visitantes. Esta dimensión educativa se ha desarrollado en España a través de varios proyectos para aulas como lo es *Big-Bang 2.0 (2011)*. Este es un juego para mayores de 12 años, el cual pretende explicar de forma lúdica las diferentes fases del proceso de creación del universo [9, 10, 11].

Los ambientes virtuales permiten observar los objetos creados a partir de figuras o de ecuaciones. Es posible interactuar de manera semejante a como lo haría un estudiante con modelos reales. Como ejemplo se tiene a *Mathematics And Geometry Education With Collaborative Augmented Reality (2003)*, donde se desarrolló una herramienta llamada *Costruct 3D*, que sirve para la enseñanza de las matemáticas y geometría [12, 13]. Por otro lado se presenta un modelo físico basado en la teoría de la elasticidad, el cual simula deformaciones realistas sobre objetos construidos. Además, tiene como finalidad ser un modelo que validaba las aplicaciones que simula el comportamiento real, desde el punto de vista físico. El objetivo final es el aprendizaje del modelo en técnicas de visualización, animación y gráficos por ordenador, utilizando plataformas de Open Source y librerías de OpenGL [14].

La realidad virtual permite crear ambientes para que una persona pueda interactuar en ellos, y vivir esta experiencia como si ocurriera en un entorno real. Existen aplicaciones de esta tecnología para la evaluación de personas con discapacidad intelectual, en específico en las utilidades de la realidad aumentada que tiene para la neuropsicología en general. Se analizan aspectos de ambientes de los dispositivos de entrada de datos. Además, las aportaciones y limitaciones de la aplicación de esta tecnología en el campo de la discapacidad intelectual [15].

En el año 2011 la Compañía FORD utilizó la realidad aumentada para simular la conducción en forma virtual de un vehículo a través de una aplicación en un dispositivo móvil. Los consumidores comenzaban la experiencia con dicha tecnología, luego accedían a entornos de conducción y videos [16]. De esta manera los consumidores de manera divertida formaban parte de la presentación del nuevo modelo de automóvil FORD Fusion [17]. Así, el uso de la realidad aumentada ha experimentado un gran incremento considerable en los últimos años, y ha proporcionado un desarrollo tecnológico en beneficio de la población en cualquier ámbito de la vida cotidiana.

III. MOODLE

A. Concepto

Moodle es un paquete de software utilizado para la creación de cursos académicos y sitios Web basados en Internet. Está diseñado para dar soporte orientado a la comunidad educativa, y funciona en cualquier ordenador. También soporta varios tipos de bases de datos [18]. Se caracteriza por ser hoy en día, el entorno más popular de formación virtual, gratuita y libre. Además, tiene una comunidad gigantesca de desarrolladores alrededor del mundo, lo que la ha catapultado a ser la plataforma más extendida para la formación virtual.

B. Historia

Moodle comenzó a desarrollarse en 1999, de la mano del australiano Martin Dougiamas, como herramienta de código abierto (open source). Además, ha propuesto el modelo del pensamiento social constructorista, para explicar su forma de abordar el proceso de enseñanza aprendizaje, el cual es fundamenta en 4 pilares [18]:

- 1.- Constructivismo: se le atribuye al filósofo Jean Piaget, en el cual sostiene que las personas construyen nuevos conocimientos de manera activa, al tiempo que interactúan con su entorno siguiendo un proceso de asimilación y acomodación.
- 2.- Constructorismo: el aprendizaje es más efectivo cuando se construyen cosas.
- 3.- Constructorismo social: este concepto extiende las ideas anteriormente descritas a un grupo social. Los individuos de este grupo social construyen artefactos para los otros individuos del grupo, crean de manera colaborativa una pequeña cultura de artefactos con significados compartidos.
- 4.- Conectado y separado: profundiza en los individuos dentro de una discusión. La persona aplica el comportamiento separado cuando intenta defender sus propias ideas, utilizando la lógica y buscando puntos débiles del oponente. Un comportamiento conectado es cuando intentando escuchar, y realizar preguntas para comprender al oponente.

IV. AULA VIRTUAL

El aula virtual es un sistema donde las actividades involucradas en el proceso de aprendizaje permite interactividad, comunicación, aplicación de los conocimientos, evaluación y manejo de la clase. Una de las definiciones más conocida de aula virtual, es el medio en el cual los educadores y educandos se encuentran para realizar actividades que conducen al aprendizaje.

El aula virtual pone al alcance de los estudiantes el material de la clase y enriquecerla con recursos publicados en Internet. También permite el uso de programas, horarios e información inherente al curso y se promueve la comunicación. Esto fuera de los límites áulicos entre los estudiantes y el docente, o para los estudiantes entre sí. Este desarrollo didáctico ha sido el punto de inicio de la educación a distancia [19].

V. REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual es una tecnología especialmente adecuada para la enseñanza, debido a su facilidad para captar la atención de los estudiantes. Se desarrolla mediante su inmersión en mundos virtuales relacionados con las diferentes ramas del saber, lo cual puede ayudar en el aprendizaje de los contenidos de cualquier materia.

A. Concepto y características

El término se asocia a casi todo aquello relacionado con imágenes en tres dimensiones generadas por ordenador, y con la interacción de los usuarios con este ambiente gráfico. Esto supone la existencia de un complejo sistema electrónico no solo para proyectar espacios visuales en 3D, sino también para enviar y recibir señales con información sobre la actuación del usuario. Esta persona puede sentir que se encuentra inmerso en un *mundo virtual* con un sistema de este tipo [20]. A partir de los experimentos en la Universidad de Washington se llega a la conclusión de que con esta tecnología los estudiantes "pueden aprender de manera más rápida y asimilar información de una manera más consistente que por medio del uso de herramientas de enseñanza tradicionales (pizarra, libros, etc.). Los estudiantes no sólo pueden leer textos y ver imágenes dentro de un casco de realidad virtual, sino que además puede escuchar narraciones, efectos de sonido y música relacionados con el tema que están aprendiendo" [21].

B. Aplicaciones de la realidad virtual

La realidad virtual puede ser aplicada en cualquier ámbito, como la educación, telecomunicaciones, juegos, entrenamiento militar, procesos industriales, medicina, trabajo a distancia, consulta de información, marketing, turismo, etc. Una de las principales aplicaciones es la telerobótica, que consiste en el manejo de robots a distancia. En la industria se utiliza para mostrar a los clientes aquellos

productos que sería demasiado caro enseñar. También se utiliza para tratar sistemas que no pueden ser manejados en el mundo real. Por ejemplo, simulaciones de enfrentamientos bélicos, o simuladores de vuelo.

Otros campos de aplicación son la construcción y la medicina. En la construcción facilita el diseño, ya que la realidad virtual permite visualizar interiores y exteriores de un edificio antes de construirlo. En la medicina se facilita la manipulación de órganos internos del cuerpo en intervenciones quirúrgicas. En la ciencia, dicha realidad, puede consistir en el estudio de tormentas eléctricas, impactos geológicos de un volcán en erupción, diseño de compuestos químicos, análisis molecular, así como en la investigación en ingeniería genética, entre otros.

Una de las principales aplicaciones de la realidad virtual en el ámbito académico es la formación en facultades de medicina, especialmente en las materias de anatomía y cirugía. En la Universidad de Washington se está experimentando con clases demostrativas de cirugía virtual.

VI. REALIDAD AUMENTADA

Ronald Azuma define que la realidad aumentada (AR por sus siglas en inglés) es una variación de los entornos virtuales (VE por sus siglas en inglés), o como es más comúnmente llamado realidad virtual. Las tecnologías VE hacen que el usuario se sienta completamente en un entorno sintético. Mientras está inmerso, el usuario no puede ver el mundo real que le rodea. Por el contrario, AR permite ver al usuario el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real. Por lo tanto, AR suplementa la realidad, en lugar de reemplazarlo por completo. Idealmente, parecería que los objetos reales y virtuales coexisten en el mismo espacio [8].

Otras de las definiciones más aceptadas son la de Milgram y Kishino que la definen como una línea a la que llaman *continuum* (Figura 1). Estos autores no consideran que a la realidad aumentada y la realidad virtual son entes totalmente distintos. Ambos forman parte de una línea continua donde en uno de los extremos se encuentra la realidad. Mientras que en el otro lado de la línea se encuentra la realidad virtual, y entre ambas percepciones tenemos la realidad aumentada [22].



FIGURA 1. Imagen adoptada de la página ARToolkit, muestra el proceso que realiza la librería.

A. Historia de la realidad aumentada

En 1968, Ivan Sutherland, implementó el primer sistema de realidad virtual. Usó malla de alambres de gráficos y una

pantalla montada en la cabeza (HMD, Head-mounted Display), que permitía a los usuarios a ocupar el mismo espacio que los objetos virtuales. En la década de 1980, la realidad virtual capturaba la imaginación de la prensa popular, y los organismos gubernamentales de financiamiento [23].

Fue hasta 1999 cuando hubo un gran impacto de la realidad aumentada, cuando se desarrolló la librería ARToolKit, por el Dr. Hirozaku Kato, la cual sigue siendo una base importante de muchos trabajos de investigaciones de realidad aumentada en la actualidad. Esta es una librería gratuita, además de muy completa lo que ocasionó su popularidad y rápida difusión. Actualmente el desarrollo de la misma está siendo apoyado por el laboratorio de Tecnologías de Interfaces Humanas (HIT Lab, por sus siglas en inglés) de la Universidad de Washington, el HIT Lab de la Universidad de Canterbury en Nueva Zelanda, y por ARToolworks Inc. en Seattle [24]. En la Tabla 1 se muestra un bosquejo histórico de la RA.

TABLA I. Cronograma histórico de la Realidad Aumentada.

Años/décadas	Acontecimientos
70's	En 1975, Myron Krueger, crea el videoplace, el cual es un laboratorio de realidad virtual, que por primera vez, diseña un sistema que permite a los usuarios interactuar con objetos virtuales
80's	Jaron Lanier, popularizó el término Realidad Virtual
90's	Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann diseñan KARMA es un prototipo de un sistema de realidad aumentada. Hirokazu Kato desarrolla AR Toolkit en el HitLab
2000-2009	Llega el 'boom' de realidad aumentada. Se presenta ARQuake, el primer juego al aire libre con dispositivos móviles de realidad aumentada que fue desarrollada por Bruce H. Thomas. A finales del 2008 sale a la venta AR Wikitude guía, una aplicación para viajes y turismo basada en sistemas de geoposicionamiento, brújula digital, desarrolladas para la plataformas Andorid En el 2009 AR Toolkit es portado a Adobe Flash (FLAR Toolkit) por Sagoosha, se crea el logo oficial de realidad aumentada con el fin de estandarizar la identificación de la tecnología aplicada en cualquier soporte o medio por parte del público en general

B. Características de la realidad aumentada

Al añadir objetos en un entorno real, la realidad aumentada también tiene el potencial para eliminarlos, sin embargo, también se pueden utilizar para eliminar u ocultar partes del entorno de un usuario. Se puede aplicar en todos los sentidos, no solo la vista. Hasta ahora los investigadores han centrado en la mezcla de imágenes reales y virtuales de gráficos. Sin embargo, la realidad aumentada podría extenderse para incluir sonidos. El usuario requiere usar auriculares equipados con los micrófonos en el exterior para reproducir sonido 3D, y encubrir los sonidos del ambiente.

C. Arquitectura de la realidad aumentada

Un diseño básico en la construcción de un sistema de realidad aumentada se basa en la combinación de lo real y lo virtual. Dos opciones básicas son la óptica y video tecnología. De acuerdo a la óptica, para realizar esta construcción es necesario utilizar HMD, el cual es un dispositivo que se utiliza para combinar lo real y lo virtual. En el video, el *seethrough* permite ver el mundo con objetos virtuales. El usuario percibe la realidad aumentada a través de unos lentes reflejantes parcialmente transparentes. La imagen que se quiere ver se refleja en los lentes, y a través de ellas el usuario puede ver la realidad real sin procesar, dando la impresión de que las imágenes virtuales se superponen a la imagen real [24, 25, 26]. La Figura 2 muestra un diagrama conceptual de lentes óptico reflectantes HMD.

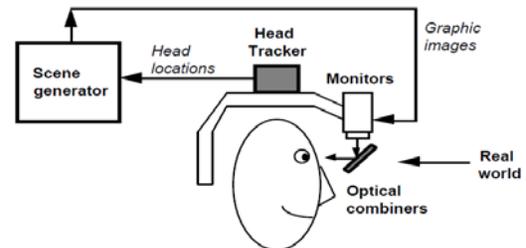


FIGURA 2. Diagrama conceptual de arquitectura basada en lentes reflectantes.

En contraste con esta arquitectura se tiene una cámara enfocando a la realidad real, y se generan las imágenes a mostrar con el generador. Después se combina la imagen generada con la capturada por la cámara, para mostrársela al usuario a través de unos monitores situados en frente de sus ojos, con un casco similar a los usados en la Realidad Virtual. La Figura 3 muestra como se ve a través de cascos con monitores HMD, con dos cámaras de video colocadas en la parte superior del casco.

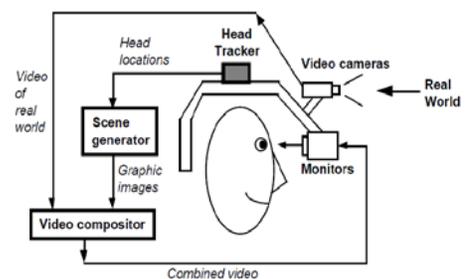


FIGURA 3. Diagrama conceptual de arquitectura basada en cascos con monitores.

El monitor no se encuentra implementado en un casco ni se cuenta con una cámara grabando lo que ve el usuario. En este caso, la realidad aumentada no funcionaría donde el usuario esté mirando, sino donde esté enfocando la cámara. La Figura 4 muestra una arquitectura basada en monitores externos. Las cámaras pueden ser estáticas o móviles [24, 25, 26].

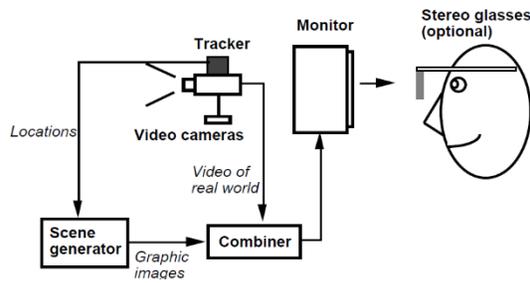


FIGURA 4. Diagrama conceptual de arquitectura basada en monitores externos.

D. Diferencia entre Realidad Aumentada y Realidad Virtual

Muchas personas confunden la realidad virtual (RV) con la realidad aumentada (RA), sin embargo, hay varios aspectos que lo diferencian como se muestra en la Tabla 2.

TABLA II. Diferencias entre RA y RV.

Características	RA	RV
Grado de inmersión	Envuelve al usuario en el mundo real y lo complementa con lo virtual.	Envuelve completamente al usuario.
Percepción	Ayuda al usuario a captar la información con sus propios sentidos.	Los canales perceptivos están completamente controlados por el sistema.
Capacidad	Complementa la realidad	Intenta sustituir la realidad
Complementación	Información digital o soportada en papel.	No aplica
Interacción	Se puede interactuar con cualquier objeto del mundo real.	No se puede interactuar con objetos del mundo real.

VII. APLICACIONES MÓVILES

Las principales aplicaciones se refieren a programas compilados y adaptados especialmente para ser utilizados desde cualquier soporte móvil con dispositivo USB. Estos programas están listos para funcionar en cualquier PC sin necesidad de ser instalados en el disco duro de la computadora. Tampoco es necesario iniciar la máquina para que funcionen, ya que estos son auto ejecutables [27].

A. Características de aplicaciones móviles

Es posible transformar cualquier soporte móvil en una verdadera oficina móvil, capaz de guardar no solamente documentos sino también las aplicaciones que permitan leerlos y editarlos. También los parámetros preinstalados y configurados en un periférico móvil (lista de enlaces favoritos, cuentas de mensajería, etc.), y datos personales (limitados a la memoria disponible). Existen numerosas aplicaciones de uso profesional y educativo. En el menú de éstas se encuentran programas informáticos útiles: antivirus,

voz ip, mensajería instantánea, herramienta de sincronización, retoque de imagen o lectores MP3, juegos, etc.

B. Ventajas de aplicaciones móviles

Las diversas aplicaciones móviles que existen tienen las siguientes principales ventajas:

- Se puede acceder en cualquier lugar a las aplicaciones de software
- Consultar recursos documentales puestos a disposición.
- Los gestores de parques informáticos ya no tienen que reinstalar completamente un sistema, solo será necesario configurar los parámetros del servicio de mensajería en la memoria [28].
- Un acceso estructurado y operativamente listo con numerosos recursos gratuitos, sería una solución contra la piratería de programas.
- El uso para este tipo de soportes móviles es ilimitado.
- Cuenta con plugins necesarios [28].

C. Desventajas de aplicaciones móviles

Las diversas aplicaciones móviles que existen tienen las siguientes principales desventajas:

- La escasez de recursos en los dispositivos móviles impone ciertas restricciones.
- La comunicación wireless es cara y poco confiable
- La capacidad de almacenamiento y procesamiento es muy limitada
- Los displays gráficos no siempre están disponibles, y cuando lo están son de baja resolución [23].

VIII. HISTORIA DE LA APLICACIÓN WEB

Estas herramientas de aprendizaje son aplicaciones que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de internet mediante un navegador [29]. En un principio la web era sencillamente una colección de páginas estáticas, documentos, etc., para su consulta o descarga. Inmediatamente en su evolución fue la inclusión de un método para elaborar páginas dinámicas, que permitieran que lo mostrado tuviese carácter dinámico. Este método fue conocido como CGI ("Common Gateway Interface"), y definía un mecanismo mediante el cual se transfería información entre el servidor y ciertos programas externos.

El funcionamiento de los CGIs tenía un punto débil. Cada vez que se recibía una petición, el servidor debía lanzar un proceso para ejecutar el programa. Como la mayoría de CGIs estaban escritos en lenguajes como Perl o Python, se desarrollaron alternativas a los que solucionaran el problema del rendimiento, y las soluciones llegan básicamente por dos vías [30]: Se diseñan sistemas de ejecución de módulos mejor integrados con el servidor, que evitan la instanciación y ejecución de varios programas. Además, y se dota a los

servidores un intérprete de algún lenguaje de programación que permita incluir el código en las páginas, de forma que lo ejecute el servidor, reduciendo el intervalo de respuesta. También, la realidad virtual y la realidad aumentada eran consideradas la misma tecnología. No fue sino hasta 1992 cuando el investigador Tom Caudell, en un proyecto para la compañía Boeing, implementó el término de realidad aumentada comenzando así a diferenciarse la una de la otra [25].

IX. CONCLUSIONES

Para el aprendizaje significativo del tema de Tiro Parabólico se desarrolló e implementó una aplicación web para la enseñanza basada en realidad aumentada. Esta herramienta se pudo acceder desde un servidor web, y sirvió de apoyo en los cursos de Física II del IIT. En la investigación desarrollada participaron todos los estudiantes de un grupo de esta materia. La aplicación se construyó utilizando un modelo de desarrollo de software iterativo e incremental, en el cual se crearon casos de uso, diagramas de secuencia, diagramas de clases y código. En la Parte II de este manuscrito se mostrarán los resultados de la eficiencia en el entendimiento de los estudiantes en base al uso de la tecnología antes mencionada. También, se muestran los resultados de un examen de conocimiento administrado a dos grupos, el grupo control y el grupo experimento. Estos estudiantes fueron expuestos a esta herramienta didáctica de realidad aumentada, durante la Práctica 3 de tiro parabólico en el laboratorio de física. Además, se administró una encuesta de usabilidad, donde se exploró la aceptación por parte de los estudiantes el diseño y la implementación de la herramienta.

Finalmente, la Parte II mostrará las discusiones con respecto a las preguntas de investigación, las conclusiones con respecto a los resultados finales de aprendizaje significativo y algunas recomendaciones para futuras investigaciones.

REFERENCIAS

[1] Flores, S., Kanim, S. y Kautz, H., *Students use of vectors in introductory mechanics*, Am. J. Phys. **72**, 460-468 (2004).
[2] Lawlor, T. M., *Being careful with PASCO kinetic friction experiment: Uncovering pre-sliding displacement?*, Phys. Teach. **46**, 432-435 (2008).
[3] Sinacore, J. y Takai, H., *Measuring g using a magnetic pendulum and telephone pickup*, Phys. Teach. **48**, 448-449 (2010).
[4] Kraftmakher, Y., *Experiments with fluorescent lamps*, Phys. Teach. **48**, 461-464 (2010).
[5] Terrazas, S. M., Flores, S., Mederos, B., Mederos, O. y Barrón, J. V., *Graficando funciones vectoriales usando Mathematica*, Culcyt. **45**, 65-79 (2011).
[6] Flores, S., Quezada, M., Ramos, M., Mederos, B., Terrazas, S. y Barrón, V., *Impacto actitudinal del uso de*

videos para el aprendizaje significativo de los conceptos fundamentales en el laboratorio de física, Culcyt. **45**, 24-32 (2011).
[7] Massachusetts Institute of Technology y Harvard *Aplicaciones de realidad aumentada en formato de juegos* **98**, 87-90 (2011),
[8] Wind, J., Giuliano, A. y Bogen, M., *ARiSE – Augmented Reality in School Environments*, Computer Science, **4227**, 709-714 (2006).
[9] Ruiz, D., *Realidad aumentada, educación y museos*. Icono 14, N°. 18. (2011).
[10] Portales, C., *Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de València, 2008.
[11] Pablo, C., *New Technology for Expositions: The World of Museums*. Telos. Cuadernos de Comunicación e Innovación **90**, 87-96. (2012).
[12] Kaufmann, H., *Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality*, Computers & Graphics, **27**, 339-345. (2003).
[13] Esteban, P. V., Trefftz, H. y Restrepo, J., *Estrategias de visualización en el cálculo de varias variables*, Revista Educación y Pedagogía **18**, 121-131, (2006).
[14] Mascaró M., *Modelo de simulación de deformaciones de objetos basado en la teoría de la elasticidad*, (Universitat de les Illes Balears, España, 2003).
[15] Pérez-Salas, C., <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-48082008000200011&lng=en>, visited in December 23 (2008).
[16] Santana J., Gómez, J. y Butrón, P., *Diseño, implementación y evaluación de un sistema de asistencia al guiado GPS para tractores agrícolas, empleando tecnologías de realidad aumentada*. Mapping **136**, 6-19, (2009).
[17] Ford Company, <<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/mx/es/news/2017/10/una-nueva-aplicacion-de-realidad-virtual-destaca-el-riesgo-de-la.html>>, visited in December 12 (2011).
[18] Moodle, < <http://moodle.org>>, visited in December 24 (2017).
[19] Heinich, R., *Instructional Media and technologies for learning*, (Merrill Prentice Hall, New Jersey, 1993).
[20] Pérez, G., <<http://cecusac.gdl.iteso.mx>>, visited in October 12 (21995).
[21] Escartín, E. R., *La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance* **15**, 5-21 (2000).
[22] Milgram, P., Takemura, H., Utsimui, A. y Kishino, F., *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*, Telem manipulator and Telepresence Technologies **2351**, 281-292 (1994).
[23] Azuma, R. T., *A Survey of Augmented Reality*. Hughes Research Laboratories, **6**(4), 335-385 (1997).
[24] Kato, H. y Billinghurst, M., *Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System.*, In Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality, Octubre (1999).

- [25] Caudell, T. P., Mizell, D. W. y Janin, A. L., *Calibration of Head-Mounted Displays for Augmented Reality Applications*, IEEE, 246-255 (1993).
- [26] Fernández, R., González, D. y Remis, S., <<http://docplayer.es/9010728-Realidad-aumentada-ruben-fernandez-santiago-david-gonzalez-gutierrez-saul-remis-garcia.html>> visited in September 15.
- [27] Bastidas, P. y Duran, W., *Diseño de un prototipo de software de autoliquidación de parafiscales para la empresa Coopconstruir CTA*, Proyecto de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad EAN, 2012,
- [28] Boland, P., <<http://revista.enredo.org/spip.php?article26>> visited in October 15 (2007).
- [29] Lujan, S., <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16995/1/sergio_lujan-programacion_de_aplicaciones_web.pdf> visited in October 20 (2001).
- [30] Mateu, C., <http://books.openlibra.com/pdf/desarrollo_aplicaciones_web.pdf> visited in December 12 (2004).