
Aplicación de realidad aumentada en la enseñanza de la física

Patricia Parroquín Amaya, Javier Ramírez Sánchez, Victoria González DeMoss, Alejandra Mendoza Carreón

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN

Esta investigación describe el desarrollo de una aplicación de software que usa la tecnología de Realidad Aumentada para la enseñanza de la física. Se diseñó y desarrolló el software tomando como caso de estudio una práctica relacionada con el aprendizaje del tema Tiro Parabólico del Curso Física II que se imparte a las distintas carreras del Instituto de Ingeniería y Tecnología. Se probó la práctica desarrollada con realidad aumentada en un grupo experimental y en otro grupo control se desarrolló la práctica en el modo habitual, sin uso del software. Se midió el aprendizaje de ambos grupos, obteniéndose una ganancia de 1.22 en el en el grupo experimental y 0.78 en el grupo control.

Palabras clave: Realidad Virtual, Realidad Aumentada, desarrollo de software.

INTRODUCCIÓN

La Realidad Virtual es un término que se asocia a casi todo aquello que tiene que ver con imágenes en tres dimensiones generadas por ordenador y con la interacción de los usuarios con este ambiente gráfico. Ello supone la existencia de un complejo sistema electrónico para proyectar espacios visuales en 3D y para enviar y recibir señales con información sobre la actuación del usuario, quien, con un sistema de este tipo, puede sentir que se encuentra inmerso en un "mundo virtual". (Pérez, 1995).

Otra definición de Realidad Virtual es una simulación de un ambiente tridimensional generada por computadoras, en el que el usuario es capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente". (Ruiz, 1998)

La Realidad Virtual es una tecnología especialmente adecuada para la enseñanza, debido a su facilidad para captar la atención de los estudiantes mediante su inmersión en mundos virtuales relacionados con las diferentes ramas del saber, lo cual puede ayudar en el aprendizaje de los contenidos de las materias. Afirma García Ruíz (Escartín, s.f.).

La Realidad Virtual puede ser aplicada en cualquier ámbito, como la educación, telecomunicaciones, procesos industriales, robótica por mencionar algunos. En la ciencia, se ha usado 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 (Milgram et al., 1994).

Por otra parte 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 entornos virtuales hacen que el usuario esté completamente en un entorno sintético, mientras está inmerso, el usuario no puede ver el mundo real que le rodea. Por el contrario, la Realidad Aumentada permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos o compuestos con el mundo real. Por lo tanto, la Realidad Aumentada suplementa la realidad, en lugar de reemplazarla por completo. Idealmente, parecería al usuario que los objetos reales y virtuales coexisten en el mismo espacio. (Wind et al., 2006).

La realidad virtual y la realidad aumentada eran consideradas la misma tecnología y 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. (Caudell et al., 1993). 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. (Kato y Billinghurst, 1999).

Un diseño básico en la construcción de un sistema de realidad aumentada es como lograr la combinación de lo real y lo virtual. Dos opciones básicas están disponibles que son la óptica y video tecnología. En 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, la video tecnología permite ver el mundo con objetos virtuales puestos por tecnologías ópticas o video.

La figura 1 muestra un diagrama conceptual de un sistema de realidad aumentada basada en video tecnología con monitores externos. Las cámaras pueden ser estáticas o móviles. (Kato y Billinghurst, 1999; Caudell et al., 1993; Fernández et al., s.f.)

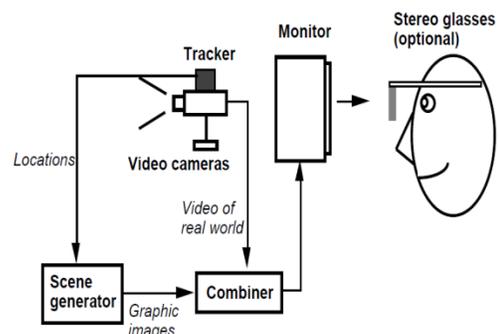


Fig. 1. Diagrama conceptual Arquitectura basada en monitores externos. (Kato y Billinghurst, 1999).

El proyecto de investigación consistió en la realización de una aplicación de software con uso de tecnología de realidad aumentada que se encuentra en el área de los sistemas inteligentes y éste a su vez en el ámbito de la de inteligencia

artificial. La aplicación se creó sobre una plataforma web accesible a maestros y alumnos. Dicha aplicación se implementó en una práctica de la materia Física II, relacionada con el tema de Tiro parabólico, que se imparte dentro de la materia de Física II en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

La enseñanza de la Física implica experimentaciones que en el curso de Física II mencionado se llevan a cabo en un laboratorio sin uso de equipo de cómputo.

Se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué software se requiere para realizar una aplicación web con realidad aumentada y cuales factores influyen en su realización?, ¿Qué consideraciones se requieren para realizar una aplicación basada en 3d?, y por último ¿Cuáles serán los aspectos a mejorar de una aplicación web con realidad aumentada?

MATERIALES Y MÉTODOS

En ésta sección se presenta el método de investigación, los materiales usados en el proyecto y la metodología utilizada para su desarrollo.

El *método* seleccionado para la investigación, de acuerdo con las características que aborda el proyecto, está dirigido a una investigación tecnológica; el objetivo de la investigación es fomentar la innovación. Innovación tecnológica indica la incorporación del conocimiento científico y tecnológico, para crear, modificar un proceso productivo, un artefacto y cumplir

un fin para la sociedad. La investigación tecnológica a través de las ciencias de la ingeniería señala un ámbito de producción de conocimiento tecnológico validado, incluye tanto el producto cognitivo, teóricas, técnicas, tecnologías entre otros; como las actividades que desarrollan los ingenieros para validar dichos productos y conocimientos. (Primo, 1994)

Los *materiales* empleados para el desarrollo de este proyecto corresponden al software, hardware y la práctica de laboratorio.

Las herramientas de software utilizadas para la creación de la aplicación, y la función que realizan en la aplicación desarrollada se presentan detalladamente en la descripción de la etapa de desarrollo.

En cuanto al hardware se describen los elementos de hardware que se emplearon para la realización de la aplicación, y que son requeridos para su óptimo funcionamiento:

Computadora con procesador Intel dual core, 2 Gb de memoria RAM, cámara web de 2 megapíxeles, resolución 720x1024, 30 fps. Proyector o cañón.

La práctica de laboratorio usada fue la número tres de Física II, llamada Tiro parabólico, en la cual se indican los objetivos de aprendizaje, teoría, especificaciones y actividades.

La *metodología* usada en este proyecto de investigación se presenta en la figura 2, en ella se muestran las etapas de desarrollo del proyecto.

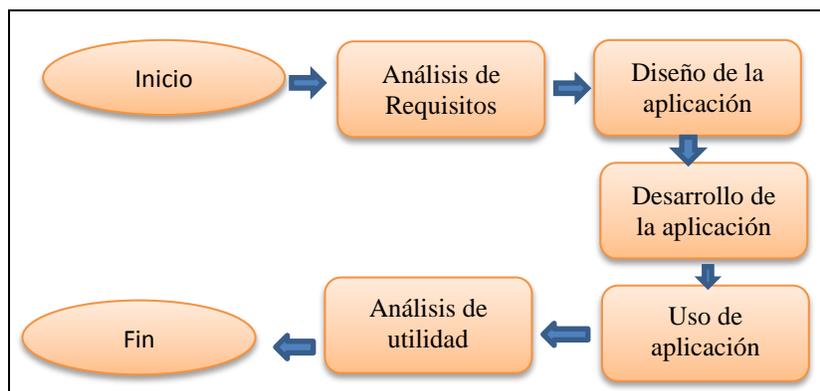


Fig. 2. Etapas de la metodología utilizada para desarrollo del proyecto.

Etapa de análisis

En la etapa de análisis de requisitos se establecieron entrevista de preguntas abiertas con el profesor de la materia Física II y visitas al laboratorio para observar el desarrollo de la práctica tiro parabólico.

Se elaboraron casos de uso y se determinaron los requisitos. Se tuvieron varias sesiones con el cliente, para hacer pruebas con la práctica, obtener los requerimientos, y así tener una base para el desarrollo de la aplicación.

Las pruebas que se hicieron fueron algunos pasos de la práctica lanzamiento parabólico, como el lanzamiento de la pelota a diferentes velocidades iniciales y ángulos. Se aclararon ciertas dudas acerca de las fórmulas involucradas en la práctica, para señalar los pasos que se llevarían a cabo con ayuda de la aplicación, e ideas que quedarían como opcionales debido al tiempo restante del proyecto. La idea inicial para desarrollar la aplicación era implementarla para que fuera lo suficientemente general y que los profesores pudieran crear prácticas dinámicamente, relacionadas con las clases, a través de esta aplicación, para que después

los alumnos pudieran acceder como un recurso, a través de la plataforma Moodle. Después de las entrevistas con el profesor de Física II quien tenía asignadas fechas para las prácticas que se desarrollarían para el semestre se determinó que la practica 3 denominada Tiro Parabólico era la que se podía desarrollar y alcanzar a probar.

Se obtuvieron los elementos necesarios para el análisis, y que se presentan en casos de uso en la sección de resultados.

1) Visualización de la trayectoria: al disparar la pelota, el alumno puede ver su trayectoria de una forma rápida, pero no tiene la gráfica que la describe para seguirla visualizando. Uno de los requisitos era que el alumno pudiera ver la gráfica que describe la trayectoria de una pelota al ser lanzada, y el punto en el que impacta.

2) Visualización de los vectores: debido a la complejidad para visualizar los vectores durante un lanzamiento, se requería que la aplicación tuviera una forma de mostrarlos, así el alumno podría visualizar los vectores y sus componentes en el

lanzamiento a distintos tiempos. Este requisito también haría uso de la simulación.

3) Interacción con la trayectoria: en la práctica el alumno puede interactuar con los instrumentos para posicionar el lanzador, meter la pelota en el lanzador, cambiar el ángulo, cambiar la velocidad inicial, y para iniciar el lanzamiento. El alumno no puede interactuar con la trayectoria para tratar de adivinarla, y éste era otro de los requisitos, que el alumno pudiera de alguna forma trazar la trayectoria de la pelota, teniendo una idea de las velocidades anteriormente hechas en la práctica. Para esto se determinaron dos formas: trazar manualmente el principio y el final de la trayectoria haciendo uso de etiquetas de realidad aumentada o señalar 3 puntos en el espacio, y que de ahí se creara la trayectoria, por medio de un procedimiento para obtener la fórmula de la parábola a partir de estos puntos.

Se optó por la segunda opción, ya que en pruebas anteriores se había tenido dificultad para que las etiquetas fueran reconocidas a la distancia requerida.

4) Contraste de resultados: Debido a que con los aparatos usados en la práctica, no se podía obtener todos los datos para comparar con los calculados por el estudiante, otro requisito indispensable era obtener de alguna forma los resultados de la aplicación y compararlos con los del estudiante. Así que la aplicación debía de tener alguna forma de hacer esta comparación.

Etapa de Diseño

En el diseño se usó el Lenguaje Unificado de Modelado para la construcción

de los diagramas que sirvieron para obtener una visualización de los elementos que contiene la aplicación, de forma que se facilitara su comprensión. Los diagramas que se crearon se describen a continuación y se explica la importancia de cada uno de ellos para el desarrollo de la aplicación:

- Diagrama de arquitectura: Este diagrama se utilizó para manejar la complejidad de la aplicación completa incluyendo los sistemas con los que interactúa, entre los cuales están Moodle, MySQL.
- Diagrama de caja negra: El modelo del dominio (se refiere al entorno real que se desea modelar en este caso una práctica de Física) sirve para diseñar como va a interactuar el estudiante con la práctica, y el profesor con el sistema para crear prácticas a un nivel en el que las partes internas del sistema se desconocen.
- Diagrama de secuencia: Este diagrama muestra a detalle las operaciones que se realizan dentro del sistema, una vez que el usuario inicia alguna acción, o que el sistema tiene programado para ejecutar a cierto tiempo. Además este diagrama está más estrechamente relacionado con el diagrama de clases, el cual está relacionado directamente con la implementación en código, sirve para mostrar que lo que pasa en el sistema es una serie de operaciones relacionadas. Como por ejemplo al momento de crear una práctica, la aplicación crea la plantilla, se llenan los datos requeridos, la información

la guarda el sistema a través de consultas que se hacen a la base de datos, se espera a que se haya guardado y se muestra un mensaje al usuario.

- Diagrama de clases: Este tipo de diagrama es clave para la realización del código ya que en este diagrama se representan las características de las clases y sus relaciones.

Etapas de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó un modelo de desarrollo incremental e iterativo. Se escogió esta metodología de desarrollo de software por los beneficios que aporta, entre ellos escalabilidad, facilidad de mantenimiento y reutilización.

Con los diagramas de diseño, obtenidos en la etapa de diseño, se procedió al desarrollo de software haciendo uso de las siguientes herramientas:

- Actionscript 3 (Actionscript, s.f.): Se requirió para utilizar la librería In2ar, así como la funcionalidad del lado del cliente.
- Flashbuilder 4.6. Se utilizó como entorno de desarrollo para la aplicación en actionscript 3.
- Html: Se utilizó como contenedor y para la interfaz que se usó entre el entorno virtual de aprendizaje Moodle y la aplicación en actionscript 3 (Javascript, s.f.).
- In2art: Se utilizó para la creación de la realidad aumentada en la aplicación, mediante una imagen que

previamente se procesó para usarla como etiqueta. (In2art, s.f.)

- Javascript: Se utilizó para embeber la aplicación compilada en actionscript 3 (Javascript, s.f.).
- Moodle: Se utilizó como plataforma en la cual insertar la aplicación, de tal forma que se accediera a sus recursos (Moodle, s.f.).
- Mysql: Se utilizó para almacenar información acerca de la aplicación (Mysql, s.f.).
- Php: Guarda y obtiene datos de la base de datos, para acceder a recursos de Moodle y para acceder a recursos de otros sistemas (Php, s.f.).
- StarUML: Se utilizó para crear los diagramas de diseño usando el lenguaje UML.

Etapas de Uso de la Aplicación

Se hicieron pruebas de uso de la aplicación de software de realidad aumentada la cual consistió en la práctica de Física II Tiro Parabólico con el cliente. Una vez liberada se aplicó la práctica desarrollada con realidad aumentada y se probó en un grupo de estudiantes de Física II del Instituto de Ingeniería, la muestra se hizo sobre toda la población de este grupo.

Etapas de análisis de resultados

Los resultados obtenidos en la evaluación de la práctica del grupo experimental (grupo A) se compararon con un grupo control (grupo B) de alumnos de Física II, quienes realizaron la práctica en el modo habitual, es decir, sin software para

hacer una comparación del aprendizaje obtenido en ambos grupos. En la sección de resultados se muestra los datos obtenidos.

RESULTADOS

En cuanto a los resultados obtenidos en la etapa de análisis se generaron 15 casos de uso que representaban el uso de la aplicación. Se muestra un listado de los casos.

En la etapa de diseño se diseñaron 15 diagramas de secuencia y un diagrama de clases, los diagramas de secuencia corresponden a los casos de uso. A continuación se pone como ejemplo el diagrama de secuencia DSS11 en las figuras 3,4 y el diagrama de clases figura 5.

Tabla 1. Casos de Uso

Casos de uso	
CU1: Usar práctica	CU9: Imprimir etiqueta
CU2: Crear práctica	CU10: Agregar formula
CU3: Modificar práctica	CU11: modificar formula
CU4: Eliminar práctica	CU12: Eliminar formula
CU5: Agregar objeto	CU13: crear video
CU6: Agregar etiquetas	CU 4: Modificar video
CU7: Modificar Etiqueta	CU15: eliminar video
UC8: Eliminar Etiqueta	

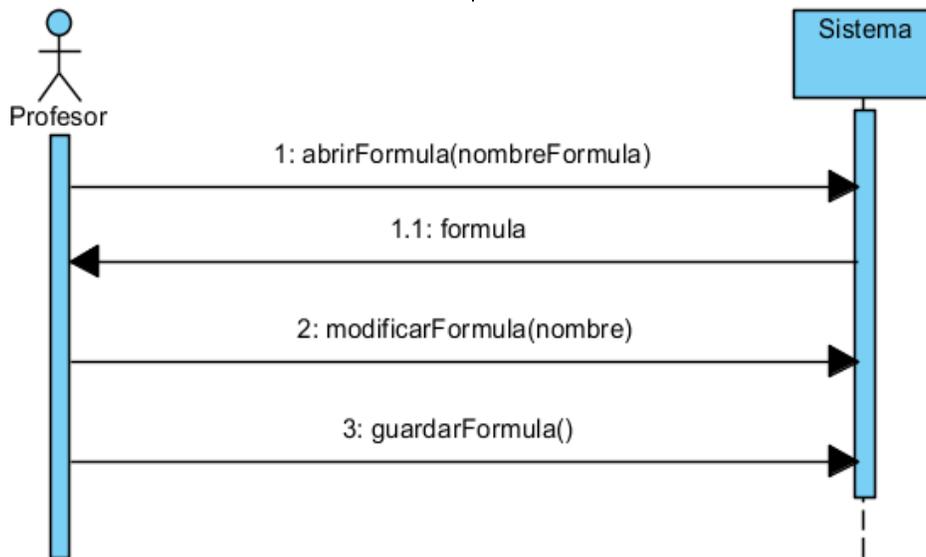


Fig. 3. Diagrama de secuencia del sistema DSS11: Modificar formula.

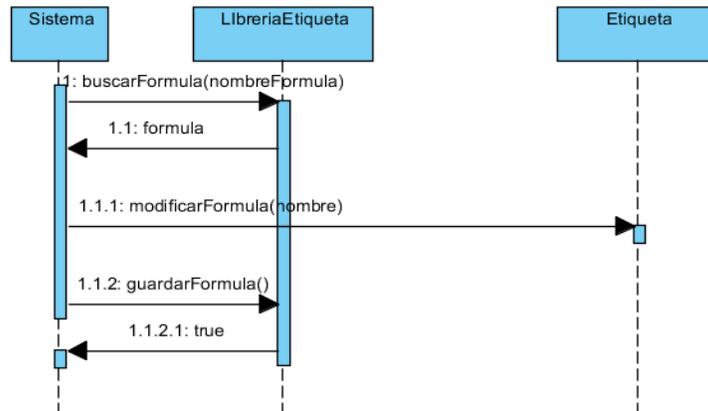


Fig. 4. Diagrama de secuencia DS11: Modificar formula.

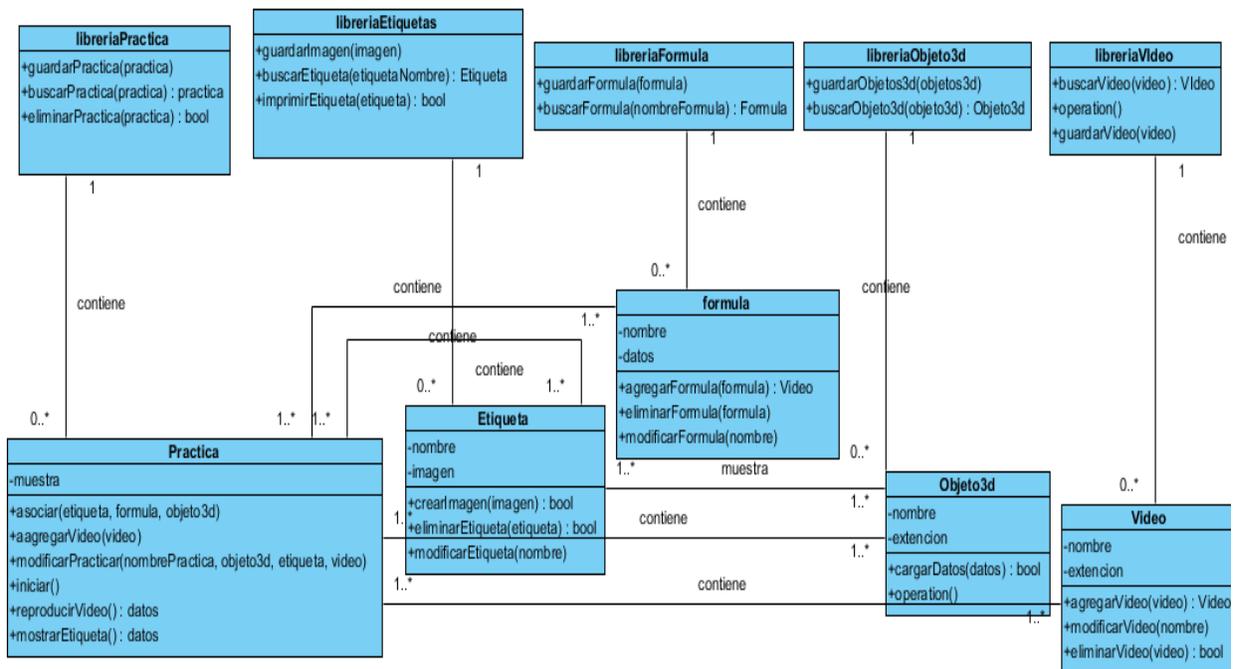


Figura 5. Diagrama de clases.

Se aplicó la práctica desarrollada con realidad aumentada y se probó en un grupo de alumnos de Física II del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad

Autónoma de Ciudad Juárez, la muestra se hizo sobre toda la población de este grupo, el cual constaba de 8 alumnos, siendo este el grupo experimental (grupo A). Los

resultados de la práctica se compararon con un grupo control (grupo B) de alumnos de Física II, quienes realizaron la práctica en el modo habitual, es decir, sin software. Se aplicó un cuestionario para evaluar el nivel de aprendizaje de ambos grupos. Los resultados de aprendizaje se calcularon con la fórmula $G = (\%post - \%pre) / (100 - \%pre)$, el cual nos arrojó los siguientes resultados: en el grupo experimental se obtuvo una ganancia de 1.22 y en el grupo control 0.78.

Tabla 2. Resultados exámenes del grupo experimental.

No. Estudiante	Prueba Pre	Prueba Post
1	3	6
2	4	5
3	4	6
4	1	9
5	5	5
6	2	9
7	3	9
8	9	9
Promedio	3.87	7.25

Tabla 3. Resultados exámenes del grupo control.

No. Estudiante	Prueba Pre	Prueba Post	No.	Prueba Pre	Prueba Post
1	2	3	10	3	7
2	4	4	11	3	5
3	3	3	12	5	9
4	4	6	13	4	8
5	2	5	14	3	9
6	2	5	15	5	9
7	4	9	16	4	5
8	10	10	17	5	6
9	5	6	18	0	4
Promedio gral.	4	6.647058824			

Se aplicó un pre-examen al grupo A de Física II en el laboratorio para saber su índice de aprendizaje antes de utilizar la aplicación del software en la práctica no. 3 tiro parabólico; después de ser llenado, se dio la clase y después se volvió aplicar el mismo examen para obtener los siguientes resultados como se indican en la figura 6.

Se apreció un cambio significativo, como se muestra en la siguiente figura, con un aumento de porcentajes buenos; además de que ya no se presentan rangos negativos en el examen post.

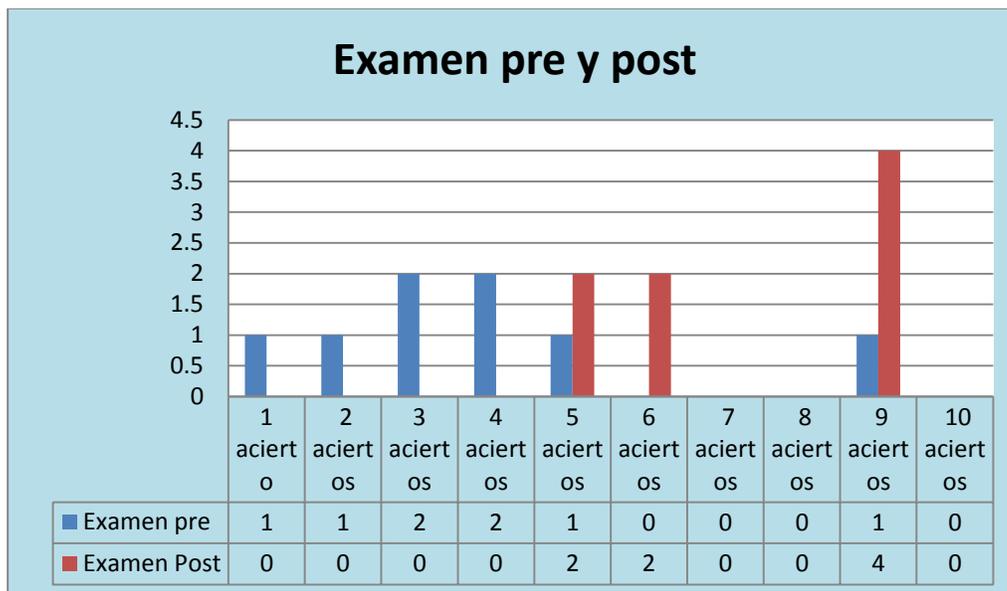


Fig. 6. Examen pre y post del grupo experimental A.

También se aplicó un instrumento para observar el nivel de satisfacción del uso del software.

CONCLUSIONES

En cuanto a la pregunta de investigación planteada al inicio del proyecto referente al software necesario para la realización de la aplicación web con realidad aumentada para la enseñanza de física se concluye que fue posible su realización usando herramientas como In2art, Moodle, Php, Mysql, actionscript 3, Javascript, Html, away3d y asfeat.

Entre los requerimientos para realizar una aplicación basada en 3d, se consideraron: la plataforma en la que se deseaba crear la aplicación, el lenguaje de programación, los frameworks 3D disponibles para el lenguaje de programación y que a su vez soportaran alguna librería de realidad aumentada. Otro aspecto a considerar es el hardware

requerido para la implementación de realidad aumentada en la aplicación.

Se alcanzó el objetivo de investigación al construir una aplicación web basada en Realidad Aumentada y se probó su utilidad en el aprendizaje de un tema de Física obteniéndose una ganancia. Se recomienda realizar más pruebas de aprendizaje.

Por último en cuanto a los aspectos a mejorar en la aplicación web con realidad aumentada se determinó que hay oportunidades de mejora en la usabilidad del software, en la efectividad en cuanto al reconocimiento de imágenes y en el diseño de objetos 3D para que se asemejen más a los materiales reales usados en la práctica como el lanzador y la mesa. Otra recomendación es usar el software para la enseñanza de otros temas.

REFERENCIAS

Actionscript [En línea]. Disponible: <http://www.actionscrip.org/>

Caudell, T.P. Mizell, D. W. Janin, A. L. (1993). Calibration of Head-Mounted Displays for Augmented Reality Applications," pp. 246-255.

Escartín, E. R. (2000). La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance.", [Pixel-Bit: Revista de medios y educación](#), ISSN 1133-8482, N°. 15

Fernández, R. González, D. Remis, S. (s.f.) Tesis, Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón (E.P.I. Gijón), España.

In2art [En línea]. Disponible: <http://www.in2art.com/>

Javascript [En línea]. Disponible: <http://www.javascript.com.mx/>

Kato, H. y Billinghurst, M. (1999). Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System., In Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality.

Milgram, P. Takemura, H. Utsimui, A. Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum, *Telem manipulator and Telepresence Technologies*, vol. 2351, no. 282.

Moodle [En Línea] <http://moodle.org>

Mysql [En línea]. Disponible : <http://www.mysql.com/>

Pérez, G. (1995). Introducción a la Realidad Virtual. Disponible: <http://cecusac.gdl.iteso.mx>.

Php.[En línea] Disponible: <http://www.php.net/>

Primo, E. (1994). Introducción a la investigación científica y tecnológica. España: Alianza Editorial.

Ruiz, M. A. (1998). Panorama General de las Aplicaciones de la Realidad Virtual en la Educación <http://www.cogs.susx.ac.uk/users/miguelga/espaniol.htm>.

Wind, J.Giuliano, A. Bogen, M. (2006). ARiSE – Augmented Reality in School Environments, *Computer Science*, vol. Vol. 4227, pp. 709-714, 2006.