

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



S. Flores García<sup>1</sup>, M. D. González Quezada<sup>1</sup>, O. Ramírez Sandoval<sup>2</sup>, M. A. Cruz Quiñones<sup>2</sup>, J. E. Chávez Pierce<sup>3</sup>, N. Nieto Saldaña<sup>3</sup>, O. Ruiz Chávez<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Departamento de Física y matemáticas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. del Charro 610 Nte. C.P. 32312, Ciudad Juárez Chih.

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

**E-mail:** seflores@uacj.mx

(Recibido 20 de agosto de 2018, aceptado el 30 de noviembre de 2018)

## Resumen

La mayoría de los estudiantes de los cursos introductorios de física tienen problemas de entendimiento conceptual. Una de las posibles causas podría ser la enseñanza tradicional. Este modelo de enseñanza se caracteriza por una falta de interacción cognitiva entre el sujeto (estudiante) y el objeto de conocimiento. Un recurso didáctico es el uso de tecnología fundamentado en la Realidad Aumentada. Esta alternativa didáctica ayuda al estudiante a visualizar y representar los núcleos conceptuales, que le permiten un desarrollo de aprendizaje significativo. En la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez se ha diseñado una plataforma de Realidad Aumentada disponible para el estudiante. En esta ocasión, un grupo de Física II (Grupo Experimento de Mecánica Clásica) fue expuesto a este modelo didáctico en el laboratorio de física, a través del desarrollo de la práctica de Tiro Parabólico. Los resultados del pre y post exámenes muestran que este grupo experimento obtuvo una ganancia de entendimiento de Hake del 0.55, comparada con un 0.44 del grupo control expuesto a una actividad de laboratorio de orden tradicional.

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

## Abstract

Most of students from the introductory physics courses show conceptual understanding problems. One possible cause is the conventional instruction. This teaching style is based on a lack of cognitive interaction between the subject (student) and the knowledge object. A didactic alternative is the use of technology through Augmented Reality. This teaching model helps students to visualize and represent the conceptual nuclei students need to develop a functional understanding. A Physics II group (Experiment Group Classical Mechanics) was espoused to this learning model in physics laboratory, through a Projectile Motion lab. Pre and post exams results indicate a Hake's knowledge gain of 0.55 for experiment group, and a 0.44 for control group exposed to in-lab conventional instruction.

**Keywords:** Augmented reality, physics education, in-lab projectile motion.

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

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los estudiantes del curso de Física I (Dinámica) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) tienen problemas de entendimiento de algunos conceptos. Uno de ellos es el movimiento de proyectiles (tiro parabólico). Una de las posibles causas es la Enseñanza Tradicional o Convencional [1]. En la Parte I de estos manuscritos se mostraron las propiedades didácticas de tanto la Realidad Virtual como la Realidad Aumentada. Estos dos como posibles alternativas tecnológicas para resolver el problema. Para esto, en el Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) se cuenta con una plataforma aula virtual

basada en Moodle [2]. Se define en su página oficial que Moodle es un Sistema de Gestión de Cursos de Código Abierto, conocido también como Sistema de Gestión del Aprendizaje o como Entorno de Aprendizaje Virtual. Es una aplicación web gratuita que los educadores pueden utilizar para crear sitios de aprendizaje efectivo en línea. Esta plataforma sirve para almacenar recursos y para comunicación entre estudiantes, y profesores en cuanto a los cursos impartidos. Moodle se utiliza para cursos presenciales o no presenciales, utilizando recursos 2D. La aplicación web a desarrollar se utilizará en la plataforma Aula Virtual para agregar un valor extra de recursos 3D, específicamente en el área de realidad aumentada. A esta aplicación Azuma la define como una variación de los entornos virtuales (VE), o

como es más comúnmente llamado realidad virtual [3]. Esta tecnología se encuentra completamente inmersa al usuario dentro de 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 remplazarlo por completo. Idealmente, parecería al usuario que los objetos reales y virtuales coexisten en el mismo espacio.

Este artículo presenta un diseño metodológico y una plataforma tecnológica, con el fin de ayudar a los estudiantes en el entendimiento conceptual del movimiento de proyectiles. También, se muestra el análisis de los resultados de desarrollo de entendiendo conceptual, tanto del grupo experimento como el grupo control, y una encuesta de aceptación de la propuesta por parte de los estudiantes.

## II. OBJETIVO Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

El objetivo principal de esta investigación es el diseño e implementación de una aplicación web para la enseñanza basada en realidad aumentada. Esta se puede acceder desde la plataforma Aula Virtual para la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, y que sirva de apoyo en los cursos de Física II. Además, el desarrollo tecnológico del diseño metodológico y la propuesta didáctica se estructuran en base a las siguientes preguntas:

- 1.- ¿Qué software se necesitará para realizar una aplicación web con realidad aumentada?
- 2.- ¿Cuáles son los factores tecnológicos que influyen en la realización de una aplicación web para la plataforma Aula Virtual?
- 3.- ¿Qué consideraciones se requieren para realizar una aplicación basada en 3D?
- 4.- ¿Cuáles son los factores que influyen en la realización de una aplicación web con la realidad aumentada?
- 5.- ¿Cuáles serían los aspectos a mejorar de una aplicación web con realidad aumentada?
- 6.- ¿Cuál es el efecto cognitivo de la exposición de los estudiantes en el entendiendo conceptual del tiro parabólico, a través del uso de una plataforma de realidad aumentada?

## III. JUSTIFICACIÓN DEL USO DE TECNOLOGÍA EN LA INVESTIGACIÓN

La mayoría de los estudiantes consideran la física como una asignatura abstracta, difícil y árida [1]. Una aplicación web para la enseñanza basada en realidad aumentada podría ayudar a los estudiantes a apreciar de forma diferente esta área de conocimiento. Esta propuesta desarrollaría un mejor entendimiento de algunos conceptos abordados en la materia [4].

Con la aplicación web para la enseñanza basada en realidad aumentada para la plataforma Aula Virtual, el profesor podrá impartir las clases de una forma alternativa a la habitual. Por medio de ejemplos en 3D se podrá captar la información desde otro enfoque visual. Además, representa una motivación para los estudiantes, ya que interactuarían por medio de marcadores impresos con objetos en movimiento. Estos serían modelados para las clases de Física II y problemas a resolver por el estudiante. “Los estudiantes pueden interactuar con objetos virtuales en un entorno real aumentado y desarrollan el aprendizaje experimentando” [5]

## IV. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se realizó con la tecnología de realidad aumentada que se encuentra en el área de los sistemas inteligentes, y este a su vez a la de inteligencia artificial. La aplicación se creó sobre una plataforma web accesible a profesores y estudiantes. Dicha aplicación se implementó en una práctica de la materia Física II, relacionada con el tema de tiro parabólico, que se imparte dentro de esta materia en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Esta materia es obligatoria para la mayoría de los estudiantes de ingeniería. El instructor acompaña a los estudiantes al laboratorio a desarrollar una sesión de 90 minutos una vez por semana.

## V. DISEÑO METODOLÓGICO

En esta sección se detallará la metodología seguida del proyecto, además de los materiales necesarios para el desarrollo del proyecto. Como primer punto se abordará la descripción del área de estudio, después los materiales que son utilizados como software, hardware y la práctica de laboratorio. También se mostrarán los métodos de aprendizaje que se utilizaron para la investigación, y la metodología para el desarrollo de la aplicación.

### A. Materiales

Los materiales empleados para el desarrollo de este proyecto corresponden al software, hardware y la práctica de laboratorio correspondiente. En este capítulo se detallará cada uno de los puntos ya mencionados anteriormente.

### B. Software

A continuación, se enumeran cada uno de las tecnologías de software utilizados para la creación de la aplicación, y la función que realizan en la aplicación desarrollada:

- Actionscript 3: Se utilizó para utilizar la librería In2ar, así como la funcionalidad del lado del cliente [6].
- MinimalComps: Librería de componentes para interfaz de usuario [7].

- Flashbuilder 4.6 Se utilizó como entorno de desarrollo para la aplicación en actionscript 3 [8].
- Html: Se utilizó como contenedor para la aplicación hecha en actionscript 3 [9].
- In2art: Se utilizó para la creación de la realidad aumentada en la aplicación, mediante una imagen que previamente se procesó para usarla como etiqueta [10].
- Javascript: Se utilizó para embeber la aplicación compilada en actionscript 3 [11].
- Enterprise Architect: Se utilizó para crear los diagramas [12].

### C. Hardware

A continuación, se enumeran cada uno de los elementos de hardware que se emplearon para la realización de la aplicación, y que son necesarios para usarla satisfactoriamente:

- Computadora con las siguientes características:
  - Procesador Intel dual core.
  - 2 Gb de memoria RAM.
  - Puerto de salida VGA.
- Cámara web:
  - 2 megapíxeles.
  - Resolución 720x1024.
  - 30 fps.
- Proyector:
  - 3500 lúmenes.
  - Resolución 1024x768
  - Conectividad VGA.

### D. Práctica de laboratorio

Para poder desarrollar el proyecto se necesitó la práctica número tres de Física II, llamada Tiro Parabólico. Esta actividad de aprendizaje se fundamentó en dos áreas de cognición: una parte conceptual y otra numérica. La base conceptual tuvo sustento al estilo de un tutorial. Aquí, los estudiantes fueron expuestos a predicciones y diversas preguntas con el fin de desarrollar habilidades como: 1) la comparación, 2) la clasificación, 3) el orden, y 4) la argumentación [13]. En la parte numérica los estudiantes midieron directa e indirectamente variable físicas. Para esto se utilizó equipo PASCO [14]. Esta práctica de laboratorio se muestra en el Apéndice A [15]. Además, para explorar el posible entendimiento conceptual, se aplicaron un pre y un post examen de orden conceptual, tanto al grupo experimental como al control.

## VI. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El método seleccionado para la investigación, de acuerdo con las características que aborda el proyecto, está dirigido a una investigación tecnológica, a pesar de contar con características de análisis correlacional. Esta innovación indica la incorporación del conocimiento científico y tecnológico, para crear o modificar un proceso productivo, o artefacto y cumplir un fin para el bien social.

La investigación tecnológica señala un ámbito de producción de conocimiento tecnológico validado a través de

las ciencias de la ingeniería. Este incluye tanto el producto cognitivo, teóricas, técnicas, tecnologías entre otros, como las actividades que desarrollan los ingenieros para validar dichos productos y conocimientos [16]. En algunas investigaciones se utiliza la investigación correlacional, la cual tiene como objetivo medir el grado de relación que existe entre dos o más variables [17].

### A. Modelo de desarrollo incremental e iterativo

Se utilizó la metodología de desarrollo incremental e iterativo de software por los beneficios que aporta, entre ellos escalabilidad, facilidad de mantenimiento y reutilización [18]. En el análisis se utilizaron casos de uso para la recolección de requerimientos, de los cuales se obtuvieron los diagramas de secuencia. De ahí se creó el diagrama de clases, que es un diagrama que se acercó mucho a lo que es el código final al cual fue realizado finalmente. A continuación, se describirán los pasos a detalle, que se siguieron para el desarrollo de la aplicación. Como la metodología utilizada involucra que se repitan varios pasos, éstos no necesariamente siguen un orden secuencial. Durante todo el desarrollo se pudieron presentar uno o varios pasos en diferentes etapas.

### B. Requerimientos

Se necesitaron los casos de uso para obtener los elementos de los requerimientos. 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 desarrolladas fueron algunos pasos de la práctica número tres de Física II, tales como el lanzamiento de la pelota a diferentes velocidades iniciales y ángulos. También se utilizó el pizarrón para aclarar ciertas ideas acerca de las fórmulas involucradas en la práctica. Esto con el fin de señalar los pasos que se llevarían a cabo en la práctica con ayuda de la aplicación, e opcionales debido al tiempo restante del proyecto.

## VII. ANÁLISIS DEL PROCESO DE VISUALIZACIÓN

### A. Actividad de aprendizaje

La idea que se tenía inicialmente para desarrollar la aplicación, era implementarla para que fuera lo suficientemente general. Esto para los profesores pudieran crear prácticas dinámicamente relacionadas con las clases. Después los estudiantes pudieran acceder como un recurso, a través de la plataforma Aula Virtual. Durante el transcurso del proyecto, y más específicamente después analizar el curriculum de la materia de Física II, se llegó a la conclusión de aplicar la metodología en un grupo control de esta materia. La actividad seleccionada para el desarrollo del proceso de aprendizaje fue la Práctica 3 de Tiro Parabólico (Ver el apéndice A) [15]. Además, los elementos diseñados

Sergio Flores et al.

para el desarrollo y análisis de la aplicación, (casos de uso y diagramas) se muestran en el Apéndice B [15]. Los elementos más importantes se mencionan a continuación:

- Visualización de la trayectoria: al disparar la pelota, el estudiante 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 estudiante pudiera ver la gráfica que describe la trayectoria de una pelota al ser lanzada, y el punto en el que impacta. Por medio de una simulación, que usara las fórmulas para lanzamiento parabólico, como se puede ver en la Figura 1, se realizaría este requisito.

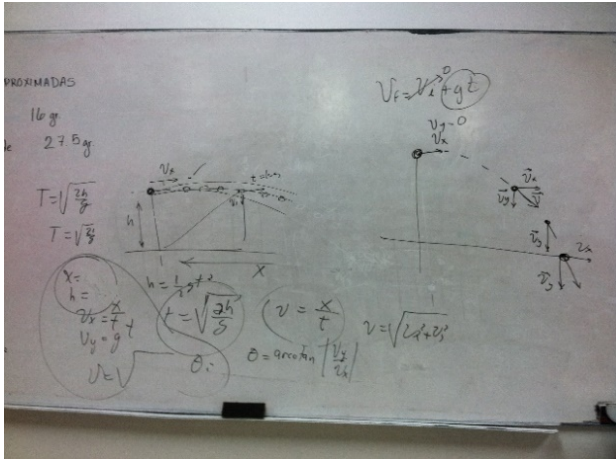


FIGURA 1. Formulas y graficas escritas en el pizarrón por el profesor de Física II.

- 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 estudiante podría visualizar los vectores y sus componentes en el lanzamiento a distintos tiempos. Este requisito también se basó en la simulación de la siguiente manera:
- Interacción con la trayectoria: en la práctica el estudiante puede interactuar con el equipo y materiales de la práctica para posicionar el lanzador, meter la pelota en el lanzador, cambiar el ángulo, cambiar la velocidad inicial, y para iniciar el lanzamiento. El estudiante no puede interactuar con la trayectoria, y este era otro de los requisitos, que el estudiante pudiera de alguna forma trazar la trayectoria de la pelota, teniendo una idea de las velocidades anteriormente hechas en la práctica. Los dos más importantes objetivos de entendimiento fueron:
  1. Que el estudiante trazara manualmente desde el inicio al final, similar a como se hace en una aplicación de dibujo mostrada en la Figura 2, pero haciendo uso de etiquetas con realidad aumentada. La Figura 3 muestra un ejemplo de la interacción del estudiante con la aplicación que hace uso de realidad aumentada
  2. Que el estudiante señalara 3 puntos en el espacio, y a partir de aquí crear la trayectoria, por medio de un procedimiento para obtener la fórmula de la parábola a partir de estos puntos. Un ejemplo similar es el de la

herramienta cónica de la aplicación Cabri [19], para trazar parábolas a partir de 5 puntos como se muestra en la Figura 4.

Se optó por la opción de que se trazara la trayectoria a partir de tres puntos, dado que en pruebas anteriores se había tenido dificultad para que las etiquetas fueran reconocidas a la distancia requerida por el trazado manual de inicio a fin.

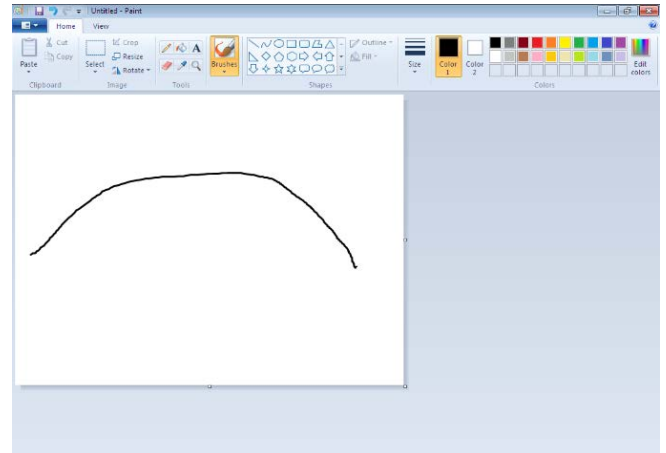


FIGURA 2. Trayectoria trazada en una aplicación de dibujo con la herramienta de lápiz.

## B. Contraste de resultados de visualización

Con el equipo utilizado en la práctica no se podía obtener una medición directa del tiempo de vuelo de la pelota, así como de las magnitudes de las velocidades a tiempos distintos. Debido a esto, se compararon las cantidades medidas indirectamente con las obtenidas mediante la aplicación de realidad aumentada.

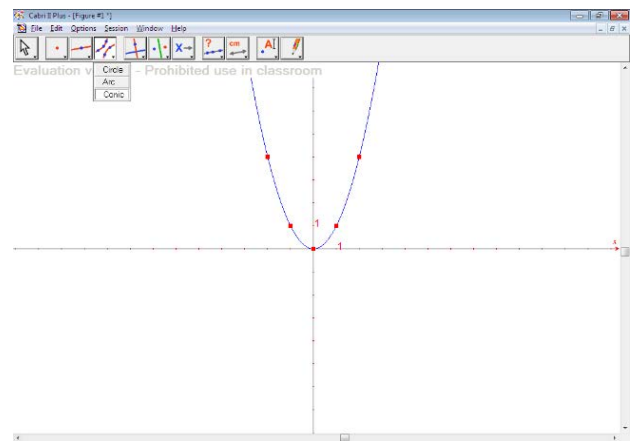


FIGURA 3. Trayectoria trazada con la aplicación de realidad aumentada.

## VIII. EVALUACIÓN DEL ENTENDIMIENTO Y GANANCIA DE HAKE

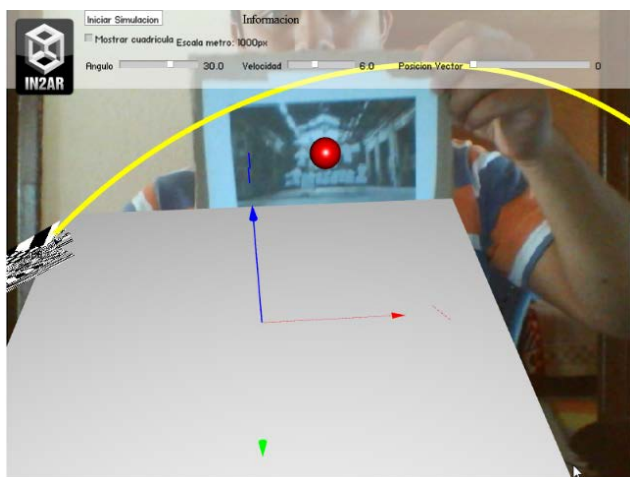


FIGURA 4. Parábola creada a partir de 5 puntos en la aplicación cabri.

### C. Diseño de diagramas UML

En el diseño se utilizaron diagramas UML, para obtener una visualización de los elementos que contiene la aplicación, de forma que se facilitara su comprensión. Los diagramas que se crearon se muestran en el apéndice B y se basaron en el análisis desarrollado anteriormente. A continuación, se enumera cada uno de los diagramas UML que se realizaron, 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 las librerías con las que interactúa, entre las cuales están asfeat, away3d, minimalComps e in2ar.
- Diagrama de secuencia: Este diagrama nos 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, ya que se obtienen algunas de las clases involucradas en el sistema, en base a un sistema una serie de operaciones relacionadas. Como por ejemplo al momento de lanzar la pelota, el usuario muestra la etiqueta para que el sistema muestre el lanzador, el usuario inicia simulación y el sistema actualiza los datos al terminar esta.
- Diagrama de clases: Este tipo de diagrama fue clave para la realización del código, ya que está relacionado directamente con este. Se buscó una herramienta case para pasar los diagramas a código actionscript 3, pero no se encontró tal herramienta, por lo tanto, se hizo la realización a código manualmente.

Se diseñaron un pre y un post-examen (Ver apéndice C) [15], con el fin de explorar la evolución del entendimiento conceptual por parte de los estudiantes. Las preguntas de estos exámenes se fundamentaron en los núcleos conceptuales mínimos, que el estudiante debe de entender para desarrollar un aprendizaje funcional [20]. La comparación de estos resultados se basa en la ganancia del conocimiento propuesta por Hake [20].

La ganancia  $G$  se calculó bajo el criterio de Hake [20, 21] que utiliza *reactivos idénticos* en la entrada y la salida con la fórmula:

$$G = \frac{\%salida - \%entrada}{100 - \%entrada} \quad (1)$$

Aunque este modelo de ganancia ha sido utilizado en algunas investigaciones para un número de datos grandes (tamaño de población mayor a 200 estudiantes). Mientras que otros investigadores han calculado ganancias para poblaciones pequeñas (desde 10 hasta 30 estudiantes) [22-25]. De aquí decidimos utilizar a  $G$  no solo como un indicador de la efectividad de la instrucción, sino también como un sensor del aprendizaje de ambos grupos experimento y control. Esto a través de una ganancia normalizada que permite comparar el grado de logro de este aprendizaje en base a una estrategia educativa en distintas poblaciones [26].

## IX. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el laboratorio de física, el profesor de Física II implementó la práctica adaptada a la propuesta didáctica en base a la Realidad Aumentada. Se trabajó con dos grupos de estudiantes de esta materia en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, grupo experimento y grupo control. El grupo experimento constaba de 15 estudiantes de los cuales únicamente 8 presentaron tanto el pre como el post-examen. El grupo control estaba formado de 18 estudiantes y todos presentaron tanto el pre como el post-examen. En este grupo no se implementó la aplicación con Realidad Aumentada. Estos estudiantes estuvieron expuestos a la práctica de laboratorio de forma tradicional. Esto se refiere al seguimiento de instrucciones ya diseñadas y controladas en la mayoría de sus etapas. De los resultados que se obtuvieron en ambos grupos se calcula la ganancia de acuerdo con la fórmula de Hake [20]. El grupo experimento consiguió una ganancia de 0.55 y en el grupo control una ganancia de 0.44, como se puede observar en las Tablas 1 y 2.

**TABLA I.** Resultados de exámenes del grupo experimento.

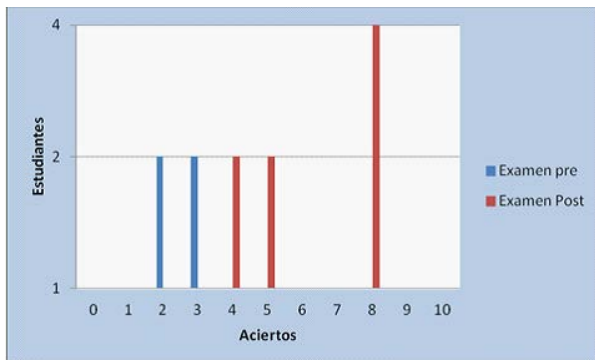
Alumno	Pre-examen	Post-examen
Alumno 1	3	6
Alumno 2	4	5
Alumno 3	4	6
Alumno 4	1	9
Alumno 5	5	5
Alumno 6	2	9
Alumno 7	3	9
Alumno 8	9	9
Promedio	3.88	7.25
Ganancia		0.55

**TABLA II.** Resultados de exámenes del grupo control.

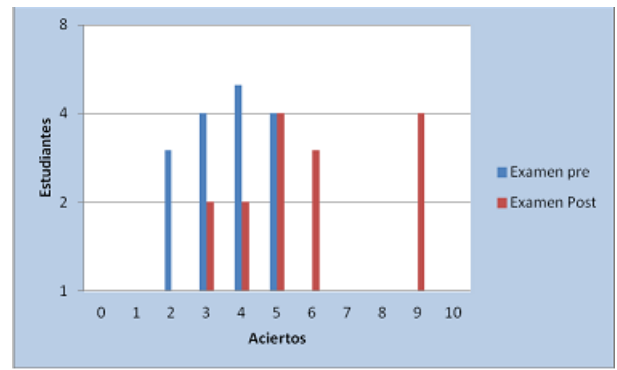
En las

Alumno	Pre-examen	Post-examen
Alumno 1	2	3
Alumno 2	4	4
Alumno 3	3	3
Alumno 4	4	6
Alumno 5	2	5
Alumno 6	2	5
Alumno 7	4	9
Alumno 8	10	10
Alumno 9	5	6
Alumno 10	3	7
Alumno 11	3	5
Alumno 12	5	9
Alumno 13	4	8
Alumno 14	3	9
Alumno 15	5	9
Alumno 16	4	5
Alumno 17	5	6
Alumno 18	0	4
Promedio	4.00	6.65
Ganancia		0.44

Figuras 5 y 6 se observa el cambio que se obtuvo al aplicar el examen en los grupos experimento y control. Se puede apreciar que el grupo experimento obtuvo un entendimiento mejor que el grupo control, y esto se refleja en el valor calculado en base a la fórmula de Hake.



**FIGURA 5.** Pre y post-examen del grupo experimento.



**FIGURA 6.** Pre y post-examen del grupo control.

Después del proceso de aprendizaje, se aplicó una encuesta a los integrantes del grupo experimento, para que evaluaran la facilidad de uso de la aplicación (Ver el Apéndice D) [15]. En la Tabla 3 se presenta la distribución de las variables medidas por categoría. En la primera categoría de distribución de aprendizaje con el software, se observa un mayor número de estudiantes que consideran que la aplicación del software es buen. En cuanto al diseño de pantalla más de la mitad de los estudiantes lo considera bueno. Lo mismo sucede con En la categoría de diseño de ventana. En el diseño de botones, un 50% de los estudiantes lo consideran bueno, el 25% muy bueno, por último, el 13% excelente. En el uso de marcadores destaca como bueno (62%), muy bueno (25%), mientras que excelente (13%). En el contenido de marcadores muestra un índice muy alto con un 75% bueno, y tan solo 25% muy bueno. Por último, los estudiantes determinaron que la información que se encuentra en los marcadores con un superior porcentaje de 62% (bueno), 25% (muy bueno) y un 13% (excelente). Se pudo observar que para cerca de la mitad de los estudiantes el uso de esta tecnología es bueno. Además, ellos mostraron un gran interés al momento de la implementación de la aplicación de la Realidad Aumentada.

**TABLA III.** Resultados de encuesta de evaluación de software

	MALO		REGULAR		BUENO		MUY BUENO		EXCELENTE	
	NUMERO	%	NUMERO	%	NUMERO	%	NUMERO	%	NUMERO	%
Aprendizaje con el software	0	0	0	0	4	50	3	37	1	13
Diseño de pantalla	0	0	1	12	5	63	2	25	0	0
Diseño de ventana	0	0	2	25	5	62	1	13	0	0
Diseño de botones	0	0	1	12	4	50	2	25	1	13
Uso de marcadores	0	0	0	0	5	62	2	25	1	13
Contenido de marcadores	0	0	0	0	6	75	2	25	0	0
Información de los marcadores	0	0	0	0	5	62	2	25	1	13

## X. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se mostrarán discusiones con respecto a las preguntas de investigación, conclusiones con respecto al

objetivo de la investigación y recomendaciones para futuras investigaciones.

### A Con respecto a las preguntas de investigación

Al principio del proyecto se administraron algunas preguntas que sirvieron de apoyo durante la realización del mismo, una de ellas se refería al software necesario para la realización de una aplicación web con realidad aumentada. Las aplicaciones de software que se utilizaron fueron las siguientes: In2art, actionscript 3, Javascript, Html, away3d, minimalComps y asfeat.

Otra de las preguntas se fundamentó en los factores tecnológicos que influyen en la realización de una aplicación web para la plataforma de Aula Virtual. Los requerimientos que se platicaron con el cliente no incluían la implementación de esta plataforma. Los factores que influyen en la realización de esta plataforma son los lenguajes de programación, el sistema de plugins que usa Moodle, el servidor y sus requerimientos. Además, la aplicación de realidad aumentada, desarrollada en este proyecto, no se implementó sobre la plataforma de Moodle. Se implementó para que se pudiera acceder desde cualquier servidor de páginas web.

Con el fin de construir la aplicación en 3D, se consideró la plataforma en la que se deseaba crear la aplicación. También el lenguaje de programación, los frameworks 3D disponibles para el lenguaje de programación. Estos soportaran alguna librería de realidad aumentada. Además, el hardware disponible y el requerido para la implementación de realidad aumentada en la aplicación. También, se encontraron los siguientes aspectos a mejorar dentro de la aplicación web con realidad aumentada:

- Usabilidad: el texto mostrado en la interfaz gráfica era muy pequeño y la posición de los elementos de esta interfaz dificultaba el aprendizaje de uso de la aplicación.
- Efectividad en cuanto al reconocimiento de imágenes, puesto que al alejar de la cámara la etiqueta no las reconocía con facilidad.
- Objetos 3D más parecidos a la realidad (como el lanzador y la mesa utilizados en la práctica).
- Trazo de una trayectoria manualmente creada por el estudiante de inicio a fin, con ayuda de una etiqueta y visualizando la posición del lanzador.

### B. Con respecto al objetivo de la investigación

Después del desarrollo de la Práctica 3 de Tiro parabólico con la ayuda de la aplicación web, Se obtuvieron resultados siendo los resultados satisfactorios en el grupo experimento donde se aplicó el software. Aquí, se obtuvo una mejora en su nivel de aprendizaje. Mientras que a pesar de que el grupo control también presentó un avance de entendimiento, este no fue no tan notable como el grupo experimento.

## XI. CONCLUSIONES

Sería necesario realizar algunas mejoras al software para que sea más atractivo para los jóvenes estudiantes. Es posible incluir otros temas del curso de Física II.

Se puede considerar el uso de cámaras con más resolución para que las etiquetas puedan ser de un tamaño menor, y tratar de que la posición de esta sea más adecuada que la que se hizo en las pruebas. Otra alternativa es el uso de lentes con cámara incluida. De esta forma sería mucho más fácil de usar y el usuario básicamente no tendría límites de espacio. Además, se podrían utilizar etiquetas que identificaran la posición del centro del sistema, con el fin de trazar una trayectoria manualmente de una forma más fácil.

Finalmente, se concluye el alcance del objetivo del proyecto, ya que la aplicación fue revisada y validada por el cliente (UACJ) y por los usuarios (estudiantes de Física II). Se sugieren adecuaciones mencionadas en este apartado, y se actualice la aplicación en otras materias de acuerdo a las necesidades del cliente (currículum particular de cada materia).

## REFERENCIAS

- [1] Flores, S., Kanim, S. y Kautz, H., *Students use of vectors in introductory mechanics*, Am. J. Phys. **72**, 460-468 (2004).
- [2] Moodle, < <http://moodle.org>>, visited in December (2017).
- [3] Azuma, R. T., *A Survey of Augmented Reality*. Hughes Research Laboratories **6**, 335-385 (1997).
- [4] Franco, A., <[http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/documentos/teoria/A\\_Franco/Introduccion/fisica/fisica1.htm](http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/documentos/teoria/A_Franco/Introduccion/fisica/fisica1.htm)>, visited in October 20 (2017).
- [5] Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèch, C., y Olabe, J.C., *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*, Information and Communications Technology, available in: [http://www.anobium.es/docs/gc\\_fichas/doc/6CFJNSalrt.pdf](http://www.anobium.es/docs/gc_fichas/doc/6CFJNSalrt.pdf)
- [6] Actionscrip, <<http://www.actionscrip.org/>>, visited in November (2017).
- [7] Minimalcomps, <<http://www.minimalcomps.com/>>, visited in November (2017).
- [8] Flashbuilder, <<http://www.adobe.com>>, visited in November (2017).
- [9] Html, < <http://www.html.com/>>, visited in November (2017).
- [10] In2art, <<http://www.in2art.com/>>, visited in November (2017).
- [11] Javascript, < <http://www.javascript.com.mx/>>, visited in November (2017).
- [12] Enterprise Architect, < <http://www.sparxsystems.com/>>, visited in November (2017).
- [13] McDermott, L., Shaffer, P. y the Physics Education Group, *Tutorials in Introductory Physics*, 1ra. Edición, (Prentice-Hall, New Jersey, 2002).
- [14] PASCO Products,

<https://www.pasco.com/filters/products/index.cfm?prodTypes=04-000-000&from=00>, visited in December (2017).

[15] Apéndices, <http://okdev.net/links/Apendice.pdf>

[16] Primo-Yufe [17] Hernández, R., *Metodología de la Investigación*, (Editorial Felix Varela, La Habana, 2004).

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

[18] Larma, C., *UML y Patronos*, 2da edición, (Prentice-Hall, New Jersey, 2004).

[19] Cabri, <http://www.cabri.com/es/>, visited in October 20 (2017).

[20] Hake, R., *Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data introductory physics courses*, Am J. Phys. **66**, 64-74 (1998).

[21] Coletta, V., y Phillips, J., *Interpreting FCI scores: Normalized gain, preinstruction scores, and scientific reasoning ability*, Am. J. Phys. **73**, 1172-1182 (2005).

[22] Ribbota, L., Pesseti, M., y Pereyra, S., *Las tecnologías de la información y comunicación (TICs) aplicadas a la comprensión de graficas en cinemática*, Formación Universitaria **2**, 23-30 (2009).

[23] Perez, N., y Barniol, P., *Efecto del perfil del tutor en el aprendizaje logrado al realizar un tutorial*, Revista de Investigación Educativa **8**, 38-49 (2009).

[24] Guidugli, S., Fernández C., y Venegas, J., *Aprendizaje activo de la cinemática lineal y su representación gráfica en la escuela secundaria*, Enseñanza de la Ciencias **22**, 463-471 (2004).

[25] Benitez, Y., y Mora, C., *Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería*, Revista Cubana de Física **27**, 175-179 (2010).

[26] Ribbota, S., Pesseti, M. y Pereyra, S., *Las tecnologías de la información y comunicación (TICs) aplicadas a la comprensión de graficas en cinemática*, Formación Universitaria **2**, 23-30 (2009).