

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA EDUCACIÓN EN FÍSICA

JUAN SEBASTIAN BRICEÑO DAVILA

FREYMAN DAVID DELGADO SOTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO MÓVIL

BUCARAMANGA 2016

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA EDUCACIÓN EN FÍSICA

JUAN SEBASTIAN BRICEÑO DAVILA
FREYMAN DAVID DELGADO SOTO

Director:

Rene Alejandro Lobo Quintero

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO MÓVIL
BUCARAMANGA 2016

AGRADECIMIENTOS

JUAN SEBASTIAN BRICEÑO DAVILA

Al ingeniero René Lobo por motivarme a indagar en el mundo de la realidad aumentada desde una perspectiva educativa.

A la ingeniera Diana Parra por la colaboración brindada durante todo el semestre

A mi padre por siempre estar presente en cada uno de los proyectos en los que me he adentrado brindándome siempre un apoyo incondicional.

A mi madre, por demostrarme que las metas se imponen para romperlas y seguir avanzando sin importar los obstáculos que se me crucen en el camino.

FREYMAN DAVID DELGADO SOTO

A mis padres que, aunque hoy en día ya no están conmigo me formaron he hicieron de mi lo que soy hoy.

Al ingeniero Rene Lobo por motivarme a indagar en el mundo de la realidad aumentada desde una perspectiva educativa.

A la ingeniera Diana Parra por la colaboración brindada durante todo el semestre

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA EDUCACIÓN EN FÍSICA

Juan Sebastián Briceño Dávila, Autor.

Freyman David Delgado Soto, Autor.

Rene Alejandro Lobo Quintero, Director.

Tabla de contenido

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA EDUCACIÓN EN FÍSICA.....	1
1. INTRODUCCIÓN	8
2. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	10
3.1. Objetivo general.....	10
3.2. Objetivos específicos	10
4. MARCO REFERENCIAL	11
4.1. Marco conceptual	11
4.2. Marco teórico	12
4.3. Estado del arte.....	19
5. DISEÑO METODOLÓGICO	34
6. RESULTADOS ESPERADOS.....	36
7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	37
8. PRESUPUESTO	39
9. RESULTADOS OBTENIDOS	40
10. ANEXO	67
10.1. Encuesta realizada a los estudiantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) abril 2016.....	67
11. CONCLUSIONES	69
12. TRABAJO FUTURO.....	71

13. REFERENCIAS.....	71
----------------------	----

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.Criterios que se tuvieron en cuenta en la búsqueda de información en las bases de datos.....	33
Tabla 2.Diseño metodológico con su respectivo resultado.....	37
Tabla 3.Cronograma.....	34
Tabla 4.Presupuesto global de la propuesta.....	39
Tabla 5. Descripción de los gastos de personal.....	39
Tabla 6. Descripción y cuantificación de los equipos y software de uso.....	39
Tabla 6. Gastos adicionales.....	40
Tabla 8.Síntesis de la revisión de la literatura respecto al estado del arte	40

LISTADO DE FIGURAS

Fig.1 Tucán en realidad aumentada.....	12
Fig.2 Realidad Virtual.....	13
Fig.3 Dinosaurio en realidad aumentada	13
Fig.4 Realidad mixta.....	13
Fig.5 Marcador realidad aumentada	15
Fig.6 Código QR	16
Fig.7 Dinosaurio en realidad aumentada.....	17
Fig.8 Realidad aumentada sin marcador.....	17
Fig.9 Visión aumentada	18

Fig.10 Logo Unity.....	18
Fig.11 Logo Vuforia	19
Fig.12 Uso de los códigos QR en avisos publicitarios.....	21
Fig.13a Modelación de experimento químico.....	23
Fig.13b Modelo estructural.....	23
Fig.14 Funcionamiento ideal de una aplicación con realidad aumentada	24
Fig.15 AR utilizando HMD óptico.....	25
Fig.16 AR usando HMD basado en video.....	25
Fig.17 Marcador ideal.....	26
Fig.18 Captura de pantalla de virtual pet.....	27
Fig.19 Modelamiento interactivo de ADN en tercera dimensión.....	28
Fig.20 Enfermedad detectada e información del tipo de enfermedad	29
Fig.21. Aplicación de Realidad Aumentada “Magic Book”	31
Fig.22 Museo de la Autonomía de Andalucía Usuario interactuando con la aplicación sobre Las instituciones representativas andaluzas.....	31
Fig.23 Recreación del modelo ideal de exposición por medio de RA.....	31
Fig.24 Experimento del prototipo aplicado en modelación de circuitos	33
Fig.25 Funcionamiento teórico del prototipo	33
Fig.26 Menú de la aplicación.....	47
Fig.27 Instrucciones de la aplicación.....	48
Fig.28 Información de la aplicación.....	48

Fig.29 Instrucciones del modelo seleccionado.....	49
Fig.30 Modelo circuito eléctrico.....	50
Fig.31 Modelo resistor.....	51
Fig.32 Modelo inductores.....	52
Fig.33 Modelo producto punto y producto cruz.....	53
Fig.34 Modelo regla de la mano de derecha.....	54
Fig.35 Interfaz de salida de la aplicación.....	54
Fig.36 Versión inicial marcador (0 estrellas)	55
Fig.37 Versión final marcador (5 estrellas)	56
Fig.38 Diagrama de secuencia.....	56
Fig.39 Diagrama de casos de uso.....	57
Fig.40 Primera pregunta realizada al estudiante del instituto caldas.....	59
Fig.41 Segunda pregunta realizada al estudiante del instituto caldas.....	59
Fig.42 Tercera pregunta realizada al estudiante del instituto caldas.....	60
Fig.43 Cuarta pregunta realizada al estudiante del instituto caldas.....	61
Fig.44 Quinta pregunta realizada al estudiante del instituto caldas.....	62
Fig.45 Sexta pregunta realizada al estudiante del instituto caldas.....	63
Fig.46 Séptima pregunta realizada al estudiante del instituto caldas.....	64
Fig.47 Octava pregunta realizada al estudiante del instituto caldas.....	64
Fig.48 Visita al instituto caldas	66
Fig.49 Primera pregunta realizada al estudiante de la UNAB.....	67
Fig.50 Segunda pregunta realizada al estudiante de la UNAB.....	67
Fig.51 Tercera pregunta realizada al estudiante de la UNAB.....	68
Fig.52 Cuarta pregunta realizada al estudiante de la UNAB.....	68

RESUMEN

Actualmente existen varios campos en donde se utiliza la realidad aumentada, entre los más comunes la educación y los videojuegos, dando a los usuarios una experiencia más enriquecedora de la actividad que se lleva a cabo. Por esta razón, el presente artículo presenta el diseño de un prototipo el cual pretende explicar los conceptos básicos del campo de la física denominado electromagnetismo a partir de la realidad aumentada.

Palabras clave – Realidad Aumentada, Marcadores Virtuales.

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto tiene lugar en el programa de Ingeniería de Sistemas de la facultad de ingenierías de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) y se presenta este documento como investigación y estudio del programa de Tesis 1.

La enseñanza de la física se ha caracterizado por ser de alta complejidad. Los estudiantes usualmente tienen problemas a la hora de tratar los conceptos abstractos tales como electromagnetismo y ondas y partículas. Un estudio llevado a cabo en la universidad de la Guajira (Meléndez, 2008) reveló que las asignaturas que causan mayor dificultad son en su orden: matemáticas, física, estadística, bioquímica y química.

El uso de la realidad aumentada en la educación ha sido explorado por numerosos autores: A. Fonseca, W. Pengcheng, C. Chen, entre otros, sin embargo, su uso no se ha masificado en las aulas, desaprovechando una tecnología con gran potencial.

En este proyecto se realizará una aplicación de realidad aumentada que reúne los conceptos de física y ayuda a los estudiantes a ver de manera más perceptible los temas antes mencionados, para esto se trabajó de mano con docentes del departamento de matemáticas logrando que el prototipo tenga el mayor impacto posible.

2. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo, la educación en ingeniería es muy importante ya que permite el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas para el entorno, muchas de estas soluciones son dadas a partir de modelos matemáticos, permitiendo a los ingenieros realizar análisis rigurosos y tomar decisiones correctamente. Con esto se puede concluir que las ciencias básicas van de la mano con el estudio de ingeniería haciéndolas vitales para todo ingeniero.

Sin embargo los estudiantes se quejan de la forma en que estas materias son impartidas. La mortalidad académica es grande, llegando incluso a la deserción estudiantil. Las cifras según las entidades reguladoras de la educación nacional, demuestran que la deserción es un problema muy serio, el 52% de los estudiantes colombianos que empiezan una carrera universitaria, no la concluyen. Entre los años 1999 y 2004 solamente el 48% en promedio finalizaron sus estudios. Es decir, de cada dos estudiantes que se matriculan en un programa de pregrado, sólo uno culmina su carrera. (Meléndez, 2008)

El desinterés crece a medida que los temas van tornándose más complicados, un estudio llevado a cabo en la universidad de la Guajira reveló que las asignaturas que causan mayor dificultad son en su orden: matemáticas, física, estadística, bioquímica y química (Meléndez, 2008). Esto se debe a la falta de estímulos a la hora de enseñar, así como del material académico monótono, como

consecuencia, los estudiantes están viviendo en dos mundos: el mundo del aula (siglo XIX) y el mundo real (siglo XXI).

Para alentar este cambio se requiere la producción de recursos educativos innovadores diferentes a los existentes, los cuales deben usarse en entornos de aprendizajes diferentes al aula con otras prácticas de enseñanza (experimental). El aula ha sido, y lo sigue siendo, un escollo para actualizar la enseñanza de ciencias. Es necesario introducir otros ambientes que permitan que el alumno trabaje, discuta y desarrolle capacidades de aprendizaje acordes con las herramientas del siglo XXI. (Bosch, Di Blasi, Pelem & Beregero, 2011)

La realidad aumentada es una técnica computacional la cual ha demostrado ser entretenida, permitiendo a la gente tomar interés por cosas que en un primer momento no fueron de su agrado. La capacidad que tiene esta tecnología de insertar objetos virtuales en el espacio real, la hace una herramienta efectiva para dar a conocer diversos temas.

Entre los ejemplos donde se puede observar el impacto que tiene la realidad aumentada en la educación, está el centro de recursos LearnAR, esta es una plataforma que proporciona un conjunto de experiencias de aprendizaje. Entre las materias ofrecidas en este portal están: biología, física, idiomas y matemáticas. (Learnar.org, 2016)

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo general

Desarrollar una aplicación de realidad aumentada para móviles y escritorio, que brinde apoyo educativo en el área de la física.

3.2. Objetivos específicos

1. Realizar un estado del arte de las principales aplicaciones y tecnologías de realidad aumentada en la educación.
2. Realizar un estudio de los temas que componen el conjunto de física en donde se evidencien las dificultades, oportunidades y estrategias que se pueden implementar para ayudar a los estudiantes usando realidad aumentada.
3. Implementar una aplicación que utilice Unity y Vuforia como tecnologías clave, para facilitar el estudio de las temáticas en física.
4. Realizar pruebas funcionales y de usuario.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Marco conceptual

El contexto teórico de este proyecto se ubica en 2 conceptos fundamentales: Realidad Aumentada, Marcadores Virtuales.

Realidad Aumentada:

La Realidad Aumentada o AR por sus siglas en inglés (Augmented Reality) es una tecnología nueva que mezcla objetos virtuales creados por computador y el mundo real, la interacción entre el mundo físico y el mundo virtual se hace en tiempo real, lo que permite la plena integración de ambos mundos. (Bower, Howe, McCredie, Robinson, & Grover, 2014)

Marcador Virtual:

El marcador virtual en realidad aumentada es el más conocido ya que en él se encuentra cargada la imagen en 3D la cual se modeló en el computador.

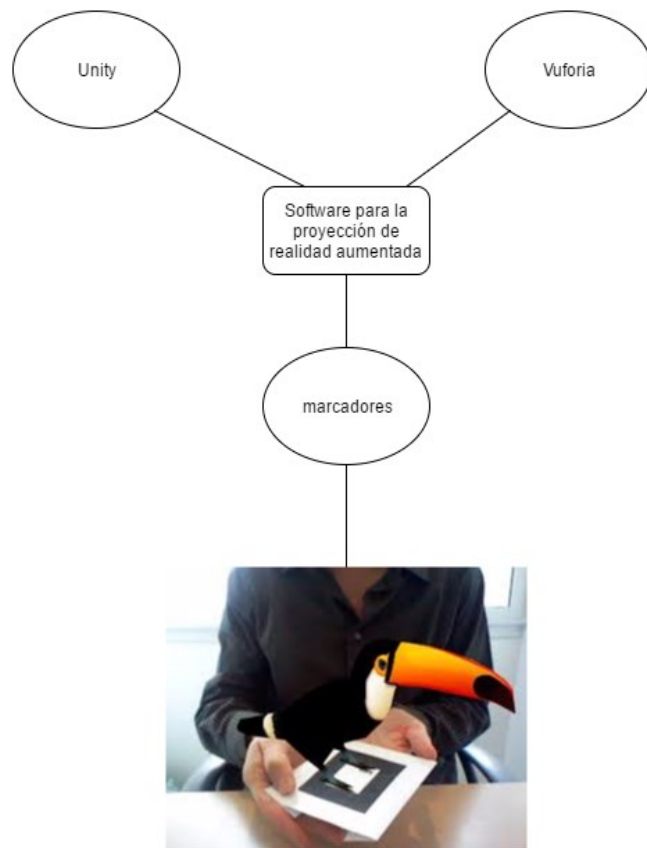


Fig. 1
 Tucán en realidad aumentada
Fuente (redusers.com, 2014)

4.2. Marco teórico

Realidad aumentada. - La Realidad Aumentada o AR por sus siglas en inglés (*Augmented Reality*) es una tecnología nueva que mezcla objetos virtuales creados por computador y el mundo real, la interacción entre el mundo físico y el mundo virtual se hace en tiempo real, lo que permite la plena integración de ambos mundos.

La gente usualmente confunde los términos de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, la diferencia entre estos es que la realidad virtual sumerge los sentidos del usuario en una realidad completamente virtual, y la realidad

aumentada permite percibir el mundo real a través de una superposición virtual (Bower, Howe, McCredie, Robinson, & Grover, 2014).



Fig. 2
Realidad virtual
Fuente (europapress.es, 2015)



Fig. 3
Dinosaurio en realidad aumentada
Fuente (wordpress, 2012)



Fig. 4
Realidad mixta
Fuente (espacioimasd.unach.mx, 2013)

En la figura, a medida que se avanza de izquierda a derecha aumentan los elementos virtuales que se agregan al entorno real. Sin embargo, si el desplazamiento se produce de derecha a izquierda aumentan los elementos reales que se agregan al entorno virtual.

Los sistemas de realidad aumentada son definidos como los que poseen estas 3 características:

- 1) Combinan contenidos reales y virtuales.
- 2) Son interactivos y en tiempo real.
- 3) Son registrados en 3D.

Los componentes más comunes de la realidad aumentada son:

- **Monitor del computador:** instrumento donde se verá reflejado la suma de lo real y lo virtual que conforman la realidad aumentada.
- **Cámara Web:** dispositivo que toma la información del mundo real y la transmite al software de realidad aumentada.
- **Software:** programa que toma los datos reales y los transforma en realidad aumentada.
- **Marcadores:** imágenes, que pueden estar impresas en hojas de papel, o en otro dispositivo (celular, Tablet) que el software interpreta y de acuerdo a un marcador específico realiza una respuesta específica (mostrar una imagen 3D, mostrar un video).

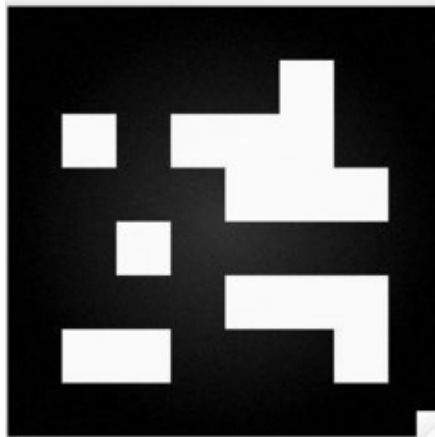


Fig. 5

Marcador realidad aumentada
Fuente (blog.evoit.com, 2011)

Para la proyección de imágenes virtuales en el mundo real deben tenerse en cuenta la posición en la que estas se ubicaran, para estos se sigue un sistema de coordenadas. Dicho proceso se denomina registro de imágenes. Este proceso usa diferentes métodos de visión por ordenador, en su mayoría relacionados con el seguimiento de vídeo. Muchos métodos de visión por ordenador de realidad aumentada se heredan de forma similar de los métodos de edometría visual.

Por lo general los métodos constan de dos partes. En la primera etapa se puede utilizar la detección de esquinas, la detección de Blob, la detección de bordes, de umbral y los métodos de procesado de imágenes. En la segunda etapa el sistema de coordenadas del mundo real es restaurado a partir de los datos obtenidos en la primera etapa. Algunos métodos asumen los objetos conocidos con la geometría 3D presentes en la escena y hacen uso de esos datos. En algunos de esos casos, toda la estructura de la escena 3D debe ser calculada de antemano. Si no hay ningún supuesto acerca de la geometría 3D se estructura a partir de los métodos de movimiento. Los métodos utilizados en la segunda etapa incluyen geometría proyectiva, paquete de ajuste, la representación de la rotación con el mapa exponencial, filtro de Kalman y filtros de partículas.

Se puede clasificar la Realidad Aumentada en niveles de acuerdo a su forma de trabajo, parámetros, sistemas de seguimiento y técnicas empleadas.

Existen 4 niveles de Realidad Aumentada:

- Nivel 0 – Hiperenlaces en el mundo físico.
 - Nivel 1–Realidad Aumentada basada en marcadores.
 - Nivel 2 – Realidad Aumentada markerless.
 - Nivel 3 – Visión aumentada.
- **Hiperenlaces en el mundo físico:** Este nivel se activa a partir de códigos QR (código de respuesta rápida) permitiendo acceder a información.



Fig. 6
Código QR
Fuente (code generator, 2015)

- **Realidad Aumentada basada en marcadores:** Es la forma más conocida de realidad aumentada, al ser leído el marcador normalmente se obtiene un modelo 3d.



Fig. 7
Dinosaurio en realidad aumentada
Fuente (wordpress, 2012)

- **Realidad Aumentada markerless (sin marcadores):** Esta forma utiliza una pantalla para poder proyectar imágenes, basadas en ubicación y otras imágenes.



Fig. 8
Realidad aumentada sin marcadores
Fuente (hipertextual.com, 2010)

- **Visión aumentada:** Se considera el nuevo paso de la realidad aumentada, para esta se hace uso de gafas.



Fig. 9

Visión aumentada

Fuente (sevilla.abc.es, 2014)

- **Unity:** Unity es una plataforma de desarrollo flexible y poderoso para crear juegos y experiencias interactivos 3D y 2D multiplataforma. Es un ecosistema completo para todo aquel que busque desarrollar un negocio a partir de la creación de contenido de alta gama y conectarse con sus jugadores y clientes más fieles y entusiastas. (Unity 3D, 2016)



Fig. 10

Logo Unity

Fuente (Unity 3D, 2016)

- **Vuforia:** Es una plataforma de desarrollo de software que permite al usuario crear escenarios de realidad aumentada, una aplicación desarrollada con Vuforia utiliza la pantalla del dispositivo como un "lente mágico" en donde se entrelazan elementos del mundo real con elementos virtuales (como letras, imágenes, etc.). (Vuforia, 2016)



Fig. 11

Vuforia

Fuente (Vuforia.org, 2016)

4.3. Estado del arte

Según el autor (M.Bower, 2013) “La realidad aumentada está a punto de transformar ampliamente el modelo de educación actual, ya que ofrece la oportunidad de enriquecer los medios de comunicación del mundo real, cuyo objetivo es la visualización de los mismo en dispositivos con acceso a internet, tales como: *Smartphone* y *Tablet*, facilitando el manejo de información a los estudiantes en una hora y momento exacto según sea la necesidad.”

En el campo de la realidad aumentada se han desarrollado diversos proyectos y documentos que proporcionan resultados, ideas, mejoras o críticas en el momento en el que se une la realidad aumentada con la educación ya que (según M.Bower) La realidad aumentada tiene el potencial de suplantar a la Internet en términos de tamaño y aplicación. Pero como a menudo se señala en el ámbito educativo, la utilización de la tecnología no es de ninguna manera una garantía de éxito. Por el contrario, el mal uso de la tecnología emergente puede resultar en resultados de aprendizaje inferiores.

Para la elaboración de este documento se tuvieron en cuenta algunos proyectos y análisis en el entorno de la realidad aumentada en la educación.

1. Using Augmented Reality and Education Platform in Architectural Visualization (Fonseca, 2012):

En este trabajo se analizan los resultados de la implementación de nuevas tecnologías en el marco de educación relacionada con la visualización de proyectos arquitectónicos. En base en la evaluación del perfil tecnológico del estudiante, se propone el uso de una variedad de sistemas integrados con realidad aumentada para la visualización de distintos proyectos en el grado de Arquitectura con dispositivos móviles. El objetivo principal es evaluar si la metodología propuesta mejora el estudiante en el proceso de aprendizaje y por lo tanto si este genera una respuesta satisfactoria.

Según afirma el autor “la mejora de la enseñanza es un campo que se rige bajo la constante revisión y evolución, y, como en otras áreas tales como comunicación o entretenimiento, no está exento de ser vinculada a la evolución tecnológica”. Los desarrollos tecnológicos afectan continuamente cómo se relaciona la sociedad, comunica, entretiene y aprende el usuario. Es por esto que la implementación de esta tecnología debe ser instaurada en los estudiantes, para que se facilite la manipulación de la información de una manera más entendible para el usuario.

Para la elaboración de la correcta implementación de este método de estudio fue la constante preocupación del estado final en cuanto al manejo y facilidad con base a los usuarios tomando en cuenta adecuada el diseño y uso del " usuario de prueba " o " perfil de encuesta " que permite la extracción de los datos para el estudio.

En este documento el autor se detiene en un momento para tratar un tema importante donde se destaca la unión entre la realidad aumentada y los códigos bidimensionales. En el mundo en el que vivimos siempre vemos estos códigos en los productos que comúnmente consumimos o aquellos que buscan sobresalir.; lo que le reduce a la industria ahorro de espacio y evitar tantas etiquetas que antes se veían en estos productos. (Ver Fig. 12)



Fig. 12

Uso de los códigos QR en avisos publicitarios

Fuente: (Fonseca.D et al, 2012)

Estos códigos bidimensionales hoy en día son más conocidos como códigos QR (*Quick Response Codes*) los cuales son diferentes a los códigos de barra, ya que los códigos QR son leídos por nuestros dispositivos móviles sin importar su sistema operativo en cambio el código de barra debe ser leído por un sensor láser el cual dicho código está inscrito en una base de datos.

Mencionado lo anterior, la idea del autor era exaltar la importancia de estos códigos ya que no se tiene la información suficiente para tener el conocimiento de que estos códigos bidimensionales poseen tecnología de realidad aumentada haciendo en que esta sea muy requerida por las empresas que deseen darle una experiencia nueva a su usuario.

Se llegó a la conclusión de que las pruebas realizada a los estudiantes teniendo en cuenta la usabilidad, herramientas y demás información que se necesitaba para el manejo de realidad aumentada en sus proyectos de visualización de edificios o materiales que se querían construir, deduciendo un resultado no del todo concluyente, ya que los estudiantes presentaron problemas con la resolución de la pantalla y la calidad de los modelos 3D generados. Finalmente se concluyó que los estudiantes mostraron una respuesta positiva frente a este tipo de tecnología dando la libertad de afirmar que las tecnologías interactivas y móviles en el campo de

visualización, están especialmente relacionados con la realidad aumentada, en caso de sustituir o al menos ponerse a disposición en paralelo con el sistemas de representación tradicionales, tales como paneles impresos y modelos, ya que los estudiantes mostraron mucho más interés y mejores resultados en la interacción con su proyectos con la realidad aumentada que con la manera tradicional.

2. The Significance and Effectiveness of Augmented Reality in Experimental Education (Fan.P, 2011):

En este artículo el autor (Fan.P, 2011) brinda información respecto a la realidad aumentada ya que la ubica en la rama de la realidad virtual y a su vez expone el cómo esta tecnología ha comenzado a atraer la atención de público.

En el documento se expone el rol que ejecutan los artículos científicos y la información que los mismos poseen, en el mundo actual es común recurrir a estos tipos de documentos, ya que le proporcionan al estudiante herramientas, experimentos y demás factores que le facilitan el entendimiento de leyes o experimentos que llegan a demostrar un punto específico del tema en cuestión.

Los autores de este artículo afirman que *“La educación experimental es un tipo de integración de las manos, cerebro y combinación de teoría y aplicación. El aprendizaje a través experimento necesidad de experimentar personalmente, poco a poco dominar las habilidades relevantes en una variedad de métodos científicos”*. La implementación de la AR (En inglés: *Augmented Reality*) en estos documentos, permitirían un enfoque en el que lo abstracto del contenido, se convertirá en algo concreto; lo que ciertamente despertara el interés de los estudiantes motivando a un aprendizaje independiente; ya que con la implementación de dicha tecnología se permitirá “ver lo invisible” de una forma animada. (Ver Fig. 13a y 13b)

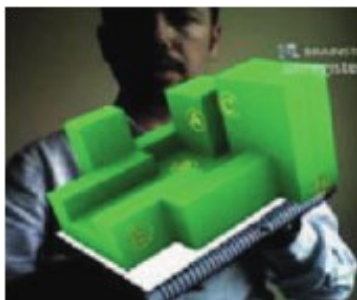


Fig 13 b
Modelo estructural
Fuente (Fan.p, et al,2011)

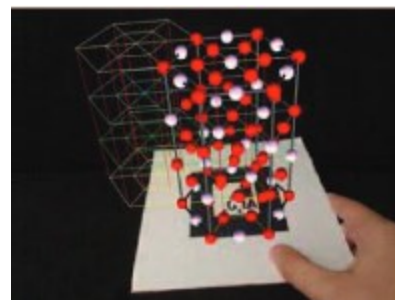


Fig 13a
Modelación de experiment químico
Fuente (Fan.p, et al, 2011)

La importancia que tiene la realidad aumentada en un panel educativo se evidencia en la seguridad de los estudiantes en el momento de realizar experimento que impliquen un alto riesgo tanto para el estudiante (quemaduras, toxicidad en el ambiente y demás factores perjudiciales para la salud) como para las instalaciones o instrumentos usados en la elaboración del experimento; ya que en la realidad aumentada la elaboración de un experimento considerado de alto riesgo en un ambiente real, ya no será considerado como una amenaza para el estudiante, puesto que el experimento interactúa de manera virtual proporcionando seguridad y economía respecto a el significativo ahorro en la instrumentación requerida para la elaboración del experimento.

El análisis de las diversas aplicaciones que implementan realidad aumentada lleva a cabo un estudio detallado del correcto funcionamiento de estas aplicaciones de realidad aumentada y se llegó a la conclusión de que estos dispositivos están diseñados para visualizar los objetos en realidad aumentada en un entorno real, permitiendo que el usuario final tenga la posibilidad de visualizar los dos campos al mismo tiempo. (Ver Fig. 14)

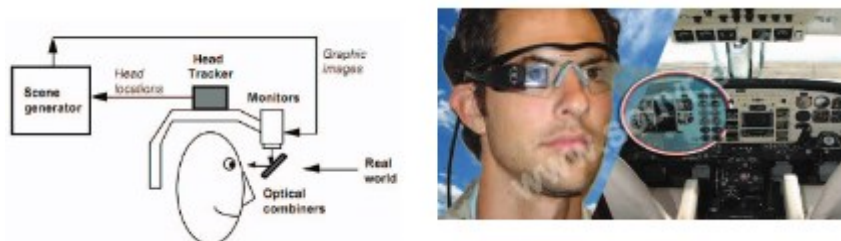


Fig. 14

Funcionamiento ideal de una aplicación con realidad aumentada

Fuente: (Fan.P, et al, 2011)

Los autores llegaron a la conclusión tras las aplicaciones de la realidad aumentada enfocada a la experimentación en diferentes campos, se pudo afirmar que estas aplicaciones se acoplaron con gran éxito en el campo estudiantil. Estos también agregaron recomendaciones para un óptimo desarrollo de las aplicaciones en un futuro en cuanto a su flexibilidad e interacción de la aplicación para con el usuario.

3. Towards a Smart Classroom: Development of an Augmented Reality Application for Education and Tele-education (Bernal Onate, 2015):

Según los autores (Bernal Oñate, 2015)“ La Realidad Aumentada (AR) es una tecnología que está introduciéndose en nuevas áreas de aplicación como son: el entrenamiento de operarios de procesos industriales, marketing, el mundo del diseño interiorista y guías de museos.” Por lo tanto se conoce que los colegios y otras academias de la educación están comenzando a implementar este tipo de tecnologías pero de una forma en el que no se aprovechan la utilidad que esta tecnología representa, donde según los autores “El desarrollo de iniciativas en la utilización de esta tecnología en la educación y su divulgación contribuirán a una mejora significativa en la comunidad académica” dando un avance significativo de la implementación de este tipo de aplicaciones en la comunidad académica.

El documento se centraliza en la elaboración de una aplicación que implemente realidad aumentada, teniendo en cuenta los conceptos básicos y los requisitos que la realidad aumentada requiere. Se destaca el modelo de implementación, como lo es el HMD óptico y el HMD basado en video.

El HMD óptico es aquel que permite ofrecer al usuario final una conexión con el mundo real por medio de una imagen en 3D, es decir, la imagen 3D es implementada sobre un entorno real con el fin de darle una mejor experiencia al usuario. (Ver Fig. 15) El HMD basado en video son de vista cerrada, es decir, que una vez colocado impide ver el mundo real. Dependiendo de la presentación del video y si este es HMD se le agregan una o dos cámaras que funcionan como “ojos” del usuario hacia el mundo real. (Ver Fig. 16)

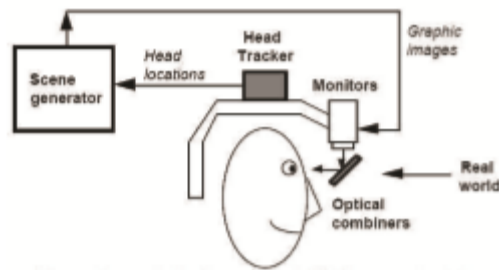


Fig. 15 AR utilizando HMD óptico

Fuente (Basándose en el modelo de implementado Por Fonseca. D)

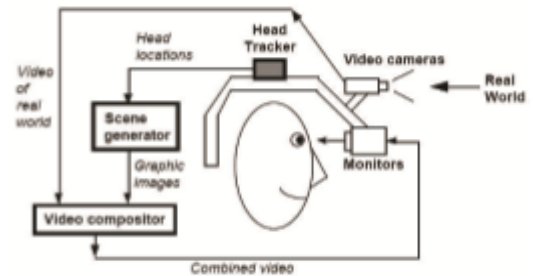


Fig. 16 AR usando HMD basado en video

En el artículo se resalta el uso de marcadores y su importancia en la AR, ya que por medio de los marcadores predefinidos el objeto 3D se ve con una mayor claridad. Tras varios análisis entre marcadores, se llegó a la conclusión de que para la modelación de objetos el mejor marcador en cuanto a su ubicación lo cual diferencia del resto de marcadores y proporciona la información necesaria a la aplicación para el procesamiento de la escena. (Ver Fig. 17)



Fig. 17
Marcador ideal

En conclusión, el artículo puso en práctica las investigaciones realizadas con el fin de implementarlas en la unidad educativa “Saint Dominic”, para un público restringido entre niños y niñas de segundo grado para el estudio de geografía. Se presentó una exitosa aceptación de la realidad aumentada para el estudio básico presentando un gran interés y aprendizaje por medio de esta tecnología.

4. iARBook: An Immersive Augmented Reality System for Education (Bazzaza, 2015):

Según (Bazzaza, 2015) *“El avance en la tecnología de hoy en día tiene la mejora de los métodos de aprendizaje que están empezando a reemplazar los métodos tradicionales. Realidad Aumentada (AR) es una de esas tecnologías que se han visto en muchas aplicaciones en la educación.”* El alcance de este documento tiene como propósito aplicar el concepto de Realidad aumentada de inmersión en un libro, con el fin de aplicar unos de los modelos de aprendizaje que el autor nombra en la frase.

El libro denominado bajo el nombre de iARBook tiene como función actuar como un medio de aprendizaje inteligente, con el fin de darle un giro a lo rutinario de la educación tradicional, con el fin de despertar el interés del usuario con este tipo de tecnología. Para el desarrollo de este libro el autor tuvo en cuenta diversas aplicaciones que también influyeron en la sociedad implementando la AR tales como:

- La realidad aumentada implementada en el turismo, con el fin ofrecer una visión más clara de la ciudad visitada por turistas respecto a hoteles, restaurantes, supermercados, etc.
- Realidad aumentada en juguetes y videojuegos donde se destaca la empresa Nintendo con su videojuego de mascotas donde los jugadores podían ver los diferentes tipos de animales domésticos y poder cuidar de ellos, el juego se denomina “*Nintendogs + Cats*” cuyo juego se ejecuta en un dispositivo portátil que contiene una cámara 3D. Su nicho es su capacidad de utilizar la cámara del dispositivo de mano junto con la tecnología AR para aumentar una mascota virtual en una tarjeta de AR. (Ver Fig. 18)

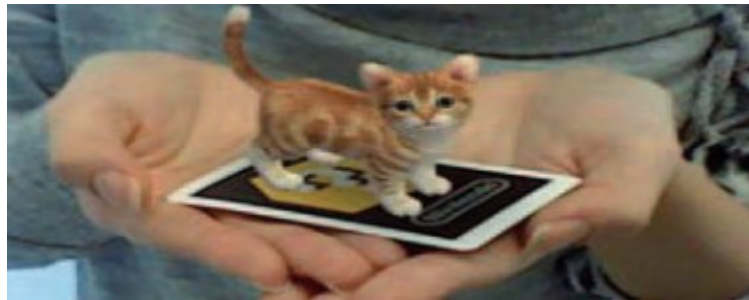


Fig.18

Captura de pantalla de virtual pet

Fuente (M. W. Bazzaza, et al)

El proyecto consiste en la 4ª edición de la Universidad Khalifa " Reflexiones " boletín y la implementación de una tableta o Smartphone con la aplicación de iARBook, cuyo software se compone de los atributos que posee la imagen y el reconocimiento de la tarjeta en el motor de Unity 3D integrando los botones virtuales y el reconocimiento en la nube en Vuforia a través de la extensión de Unity 3D. (Ver Fig. 19)

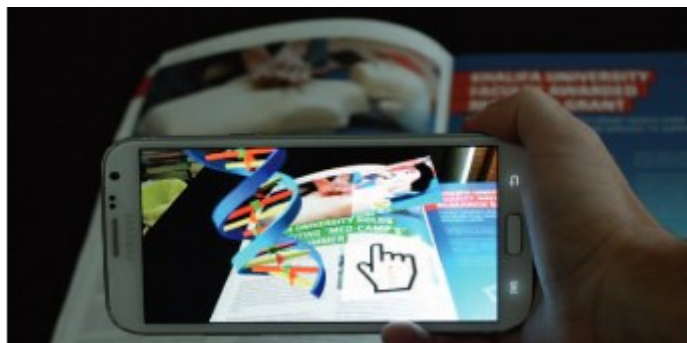


Fig. 19

Modelamiento interactivo de ADN en tercera dimensión

Fuente (M. W. Bazzaza, et al)

En conclusión el autor por medio de encuestas pudo observar y concluir por medio de la aceptación del aplicativo por medio de las personas encuestadas, que el avance de la AR está incrementado exponencialmente y que en futuros casos se podría implementar en educación superior no solo por medio de revistas científicas, sino también en la implementación de la educación formal de materias exactas o en campos en el que se pueda aplicar este tipo de tecnología con el fin de convertir estos modelos tradicionales en modelos interactivos con el fin de generar conocimiento.

5. Demo: Mobile Augmented Reality in Medical Education: An Application for Dermatology (Noll, 2014):

En este documento los autores (C.Noll, et al) afirman que “Hoy en día, los módulos de aprendizaje basados en e-learning son ampliamente utilizados en la educación médica. En comparación con la enseñanza tradicional, uno de los inconvenientes de este enfoque es el nivel de falta de realismo, ya que la interacción con un ordenador puede trabajar significativamente en un paciente.”

El objetivo de este documento está centralizado en la importancia de la visualización analítica de los médicos en sus diferentes ramas de especialización, destacando a una rama de la medicina tan importante como la dermatología, rama en la cual se determina una enfermedad por medio de la vista y características asociadas a estas.

La necesidad de la realidad aumentada en la comunidad dermatológica es mínima pero significativa, ya que el doctor o el estudiante de medicina en vez de recurrir a textos planos podrían recurrir a una aplicación, desarrollada con el fin de mostrar la solución a la enfermedad de una forma animada. La aplicación está disponible para dispositivos con sistema operativo iOS bajo el nombre de mARble.

El funcionamiento de la aplicación consta de colocar marcadores en la parte del deseada del cuerpo del estudiante que será leído por el dispositivo móvil con el fin de ver el tipo de daño que presenta el paciente obteniendo una imagen o si se requiere una información adicional bien sea multimedia o texto con el fin de conocer a fondo la enfermedad herramienta que ayuda tanto al doctor como al paciente para familiarizarse con su enfermedad. (Ver Fig. 20)



Fig.20

Enfermedad detectada e información del tipo de enfermedad

Fuente (C.Noll, et al)

En conclusión los autores afirman que el uso de una aplicación con AR en los diversos campos médicos representan un método de aprendizaje de

manera didáctica y con mejores resultados, ya que por medio de una prueba de funcionalidad de la aplicación mARble, los estudiantes que utilizaron la aplicación aprobaron con éxito la prueba con el paciente, en comparación con los estudiantes que presentaron la prueba solo con lo leído en la historia y en base a los libros de dermatología; Razón suficiente como para determinar que la implementación de AR en el aprendizaje genera mejores resultados que con los métodos tradicionales en la mayoría de los casos.

6. Realidad aumentada, educación y museos

Según (David Ruiz Torres, 2011) *“La Realidad Aumentada representa actualmente una potente herramienta que ha mostrado su versatilidad en un amplio abanico de aplicaciones en diferentes áreas de conocimiento. Una de ellas ha sido el campo educativo donde ha encontrado grandes posibilidades para la difusión y conocimiento de contenidos que se presenta de una forma atractiva y pedagógica al mismo tiempo”*

El documento resalta el origen de la realidad aumentada, donde se especifica que la realidad aumentada es una derivada de la realidad virtual; factor que hace aplicable este tipo de tecnologías en un aula educativa o bien histórica. La idea de implementar la realidad aumentada en aulas históricas como lo son los museos que son aulas visitadas por miles de personas en el mundo representa un reto, ya que la reacción del público frente a esta tecnología es variable. En un estudio realizado por el autor a través del *“Magic Book”* (Ver Fig.21) donde según afirma el autor: *“Uno de los casos más significativos, al constituir una de los primeros ensayos, fue desarrollado por el Human Interface Technology Laboratory de la Universidad de Washington, que presentó el denominado Magic Book, que mostraba el valor didáctico de esta tecnología y el gran atractivo que supone en contextos educacionales (Billinghurst et al., 2001).”*

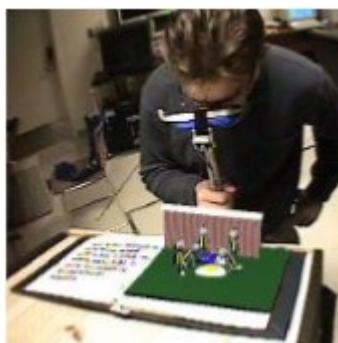


Fig.21

Aplicación de Realidad Aumentada "Magic Book"
Fuente (Billingham, M., Kato, H., Poupyrev, 2001)

Observando estos grandes avances y la buena respuesta que se obtenida por parte del público respecto a la realidad aumentada aplicada en el mundo real (Ver Fig.22), se comenzó a idealizar esta tecnología en museos con pequeñas propuestas y muy poco significativas, tomando en cuenta el potencial que tiene esta tecnología en un futuro no solo en museos, sino también en exposiciones de arte (según afirma el autor). (Ver Fig.23)



Fig. 22

Museo de la Autonomía de Andalucía *Usuario interactuando con la aplicación sobre Las instituciones representativas andaluzas*
Fuente (David Ruiz Torres, 2011)

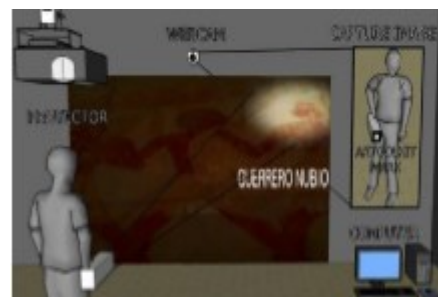


Fig.23

Recreación del modelo ideal de exposición por medio de RA
Fuente (David Ruiz Torres, 2011)

En conclusión la realidad aumentada es una tecnología que en el pasado era un avance tecnológico desconocido por la mayoría de las personas, ya que el impacto que generaba en la sociedad era mínimo, pero hoy en día esta tecnología ha comenzado a despertar el interés de las personas por medio de inventos como

los implementados en diversas partes del mundo colocando gran parte de implementación potencial en la educación donde se prueba la tecnología desde diferentes puntos de vista tal y como son: la usabilidad y la necesidad del usuario, brindando una educación tecnología virtual intuitiva.

7. Aplicação da Realidade Aumentada para Simulação de Experimentos Físicos em Dispositivos Móveis

Según el autor (A. N. A. Malbos, 2014) *“RA permite al usuario percibir los alrededores reales ” Aumentados ” con algunos objetos virtuales, o creados; con el fin de mejorar la percepción que se tiene del mundo real.”* Cuya afirmación sitúa a la realidad aumentada como una tecnología que podrá ser implementada con un mayor potencial en el campo de la física basándose en lo mencionado anteriormente.

El objetivo del artículo, es el de resaltar la realidad aumentada como una de las tantas tecnologías que están enfocadas al desarrollo intelectual y tecnológico a nivel global, destacando cada una de las características que posee la realidad aumentada con el fin de resaltar la calidad y la gran utilidad que posee esta tecnología. Basándose en la definición o de la caracterización que el autor tiene sobre los sistemas de realidad aumentada donde según el autor *“Un sistema de AR es uno que complementa el mundo real mediante el uso de elementos virtuales generada por una artefacto tecnológico hacer tales elementos parecen coexistir en el mismo espacio que los elementos real”*, se puede concluir que este tipo de tecnología se puede adaptar fácilmente al entorno educativo, ya que esta tan relacionada con el mundo real que puede dar explicación de algún problema físico o explicación del mismo como fue aplicada en el prototipo de la aplicación (Ver Fig.24), cuyo funcionamiento es el usualmente implementado en este tipo de tecnologías(Ver Fig.25),

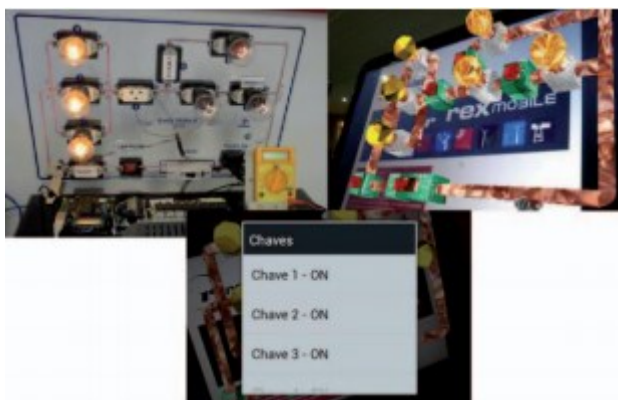


Fig.24 Experimento del prototipo aplicado en modelación de circuitos
Fuente (A. N. A. Malbos, et al 2014)

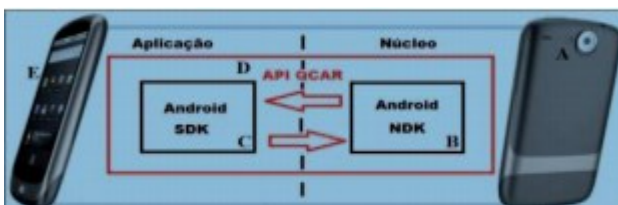


Fig.25 Funcionamiento teórico del prototipo
Fuente (A. N. A. Malbos, et al 2014)

Se pudo concluir que el uso de la herramienta como herramienta de educación en el área de física y la experimentación de muchos otros fenómenos y comportamientos físicos pueden ser explicados y entendidos por el usuario al cual va dirigido dicha aplicación obteniendo una respuesta positiva y una opción de educación educativa.

Criterios tomados en cuenta para la realización de estado del arte

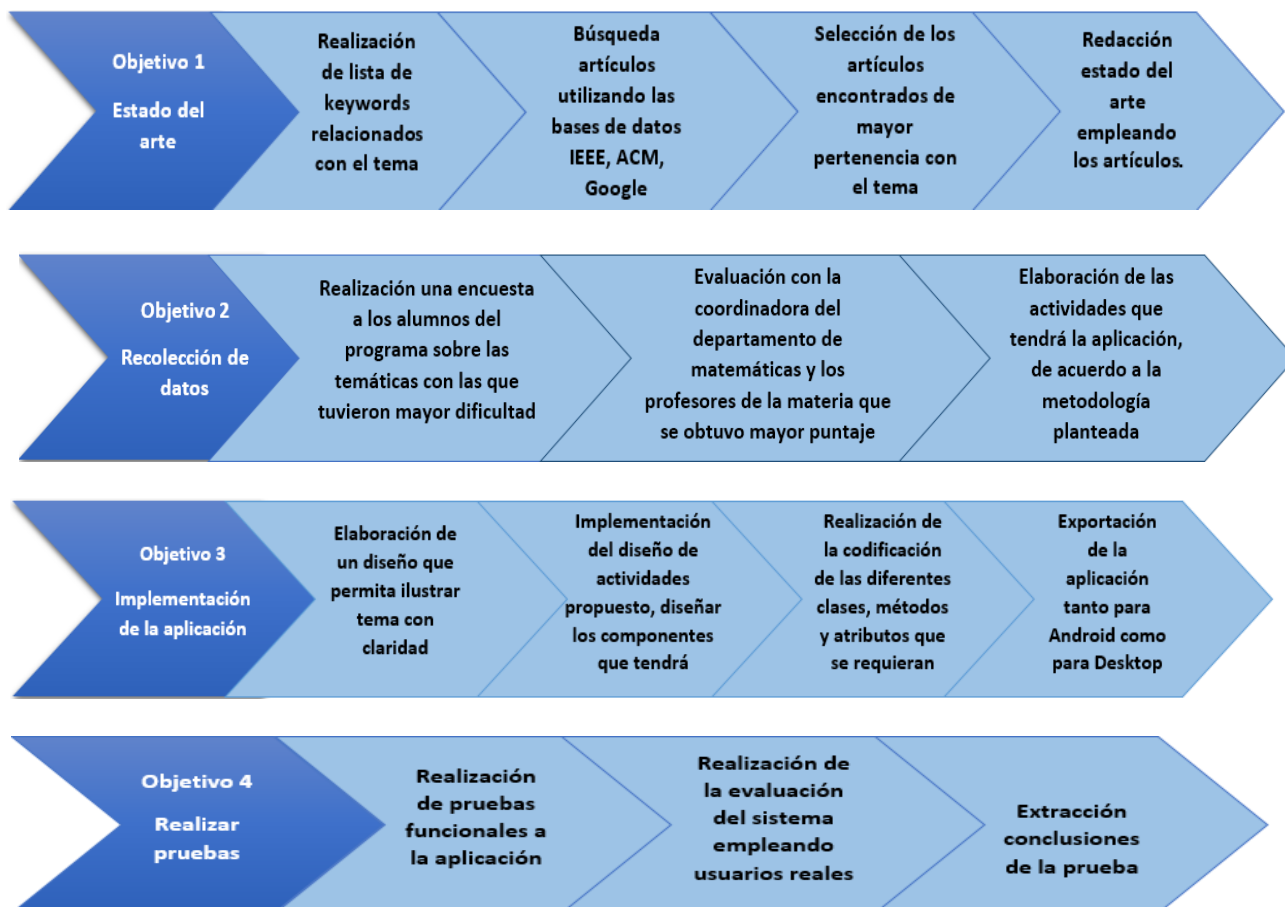
Palabras clave:	Realidad Aumentada, Marcadores Virtuales <i>Keywords: Augmented Reality, Virtual Marker</i>
Bases de datos utilizada:	<i>IEEE, Google Scholar, ACM.</i>
Total, referencias recuperadas:	<i>IEEE: 13 Google Scholar: 5 ACM:4</i>
Fecha de búsqueda:	<i>Google Scholar: Febrero 16, 2016 ACM: Febrero 16, 2016</i>

	IEEE: Febrero 16, 2016
Criterios para incluir y excluir referencias:	Rango de fecha de búsqueda: Entre los años 2011-2016. Pertinencia con el tema de investigación: <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de aplicaciones móviles • Educación en tecnología. • Realidad Aumentada

Tabla 1. Criterios que se tuvieron en cuenta en la búsqueda de información en las bases de datos.
Fuente: elaboración propia

5. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente proyecto se enmarca metodológicamente, de modo integrado dentro de la investigación-acción; el cual será desarrollado en cuatro (4) etapas relacionadas claramente con los objetivos del proyecto. Para tal fin, se realizaron un conjunto de actividades, en gran medida concurrentes o simultáneas, que permitieron dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos definidos.



Etapa 1. Estado del arte: Comprende a) la revisión sistemática en fuentes primarias y secundarias en las diferentes bases de datos donde se extraerá la información sobre la realidad aumentada aplicada en la educación b) la determinación de los artículos científicos donde se evidencie con claridad la aplicación de la realidad aumentada y los resultados de las diversas aplicaciones en un ambiente educativo c) Realización del estado del arte según las restricciones establecidas en el desarrollo de la aplicación

- Etapa 2. Recolección de datos: En esta etapa los procesos a seguir serán: a) De acuerdo con los resultados obtenidos en la encuesta aplicada, se procederá a confirmar con el departamento de matemáticas (el cual es el encargado de llevar un seguimiento de la educación ofrecida en la universidad en la rama de matemáticas), con el fin de comparar los resultados que se obtendrán de la encuesta, con los resultados reales en el rendimiento de dicha área. b) Determinación de las temáticas trabajadas en el área donde se evidencia el problema. c) Selección de los temas que ofrecerá la aplicación con el fin de facilitar el entendimiento de dichos temas y obtener resultados positivos en el uso de la herramienta.
- Etapa 3. Implementación de la aplicación: Para el desarrollo de esta etapa se tuvo en cuenta los siguientes puntos: a) Identificación de los diferentes actores que van a intervenir en el funcionamiento de la aplicación. b) Revisión de los requerimientos que se tienen en cuenta en el desarrollo la aplicación. c) Una vez establecidos los requerimientos se comienza la programación de la aplicación desde las herramientas ya definidas (Unity y Vuforia), teniendo en cuenta los diversos modelos y diversas estructuras que intervienen en el desarrollo de los temas escogidos d) Exportación de la aplicación de escritorio y móvil, con el fin de optimizar la usabilidad de la aplicación y crear una necesidad constante de uso de la herramienta en cualquier entorno (computación ubicua).
- Etapa 4. Realización de pruebas de usuario: Finalmente en esta etapa se llevará a cabo a) la implementación de la aplicación en el entorno educativo con el fin de evaluar la funcionalidad del sistema por medio de los usuarios finales b) Aplicación de una encuesta a los usuarios que interactuaron con la aplicación con el fin de tabular las respuestas obtenidas y definir la efectividad de la aplicación. c) Presentar un estudio donde se demuestre la necesidad de implantar la aplicación en la educación en el área de física.

6. RESULTADOS ESPERADOS

1. Tabla que contenga el estado del arte de las aplicaciones y tecnologías de realidad aumentada enfocadas a la educación.
2. Un documento que muestre el estudio de los temas de física donde se evidencian las dificultades, oportunidades y estrategias que se implementarán con el fin de ayudar a los estudiantes usando realidad aumentada.
3. Una aplicación de realidad aumentada con énfasis en física.
4. Un documento que muestre los resultados de las pruebas realizadas a los usuarios que probaron la aplicación.

Objetivos	Actividades	Resultados
Realizar un estado del arte de las principales aplicaciones y tecnologías de realidad aumentada en la educación.	Realización de lista de keywords relacionados con el tema.	Tabla que contenga el estado del arte de las aplicaciones y tecnologías de realidad aumentada enfocadas a la educación.
	Búsqueda artículos utilizando las bases de datos IEEE, ACM y Google Scholar	
	Selección de los artículos encontrados de mayor pertenencia con el tema.	
	Redacción estado del arte empleando los artículos.	
Realizar un estudio de los temas que componen el conjunto de física en donde se evidencien las dificultades, oportunidades y estrategias que se pueden implementar para ayudar a los estudiantes usando realidad aumentada.	Realización de una encuesta a los alumnos del programa en donde se pregunta sobre las materias y temáticas con las que tuvieron mayor dificultad.	Un documento que muestre el estudio de los temas de física donde se evidencian las dificultades, oportunidades y estrategias que se implementarán con el fin de ayudar a los estudiantes usando realidad aumentada.
	Evaluación de las materias que mayor puntaje obtuvieron en la encuesta con la coordinadora del departamento de matemáticas	
	Diseñar de acuerdo a las temáticas escogidas, las actividades que tendrá la	

	aplicación	
Implementar una aplicación que utilice Unity y Vuforia como tecnologías clave, para facilitar el estudio de las temáticas en física.	Elaboración de un diseño que permita ilustrar tema con claridad.	Una aplicación de realidad aumentada con énfasis en física.
	Utilización del diseño de actividades propuesto, diseñar los componentes que tendrá.	
	Realización del código de la aplicación (Clases, métodos, etc)	
	Exportación de la aplicación a Android y Desktop	
Realizar pruebas funcionales y de usuario.	Realización de pruebas funcionales	Un documento que muestre los resultados de las pruebas realizadas a los usuarios que probaron la aplicación.
	Realización de pruebas con usuarios reales	
	feedback	

Tabla 2. Diseño metodológico con su respectivo resultado

Fuente: Elaboración propia

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Semanas																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Realización una lista de keywords relacionados con el tema																																			
Búsqueda artículos relacionados utilizando las bases de datos IEEE, ACM, Google Scholar																																			
Selección entre los artículos encontrados, los de mayor pertenencia con el tema																																			
Redacción el documento de estado del arte empleando los artículos.																																			

8. PRESUPUESTO

Rubros	Total
Personal	\$10'895.459
Equipos y software de uso	\$3'429.000
Gastos adicionales	\$1'030.000
Total:	\$15'354.459

Tabla 4. Presupuesto global de la propuesta

Fuente Elaboración propia

Investigador	Formación Académica	Función dentro del proyecto	Dedicación (1/4, 1/2, TC)	Duración	Total
Rene Alejandro Lobo	Magister	Director del proyecto	5	12	
Juan Sebastián Briceño Dávila	Estudiante de Pregrado	Autor del proyecto	20	12	\$5'447.729
Freyman David Delgado Soto	Estudiante de Pregrado	Autor del proyecto	20	12	\$5'447.729
Total:					10'895.459

Tabla 5. Descripción de los gastos de personal

Fuente: Elaboración propia

Equipo	Valor
Computador Portátil Dell inspiron, Intel Core I7, Memoria del Sistema 16GB DDR3, 1 TB Hard Drive, Windows 10 (64-bit)	\$2'800.000
Impresora Impresora Multifuncional Hp	\$329.000

1515 + Sistema Tinta Continua	
Microsoft Office 2016	\$300.000
Licencia de Unity	\$222.000
Total:	\$3'429.000

*Tabla 6. Descripción y cuantificación de los equipos y software de uso
Fuente: Elaboración propia*

Gasto adicional	Duración(horas)	Total
Internet Banda Ancha 5 MB	12	\$780.000
Transporte	8 (4 veces/mes)	\$130.000
Modelamiento de la mano	6	\$120.000
Total:		\$1'030.000

*Tabla 7. Gastos adicionales
Fuente: Elaboración propia*

9. RESULTADOS OBTENIDOS

1. Se realizó una tabla que contiene el estado del arte de las aplicaciones y tecnologías de realidad aumentada enfocadas a la educación.

TITULO	AUTOR	AÑO	PUBLICACIÓN	PAIS	BASE DE DATOS	KEYWORDS	CITACIONES
Using Augmented Reality and Education Platform in Architectural Visualization	(Fonseca, D. ; Marti .N; Navarro. I; Redondo. E.; Sanchez. A.,2012)	2012	(SIIE), 2012 International Symposiumon	España	IEEE	Augmented reality, Educational institutions, Mobile handsets. Solid modeling, Usability Visualizatio n	4

The Significance and Effectiveness of Augmented Reality in Experimental Education	(Pengcheng. Fan; Mingquan. Zhou; Xuesong. Wang ,2011)	2011	(ICEE), 2011 International Conference on	China	IEEE	Augmented reality, Chemistry Educational institutions, Materials Three dimensional displays. Training	9
Towards a smart classroom: Development of an augmented reality application for education and tele-education	(Bernal Onate, Paul Lara-Cueva, Roman ; Rivadeneira, Javier, 2015)	2015	(CHILECON), 2015 CHILEAN Conference on	Chile	IEEE	Augmented reality, Education Linux, MATLAB, Monitoring, Solid modeling, Three-dimensional displays	1
iARBook: An Immersive Augmented Reality System for Education	(Mhd Wael Bazzaza, Buti Al Delail ; M. Jamal Zemerly ; Jason W. P. Ng, 2014)	2014	Teaching, Assessment and Learning (TALE), 2014 International Conference on	Nueva Zelanda (Wellington)	IEEE	Immersive Augmented Reality; Smart Education; Edutainment; Augmented Reality; Interactive Learning.	2
Demo: Mobile Augmented Reality in Medical Education: An Application for Dermatology	(Christoph Noll, Bernhard Häussermann, Ute von Jan, Ulrike Raap, Urs-Vito Albrecht, 2014)	2014	Proceeding MARS '14 Proceedings of the 2014 workshop on Mobile augmented reality and robotic technology-based systems Pages 17-18	USA (New York)	ACM	medical education; augmented reality; mobile learning	2
Realidad aumentada, educación y museos	(David Ruiz Torres,2011)	2011	REVISTA ICONO 14, 2011, Año 9 Vol. 2, pp. 212-226.	España(Madrid)	Google Scholar	Augmented Reality, education, museums, diffusion, interaction, edutainment	-

An augmented reality magic mirror system for anatomy education	(Tobia Blum, et alt , 2011)	2011	Virtual Reality Short Papers and Posters (VRW), 2012 IEEE	Costa Mesa	IEEE	Augmented reality, Cameras, Computed tomography , Education, Glass, Mirrors, Visualization	45
Providing augmented reality based education for students with attention deficit hyperactive disorder via cloud computing: Its advantages	(Nor Azlina Ab Aziz, et alt , 2012)	2012	Advanced Communication Technology (ICTACT), 2012 14th International Conference on	PyeongChang	IEEE	Augmented reality, Cloud computing, Convergence, Courseware, Educational institutions, Multimedia communication	12
Application of Augmented Reality in Engineering Graphics Education	(Heen Chen; Kaiping Feng; Chunliu Mo; Siyuan Cheng; Zhongning Guo; Yizhu Huang; 2011)	2011	IT in Medicine and Education (ITME), 2011 International Symposium on (Volume:2)	Cuangzhou	IEEE	Augmented reality, Cameras, Computational modeling, Education, Solid modeling, Three dimensional displays	12
Exploring the Use of Augmented Reality to Support Science Education in Secondary Schools	(Mattias Davidsson; David Johansson; Katrin Lindwall; 2012)	2012	Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE), 2012 IEEE Seventh International Conference on	Takamatsu	IEEE	Augmented reality, Collaboration, Conferences, Data visualization, Educational institutions, Mobile communication	5

Augmented Reality Applied to Health Education	(Marco Aurelio Galvao,2013)	2013	Virtual and Augmented Reality (SVR), 2013 XV Symposium on	Cuiaba	IEEE	Augmented reality, Dictionaries , Education, Internet, Software, Tablet computers, Visualization	2
Evaluation of a portable and interactive augmented reality learning system by teachers and students	(Larsen, Y. C., Buchholz, H., Brosda, C., & Bogner, F. X., 2011)	2011	EDEN - 2011 Open Classroom Conference	Grecia	Google Scholar	Augmented Reality, Inquiry-based Science Teaching, Informal education.	14
QR-code based online robot augmented reality system for education	(Park, J. P., Park, M. W., & Jung, S. K. , 2014)	2014	SAC '14 Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on Applied Computing	USA	ACM	Augmented reality, QR code, Metadata, Feature tracking, Marker tracking, Bluetooth	1
Virtual heritage territories: augmented reality and pedestrian navigation through educational implementation	(Nagata, J. J., Giner, J. G. B., & Abad, F. M., 2015)	2015	TEEM '15 Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality	USA	ACM	Augmented Reality , Mobile Pedestrian Navigation , Mobile Learning Ubiquitous , Learning Territorial Heritage.	-
A collaborative augmented reality based modeling environment for construction engineering and management education	(Behzadan, A. H., Iqbal, A., & Kamat, 2011)	2011	WSC '11 Proceedings of the Winter Simulation Conference	USA	IEEE	Augmented reality, Civil engineering , Education, Industries, Safety, Solid , modeling, Visualization	13

Augmented optometry training simulator with multi-point haptics	(Wei, L., Najdovski, Z., Abdelrahman, W., Nahavandi, S., & Weisinger, H. , 2012)	2012	Systems, Man, and Cybernetics (SMC)	Seoul	IEEE	Haptic, optometry simulation, haptic, augmented reality, foreign body removal	3
Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition	(Sommerauer, P., & Müller, O. 2014)	2014	Computers & Education Volume 79, October 2014, Pages 59–68	USA	Google Scholar	Augmented reality; Informal learning; Field experiment; Museum; Cognitive theory of multimedia learning	8
Augmented reality: An overview and five directions for AR in education	(Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E., 2011)	2011	Journal of Educational Technology Development and Exchange	Mississippi	Google Scholar	Augmented Reality, Virtual Reality, Mixed reality	132
An innovative augmented reality educational framework with gamification to assist the learning process of children with intellectual disabilities	(Colpani, R., & Homem, M. R. P., 2015)	2015	Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), 2015 6th International Conference on	Corfú	IEEE	Augmented Reality; Gamification; Intellectual Disability	-
An interactive augmented reality coloring book	(Clark, A., & Dunser, A. 2012)	2012	SA '11 SIGGRAPH Asia 2011 Emerging Technologies	New Zeland	ACM		26
The Future of Learning and Training in Augmented Reality	(Lee, Kangdon. 2012)	2012	Journal Articles; Reports – Descriptive	USA	Google Scholar	Augmented Reality, Astronomy, QR	12

Aplicação da Realidade Aumentada para Simulação de Experimentos Físicos em Dispositivos Móveis	(A. N. A. Malbos, 2014)	2014	Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)	Porto	IEEE	Ensino de Física, Mobile Learning, Dispositivos Móveis, Realidade Aumentada	1
--	-------------------------	------	--	-------	------	---	---

Tabla 8. Síntesis de la revisión de la literatura respecto al estado del arte usado como referencia en el proyecto.
Fuente: elaboración propia

- Se realizó un documento que muestra el estudio de los temas de física donde se evidencian las dificultades, oportunidades y estrategias que se implementaron con el fin de ayudar a los estudiantes usando realidad aumentada.

La encuesta se realizó en el mes de abril del 2016 tomando como población los estudiantes de las diferentes ingenierías de la Universidad Autónoma de Bucaramanga, y como muestra los estudiantes que ya cursaron el ciclo básico de ingeniería (ver anexo). Se pudo determinar mediante dicha encuesta que evidentemente el tema que mayor dificultad representó, para los estudiantes de la UNAB fue el de campos magnéticos y fuerzas magnéticas que pertenece al área de electromagnetismo.

Teniendo en cuenta los resultados de la encuesta, se procedió a investigar la forma en la cual el tema podría ser representado de manera visual y teórica, con un contenido explicativo y fácil de entender para el usuario; obteniendo como resultado 5 modelos enfocados en campo magnéticos y fuerzas magnéticas. Para la selección de la temática que fue implementada en cada modelo, se recurrió a la opinión de expertos en el área de electromagnetismo pertenecientes a la UNAB. Ellos recomendaron seguir la guía catedra del curso y sugirieron modelar los temas que presentaban complicaciones por su naturaleza abstracta y no visible a simple vista.

En el ámbito de la enseñanza de las ciencias en educación superior, en ocasiones, el profesor está más interesado en transmitir la lógica de la disciplina, y la disciplina en sí, que en ofrecer estrategias para que los estudiantes elaboren explicaciones científicas o simplemente entiendan el comportamiento de un fenómeno en específico.

Hodson (1994) y Gil, Furió (1994) son autores y exponentes de la física que hablan sobre el rechazo de parte de los estudiantes a las guías que se utilizan

en la enseñanza tradicional, así que resaltan la necesidad de promover la reflexión y la participación de todos.

Según los autores Duit (1996) la necesidad de desarrollar materiales didácticos, modelos experimentales y otro tipo de estrategias de enseñanza deben ser creados con el fin de que mejore la comprensión y la explicación de los fenómenos científicos por parte de los estudiantes.

En base a lo evidenciado en los artículos de electromagnetismo se procede a desarrollar una aplicación que modele los conceptos básicos en electromagnetismo de una manera didáctica y entretenida. Los temas que se van a reforzar por medio de la aplicación son:

- Campos magnéticos
- Resistencia
- Circuitos eléctricos
- Inductor

3. Se desarrolló una aplicación de realidad aumentada con énfasis en física.

Para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada, se utilizó el programa Unity 3d versión 5.3.1 ya que es una importante multiplataforma de desarrollo de videojuegos 2d y 3d, permitiendo que el desarrollo se lleve a cabo en diversos dispositivos tanto móviles como de escritorio; El segundo programa utilizado para el desarrollo de la aplicación fue Vuforia utilizando su SDK (software development kit) para la elaboración de aplicaciones que se basan en la Realidad Aumentada, este programa permite el uso de la pantalla del dispositivo como medio de proyección de la Realidad Aumentada. Otra ventaja que ofrece el programa es la del uso de imágenes diferentes a los marcadores convencionales que se usan normalmente en este tipo de aplicaciones.

Desarrollo de la aplicación EducAR

Interfaz de la aplicación

- **Menú inicial:**

El menú inicial fue desarrollado de forma que el usuario se sienta conforme y entienda a simple vista el funcionamiento de la aplicación, consta de 5 modelos básicos de electromagnetismo, enfocado en el tema de campos eléctricos, que poseen imágenes alusivas al tema que se requiera estudiar (Ver Fig. 28).



Fig.26 Menú de la aplicación
Fuente: elaboración propia

- **Instrucciones de la aplicación:**

En el menú de la aplicación se incorporó la opción de instrucciones en caso tal que el usuario no sepa qué hacer en cuanto se abre la aplicación. Las instrucciones cuentan con pocos pasos a seguir que permiten que el usuario comience a interactuar con la aplicación y pueda estudiar con facilidad el tema deseado (Ver Fig. 29).

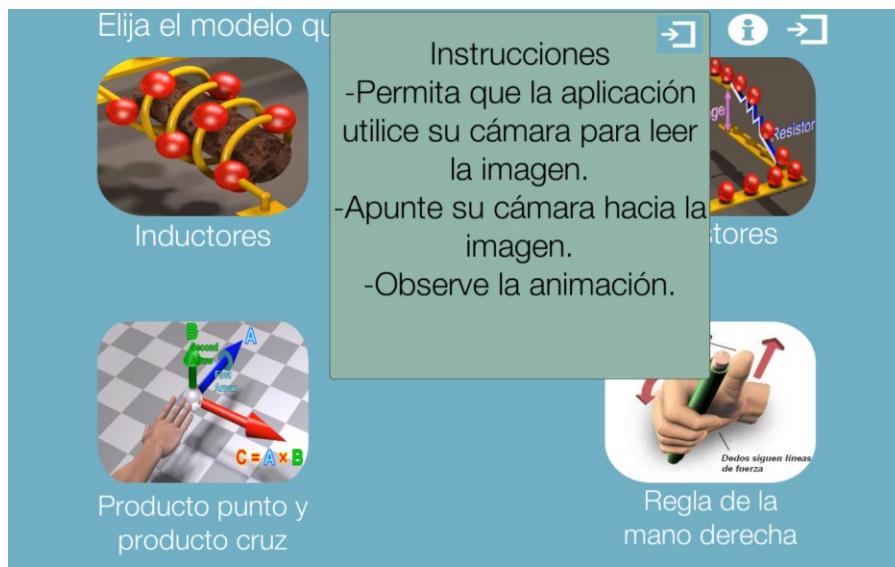


Fig.27 Instrucciones de la aplicación
Fuente: elaboración propia

- **Información acerca de la aplicación:**

Como extra en la aplicación, se agregó una opción de información donde se muestran los desarrolladores de la aplicación y bajo la coordinación por la cual fue supervisado dicho desarrollo. La información es importante darla a conocer al usuario por temas de derechos de autor (Ver Fig.30).

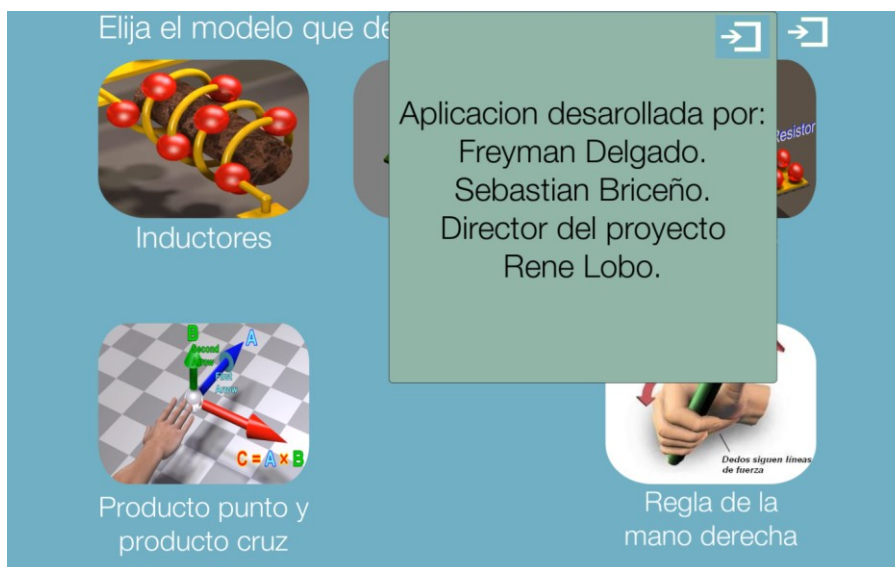


Fig.28 Información de la aplicación
Fuente: elaboración propia

- **Instrucciones del modelo seleccionado:**

Una vez seleccionado el modelo deseado en el menú inicial, se tiene el deber de mostrar las instrucciones que posee dicho modelo, con el fin de permitir el uso correcto de la aplicación y que la ejecución del modelo se lleve a cabo de manera óptima (Ver Fig. 31).



Fig.29 Instrucciones del modelo seleccionado
Fuente: elaboración propia

- **Proyección del modelo seleccionado**

En el momento en el que el usuario lee y acepta las instrucciones, por medio del marcador de realidad aumentada respectivo, establecido en Vuforia, el modelo desarrollado procederá a ejecutarse junto con la información necesaria que el usuario debe conocer de dicho comportamiento (Ver Fig.32)

Con el fin de brindar una mayor comprensión del modelo seleccionado, se procedió a definir la información que sería planteada en la aplicación, ya que resulta beneficiosa para el usuario; con el modelo funcionando en un entorno visual, de la misma forma se presenta la información teórica general del funcionamiento del modelo y las características más relevantes de dicho

fenómeno físico. Para ello, se procedió a realizar un gui3n el cual enumera cada m3dulo con su respectiva informaci3n:

1. Modelo circuitos el3ctricos

- Se muestra en pantalla los respectivos voltajes que circulan en el circuito en el momento en el momento en el que la fuente se encuentre en sentido positivo (+) / negativo (-) y tambi3n cuando la fuente se encuentre en sentido negativo (-) / positivo (+) muestra los debidos cambios de voltajes.
- En el momento de ser presentados los voltajes; se mostrar3 a un costado la f3rmula utilizada para realizar dichos c3lculos. Formulas implementadas ($R_{total}=R1+R2+R3+R4+R5+...Rn$, $R = \frac{V}{I}$, $v = R * I$)

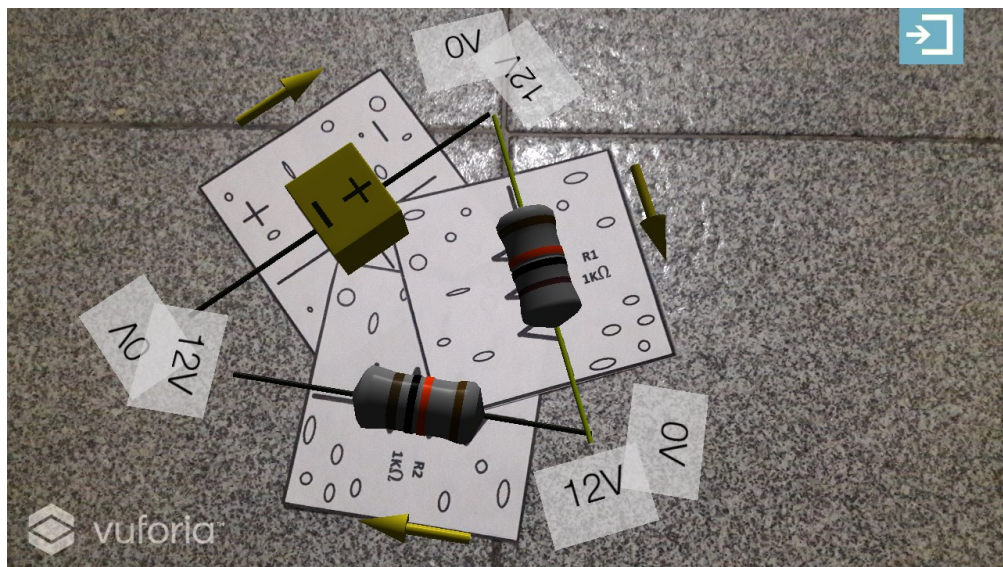


Fig.30 Modelo circuito el3ctrico
Fuente: elaboraci3n propia

2. Modelo resistor

- Se muestra un texto en pantalla donde se especifica que la ley de ohm tiene como objetivo mostrar cómo es el comportamiento general de los circuitos (*“La ley de OHM tiene como objetivo mostrar como es el comportamiento general de los circuitos”*).
- Se muestra la función que tiene un resistor en un circuito eléctrico (*“El resistor trata de regular el voltaje con el que vienen cargadas las partículas”*).
- Se muestra la fórmula de la ley de ohm en sus diferentes formas ($V = I * R$; $I = \frac{V}{R}$; $R = \frac{V}{I}$)
- Se explica cada una de las partes que intervienen en el circuito con su respectivo funcionamiento (*“Voltaje, intensidad y resistencia”*).
- Se muestran los diversos cambios en el flujo de corriente que circula por el circuito, dependiendo del tamaño que posea el resistor (*“Si es más pequeño, el voltaje inicial con el que fluye es con mayor rapidez”;* *“Si es más grande, el voltaje inicial con el que fluye es con menor rapidez”*).

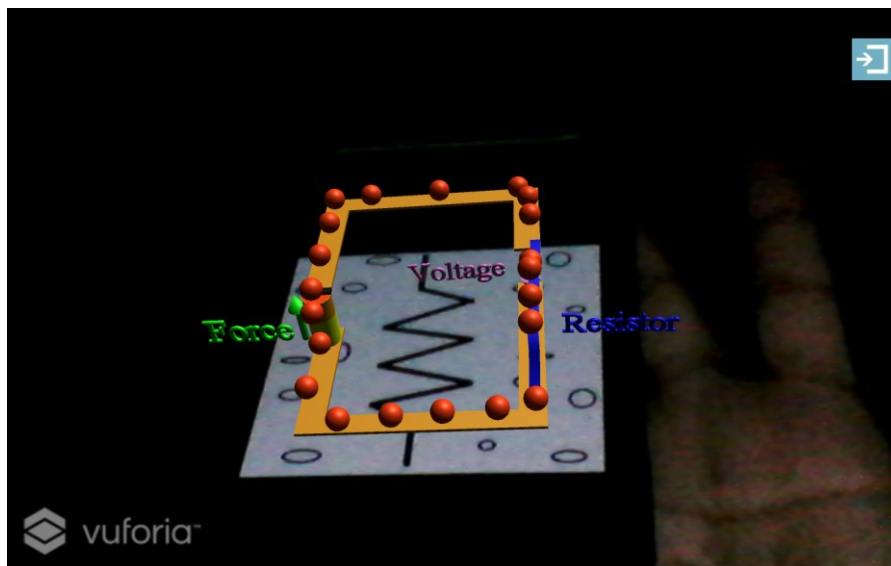
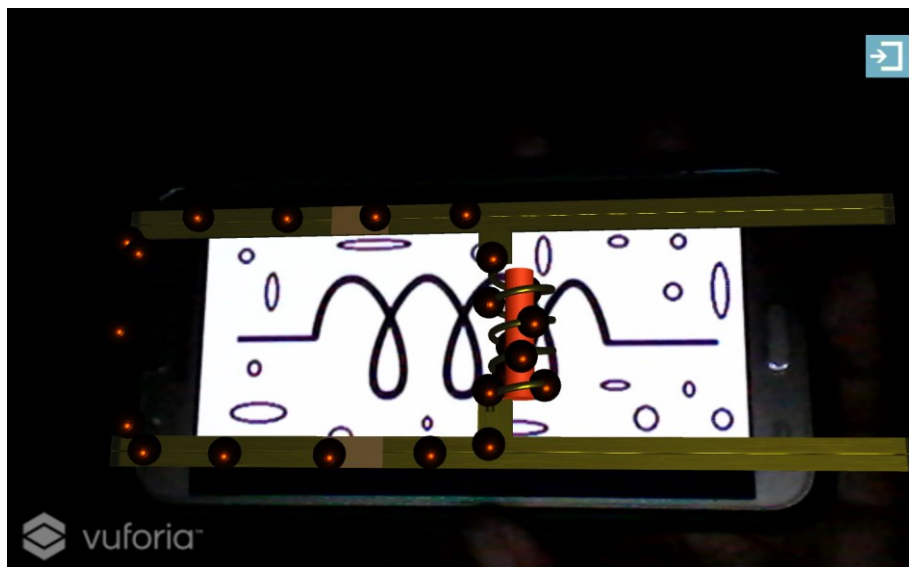


Fig.31 Modelo resistor
Fuente: elaboración propia

3. Modelo inductor

- Se muestra un texto el cual explica la funcionalidad del inductor y su importancia (“*un inductor es una bobina envuelta con alambre alrededor que almacena energía en forma de campo magnético*”) y en el momento que desaparezca el texto, se muestra un nuevo texto en el cual se habla sobre los campos magnéticos que se produce en un inductor y la funcionalidad del mismo (“*La corriente que fluye a través del inductor crea nuevos campos magnéticos*”, “*Es decir que el inductor es un dispositivo que trata de prevenir que los campos magnéticos cambien a pesar que se generen nuevos campos en el inductor*”)
- Se muestra la fórmula de la inductancia ($L = \frac{\phi}{I}$)



*Fig.32 Modelo inductores
Fuente: elaboración propia*

4. Modelo producto punto producto cruz

- Se muestra la fórmula respectiva a la dirección, es decir:

$$\text{Derecha } (C = A * B),$$

Izquierda ($C = -A * B$)

Se muestra el concepto de la mano derecha y la importancia que tiene en el momento de orientarse en este tipo de casos (“Se usa la mano derecha con el fin de recordar a dónde debe apuntar la flecha que nace de las originales con ayuda del dedo pulgar”)

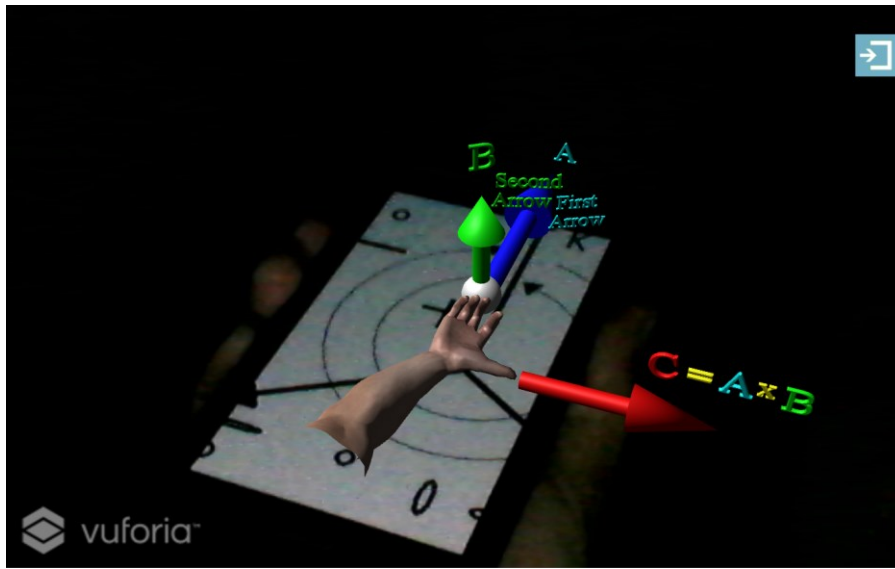
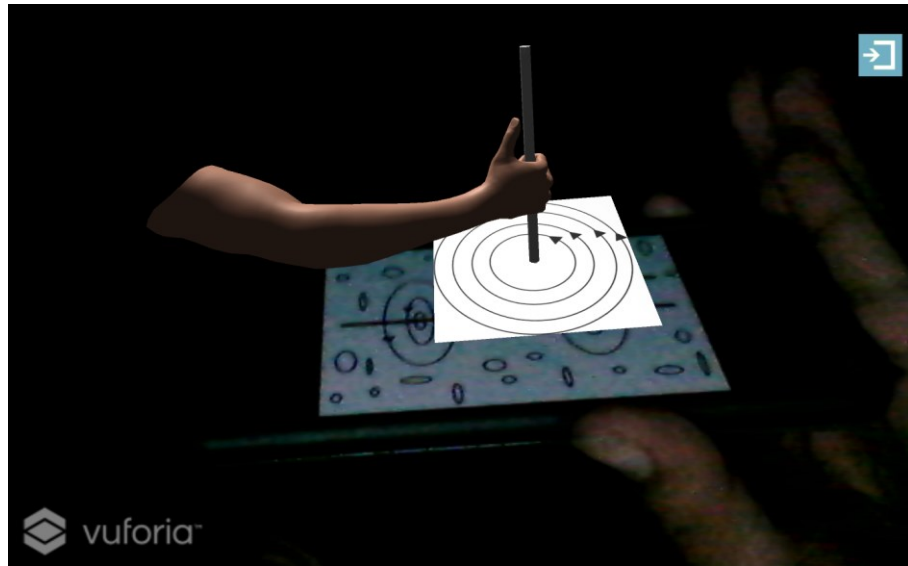


Fig.33 Modelo producto punto y producto cruz
Fuente: elaboración propia

5. Modelo de la regla de la mano derecha

- Se mostró como texto inicial, la funcionalidad y finalidad que posee la regla de la mano derecha (“la regla de la mano derecha establece que si se extiende la mano derecha sobre el conductor en forma de que los dedos estirados siguen la dirección de la corriente”).
- Se mostró la funcionalidad de la dirección de los dedos de la mano derecha, que intervienen en la regla (“Los dedos que recubren el tubo, hacen referencia al campo magnético que es creado por el movimiento generado”).
- Se mostró una situación de la vida real, donde la funcionalidad de la regla de la mano derecha es aplicada (“Así, cuando se hace girar un sacacorchos o un

tornillo “hacia la derecha” (en el sentido de las agujas de un reloj) el sacacorchos o el tornillo “avanza”, y viceversa”).



*Fig.34 Modelo regla de la mano de derecha
Fuente: elaboración propia*

6. Interfaz de salida de la aplicación

Ya una vez ejecutados los modelos requeridos por el usuario, se incorporó una opción de salida la cual la mayoría de aplicaciones cuenta (Ver Fig.33)



*Fig.35 Interfaz de salida de la aplicación
Fuente: elaboración propia*

Problemas encontrados

Durante el desarrollo de la aplicación surgieron problemas los cuales fueron solucionados de inmediato tales como:

1. **Problemas con los marcadores:** Durante el montaje de los modelos en los respectivos marcadores alusivos a la temática abordada, se presentó un problema en cuanto a la visibilidad de la Realidad Aumentada, ya que dichos marcadores no contaban con los suficientes puntos de reconocimiento necesarios para la proyección de la Realidad Aumentada. Teniendo el problema con los marcadores, se procedió a cambiar cada uno de los marcadores por marcadores con un mayor número de puntos de reconocimiento y con mayor calificación en el programa Vuforia, con el fin de ofrecer comodidad en el uso de la aplicación con el menor número de pasos a realizar.



Fig.36 Versión inicial marcador (0 estrellas)
Fuente: elaboración propia

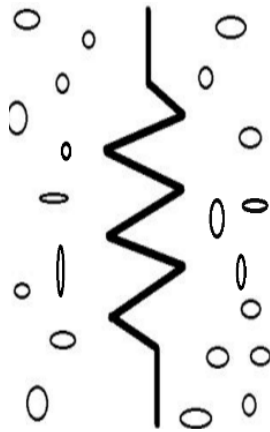


Fig.37 Versión final marcador (5 estrellas)
Fuente: elaboración propia

- 2. Problema con las animaciones:** Las animaciones representaron un problema de gran riesgo durante el desarrollo del proyecto, ya que ninguno de los autores del proyecto estaban familiarizados con el uso de herramientas de diseño gráfico; este problema se solucionó por medio de un diseñador gráfico, el cual realizó la modelación en un programa especializado y posteriormente se exportó a Unity.
- 3. Problema con la presentación de la aplicación:** En el momento de realizar una interfaz amigable con el usuario, no se tenía una visión de la misma, ya que se tenían múltiples ideas de presentación de la aplicación. El problema fue

solucionado por el equipo de trabajo, tomando en cuenta aquellos aspectos importantes para el usuario que tiene la aplicación. Y tomando referentes de aplicaciones exitosas.

- **Diagramas necesarios para el desarrollo de la aplicación**

1. Diagrama de casos de usos

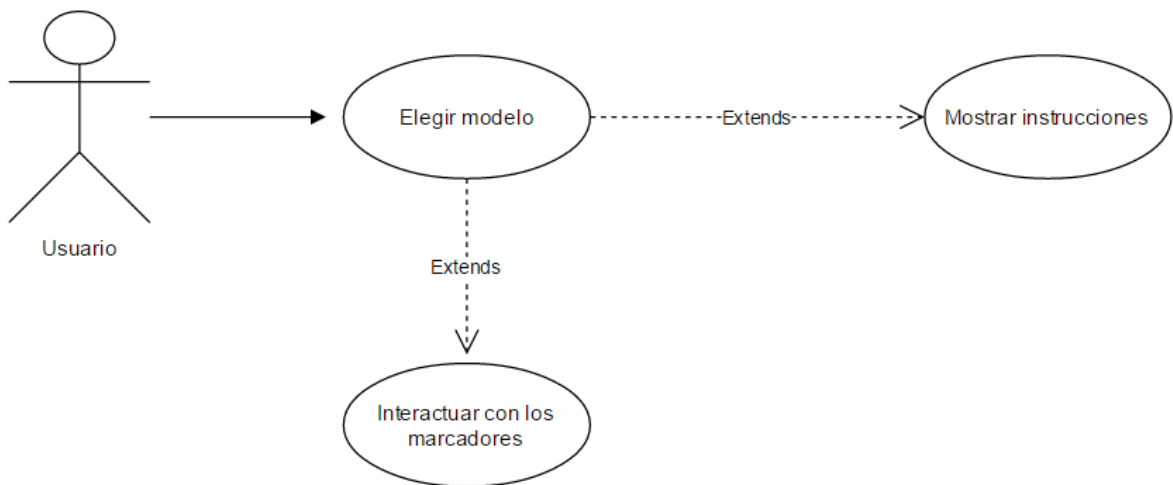


Fig.38 Diagrama de casos de usos
Fuente: elaboración propia

2. Diagrama de secuencia

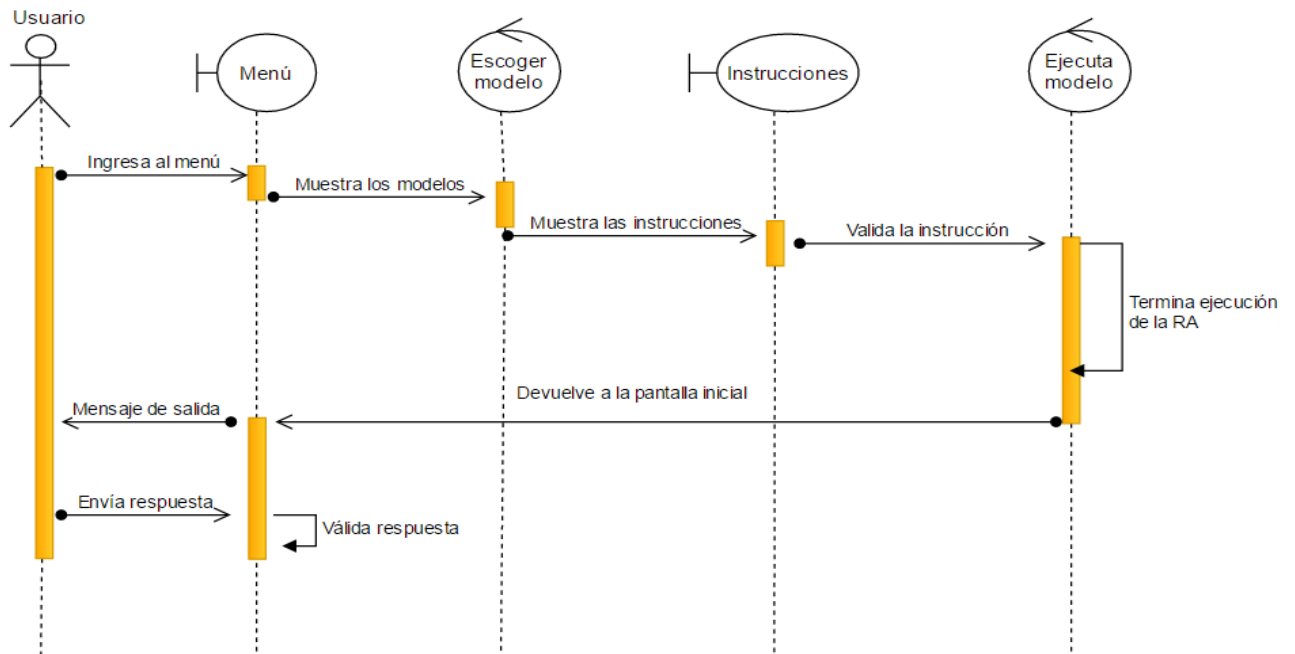


Fig.39 Diagrama de secuencia
Fuente: elaboración propia

5. Se realizó un documento que muestra los resultados de las pruebas realizadas a los usuarios que probaron la aplicación.

Para la fase final del desarrollo del proyecto se procedió a realizar pruebas del sistema con usuarios reales en el mes de octubre del 2016. Para esto se contó con la ayuda del Instituto Caldas, donde se realizaron pruebas con los estudiantes de 11A y 11B. Cada curso contaba aproximadamente con 20 y 21 estudiantes en edades entre 15-18 años. Los estudiantes procedieron a interactuar con la aplicación desarrollada bajo el nombre de “educAR” la cual fue instalada previamente en tabletas proporcionadas por la UNAB. Después de que los estudiantes interactuaron con la aplicación, se procedió a realizar una encuesta, la cual permitió evaluar el nivel de satisfacción que tuvo el desarrollo de la aplicación, también se obtuvo un numero respuestas positivas respecto a la información proporcionada en la aplicación.

Las respuestas recolectadas en el instituto caldas, en su gran mayoría fueron repuestas positivas, frente al tema principal que era el modo de enseñanza que se ha venido practicando en la educación en materias como la física y sus fenómenos pocos visibles a simple vista. Al dialogar con el profesor de física, el cual estuvo presente el día en que se llevó a cabo la prueba de la aplicación, se encontró una excelente aceptación por la aplicación, el profesor expresó: *"con esta aplicación se facilita la explicación de conceptos físicos que son difíciles de entender y me parece que este modelo de educación puede elevar el interés de los estudiantes en las materias tediosas como son las ciencias básicas"*. Los resultados de la encuesta permiten continuar desarrollando nuevos sistemas de educación enfocados en la tecnología, principalmente en el tema de realidad aumentada, en diferentes campos de estudio de las materias de ciencias básicas (química, cálculo, matemáticas, geometría, etc.) que por lo general son materias que requieren de soportes visuales, con el fin de mejorar el entendimiento de algunos comportamientos de fenómenos complejos.

A continuación, se muestran las preguntas que conformaban la encuesta luego de ser probada la aplicación por los estudiantes:

Primera pregunta (pregunta abierta)

La pregunta (Ver Fig.40) se formuló de tipo abierta, ya que era necesario conocer los diferentes puntos de vista que se tenían respecto a la educación tradicional y que mejor respuesta que la de los estudiantes, los cuales están en constante práctica de la enseñanza tradicional. Las respuestas que se obtuvieron en general eran negativas, ya que apareció en gran cantidad la palabra *"aburrida"*, respuestas las cuales abren paso a la constante innovación tecnológica enfocada en la educación con el fin de que la enseñanza no se torne *"aburrida"*.

¿Qué opina de la enseñanza tradicional? (clase magistral, profesor, tablero)

Tu respuesta

Fig.40 Primera pregunta realizada al estudiante del instituto caldas
Fuente (Google Form, 2016)

Segunda pregunta (selección múltiple)

La pregunta (Ver Fig.41) se formuló de tipo selección múltiple, ya que se necesitaba estimar rangos de tiempo estimado en horas, con el fin de conocer las horas empleadas en el uso del dispositivo móvil. Las respuestas obtenidas nos permitieron conocer el número de horas que los estudiantes gastaba en su dispositivo, donde se evidencia que el 56,1% de los estudiantes encuestados gastan más de 5 horas en su dispositivo móvil realizando diferentes actividades.

¿Cuanto tiempo gasta al día en su dispositivo móvil? (41 respuestas)

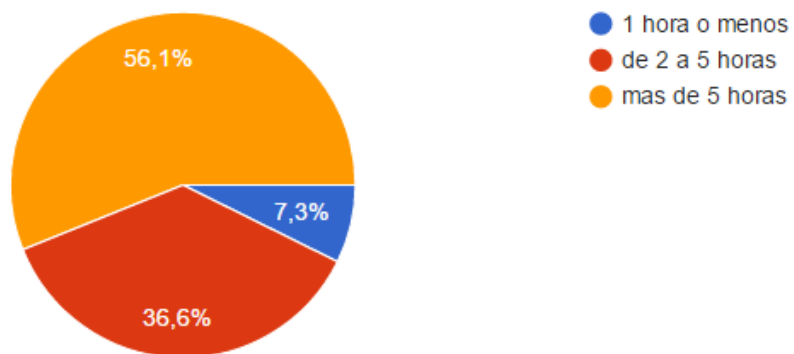


Fig.41 Segunda pregunta realizada al estudiante del instituto caldas
Fuente (Google Form, 2016)

Tercera pregunta (selección múltiple)

La pregunta (Ver Fig.42) se formuló de tipo selección múltiple, ya que se necesitaba estimar rangos de tiempo en minutos y horas, con el fin de conocer los minutos u horas que el estudiante podría gastar en el uso de una aplicación de aprendizaje. Las respuestas obtenidas nos permitieron conocer el número de minutos u horas que los estudiantes podrían gastar en una aplicación de aprendizaje, donde se evidencia que el 48,8% de los estudiantes encuestados gastarían tan solo 15 minutos en una aplicación que está enfocada en la enseñanza, un número bajo respecto al número de horas que se gastan en el dispositivo móvil según las respuestas obtenidas en la segunda pregunta.

¿Cuanto tiempo dedicaría al día a una aplicación de aprendizaje? (ejemplo: Duolingo)

(41 respuestas)

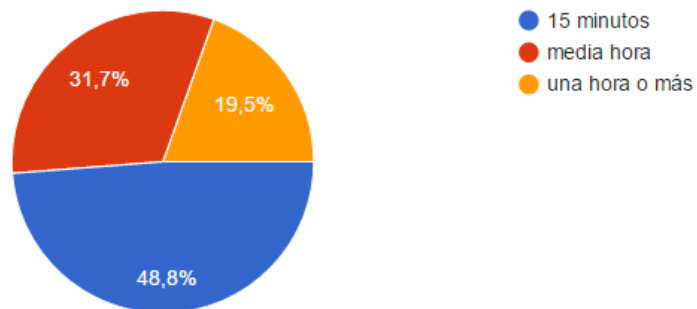


Fig.42 Tercera pregunta realizada al estudiante del instituto caldas
Fuente (Google Form, 2016)

Cuarta pregunta (selección múltiple)

La pregunta (Ver Fig.43) se formuló de tipo selección múltiple, ya que se necesitaba estimar el nivel de satisfacción obtenido por parte de los estudiantes frente a la aplicación educAR una vez usada. Las respuestas obtenidas nos permitieron conocer el nivel de satisfacción por parte de los estudiantes con la aplicación educAR, donde se evidencia que la aceptación de la aplicación tuvo una respuesta positiva, ya que el 46,3% de los estudiantes encuestados señalaron que la aplicación educAR era buena.

¿Qué opina de la aplicación EducAR? (41 respuestas)

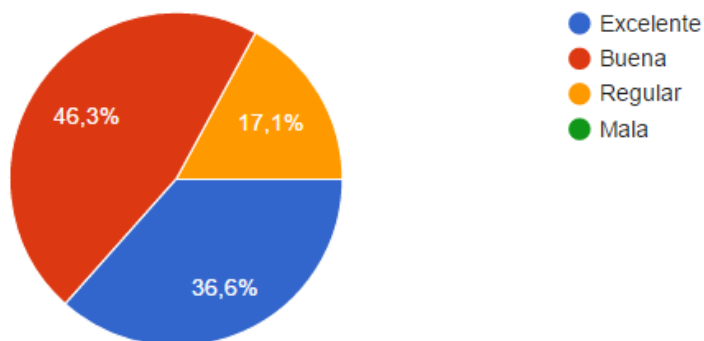


Fig.43 Cuarta pregunta realizada al estudiante del instituto caldas
Fuente (Google Form, 2016)

Quinta pregunta (selección múltiple)

La pregunta (Ver Fig.44) se formuló de tipo selección múltiple, ya que se necesitaba estimar rangos de tiempo estimado en minutos y horas, con el fin de conocer los minutos u horas que el usuario podría gastar en el uso de la aplicación educAR como herramienta de aprendizaje en la institución. Las respuestas obtenidas nos permitieron conocer el número de minutos u horas los estudiantes podrían gastar en la aplicación educAR, donde se evidencia que el 53,7% de los estudiantes encuestados gastarían tan solo 15 minutos en el uso de la aplicación, un número bajo respecto al número de horas que se gastan en el dispositivo móvil según las respuestas obtenidas en la segunda pregunta.

¿Cuanto tiempo usaria la aplicación en el colegio ? (41 respuestas)

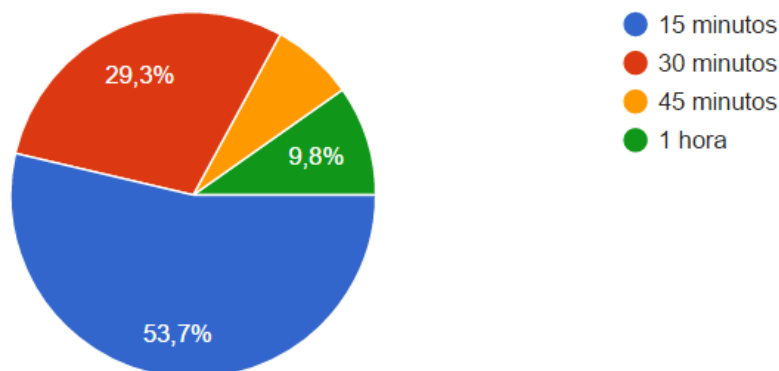


Fig.44 Quinta pregunta realizada al estudiante del instituto caldas
Fuente (Google Form, 2016)

Sexta pregunta (selección múltiple)

La pregunta (Ver Fig.45) se formuló de tipo selección múltiple, ya que se necesitaba estimar rangos de tiempo estimado en minutos y horas, con el fin de conocer los minutos u horas que el usuario podría gastar en el uso de la aplicación educAR como herramienta de aprendizaje en sus hogares. Las respuestas obtenidas nos permitieron conocer el número de minutos u horas que los estudiantes podrían gastar en la aplicación educAR, donde se evidencia que el 61% de los estudiantes encuestados gastarían tan solo 15 minutos en el uso de la aplicación, un número bajo respecto al número de horas que se gastan en el dispositivo móvil según las respuestas obtenidas en la segunda pregunta.

¿Cuanto tiempo usaria la aplicación en su casa ? (41 respuestas)

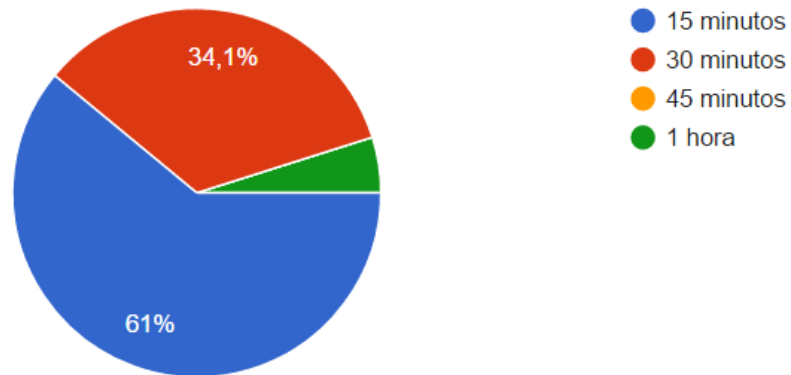


Fig.45 Sexta pregunta realizada al estudiante del instituto caldas
Fuente (Google Form, 2016)

Séptima pregunta (Lineal)

La pregunta (Ver Fig.46) se formuló de tipo lineal, ya que se necesitaba estimar de un rango de 1 a 10, entendiéndose a 1 como la calificación más baja y a 10 como la calificación más alta, respecto al aprendizaje adquirido por parte de la aplicación educAR. Las respuestas obtenidas nos permitieron obtener un rango respecto a que tanto se aprendió con el uso de la aplicación educAR, donde se evidencia que la aceptación de la aplicación como herramienta de enseñanza tuvo una respuesta positiva, obteniendo como resultado dos calificaciones destacables que son 8 con un 22% y 10 con un 22% respuesta la cual deja en claro que el uso de la aplicación en un plantel educativo tiene un nivel de aceptación bueno, y permite el desarrollo de más aplicación enfocadas en la educación con el uso de realidad aumentada.

En una escala de 1-10 ¿que tanto aprendió con educAR? (41 respuestas)

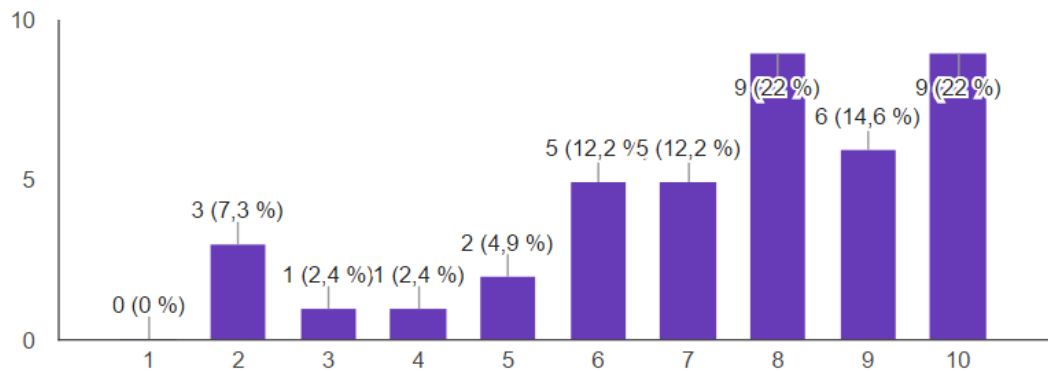


Fig.46 Séptima pregunta realizada al estudiante del instituto caldas
Fuente (Google Form, 2016)

Octava pregunta (pregunta abierta)

La pregunta (Ver Fig.47) se formuló de tipo abierta, ya que era necesario conocer los diferentes puntos de vista que se tenían respecto a la aplicación educAR y los cambios que realizaría cada estudiante a la aplicación. Las respuestas que se obtuvieron, en general estaban enfocadas en la forma de cómo se presentan los textos y su duración. A partir de las opiniones recolectadas en la pregunta, se comenzó a realizar los cambios, con el fin de que la aplicación cumpla con las peticiones destacadas de los estudiantes.

¿Qué mejoraría en la aplicación educAR?

Texto de respuesta larga

Fig.47 Octava pregunta realizada al estudiante del instituto caldas
Fuente (Google Form, 2016)

Evidencia fotográfica de la visita al Colegio Caldas



Fig.48 Visita al instituto caldas
Fuente: elaboración propia

10. ANEXO

10.1. Encuesta realizada a los estudiantes de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) abril 2016

¿De las materias (Mecánica, Electromagnetismo y Ondas y partículas) Cuál le ha parecido la más difícil?

(150 respuestas)

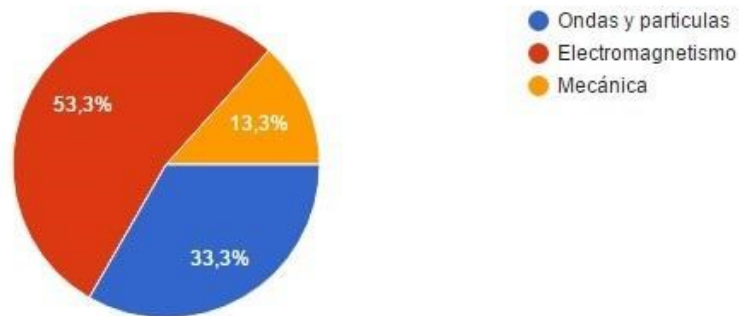


Fig.49 Primera pregunta realizada al estudiante de la UNAB

Fuente (Google Form, 2016)

Si la materia que escogió es Ondas y partículas. ¿Cuál tema le pareció mas difícil.

(50 respuestas)

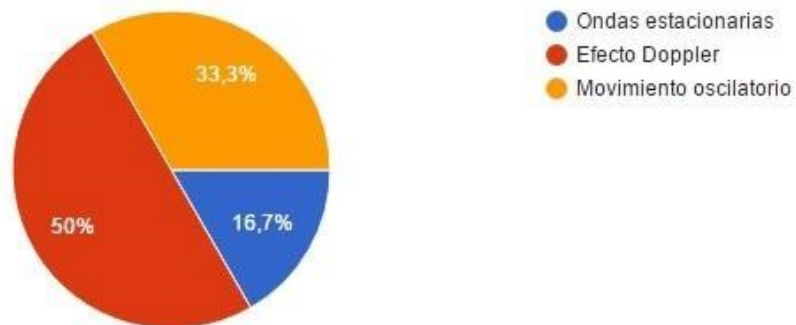


Fig.50 Segunda pregunta realizada al estudiante de la UNAB

Fuente (Google Form, 2016)

Si la materia que escogió es Electromagnetismo. ¿Cuál tema le pareció mas difícil.

(80 respuestas)

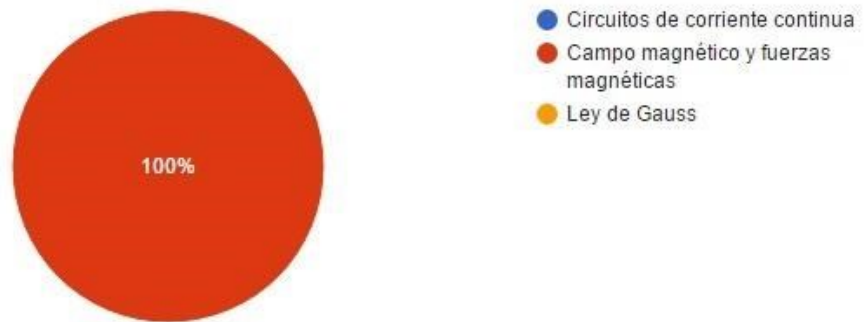


Fig.51 Tercera pregunta realizada al estudiante de la UNAB
Fuente (Google Form, 2016)

Si la materia que escogió es Mecánica. ¿Cuál tema le pareció mas difícil.

(20 respuestas)

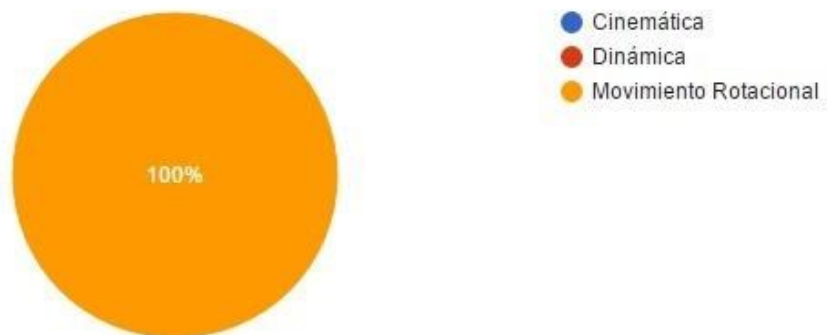
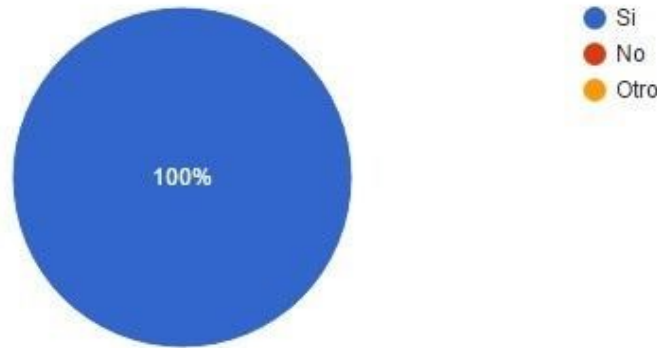


Fig.52 Cuarta pregunta realizada al estudiante de la UNAB
Fuente (Google Form, 2016)

¿Cree que el uso de software interactivo puede ayudar a esta materia?
(150 respuestas)



*Fig.53 Quinta pregunta realizada al estudiante de la UNAB
Fuente (Google Form, 2016)*

11. CONCLUSIONES

- La integración entre la pedagogía y la ingeniería de sistemas fue el factor clave durante el diseño y desarrollo de EducAR, la literatura revisada siempre resaltaba que ambas disciplinas deben estar juntas con el fin de crear un sistema de aprendizaje exitoso, Sin embargo, la forma de hacer esto no era muy claro, hasta que se investigó sobre como enlazar las aplicaciones con los modelos pedagógicos, donde se encontraron muchos documentos donde se desarrollaron modelos pedagógicos con realidad aumentada y entre esos documentos predominaba el uso del modelo de E-Learning propuesto por Dabagh.

Las principales funcionalidades de la aplicación de aprendizaje se desarrollaron a partir de los modelos definidos en el documento. Para el desarrollo de la aplicación fue necesario recurrir a la ayuda de material teórico que proporcionara una información relevante sobre el tema a tratar que es el de electromagnetismo, y que abarcara los temas de estudio definidos en el documento; pero la información suministrada no era lo suficientemente clara, lo que llevo recurrir a la ayuda de expertos en el tema, los cuales dieron diferentes puntos de vista, sobre el cómo poder modelar de manera sencilla

dichos temas que para ellos era difícil mostrar a los estudiantes, confirmando de este modo que es necesario implementar nuevos métodos de aprendizaje y que mejor que enfocarlos en una dirección tecnológica y más si la dicha tecnología está enfocada en la realidad aumentada que en el momento está teniendo una gran aceptación por parte de la sociedad.

- A partir de las encuestas realizadas y la recolección de trabajos similares en el estado del arte, se pudo evidenciar la gran aceptación que tuvo la aplicación EducAR por parte de la comunidad de maestros y alumnos. En base a dicha evidencia, se podría comenzar a pensar en el desarrollo de aplicaciones similares a EducAR, que sirvan como herramientas de apoyo de la educación y que se pueden implementar en el uso cotidiano de los colegios y las universidades, reemplazando así de esta manera el método de enseñanza tradicional.
- La hipótesis planteada al inicio del documento es totalmente cierta, ya que los estudiantes consideran que las clases tradicionales se han tornado aburridas y no tienen suficientes elementos llamativos o motivantes que los lleven a querer adquirir ese conocimiento.
- El uso del SDK de vuforia permitió que el proyecto se llevara a cabo de una manera óptima, ya que el software aparte de proporcionar la facilidad de importar cualquier imagen que se desee utilizar como un marcador de realidad aumentada, también se complementó perfectamente con la plataforma de desarrollo de videojuegos más usada en el mercado que es Unity, donde importar las imágenes que se utilizarían no representaba problema alguno y se realizaba de una forma rápida.
- Durante la elaboración de los marcadores virtuales que se implementaron en la aplicación EducAR se presentaron problemas mencionados en páginas anteriores, donde se pudo determinar 2 características importantes que se deben tener en cuenta en el momento de insertar los marcadores: 1. Los colores que deben tener los marcadores son los tradicionales: negro y blanco, ya que proporciona una mejor visibilidad de los mismos y logra resaltar el modelo que contiene el marcador.

12. TRABAJO FUTURO

Considerando todas las opiniones obtenidas a partir de las encuestas y pruebas de usuario se quiere añadir funcionalidad a la aplicación con más temas de ciencias básicas tales como química, cálculo, entre otros. También se tiene en cuenta añadir más interacciones con el usuario tales como la unión de elementos químicos para observar sus reacciones en tiempo real, la creación de circuitos más complejos, la observación de planos 3d a partir de fórmulas matemáticas, etc.

13. REFERENCIAS

Aziz, N. A. A., Aziz, K. A., Paul, A., Yusof, A. M., & Noor, N. S. M. (2012, February). Providing augmented reality based education for students with attention deficit hyperactive disorder via cloud computing: Its advantages. In *Advanced Communication Technology (ICACT), 2012 14th International Conference on* (pp. 577-581). IEEE.

blog.evoit.com. (agosto de 2011). *blog.evoit.com*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de <http://blog.evoit.com/2011/08/esto-es-realidad-aumentada/>

Bazzaza, Mhd Wael, Al Delail, Buti, Zemerly, M. Jamal Ng, Jason W P (2015, Dec). iARBook: An Immersive Augmented Reality system for education. *Teaching, Assessment and Learning (TALE), 2014 International Conference on, 2015*, 495-498. IEEE.

Blum, T., Kleeberger, V., Bichlmeier, C., & Navab, N. (2012, March). mirracle: An augmented reality magic mirror system for anatomy education. In *Virtual Reality Short Papers and Posters (VRW), 2012 Date Confence of IEEE* (pp. 115-116). IEEE.

Behzadan, A. H., Iqbal, A., & Kamat, V. R. (2011, December). A collaborative augmented reality based modeling environment for construction engineering and management education. In *Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2011 Winter* (pp. 3568-3576). IEEE.

Bosch, H., Di Blasi, M., Pelem, M., & Beregero, M. (2011). NUEVO PARADIGMA PEDAGÓGICO PARA ENSEÑANZA DE CIENCIAS Y MATEMÁTICA.

code generator. (2015). *qr-code-generator.com*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de <http://es.qr-code-generator.com/>

Chen, H., Feng, K., Mo, C., Cheng, S., Guo, Z., & Huang, Y. (2011, December). Application of Augmented Reality in Engineering Graphics Education. In IT in Medicine and Education (ITME), 2011 International Symposium on (Vol. 2, pp. 362-365). IEEE.

Clark, A., & Dunser, A. (2012, March). An interactive augmented reality coloring book. In 3D User Interfaces (3DUI), 2012 IEEE Symposium on (pp. 7-10). IEEE.

Colpani, R., & Homem, M. R. P. (2015, July). An innovative augmented reality educational framework with gamification to assist the learning process of children with intellectual disabilities. In Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), 2015 6th International Conference on (pp. 1-6). IEEE.

Davidsson, M., Johansson, D., & Lindwall, K. (2012, March). Exploring the use of augmented reality to support science education in secondary schools. In Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE), 2012 IEEE Seventh International Conference on (pp. 218-220). IEEE.

DUIT, R. (1996). Preconceptions y misconceptions. En E. de Corte y F.E Weinert (Eds), International Encyclopedia of Developmental and Instructional Psychology, New York. Pergamon Press.

espacioimasd.unach.mx. (2013). *espacioimasd.unach.mx*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de http://espacioimasd.unach.mx/articulos/volIII/realidad_virtual_aumentada_y_mixta.php

europapress.es. (27 de octubre de 2015). *europapress.es*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de <http://www.europapress.es/portaltic/videojuegos/noticia-the-void-parque-realidad-virtual-donde-videojuegos-seran-algo-real-20151027090931.html>

Fonseca, D., Martí, N., Navarro, I., Redondo, E., & Sánchez, A. (2012, Octubre). Using augmented reality and education platform in architectural visualization:

Evaluation of usability and student's level of satisfaction. In Computers in Education (SIIE), 2012 International Symposium on (pp. 1-6). IEEE.

FURIÓ, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 188-199.

Galvao, M. A., & Zorzal, E. R. (2013, May). Augmented Reality Applied to Health Education. In Virtual and Augmented Reality (SVR), 2013 XV Symposium on (pp. 268-271). IEEE.

GIL, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela*, 23, pp. 17-32.

Google Form. (2016). Obtenido de https://docs.google.com/a/unab.edu.co/forms/d/1gf97qbWvB-W5W_jOw5XRCVoW35PMTZ_3IWRU4rUVVvKE/edit?usp=drive_web#responses

hipertextual.com. (enero de 2010). *hipertextual.com*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de <http://hipertextual.com/2010/01/las-5-mejores-aplicaciones-de-realidad-aumentada-para-celulares>

HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 299-313

Larsen, Y. C., Buchholz, H., Brosda, C., & Bogner, F. X. (2011). Evaluation of a portable and interactive augmented reality learning system by teachers and students. *Augmented Reality in Education*, 2011, 47-56.

Meléndez, R., Meriño, D., Londoño, A., & Pana, F. (2008). Estudio sobre deserción y permanencia académica en la facultad de Ingeniería de la Universidad de la Guajira desde el II PA 2005 hasta el II PA 2007. *Riohacha: Colombia*.

Lee, K. (2012). The Future of Learning and Training in Augmented Reality. *InSight: A Journal of Scholarly Teaching*, 7, 31-42.

Noll, C., Häussermann, B., von Jan, U., Raap, U., & Albrecht, U. V. (2014, June). Demo: mobile augmented reality in medical education: an application for dermatology. In Proceedings of the 2014 workshop on Mobile augmented reality and robotic technology-based systems (pp. 17-18). ACM.

Nagata, J. J., Giner, J. G. B., & Abad, F. M. (2015, October). Virtual heritage territories: augmented reality and pedestrian navigation through educational implementation. In Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (pp. 105-110). ACM.

Oñate, Paúl Bernal, Lara-Cueva, Román, Rivadeneira, Javier (2015, Oct). Towards a smart classroom: Development of an augmented reality application for education and tele-education. In Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), 2015 International Conference on (pp. 395-400). IEEE.

Pengcheng, F., Mingquan, Z., & Xuesong, W. (2011, May). The significance and effectiveness of Augmented Reality in experimental education. In E-Business and E-Government (ICEE), 2011 International Conference on (pp. 1-4). IEEE.

redusers.com. (2014). *redusers.com*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de <http://www.redusers.com/noticias/realidad-aumentada-en-el-obelisco-de-buenos-aires/>

sevilla.abc.es. (2014). *sevilla.abc.es*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de <http://sevilla.abc.es/mobility/noticia/android/noticias-android/la-realidad-aumentada-atrae-a-los-usuarios-las-google-glass-agotadas/>

Sommerauer, P., & Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68.

Torres, D. R. (2011). Realidad Aumentada, educación y museos. *Revista ICONO14. Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, 9(2), 212-226.

Unity 3D. (2016). Recuperado el 4 de abril de 2016, de www.unity3d.com

Vuforia.org. (2016). *Vuforia.org*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de <http://gamedustria.com/ptc-adquiera-la-plataforma-de-realidad-aumentada-vuforia-por-65-millones-de-dolares/>

wordpress. (3 de junio de 2012). *infantiltremanes.wordpress.com*. Recuperado el 4 de abril de 2016, de

<https://infantiltremanes.wordpress.com/2012/06/03/dinosaurios-libros-y-realidad-aumentada/>

Wei, L., Najdovski, Z., Abdelrahman, W., Nahavandi, S., & Weisinger, H. (2012, October). Augmented optometry training simulator with multi-point haptics. In Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2012 IEEE International Conference on (pp. 2991-2997). IEEE.

Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.