

Sistemas De Aprendizaje Colaborativo Móvil Con Realidad Aumentada

Mendoza Verónica^{1,2}; Rivera Richard^{2,3}; J.J. Barriga-Andrade⁴

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Guayaquil, Ecuador

²Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos, Madrid, España

³IMDEA Software Institute, Madrid, España

⁴Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Sistemas, Quito, Ecuador

Resumen: La realidad aumentada (RA) educativa es una tecnología que actualmente está mejorando la calidad de enseñanza, la utilización de dispositivos móviles permite que el estudiante sea protagonista de su aprendizaje sin estar confinado a un espacio o tiempo específico para aprender. Adicionalmente, la utilización de aplicaciones colaborativas con RA fomenta el trabajo en equipo donde los estudiantes comparten conocimiento, dudas, u opiniones, logrando un mejor nivel cognitivo que trabajando individualmente. En este trabajo se presenta el estado del arte de aplicaciones educativas con RA en dispositivos móviles, y aplicaciones educativas colaborativas con RA, desarrolladas desde el año 2002 e implementadas en instituciones educativas. También, se realiza un estudio sobre la Realidad Aumentada, Realidad Aumentada Móvil, Aprendizaje Móvil y Técnicas para Aprendizaje Colaborativo. Además, a partir del estudio de las características de los sistemas con RA, se realiza el análisis y diseño de una aplicación móvil colaborativa con RA que presenta la aplicabilidad que tienen los sistemas con RA en las instituciones académicas y de forma general en la inmersión de nuevos entornos.

Palabras clave: Realidad aumentada, aprendizaje colaborativo, aprendizaje móvil, técnicas de aprendizaje colaborativo.

Mobile Collaborative Learning Systems with Augmented Reality

Abstract: Educational Augmented reality (AR) is a technology that is improving the quality of teaching, use of mobile devices enables the student to be protagonist of their learning without being confined to a specific space or time to learn. Besides, collaborative augmented reality applications applied in education are being used gradually to encourage teamwork where students share knowledge, doubts, or opinions, so they achieve better cognitive level than working individually. In this paper, the description of educational applications is presented with augmented reality using mobile devices, and collaborative educational augmented reality applications, developed since 2002 and implemented in educational institutions. In addition, a study on Augmented Reality, Mobile Augmented Reality Mobile Learning and Collaborative Learning Techniques is performed. Furthermore, from the study of the features of systems based on Augmented Reality, an analysis and design of an application mobile collaborative with RA which shows the applicability of systems with RA in academic institutions and generally in the immersion in new environments.

Keywords: Augmented reality, collaborative learning, mobile-learning, collaborative learning techniques

1. INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones educativas con Realidad Aumentada (RA) tienen su auge en el año 2002, con la evolución de las tecnologías de la información y comunicación, se implementaron en dispositivos móviles y se desarrollaron aplicaciones colaborativas con RA.

Actualmente algunos centros educativos están incorporando la RA como herramienta para mejorar la calidad de enseñanza, que ha permitido al estudiante mejorar su participación, motivación y lograr comprender conceptos abstractos aumentando su imaginación y curiosidad.

Los profesores utilizan algunas técnicas en el proceso de enseñanza, entre ellas el trabajo colaborativo. Hoy en día las aplicaciones con realidad aumentada colaborativa ayudan a fomentar el trabajo en equipo, de tal forma que los integrantes comparten información, dudas, conocimiento e intercambian ideas y opiniones, logrando un mejor nivel cognitivo.

veronik.mendoza@ug.edu.ec
Recibido: 15/06/2015
Aceptado: 22/07/2016
Publicado: 30/09/2016

La contribución de este trabajo, es un estudio sistemático de los avances que han tenido los sistemas que implementan la RA en los últimos años, analizar sus características fundamentales para presentar mediante un prototipo las bondades que puede ofrecer un sistema colaborativo móvil con RA.

El caso de estudio realizado presenta el desarrollo de una aplicación colaborativa móvil con RA, que cuenta con dos módulos bien diferenciados, el primero es una aplicación para estudiantes nuevos que ingresan a una institución educativa, la aplicación permite que el estudiante se oriente interactivamente para que ubique departamentos o zonas del campus universitario, además la aplicación permite la comunicación entre los integrantes del equipo, para compartir experiencias e información relacionada con la ubicación de cada estudiante dentro del campus e interactuar con RA mediante códigos QR. El segundo módulo es una herramienta de autoría donde un instructor asigna las tareas que deben cumplir los estudiantes y aprovechando las características que brinda la RA ayude a los estudiantes a tener una rápida e interactiva, integración con los compañeros e inmersión en el nuevo entorno. Este trabajo se centra en realizar un primer prototipo de un sistema colaborativo móvil con RA, se realizan las fases de análisis, diseño, desarrollo e implementación del Proceso Unificado de desarrollo de software. Esta fuera del alcance de este trabajo la implementación del sistema en un ambiente de producción, así como el análisis de esta implementación como una prueba de campo, las pruebas realizadas fueron funcionales, poniendo especial énfasis en demostrar que el análisis y diseño de un sistema colaborativo móvil con RA puede ser fácilmente implementado aplicando una metodología clásica de desarrollo de software.

El artículo presenta la siguiente estructura luego de esta sección: En la sección 2, se presentan conceptos de la RA y el estado del arte de las aplicaciones educativas móviles con RA, en la sección 3, se muestran las técnicas colaborativas dentro del proceso enseñanza aprendizaje y el estado del arte de aplicaciones educativas colaborativas con RA, en la sección 4, se realiza un breve análisis y diseño de un sistema colaborativo móvil con RA. En la sección 5 se Realiza una breve discusión sobre la contribución del sistema diseñado. Finalmente se dan a conocer las conclusiones y se propone el camino para futuros trabajos.

2. APLICACIONES EDUCATIVAS MOVILES Y RA

En esta sección se analizan las definiciones de realidad aumentada, realidad aumentada móvil, aprendizaje móvil y algunas aplicaciones móviles orientadas a la educación.

2.1 Realidad Aumentada

Es una tecnología que permite la representación del mundo real con la superposición de objetos virtuales generados por un computador sobre el mundo real, y visualizados en tiempo real.

Azuma define a la RA (1997), como una variación de la realidad virtual, que permite ver al usuario el mundo real con objetos virtuales superpuestos o mezclados con éste. Los objetos que describía Azuma eran imágenes 3D, pero con el avance tecnológico se han dado definiciones especificando otro tipo de objetos como la definición de Arroyo (2011), la RA es una tecnología que usa objetos de la realidad y le añade lo virtual sin tener que trasladarse a éste, tal como: imagen, video, sonido, y datos digitales. El usuario percibe esa realidad aumentada principalmente mediante el sentido de la vista, pero puede hacerlo vía audio, táctil y otras formas de percepción.

Los componentes necesarios para la RA son (Phon, Ali, y Halim, 2014):

- Una cámara que captura las imágenes del espacio físico y las envía al ordenador.
- Un software que procese e interprete las imágenes reales y las mezcle con las virtuales.
- Una pantalla donde se proyecte la combinación de información física y virtual.
- Un activador de realidad aumentada, que suministra la información y comienza a proyectar las imágenes.

Los activadores de RA, según Perez-Segnini (2012), son basadas en: el seguimiento (marcadores, imágenes) o geo-localización. Al detectar los marcadores o imágenes a través de la cámara, el objeto virtual o información se puede visualizar en la pantalla. Mientras que con geo-localización (Phon, Ali, y Halim, 2014), se incorpora un sistema de posicionamiento global (GPS) que identifica las coordenadas o ubicaciones, el GPS entrega la información generada por ordenador a esas coordenadas.

Los marcadores comúnmente usados son los QR (Quick Response). QR es un sistema para almacenar información en una matriz de puntos (Liu y Chu, 2008), se caracteriza por tres bloques ubicados en las esquinas excepto la esquina inferior derecha, y permiten detectar la posición de código del lector. La ventaja de estos marcadores es que su uso es gratuito y existen algunas aplicaciones para crear nuestros propios códigos QR que incluyan la información que se deseé.

Entre los dispositivos actuales más difundidos por la disminución del tamaño, alto procesamiento y bajo costo de adquisición e implementación de RA para el usuario final se encuentran los dispositivos móviles, tales como las Tablet PC, PDA, Smartphone (Jaramillo, et al., 2010). Estos dispositivos han permitido que se creen aplicaciones revolucionando las TIC's (Tecnologías de la información y comunicación), y que estén al alcance del usuario.

2.2 Realidad Aumentada Móvil

Blake y Butcher (2006), dan a conocer que la RA móvil combina la investigación de la RA y la informática móvil, la cual se observa a través de pantallas portátiles de dispositivos que cada vez son más pequeños y potentes, facilitando la comunicación mediante redes inalámbricas. La RA móvil (Höllner y Feiner, 2004), se aplica a entornos que están lejos

de laboratorios de investigación y áreas de trabajo para fines especiales cuidadosamente acondicionadas. Además, proporciona movilidad y servicios de localización independientes y flexibles, sin limitar a la persona a un lugar geográfico específico.

La RA móvil (Chen et al., 2010), ha sido ampliamente adoptada en muchas disciplinas particularmente para la orientación y movilidad en lugares desconocidos por el usuario, así como también para la enseñanza y aprendizaje en aulas. Investigaciones (Phan y Choo, 2010) demuestran que la RA móvil tiene el potencial para: mejorar la curiosidad y la motivación, aumentar la colaboración, cultivar la imaginación y la creatividad, crear enseñanza flexible en los entornos de aprendizaje, proporcionar un mejor compromiso, ofrecer retroalimentación interactiva de aprendizaje contextual, ofrecer información de ubicación y proporcionar aprendizaje en experiencias de inmersión.

La RA móvil en educación es parte del aprendizaje móvil, término que se conoce actualmente como MLearning (Williams, 2007) que es la combinación de E-Learning con la tecnología móvil, tienen una funcionalidad similar ya que presentan contenidos del curso impartido, así como servicios de apoyo al estudiante, pero cada uno tiene un proceso de aprendizaje que se ejecuta de forma diferente.

Tomando en cuenta que el acceso a los recursos de información va de la mano con la tecnología, el uso de la RA móvil es cada vez más accesible para cualquier usuario que cuente con un móvil como un Smartphone. El uso de la RA móvil se está volviendo cotidiano, siendo un medio que puede ser utilizado como herramienta en la educación.

2.3 Aprendizaje Móvil

El aprendizaje móvil es el uso de tecnologías móviles para el aprendizaje en cualquier momento y lugar (UNESCO, 2013). El aprendizaje móvil o MLearning ofrece al estudiante ser protagonista de su aprendizaje, ya que permite la búsqueda de información, la creación de nuevo conocimiento, aumenta la comunicación y colaboración entre el alumnado, y genera actividades y aprendizajes informales fuera del aprendizaje formal curricular. El MLearning permite que la tecnología apoye al proceso de enseñanza aprendizaje, independiente de un entorno físico para el acceso a recursos, que permitan fácilmente el acceso a información mediante una conexión inalámbrica.

El uso de dispositivos móviles puede servir como apoyo para ampliar y proporcionar recursos y materiales al alumnado (Monguillot, González, Guitert, y Zurita, 2014). El aprendizaje móvil se basa fundamentalmente en el aprovechamiento de las tecnologías móviles como base del proceso de aprendizaje. Por tanto, es un proceso de enseñanza y aprendizaje que tiene lugar en distintos contextos (virtuales o físicos) y/o haciendo uso de tecnologías móviles (Cantillo, Roura, y Sánchez, 2012), de tal forma que aprovechan la comunicación a través de conexiones inalámbricas que permite la movilidad sin

necesidad de que el estudiante precise estar en un lugar predeterminado.

Las características tecnológicas asociadas al aprendizaje móvil son (Cantillo, Roura, y Sánchez, 2012):

- Portabilidad, debido al pequeño tamaño de los dispositivos.
- Inmediatez y conectividad mediante redes inalámbricas.
- Ubicuidad, ya que se libera al aprendizaje de barreras espaciales o temporales.
- Adaptabilidad de servicios, aplicaciones e interfaces a las necesidades del usuario. También existe la posibilidad de incluir accesorios como teclados o lápices para facilitar su uso.

Con el estudio realizado de los conceptos que comprenden educación móvil con RA, se observa que hoy en día es posible aprovechar en los centros educativos la tecnología de los Smartphone, tomando en cuenta que es un móvil que es utilizado por la mayoría de estudiantes, de bajo costo, buen rendimiento, alto procesamiento con respecto al tamaño y con los medios principales que tienen los dispositivos móviles para RA, una cámara, la pantalla y un computador para procesar la información que mezcla la información real con la virtual.

2.4 Aplicaciones educativas móviles con RA

Se analizan algunas aplicaciones de realidad aumentada móvil orientadas a la educación, empleadas en la enseñanza de asignaturas básicas de escuela, colegio e inclusive para pre-escolar, mientras que otras han sido diseñadas para temas complejos en la universidad.

U-Tool (Liu y Chu, 2008), es una aplicación móvil para el aprendizaje de inglés, incluye varias herramientas que se pueden utilizar para acceder a los artículos de autoaprendizaje, noticias, cómics, canciones, materiales de audio y materiales conversacionales desde un servidor llamado Hello que se conecta a éste mediante wifi.

Nestor, (Hagbi, Bergig, El-Sana, y Billinghamurst, 2009), es un sistema de reconocimiento de imágenes 2D para proyectarlas en 3D, opera mediante el análisis de la secuencia de video en vivo proporcionada por una cámara, utilizando un algoritmo reconoce el contorno de la imagen y sus concavidades. El objetivo es enseñar a los niños a visualizar las imágenes relacionadas u observadas en libros de cuentos o historietas.

AR-based Engineering Graphics System (Heen et al., 2011), desarrolló una aplicación utilizada en el campo de la ingeniería para la educación. Ésta consiste en un libro con esquemas de objetos en 2D de estructuras mecánicas, y que al pasar una cámara por el marcador de cada esquema se presenta sólidos en 3D, de tal forma que los estudiantes comprenden la geometría de 2D a 3D.

ARGreenet, (Carmen, Furió, Alem, Ashworth, y Cano, 2011), es un juego que tiene como objetivo crear conciencia sobre la importancia del reciclaje y enseñar a los participantes de entre 8 y 13 años cómo hacerlo. ARGreenet

utiliza marcadores, el jugador tiene que recoger los objetos que aparecen sobre marcadores de los objetos y colocarlos en el contenedor de reciclaje correcto. Sólo un objeto aparece sobre el marcador al mismo tiempo, pero este objeto puede variar en las diferentes etapas del juego.

Life of a Butterfly, (Tarnq, Yu, Liou, y Liou, 2013), aplicación desarrollada por Chuan-Sheng en el 2012, es una aplicación RA utilizada para enseñar ciencias naturales. Los estudiantes pueden utilizar los teléfonos inteligentes o tabletas para criar mariposas virtuales en un invernadero real y observar sus ciclos de vida en las diferentes etapas de crecimiento, así como también apreciar diferentes tipos de mariposas.

ARSEE, (Ferrer, Perdomo, Rashed-Ali, y Fies, 2013), es una aplicación móvil educativa creada con el objetivo de enseñar a los estudiantes acerca de la relación entre los parámetros de diseño de arquitectura (por ejemplo, el tamaño de la construcción, la forma, la orientación, la elección de materiales, tamaño de la ventana y de colocación, etc.) y la ciencia subyacente (por ejemplo, la energía solar pasiva, de transferencia de energía y conversión). Esta aplicación permite a los usuarios modificar los atributos pasivos de una casa modelo virtual con el fin de alcanzar las condiciones de confort térmico para humanos en una casa.

AGeAR, (Corrêa et al., 2013) es una aplicación educativa de RA para dispositivos móviles, consiste en un libro de geometría que contiene marcadores en figuras geométricas dibujadas en 2D, al utilizar el programa y leer los marcadores se presentan las figuras en 3D, sonidos, animaciones y otros elementos interactivos, mediante estos medios los estudiantes refuerzan el contenido del tema aprendido.

The Thirsty Crow (Bin y Rambli, 2013), es una aplicación RA móvil, que consiste en un libro de juego con un diseño físico interactivo para los niños en edad preescolar, con el objetivo de fomentar el aprendizaje de los números utilizando una literatura de folclore antiguo.

La mayoría de aplicaciones analizadas, presentan una interacción básica con el estudiante, contienen información que se activa a partir de un marcador para presentar objetos 3D. Sin embargo, se observa que una de las aplicaciones, U-Tools realizada en el 2008, es la única que interactúa con el estudiante activándose un tutor al cual el estudiante debe responder. En el proceso de enseñanza aprendizaje se utilizan técnicas y métodos para lograr que el estudiante aprenda los temas tratados en clase. En la Tabla 1 se presenta un resumen de las aplicaciones educativas móviles con RA analizadas, mostrando el año de la aplicación, el tipo de interacción que presenta y al grupo educativo al que se enfocó.

Tabla 1. Aplicaciones educativas móviles con RA

Año	Aplicación	Interacción	Alcance
2008	U-Tools	Si	Colegio
2009	Nestor	No	Escuela
2011	ARGreenet	No	Escuela
2011	Life of a Butterfly	No	Colegio
2012	AGeAR	No	Colegio
2012	The Thirsty Crow	No	Pre-Escolar
2012	Solidos	No	Colegio
2013	ARSEE	Si	Universidad

3. ENFOQUE PEDAGÓGICO DE LA RA EDUCATIVA

En el proceso de enseñanza aprendizaje se utilizan técnicas y métodos para lograr que el estudiante aprenda los temas tratados en clase. Actualmente una de esas técnicas utilizadas es la RA para motivar a los estudiantes y con los métodos apropiados de aprendizaje como el trabajo colaborativo, el profesor busca maximizar el aprendizaje mediante la interacción y discusiones grupales, la resolución de problemas cooperativamente, así como también la construcción colaborativa y transmisión de conocimiento.

Se analizan a continuación la definición y técnicas de aprendizaje colaborativo aplicadas en el proceso de enseñanza, además algunas aplicaciones colaborativas con RA utilizadas en el campo de la educación.

3.1 Aprendizaje colaborativo

El aprendizaje cooperativo o colaborativo (Servicio de Innovación Educativa, 2008) es un método de aprendizaje que se basa en el trabajo en equipo. En este proceso el aprendizaje se incrementa cuando los estudiantes desarrollan destrezas cooperativas para aprender, solucionar problemas y acciones educativas en las cuales se ven inmersos.

Existen autores que diferencian el aprendizaje cooperativo y colaborativo, aunque otros autores lo usan como sinónimo. Bastidas (2007) lo diferencia indicando que en el aprendizaje cooperativo los procesos de enseñanza y aprendizaje son altamente estructurados por el profesor; mientras que en el aprendizaje colaborativo hay más autonomía del estudiante, ellos diseñan su estructura de interacciones y mantienen el control sobre las diferentes decisiones que repercuten en su aprendizaje.

Otra diferencia desde el punto de vista de las teorías de aprendizaje (Bastidas Jiménez, 2007), indica que el aprendizaje cooperativo se asocia al constructivismo piagetiano, mientras que el aprendizaje colaborativo corresponde a una vertiente cognitiva sociocultural del aprendizaje. A través de métodos y técnicas de aprendizaje colaborativo, según Johnson y Johnson (2009), se trata de lograr cinco elementos esenciales: interdependencia positiva, interacción cara a cara, responsabilidad individual, habilidades sociales y el procesamiento grupal autónomo.

En un aprendizaje colaborativo asistido por ordenador (CSCL por sus siglas en inglés *Computer-supported collaborative learning*), los estudiantes pueden aprender de manera

conjunta con la ayuda de los computadores (Collazos, Muñoz, y Hernández, 2014), además comparten representaciones externas de contenido durante el proceso de aprendizaje. Van Bruggen, Kirschner, y Jochems (2002), indican que en un entorno CSCL, las representaciones externas son un catalizador para aumentar las actividades cognitivas. La representación visual con RA dentro del aprendizaje sería un catalizador, al utilizarlo como apoyo en el trabajo colaborativo de los estudiantes en un entorno CSCL. Para lograr un aprendizaje colaborativo se debe seguir los siguientes pasos fundamentales comunes en las distintas técnicas (Baraja, 1993):

- Dividir la clase en equipos de aprendizaje (de cuatro a seis miembros) generalmente heterogéneo en rendimiento y que suelen permanecer estables a lo largo de todo el programa.
- Animar a los estudiantes a que ayuden a los otros miembros de su equipo en el aprendizaje de la tarea encomendada.
- Recompensar por el rendimiento obtenido como consecuencia del trabajo en equipo.

3.2. Técnicas para aprendizaje colaborativo

Existen variadas técnicas que el profesor puede aplicar para fomentar el aprendizaje colaborativo, en algunas los estudiantes tienen más autonomía que en otras. La aplicación de la técnica depende de las actividades planificadas y el objetivo que se desea lograr al finalizar las actividades en equipo; a continuación, se mencionan algunas técnicas para el aprendizaje en equipo.

Rompecabezas (Jigsaw o Puzzle) (López Rodríguez, 2001), en esta técnica el profesor divide a los estudiantes en equipos, el tema se lo divide en varias secciones (como rompecabezas) como miembros tiene el equipo. Cada alumno estudia su parte del tema unido a los miembros de los otros equipos que también tienen la misma sección del tema, creando un grupo de expertos. Después vuelve cada uno a su equipo y expone la sección aprendida, para aportar con la parte del tema; los otros miembros del equipo también explican su parte del tema, de esta forma los miembros se ven obligados a cooperar ya que al final son evaluados individualmente, y en forma grupal acerca del tema como unidad mediante una exposición.

Tgt: Torneos de Equipos de Aprendizaje (Teams-Games Tournaments), este método fue creado por De Vries y Edwards, y diseñado por Slavin (Duran y Vidal, 2004), (López Rodríguez, 2001). El funcionamiento es el siguiente: el profesor explica la materia y puede plantear tareas de distinto nivel de dificultad del tema expuesto, a continuación, se forman los equipos que trabajarán en relación de tutoría sobre el material explicado, con el fin de que todos estén preparados para las distintas sesiones de juego en la mesa de torneos donde cada estudiante compite contra miembros de otros equipos. Los miembros de cada equipo concursan con miembros de otro equipo del mismo nivel de conocimiento, esto de acuerdo a la puntuación que tuvieron en el torneo anterior; si es el primer torneo concursan los que conozcan mejor del tema de acuerdo a las tareas planteadas. La

puntuación individual servirá de nuevo para crear el grupo de competición del siguiente torneo.

Grupos de Investigación (Group Investigation), en esta técnica (Servicio de Innovación Educativa, 2008), (López Rodríguez, 2001), se forman equipos de trabajo a libre elección por los estudiantes, y de acuerdo a los intereses de cada estudiante, eligen un subtema de un tema planteado por el profesor. Los estudiantes y el profesor planifican los objetivos concretos que se proponen y los procedimientos que utilizarán para alcanzarlos, al tiempo que distribuyen las tareas a realizar e inician buscando información, en la fase 1. Cada equipo convierte dichos subtemas en tareas individuales y lleva a cabo las tareas necesarias para preparar el informe final en la fase 2. Finalmente, en la fase 3, cada equipo hace una presentación para comunicar sus resultados al resto del grupo clase. El profesor evalúa cada proyecto y el grupo clase el proyecto realizado por cada equipo, siguiendo una pauta determinada. Para la calificación final, el profesor tiene en cuenta, además de su propia evaluación, la autoevaluación del equipo que ha realizado el proyecto y la evaluación de los demás equipos.

Co-op co-op., esta técnica (Servicio de Innovación Educativa, 2008) es similar a la técnica Grupos de Investigación, el profesor dialoga, o desarrolla alguna actividad, con el grupo - clase para motivar a los estudiantes y despertar su interés por el tema, dada su importancia e interés. A continuación, divide a la clase en equipos heterogéneos, en donde hay asignación libre de los miembros a cada equipo. Se selecciona y reparte el tema en la clase y después, entre los miembros de cada equipo, favoreciendo que haya independencia entre los miembros. Luego se prepara, presenta y explica cada subtema en los equipos para integrar las partes trabajadas por cada alumno. El equipo elabora un trabajo común y lo presenta a la clase. La evaluación se realiza en tres fases: el profesor y los componentes de cada equipo evalúan el trabajo de cada miembro; el profesor y el resto de equipos de la clase evalúan la presentación que cada equipo hace; y el profesor evalúa el trabajo escrito que presenta cada equipo (Servicio de Innovación Educativa, 2008).

Las técnicas presentadas son estructuradas y requieren preparación de los materiales de apoyo por parte del profesor, y la organización de los equipos de tal forma que se logre la participación de todos y cada uno de ellos para favorecer la responsabilidad individual y de equipo, logrando un aprendizaje cooperativo.

3.3 Aplicaciones educativas colaborativas con RA

El proceso de enseñanza aprendizaje en los establecimientos educativos tiene algunas estrategias para lograr que el estudiante se apropie de los conocimientos planteados. La RA móvil se está utilizando como herramienta para lograr en los estudiantes motivación y curiosidad por aprender, sobre todo con aplicaciones que pueden ser utilizadas por un grupo de estudiantes, es decir aplicaciones colaborativas donde todos y cada uno de ellos interactúa para el aprendizaje en equipo.

Environmental Detective, (Klopfer, Squire y Jenkins, 2002), es una aplicación de un juego colaborativo donde un grupo de estudiantes debe resolver un problema ambiental investigando la sustancia que ha contaminado un río. Se mueven físicamente en un campus y cada grupo utiliza un GPS y un Pocket- PC en el que se observa un mapa con las posiciones de cada integrante, posiciones de personajes virtuales a entrevistar, pueden tomar lecturas simuladas del aire y del agua, y obtener información geográfica. Se distribuyen las actividades entre los estudiantes y establecen un punto de encuentro en el cual puedan compartir información.

Virtuoso (Wagner, 2007), es una aplicación de un juego educativo colaborativo, diseñado para el aprendizaje de la historia del arte utilizando RA. El objetivo del juego es ordenar una colección de obras de arte de acuerdo a su fecha de creación, junto con una línea de tiempo establecida en una pared. Cada marca es una obra de arte ubicada en forma aleatoria, para organizarlo rápidamente puede integrarse otro jugador y ordenar otras obras de arte.

Protein Magic Book (PMB), es una aplicación RA desarrollada, en la Universidad de Washington y el Instituto de Investigación Scripps en La Jolla (Chen Y., 2008). El PMB es un libro interactivo que introduce conceptos básicos sobre estructuras de proteínas para aprender química. La tecnología RA del PMB requiere una cámara web para realizar un seguimiento de un patrón específico que utiliza la computadora para representar objetos en 3-D de la estructura de la proteína, el aprendizaje colaborativo se da a partir de la discusión de ideas de la pareja de estudiantes.

SMART (System of Augmented Reality for Teaching), (Freitas y Campos, 2008), es una aplicación móvil colaborativa diseñada exclusivamente para los estudiantes de segundo grado como un juego, con el objetivo que identifiquen la clasificación de los medios de transporte y de los animales. SMART incluye una serie de raquetas con marcadores RA, el estudiante selecciona una raqueta y al pasarla por la cámara web se presenta un tipo de transporte o animal, el niño debe identificar la categoría del medio de transporte o la clasificación del animal.

Alien Contact (O'Shea, Mitchell, Johnston, y Dede, 2009), es un juego de RA móvil para enseñar matemáticas y habilidades de alfabetización a los estudiantes de secundaria y preparatoria. Este sistema se juega en equipo de cuatro personas, donde cada uno tiene un rol: Farmacéutico, criptógrafo, hacker de computadoras y agente del FBI. El concepto de este juego se basa en un escenario de invasión extraterrestre, los integrantes deben resolver problemas de ciencias, matemáticas y lenguaje para resolver el misterio de los alienígenas en la tierra.

AReX (Matcha y Rambli, 2011), es un prototipo de RA llamado AReX (Experimento de Realidad Aumentada), el objetivo es facilitar el aprendizaje colaborativo entre los estudiantes utilizando RA a través de un experimento de laboratorio. El experimento consiste en el estudio de la

dispersión de luz, los estudiantes en grupo de dos se guían a través de una hoja de trabajo con instrucciones, además de marcadores en blanco y negro para usarlos en el experimento. De acuerdo a la posición de los marcadores la aplicación presenta objetos 3D y los resultados de dispersión de luz sobre estos objetos.

The Table Mystery (Boletsis y McCallum, 2013), el Centro de Ciencias en el condado de Oppland, Noruega, publicó la creación de esta aplicación que trata de un juego de colaboración en RA para el aprendizaje de química, específicamente los elementos de la tabla periódica. La aplicación consiste en descubrir pistas para averiguar la identidad de un hombre que tiene amnesia y los acontecimientos de lo que le sucedió. Para resolver el problema los estudiantes deben escanear la tabla periódica y descubrir pistas en 3D, que están relacionados a los recuerdos del personaje. Cada grupo recupera pistas que luego deben ser combinadas con las respuestas de los otros equipos y desbloquear el mensaje secreto final que es la solución y el final del juego.

Simulador de colisión elástica (Lin, Duh, Li, Wang, y Tsai, 2013), es un sistema de simulación de RA móvil colaborativa para la enseñanza de física en el tema de la colisión elástica. En el sistema cada estudiante ingresa datos de velocidad y masa, además puede manipular un cubo 3D visualizado en su móvil. La simulación inicia cuando los dos estudiantes hayan ingresado los datos del cubo respectivo y observan cómo colisionan los cubos entre sí.

De acuerdo al estudio realizado algunas aplicaciones colaborativas motivan el trabajo en equipo con actividades e interfaces específicas de acuerdo al rol seleccionado por el estudiante, otras aplicaciones presentan la misma interfaz, pero independiente y las actividades son realizadas con un acuerdo previo del equipo, luego intercambian información verbalmente. Y otras aplicaciones analizadas que no son móviles son desarrolladas con una sola interfaz, por lo tanto, la interacción es individual y el trabajo colaborativo es a través del intercambio de ideas y experiencias de los demás estudiantes. En la Tabla 2 se presenta un resumen de las aplicaciones analizadas. Una vez analizadas las Aplicaciones móviles con RA y las Aplicaciones colaborativas con RA, se pudo detectar las características fundamentales que presentan las Aplicaciones colaborativas móviles con RA las cuales se muestran en la Figura 1.

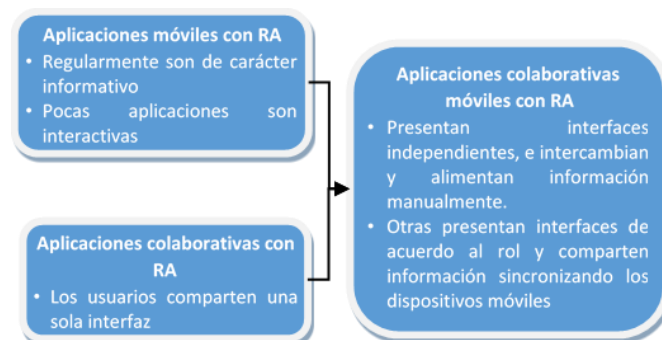


Figura 1. Características de aplicaciones con RA

4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE APRENDIZAJE COLABORATIVO MOVIL CON RA

Las aplicaciones educativas móviles con RA y aquellas colaborativas con RA analizadas presentan algunas características de las cuales se seleccionaron las mejores para el diseño de una aplicación educativa colaborativa móvil con RA. De hecho, este diseño se basa en una aplicación colaborativa móvil con RA complementada con una herramienta de autoría, que facilite la orientación de un estudiante nuevo en el campus universitario de una institución educativa. Se plantea como caso de estudio el desarrollo de una parte funcional del sistema educativo colaborativo con RA planteado, se implementó un chat

grupal y la geo posición de los integrantes del equipo, específicamente para dos estudiantes.

4.1 Arquitectura del Sistema

Se proponen algunas tecnologías para el desarrollo de la herramienta de autoría y la aplicación móvil de estudiante, éstas han sido seleccionadas de acuerdo al conocimiento y experiencia de los autores en dichas tecnologías como se muestra en la Figura 2, las herramientas y arquitecturas no son determinantes para el éxito de esta propuesta, estas pueden ser seleccionadas por otros criterios o de acuerdo a requerimientos específicos o limitaciones de las herramientas.

Tabla 2. Aplicaciones educativas colaborativas con RA

Dispositivo	Aplicación	Descripción	Interfaz
PC	Protein Magic Book	Estructuras de proteínas para aprender química.	Compartida
	AReX	Dispersión de la luz.	
	SMART	Medios de transporte y clasificación de animales.	
Móvil	Virtuoso	Aprendizaje de historia de arte.	Independiente
	Environmental Detective (ED)	Resolver problema ambiental.	De acuerdo a roles
	Alien Contact	Resolver acertijos matemáticos y habilidades de alfabetización.	
	The Table Mystery	Descubrir acertijos con la tabla periódica.	Independiente e Interactiva
	Simulador de colisión elástica	Simulador de choque entre dos cuerpos.	

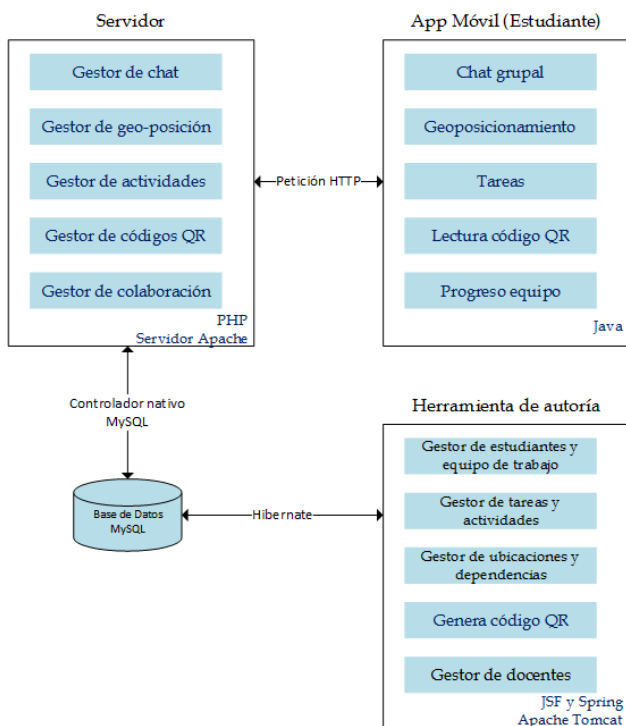


Figura 2. Arquitectura del sistema educativo colaborativo con RA.

En el aspecto técnico del sistema se utilizó AndroidIM (Pirngruber, 2013) que consiste en un chat en java para Android y un servidor en apache, php y mysql. El servidor se configuró especificando la base de datos, usuario de la base de datos, contraseña del usuario y la IP del servidor. La aplicación móvil utiliza una clase ServerSocket para enviar y recibir mensajes desde el servidor a través del protocolo

HTTP, utilizando el método GET. Se desarrolló una clase MapaActivity para presentar las geo-posiciones del usuario, añadiendo una credencial generada mediante el API de Google Maps. Se utiliza la clase Service y Timer para controlar la actualización de los mensajes y geo-posiciones que llegan desde el servidor. Los mensajes y geo-posiciones se almacenan en una base de datos local SQLite y luego son enviados al servidor. En el aspecto metodológico, el desarrollo de este sistema se realiza con el Proceso Unificado de desarrollo de software (Scott, K. 2002), el cual esta guiado por casos de uso y centrado en la arquitectura

4.2 Aplicación colaborativa móvil con RA

La aplicación móvil tiene el objetivo de orientar al estudiante para que ubique lugares o departamentos del campus universitario en un mapa con geo-posicionamiento. Esto lo podría realizar con ayuda de los integrantes de un equipo, quienes previamente tienen tareas asignadas por el instructor en el sistema y usan la misma aplicación en cada uno de sus móviles.

La aplicación presenta un chat para comunicarse con los integrantes del equipo, un mapa para visualizar la ubicación de cada uno de ellos como se muestra en la Figura 3, las tareas que tiene asignado el estudiante, el progreso de tareas de cada integrante con la opción de ayudar con determinada tarea, y la opción principal que consta de un lector de código QR para encontrar el lugar o departamento buscado y ubicarlo en un mapa.



Figura 3. Posicionar un lugar en el mapa.

Los códigos QR estarían en algunos lugares del campus, que al leerlos informarían de los departamentos que se encuentran en un edificio, o los lugares cercanos a un área específica como se muestra en la Figura 4. El estudiante seleccionaría uno de esos lugares para recibir más información y luego ubicaría la posición de éste en el mapa para que sea visible a los demás integrantes del equipo.

Los requerimientos funcionales de la aplicación colaborativa móvil con RA se enumeran a continuación:

- Actualizar datos de estudiante.
- Ejecutar tareas.
- Ver progreso de compañeros de equipo.
- Ayudar a compañeros del equipo.
- Comunicarse con los integrantes del equipo.
- Obtener información mediante códigos QR.

El detalle de uno de los casos de uso de la aplicación móvil del estudiante se presenta en la Tabla 3 “Realizar lectura de código QR”.



Figura 4. Lectura de código QR

Tabla 3. Caso de uso: Realizar lectura de código QR

Caso de uso	Realizar lectura de código QR
Actores	Estudiante.
Propósito	Leer los códigos QR que se encuentran dentro de los edificios del campus universitario para ubicar los lugares que busca el estudiante.
Tipo	Secundario y Esencial.
Resumen	El estudiante realiza la lectura de código QR para conocer el lugar donde se encuentra y obtener información de departamentos o áreas cercanas. Ubica la posición del lugar en el mapa.
Precondiciones	El estudiante debe registrarse en el sistema y seleccionar una tarea.
Postcondiciones	La información de la planta se presenta en la aplicación.

4.3 Herramienta de Autoría

Es una herramienta web donde se administra datos de: los equipos de trabajo, los estudiantes, las tareas que deben realizar, las actividades en cada tarea, la información de los códigos QR en la que se almacenará los departamentos de un determinado edificio o los lugares que se encuentren cerca de determinada área, la asignación de cada estudiante a un equipo, y la revisión de los puntajes de cada equipo de acuerdo a las tareas realizadas. Esta aplicación comparte una base de datos con la aplicación móvil del estudiante.

Los requerimientos funcionales de la herramienta de autoría se describen a continuación:

- Administración de datos del profesor.
- Administración de datos de estudiantes.
- Administración de equipos de trabajo.
- Administración de ubicaciones de lugares en el campus universitario.
- Administrar horarios de atención de lugares en el campus universitario.
- Administración de tareas.
- Administración de actividades.
- Administrar Notas de equipo.
- Consulta de reportes.

El detalle de un caso de uso de la herramienta de autoría se presenta en la Tabla 4, en base a esta información se diseñó la interfaz, para el mismo caso de uso “Administrar ubicaciones de lugares en el campus universitario” como se muestra en la Figura 5.

Tabla 4. Caso de uso: Administrar ubicaciones de lugares en el campus universitario.

Caso de Uso	Administrar ubicaciones de plantas en el campus universitario.
Actores	Docente.
Propósito	Registrar ubicación de las plantas de los edificios que proporcionan información a los estudiantes.
Tipo	Primario y Esencial.
Resumen	El docente ingresa ubicaciones del campus universitario.
Precondiciones	El docente debe autenticarse en el sistema.
Postcondiciones	Las ubicaciones de las plantas e información de las dependencias que existen en determinada planta de los edificios se registran en la base de datos.

5. DISCUSIÓN

Regularmente las aplicaciones móviles con RA son de carácter informativo, de tal forma que el estudiante se convierte en un usuario pasivo. El seguimiento de realización de actividades es manual, después de enfocar una imagen o código QR con la cámara se presenta información que puede ser usada o no por el estudiante, existe escasa interacción y por lo tanto no se asegura un aprendizaje significativo.

Las aplicaciones colaborativas con RA no móviles comparten la interfaz, logrando la colaboración de los estudiantes a través del intercambio de ideas y experiencias acerca del tema. La mejora de estas aplicaciones se dio añadiendo éstas a móviles, y al utilizarlas en instituciones educativas se ha

logrado que las aplicaciones colaborativas con RA mejoren el proceso enseñanza aprendizaje.

Figura 5. Administrar ubicaciones de lugares en el campus universitario

Las interfaces independientes y la colaboración entre los integrantes de un equipo al compartir actividades que no necesariamente están confinadas al mismo espacio y tiempo, mejoran el nivel cognitivo de los estudiantes que si lo hicieran individualmente.

El diseño de este sistema colaborativo móvil con RA, ha seleccionado las mejores características de las aplicaciones analizadas, además de acuerdo a las técnicas de aprendizaje colaborativo como se analizó en la sección 3 se ha integrado la técnica de grupos de investigación. El desarrollo de un primer prototipo funcional de sistema diseñado, permitió realizar pruebas y evidenciar la comunicación utilizando un chat, y ubicación de los integrantes de un equipo de trabajo mediante Google Maps, para ello utilizaron interfaces independientes en el que cada estudiante interactuó con su pareja compartiendo comentarios de las actividades dentro del equipo.

6. CONCLUSIONES

La realidad aumentada aplicada a la educación ayuda a comprender temas abstractos que necesitan de una amplia imaginación para entenderlos, utilizando RA como una herramienta en el proceso de enseñanza aprendizaje. Las aplicaciones colaborativas con realidad aumentada ofrecen a los estudiantes, el aprendizaje de nuevos temas mientras se comparte información con los demás integrantes del equipo. La intervención de los integrantes abordando el tema con ideas o explicaciones da la posibilidad de lograr en el equipo un mejor nivel cognitivo que trabajando individualmente.

El desarrollo del análisis y diseño de la aplicación móvil y la herramienta de autoría, pueden servir de base como una experiencia positiva, que pueda guiar en el desarrollo de sistemas de aprendizaje colaborativo móvil con RA, para

implementarlos en entornos en los que se integran nuevos miembros a equipos de trabajo y se requiera que la inmersión en este entorno sea rápida.

Además de ser necesario en instituciones académicas con los nuevos estudiantes, es posible aplicarlo en la industria, cuando ingresan nuevos colaboradores, esto gracias a que el geo posicionamiento se lo realiza con herramientas de Google Maps, por lo que el alcance en este sentido puede ser más amplio que un campus universitario o un edificio empresarial. Éste puede abarcar una ciudad entera dependiendo de los requisitos de la industria, permitiendo que los nuevos equipos o integrantes puedan comunicarse entre ellos, visualizar su geo posicionamiento con relación a los demás integrantes y a las ubicaciones de interés dentro del área en la que se encuentran.

REFERENCIAS

- Arroyo, N. (2011). *Información en el móvil*. Barcelona: UOC.
- Azuma, R. (1997). *A Survey of Augmented Reality. Teleoperators and Virtual Environments*. Malibu: In Presence: Teleoperators and Virtual Environments.
- Baraja, A. (1993). *Interacción educativa y desventaja sociocultural: un modelo de intervención para favorecer la adaptación escolar en contextos inter-étnicos*. Madrid: Ministerio de Educación.
- Bastidas Jiménez, E. E. (2007). *Lineamientos pedagógicos para la enseñanza y el aprendizaje*. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Boletsis, C., y McCallum, S. (2013). *The Table Mystery: An Augmented Reality Collaborative Game for Chemistry Education*. Springer Publishing, VIII(1), 101.
- Cantillo, C., Roura, M., y Sánchez, A. (2012). *Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación*. La Educación - Digital Magazine, I(127), 1-20.
- Carmen, J., Furió, D., Alem, L., Ashworth, P., y Cano, J. (2011). *ARGreenet and BasicGreenet: Two mobile games for learning how to recycle*. Valencia, Spain: Baranoski, Gladimir; Skala, Václav.
- Chen, D., TSai, S., Girod, B., Hsu, C., Kim, K., y Singh, J. (2010). *Building Book Inventories Using Smartphones*. In Proceedings of the International Conference on Multimedia.
- Chen, Y.-c. (2008). *Peer learning in an AR- based learning environment*. 16th International Conference on Computers in Education. Taipei - Taiwan.
- Collazos, C., Muñoz, J., y Hernández, Y. (2014). *Aprendizaje Colaborativo Apoyado por Computador*. Alfa.
- Corrêa, D., Tahira, A., Ribeiro, J., Kitamura, R., Inoue, T., y Ficheman, K. (2013). *Development of an interactive book with Augmented Reality for mobile learning*. *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2013 8th Iberian Conference on. Lisboa.
- Doswell, J., Blake, B., y Butcher-Green, J. (2006). *Mobile Augmented Reality System Architecture for Ubiquitous e-Learning*. *Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education, 2006. WMUTE '06*. Fourth IEEE International Workshop on. Atenas.
- Duran, D., y Vidal, V. (2004). *Tutoría entre iguales: de la teoría a la práctica: Un método de aprendizaje cooperativo para la diversidad en secundaria*. Barcelona: Grao.
- Ferrer, V., Perdomo, A., Rashed-Ali, H., y Fies, C. (2013). *How Does Usability Impact Motivation in Augmented Reality Serious Games for Education? Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, 2013 5th International Conference on. Poole - Inglaterra.

- Freitas, R., y Campos, P. (2008). *SMART: a System of Augmented Reality for Teaching 2nd Grade Students. People and Computers XXII Culture, Creativity, Interaction - The 22nd British HCI Group Annual Conference*. Liverpool.
- Hagbi, N., Bergig, O., El-Sana, J., y Billinghamurst, M. (2009). *Shape recognition and pose estimation for mobile augmented reality. Mixed and Augmented Reality*, 2009. ISMAR 2009. 8th IEEE International Symposium on. Orlando, FL.
- Heen, C., Kaiping, F., Chunliu, M., Siyuan, C., Zhongning, G., y Yizhu, H. (2011). *Application of Augmented Reality in Engineering Graphics Education. IT in Medicine and Education (ITME)*, 2011 International Symposium on. Cuangzhou - China.
- Höllerer, T., y Feiner, S. (2004). *Mobile Augmented Reality*. New York: Taylor y Francis Books Ltd.
- Jaramillo, G., Quiroz, J., Cartagena, C., Vivares, C., y Branch, J. (2010). *Mobile Augmented Reality Applications in Daily Environments*. Revista Digital Universitaria - Escuela de Ingeniería de Antioquia, I(14), 125-134.
- Johnson, D., y Johnson, R. (2009). *An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning*. Interaction Book Company.
- Klopfers, E., Squire, K., y Jenkins, H. (2002). *Environmental Detectives: PDAs as a Window into a Virtual Simulated World*. Proceedings of the IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'02). Chicago.
- Lin, T., Duh, H., Li, N., Wang, H., y Tsai, C. (2013). *An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system*. Computers y Education, 68, 314-321.
- Liu, T., y Chu, Y. (2008). *Handheld Augmented Reality Supported Immersive Ubiquitous Learning System*. Systems, Man and Cybernetics, 2008. SMC 2008. IEEE International Conference on. Singapore.
- López Rodríguez, F. (2001). *Estrategias organizativas de aula: Propuestas para entender la diversidad*. Barcelona: Grao.
- Matcha, W., y Rambli, D. (2011). *Development and preliminary investigation of Augmented Reality Experiment Simulation (AReX) interface*. National Postgraduate Conference (NPC). Kuala Lumpur.
- Monguillot, M., González, C., Guitert, M., y Zurita, C. (2014). *Mobile learning: Una experiencia colaborativa mediante códigos QR*. RUSC. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, 11(1), 175 - 191.
- O'Shea, P., Mitchell, R., Johnston, K., y Dede, C. (2009). *Lessons Learned about designing Augmented Realities*. Int'l Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations, I(1), 1 - 15.
- Perez-Segnini, L. (2012). *Realidad Aumentada en la Comunicación del Siglo XXI: Ensayo sobre el conocimiento del mundo en una nueva escala de percepción tecnológica*. Santiago - Chile: Universidad Católica Andrés Bello.
- Phan, V., y Choo, S. (2010). *Interior Design in Augmented Reality in Environment*. International Journal of Computer Applications, I(5), 16 - 21.
- Phon, D., Ali, M., y Halim, N. (2014). *Collaborative Augmented Reality in Education: A Review*. Teaching and Learning in Computing and Engineering (LaTiCE), 2014 International Conference on. Kuching, Malaysia.
- Pirngruber, D. (8 de Septiembre de 2013). *Android Instant Messaging Application*. Recuperado el 12 de Abril de 2015, de <https://github.com/Pirngruber/AndroidIM>
- Servicio de Innovación Educativa. (2008). *Aprendizaje Cooperativo*. Madrid: UPM.
- Scott, K. (2002). *The unified process explained*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc..
- Tarng, W., Yu, C., Liou, F., y Liou, H. (2013). *Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies*. Wireless Communications and Mobile Computing Conference (IWCMC), 2013 9th International. Sardinia.
- Tomi, A., y Rambli, D. (2013). *An Interactive Mobile Augmented Reality Magical Playbook: Learning Number with the Thirsty Crow*. 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education.
- UNESCO. (2013). UNESCO. Recuperado el 26 de 06 de 2015, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219641e.pdf>
- Van Bruggen, J., Kirschner, P., y Jochems, W. (2002). *External representation of argumentation in CSCL and the management of cognitive load*. Learning and Instruction, XII(1), 121 - 138.
- Wagner, D. (2007). *Handheld Augmented Reality - Dissertation*. Austria: Graz University of Technology - Institute for Computer Graphics and Vision.
- Williams, P. (2007). *Assessing Mobile Learning Effectiveness and Acceptance*. Dissertation Research Committee. Washington.



Verónica Mendoza Morán, docente titular de la Universidad de Guayaquil en la Facultad de Ciencias, Matemáticas y Física. Tiene un MSc. en Software y Sistemas de la Universidad Politécnica de Madrid, un Magister en Educación Superior de la Universidad Tecnológica San Antonio de Machala y es Ingeniera en Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Técnica Particular de Loja. Sus intereses de investigación son: las técnicas de aprendizaje colaborativo y técnicas de enseñanza de programación.



Richard Rivera Guevara, investigador en el Instituto IMDEA Software, Madrid. Ingeniero en Sistemas Informáticos y de Computación de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito. Recibió el título de MSc. en Software y Sistemas en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Actualmente es alumno del doctorado en Ciencias de la Computación de la UPM. Sus intereses de investigación son la seguridad informática y la ingeniería del software.



Jonathan J. Barriga Andrade, profesor titular en la Facultad de Sistemas de la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador. Ingeniero en Sistemas (ESPE) con título de cuarto nivel MSc. en Informática Forense y Seguridad de Sistemas en la Universidad de Greenwich - Londres, Inglaterra. Actualmente, es alumno de PhD en Informática con enfoque en Seguridad de Redes y Sistemas. Sus intereses son: Malware, Penetration Testing, Troyanos, Codificación Segura, Arquitectura de Seguridad e Informática Forense.