

Aportaciones al diseño de actividades educativas con realidad aumentada

RENÉ G. CRUZ FLORES Y MAGALLY MARTÍNEZ REYES
EDITORES



Aportaciones al diseño de actividades educativas con realidad aumentada

© Asociación Mexicana de Profesionales de la Edición, AC (PEAC)
René G. Cruz Flores y Magally Martínez Reyes, editores

1ª edición: enero 2020

ISBN: 03-2019-110813501300-07, 12 de noviembre de 2019

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

Instituto Literario 100, colonia Centro, Toluca, Estado de México, cp 50000

Teléfonos: 722 226 23 00 (México), 011 52 722 226 23 00 (EU y Canadá), 00 52 722 226 23 00
(Europa y resto del mundo)

rectoria@uaemex.mx

Asociación Mexicana de Profesionales de la Edición, AC (PEAC)

Tlapanalco 43, Barrio de Santa Catarina, Coyoacán, 04010

Teléfonos: (01-52) 5604 0686 y 6305 7864

informes@peac.org.mx

www.peac.org.mx

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, como tampoco su incorporación a un sistema informático ni su transmisión, en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de la Universidad Autónoma del Estado de México. La infracción de estos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

Cada uno de los capítulos que integran el libro fueron sometidos a un proceso de arbitraje de doble ciego con especialistas en la materia, por lo que cuentan con el aval de un comité de arbitraje.

La publicación del libro estuvo financiada por la Universidad Autónoma del Estado de México, con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública, por intermediación del Programa de Fortalecimiento a la Calidad Educativa (PFCE) 2019.



Agradecimientos

A todos los autores de este libro por su invaluable contribución a la Universidad Autónoma del Estado de México, a través del Programa de Fortalecimiento a la Calidad Educativa (PFCE) 2019.

Al Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, por las facilidades prestadas y la gestión efectuada para hacer posible esta publicación en tiempos de austeridad.

Contenido

7	INTRODUCCIÓN
8	CAPÍTULO 1. La recursividad de los sistemas para abordar el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada SAMUEL OLMOS PEÑA Y JUAN CARLOS CISNEROS RASGADO
26	CAPÍTULO 2. Ciberturismo como alternativa en paseos virtuales para la reserva de la biosfera de la mariposa monarca ADRIANA BUSTAMANTE ALMARAZ, NORMA LIZBETH GONZÁLEZ CORONA Y SUSANA ESQUIVEL RÍOS
47	CAPÍTULO 3. De pata de perro por el Estado de México. Aplicación con realidad aumentada NANCI YAZMÍN MÚZQUIZ LEÓN Y ANABELEM SOBERANES MARTÍN
61	CAPÍTULO 4. La realidad aumentada como recurso educativo en la formación profesional del diseñador industrial ANABELEM SOBERANES MARTÍN, MAGALLY MARTÍNEZ REYES, AIDEÉ PEÑA MARTÍN Y JOSÉ LUIS CASTILLO MENDOZA
82	CAPÍTULO 5. La realidad aumentada en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Una experiencia en la asignatura de graficación y multimedios AIDEÉ PEÑA MARTÍN, ANABELEM SOBERANES-MARTÍN Y JOSÉ LUIS CASTILLO MENDOZA
101	CAPÍTULO 6. Acercamiento al concepto «límite de función real» mediante la aplicación Cálculo AR con realidad aumentada MAGALLY MARTÍNEZ REYES, RENÉ G. CRUZ FLORES, ANABELEM SOBERANES MARTÍN Y GIZETH ALELÍ CASTRO ORELLANA
120	CAPÍTULO 7. Diseño de un software con realidad aumentada para el aprendizaje de la robótica basado en los modelos teóricos locales MARCO ALBERTO MENDOZA PÉREZ Y RENÉ G. C

Introducción

Este libro está destinado a los profesores, formadores, investigadores y estudiantes interesados en la enseñanza y el aprendizaje por medio de la tecnología; en particular por una de las de mayor auge en la actualidad: la realidad aumentada (RA).

Como la intención es motivar al análisis y la reflexión en torno a su didáctica, con miras a generar líneas de investigación, nos propusimos reunir diversas propuestas de uso en diferentes ámbitos.

De ahí que el primer capítulo se enfoque en la recursividad de los sistemas y aborde el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada. Los dos capítulos siguientes, por su parte, la usan con fines turísticos y proponen una aplicación de paseos virtuales: una para la reserva de la biosfera de la mariposa monarca y otra para recorrer el Estado de México.

Dos capítulos más usan la RA en procesos educativos: uno para la formación profesional del diseñador industrial, y el otro para la asignatura de graficación y multimedia.

En la misma línea, pero dirigido a una de las asignaturas con mayor índice de reprobación en el primer año universitario, es el empleo de la aplicación Cálculo AR con realidad aumentada para acercarse al concepto «límite de función real».

Cierra el libro la descripción del diseño de un software con realidad aumentada para el aprendizaje de la robótica, basado en los modelos teóricos locales.

Sin lugar a dudas, todas estas aportaciones en conjunto dan un estado del arte, ya que diversifican las aplicaciones y son un punto de partida para futuras investigaciones educativas.

Con la publicación de este libro concluye nuestro esfuerzo de divulgación científica: ahora los resultados quedan en manos de quienes lo lean.

Magally Martínez/coeditora

La recursividad de los sistemas para desarrollar aplicaciones con realidad aumentada

SAMUEL OLMOS PEÑA Y JUAN CARLOS CISNEROS RASGADO*

RESUMEN. El avance vertiginoso de las tecnologías de la información y comunicación genera nuevas propuestas tecnológicas; una de esas propuestas es la realidad aumentada (RA), ya que proporciona información en tiempo real tanto de escenarios existentes como controlados. Dado que los ingenieros tienden a perderse en las primeras etapas, ya sea para construir aplicaciones con RA o para desarrollar el software, en este trabajo presentamos la estructura y sistematización de un modelo de aplicaciones con realidad aumentada a fin de contribuir a la solución del problema.

PALABRAS CLAVE: recursividad, sistemas, realidad aumentada.

ABSTRACT. The vertiginous advance of information and communication technologies generates new technological proposals. One of these proposals is augmented reality (AR), as it provides real-time information on both existing and controlled scenarios. Since engineers tend to get lost in the early stages, either to build applications with RA or to develop software. In this paper we present the structure and systematization of an application model with augmented reality, with the intention of contributing to the problem solution.

KEYWORDS: Recursivity, systems, augmented reality.

*Investigadores nacionales, Samuel Olmos Peña del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, de la Universidad Autónoma del Estado de México: samuelop@gmail.com; Juan Carlos Cisneros Rasgado, del Tecnológico de Estudios Superiores de Ixtapaluca: carci10@hotmail.com

Las gráficas, tablas y figuras fueron creados por los autores, a menos que se especifique lo contrario.

Introducción

Con el pensamiento sistémico o enfoque de sistemas es más fácil comprender el escenario de las realidades complejas a las que se enfrentan las personas. Barry Richmond (1994), uno de los creadores del término, define el enfoque de sistemas como el arte y la ciencia de hacer deducciones confiables sobre el comportamiento de determinados sistemas mediante el desarrollo de una comprensión cada vez más profunda de su estructura elemental. A manera de ejemplo, Richmond asegura que las personas que adoptan el enfoque de sistemas son capaces de apreciar tanto el bosque como los árboles.

Con el surgimiento de la sociedad digital en el siglo XXI, el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) va siendo cada vez más determinante en casi todas las actividades; como en la investigación, la comunicación, el conocimiento o la diversión, por ejemplo. De ellas destacan los dispositivos móviles y la realidad aumentada (RA), con los que es posible crear escenarios interesantes donde se sobreponen imágenes del mundo real con imágenes, audio, video o una mezcla de ellos para apoyar el proceso y mejorar el contenido (Saracchini, Catalina & Luca, 2015; Tovar, Bohórquez & Puello, 2014).

Debido a que un sistema de RA agrega contenido en nuestro entorno real, la RA puede complementar el mundo real a través de contenido virtual; pero ese contenido no sólo tiene el potencial de abarcar el sentido de la visión, sino que también puede emplear el tacto, el olfato y a menudo el sonido para crear una experiencia real. No obstante, como la mayoría de las aplicaciones se centran en la visión, eso le permite al usuario de un sistema de RA experimentar sensaciones reales con información virtual; de esta manera se mejora el contexto que le rodea, es decir, «mejora la percepción del usuario y su interacción con el mundo real» (Amaya, Amaya & Santiago, 2017).

TECNOLOGÍA DE REALIDAD AUMENTADA EN LOS DISPOSITIVOS MÓVILES

La RA amplía imágenes del mundo real a partir de las capturas de la cámara fotográfica de los dispositivos móviles, al mismo tiempo que permite añadir elementos virtuales para la creación y presentación de una realidad mixta con datos informáticos añadidos (Fombona, Javier, Maria-Angeles & MariCarmen, 2017). De ahí su rápido desarrollo, ya que ha permitido un gran número de aplicaciones en diferentes ámbitos y distinto alcance; todo ello por la categorización de la realidad aumentada.

Clasificación de los soportes de RA

Distintos autores (Tönnies & Plecher, 2011; Gutiérrez, Duque, Chaparro, & Rojas, 2018; Fombona, *et al*, 2017) coinciden en que puede procesarse y gestionarse la RA con tres tipos de aparatos: con la computadora tradicional, con dispositivos portátiles miniaturizados y con equipo especializado para la tecnología. Veamos:

Gestión de RA en la computadora tradicional. Con la computadora tradicional la cámara conectada al equipo informático digitaliza la imagen obtenida y, mediante un software especializado en RA, puede incorporarle capas con datos, texto y sonidos o imágenes fijas o con movimiento en tiempo real. Aquí, el software es el que selecciona la información de una base de datos; puede ser propia o a la que se accede mediante una red general (internet).

La información generada, entonces, se presenta mediante un dispositivo de salida que permite procesar los datos obtenidos: puede ser en la cámara o en la base de datos a la que se tuvo acceso por la red; como sea, la información se superpone de forma sincronizada en tamaño, posición y tiempo real. En general se procura que los datos virtuales estén completamente sincronizados con los objetos reales y con su posición (Fombona *et al.*, 2017).

Gestión de RA en equipos portátiles. Cuando se usan equipos portátiles, regularmente se trata de dispositivos móviles con avanzadas

tecnologías; semejantes a las que actualmente posee la mayoría de las computadoras tradicionales. La ventaja de los equipos portátiles sobre las computadoras tradicionales es que, por su tamaño, los dispositivos son más fáciles de trasladar y además, también ya cuentan con cámaras de captura de imágenes móviles. Ésta es la razón por la que pueden reproducir el efecto de RA y presentarlo en su pantalla (Gutiérrez, Duque, Chaparro & Rojas, 2018).

Gestión de RA con equipo especializado para la tecnología. Con el equipo específico o especializado, los datos capturados se integran con la visión del usuario gracias a unas gafas especiales que le permiten ver la RA y superponer otra información gráfica; también puede agregársele datos de los sistemas de posicionamiento geográfico GPS: necesarios para localizar la ubicación del usuario. Ésta es la causa por la que la RA puede mostrarle al consumidor una representación completamente realista del entorno virtualmente añadido.

No obstante, es importante recalcar la necesidad de conocer tanto la ubicación como la orientación exacta del usuario; no accesible en espacios interiores o zonas afectadas por ondas magnéticas (Fombona *et al.*, 2017).

Adicional a esta clasificación encontramos otras tecnologías para el desarrollo de sistemas en realidad aumentada, según el tipo de aplicación en RA que se pretenda formar.

CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DESARROLLADAS DE REALIDAD AUMENTADA

Los recursos tecnológicos que la RA emplea para la superposición aneada a la realidad se complementan entre sí para obtener un funcionamiento óptimo. Pueden ser de tres tipos: patrones de disparo de software, geolocalización o interacción con internet.

Patrones de disparo de software. Se trata de determinadas imágenes que funcionan como el resorte digital que lanza el funcionamiento

de una aplicación sobre ella misma; se conoce como marca (*Marker*), dibujo o imagen específica (*Tag*) o código icónico de barras o digital (*Code, Quick Response: QR*). Adicionalmente pueden desencadenar una imagen, un video, un texto, un sonido e incluso un enlace a internet, incorporado a la imagen captada.

Geolocalización. La geolocalización es la detección geográfica global por sistema (GPS) en los dispositivos portátiles; gracias a ella es posible ubicar a los usuarios en cualquier lugar de la tierra tanto su dirección como la longitud y la latitud donde se encuentran, con una precisión de escasos metros de altura.

Interacción con internet. Algunas aplicaciones pueden relacionar imágenes captadas con otras similares a las de las bases de datos de la red global, debido a que la tecnología busca elementos esenciales de la imagen real y superpone los vínculos con información complementaria (Fombona *et al.*, 2017).

Además de este acercamiento a la realidad aumentada (clasificación y tipos de tecnología para el desarrollo de aplicaciones), a continuación abordaremos una propuesta basada en la propiedad de *recursividad* de los sistemas para generar aplicaciones de realidad aumentada.

Paradigma de recursividad

En este contexto es fácil identificar un sistema como un conjunto de elementos interrelacionados con una función en común, que interactúa con un medio a través de entradas y salidas; a su vez posee una propiedad que se conoce como recursividad.

En un sistema, la recursividad es la propiedad con la que se manifiesta que cualesquiera de sus elementos se comportan asimismo como sistemas (subsistemas); de tal manera que el sistema es un componente de un suprasistema. Esto significa que todo sistema tiene un suprasistema y varios subsistemas en distintos niveles, según su grado de complejidad (véase figura 1).

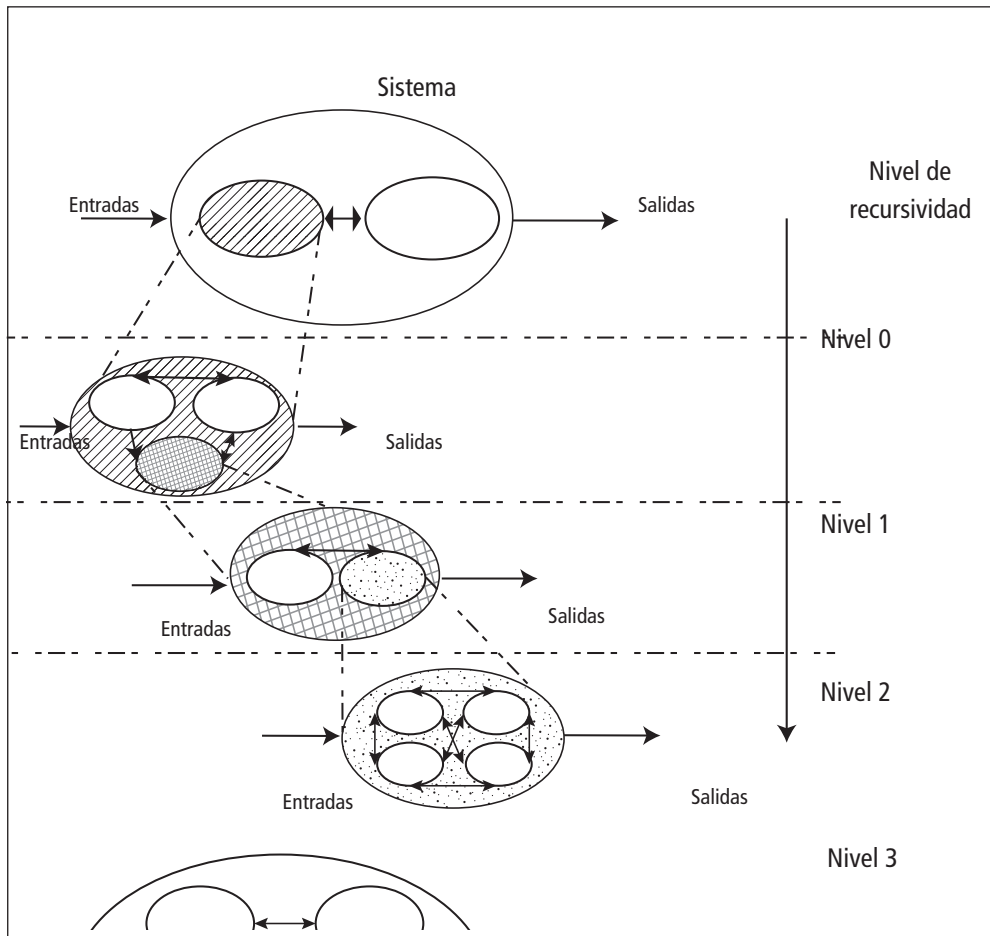


Figura 1. Representación gráfica de la propiedad de recursividad

Para ejemplificar la recursividad en un sistema real consideraremos el caso de los estudiantes en una universidad como nuestro sistema: el nivel 0 serían todos los estudiantes inscritos en la universidad, el nivel 1 se dividiría en a) estudiantes de posgrado y b) estudiantes de licenciatura. Si descomponemos el sistema b, el nivel 2 sería b1) estudiantes de ciencias físico-matemáticas, b2) estudiantes de ciencias económicas administrativas, y c) otras. El tercer nivel sería: b1.1) estudiantes de matemáticas, b1.2) estudiantes de física, b1.3) estudiantes de ingenierías, y así sucesivamente.

Si quisiéramos seguir con el nivel de recursividad podríamos elegir y nombrar a todas las ingenierías, después seguiríamos con los semestres, luego los grupos y así hasta llegar a la unidad estudiante, que, de acuerdo con la descomposición que estamos haciendo, sería el último nivel de recursividad. Es necesario recalcar que los niveles de recursividad dependen de la complejidad del sistema en estudio, y que en un mismo nivel, los sistemas comparten características similares (Arnold & Wade, 2015).

Al revisar la literatura encontramos diferentes propuestas en las que se aplica esta propiedad en problemáticas diversas: modelado matemático (Pirolli, 2009; Ljung y Söderström, 1993), educación (Jiménez, García, Azcárate y Navarrete, 2015; Velásquez y Gámez, 2016; Velásquez, Pérez y Urquiza, 2008) y otras ramas de la ingeniería (Gracceva y Zeniewski, 2015; Martínez, Morales y Gutiérrez, 2015; Kokotovic, Krstic y Kanellopoulos, 1992), entre otras. Sin embargo, en el ámbito educativo y concretamente en el área de desarrollo de software, no hay evidencia de este paradigma.

Métodos para el análisis y diseño del software

Hay múltiples métodos para desarrollar las diferentes etapas y tareas de análisis y diseño del software; dado que cada método guía la concepción, es lógico que afecte la perspectiva del diseño. En este sentido, los métodos pueden entenderse como herramientas cognitivas que guían la decisión sobre el problema que debe reconocerse en una situación de diseño.

Esta consideración ha generado especial interés para estudiar los métodos contextuales; por lo mismo, todos tienen en común un enfoque inductivo, de abajo hacia arriba, basados en la recopilación de datos empíricos y provenientes del medio donde el método será implantado. De los métodos contextuales destacamos dos: el diseño centrado en el usuario y el diseño participativo.

Diseño centrado en el usuario. En este método de diseño se establece que los diseñadores deben analizar el ambiente donde se implantará el

sistema, las características del usuario y de la organización, y las tareas y el contexto. Aunque aquí los usuarios son la fuente de información, el objeto de estudio y los participantes en la investigación del contexto, lo cierto es que no forman parte del equipo de diseño de sistemas.

El diseño participativo. Este método de diseño permite incorporarse directamente en el diseño del conocimiento y la evaluación de los usuarios: parte activa en el plan y evolución de las estrategias y metas surgidas en las técnicas de diseño de los sistemas de información (Sánchez & Valdés, 2008).

TÉCNICAS EMPLEADAS PARA EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Durante el empleo de las metodologías, métodos y herramientas se usan también técnicas de obtención de datos como entrevistas, estudios de necesidades e historias de usuario.

Entrevistas. Con las entrevistas se obtienen datos relacionados con la organización; por ejemplo, el devenir de la organización, la estructura, las necesidades de información y la descripción del sistema actual, entre otros aspectos que ayudan a entender la forma como se llevan a cabo las diferentes actividades en la práctica diaria de la organización.

Estudios de necesidades. Las necesidades de información son requerimientos de carácter objetivo para cada usuario o lector; están determinadas por el contenido semántico de la actividad que lleva a cabo el usuario o lector (definida por la temática de la información necesaria), la estructura de la actividad (estudios, recreativa o creadora, por ejemplo), las condiciones objetivas, subjetivas, materiales y sociales para su realización, así como las características sociopsicológicas y culturales del usuario, lector, categoría (segmento) o comunidad (Gauchi & Gauchi, 2017).

Historias de usuario. La historia de usuario es la técnica utilizada en metodologías ágiles para especificar los requisitos del software; se trata de

tarjetas de papel en las que el cliente describe las características que el sistema debe poseer: pueden ser requisitos funcionales o no funcionales. El tratamiento de las historias de usuario es muy dinámico y flexible, ya que en cualquier momento las historias de usuario pueden romperse, remplazarse por otras más específicas o generales, añadirse nuevas o modificarse (Loboguerrero, Castañeda & Arboleda, 2011).

Dado que esta propuesta plantea la propiedad de recursividad para afrontar la compleja aplicación de una metodología o modelo de desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada, es claro que sus soluciones no se limitan a ningún nivel específico ya que pueden aplicarse de manera continua, hasta que el investigador (en este caso estudiante/ingeniero) concluya su proyecto final.

Propuesta de desarrollo bajo el paradigma de recursividad

El modelo que decidimos ~~sale a~~ utilizar es el propuesto por Hincapié y Díaz (2014) y parte de la premisa de que se comporta como un sistema en términos generales: si el modelo de desarrollo es el suprasistema, sus fases o etapas son los sistemas y las acciones inherentes a cada fase son los subsistemas; las técnicas para desarrollar las acciones son un segundo nivel de subsistemas y, finalmente, las herramientas con las que se aplica cada técnica es el último nivel de subsistemas.

Es importante señalar que, como cualquier sistema, cada subsistema/acción tiene un objetivo o meta que cumplir (véase figura 2).

Para Tovar, *et al.* (2014), la RA se construye mediante tres acciones o etapas subsecuentes: reconocimiento de objetos, *tracking* o seguimiento de objetos, e iluminación y renderización o representación. En el desarrollo de la aplicación con RA la metodología propone cuatro fases (Hincapié y Díaz, 2014):

1. Definición de los requerimientos del sistema. En la fase de definición se recolectan los datos que servirán como punta de lanza en la toma de decisiones para comenzar, diseñar y desarrollar la aplicación. De las decisiones

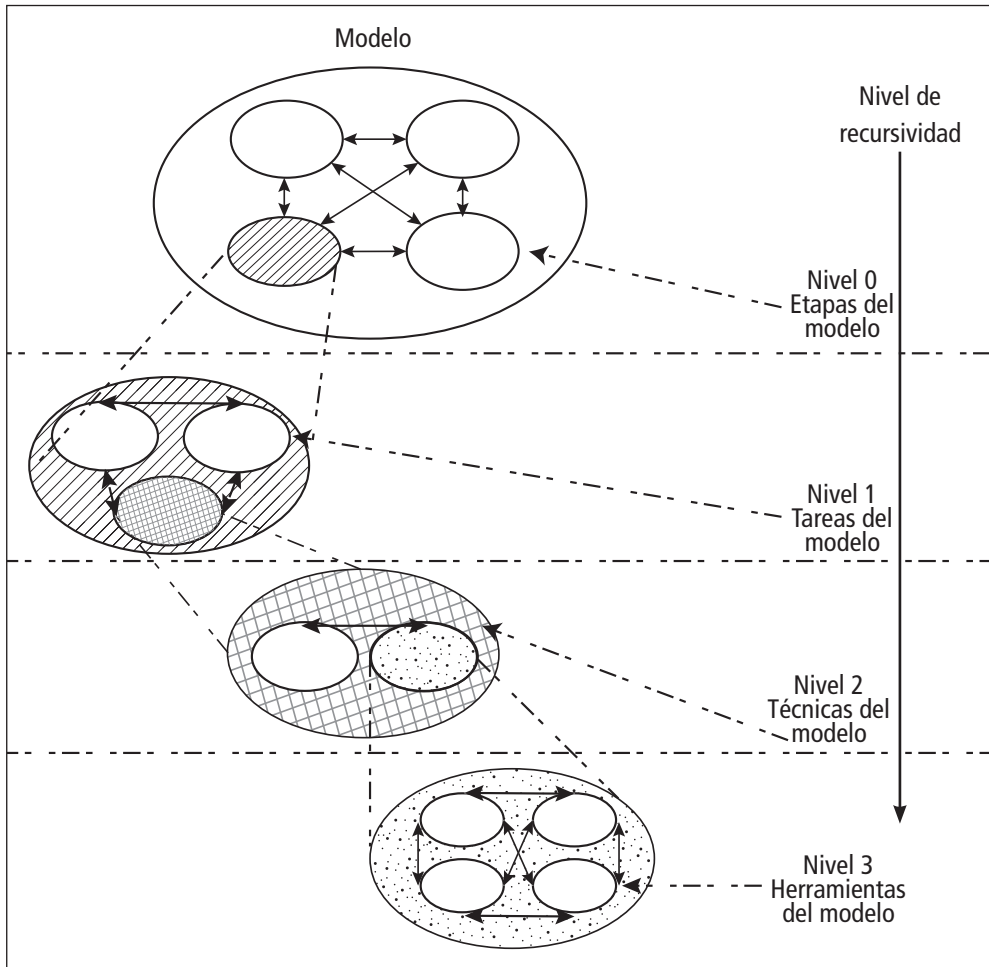


Figura 2. Recursividad del modelo Hincapié y Díaz

que aquí pueden orientarse destaca el tipo de aplicación que se pretende desarrollar y la tecnología más adecuada para su óptimo desarrollo.

2. Moderación del sistema y los recursos. En la fase de moderación se configura el software junto con los modelos definidos en la primera fase (pueden ser texto, imágenes, audio, video, modelos 3D o animación); su calidad está determinada por las restricciones de desempeño que los equipos en los que se utilizará la aplicación.

Para garantizar la calidad en la aplicación se toman en cuenta las limitaciones del hardware y se utilizan las técnicas experimentales de «factorial fraccionado» y «superficie de respuesta»; muy utilizadas cuando se tienen varios factores de la misma importancia y pueden interactuar entre sí. La idea base de los diseños factoriales consiste en cruzar los niveles de los factores en todas las combinaciones posibles (Fernández, Meneses & Martín, 2013).

3. Desarrollo. Durante la fase de desarrollo es necesario ejecutar tres actividades: el desarrollo de software, la integración de los contenidos al software desarrollado y la integración de los dispositivos de composición entre el usuario y el software desarrollado.

4. Evaluación. Durante la última fase se usan varios métodos para evaluar los aspectos de la aplicación desarrollada. En esta metodología se ha determinado que las métricas que definen el desempeño son: desempeño computacional y usabilidad.

Cuando se despliegan videos, modelos 3D o combinados, el desempeño computacional mide el tiempo de respuesta de la aplicación en milisegundos; en cambio, la usabilidad se determina mediante sondeos a usuarios y mide los procesos terminados en segundos, según las tareas efectuadas en la aplicación (Abubakar, Jahnkassim, & Mahmud, 2013) y resumidas en la tabla 1.

En la tabla 1 se muestra de forma general la manera como se aplica la propiedad de la recursividad en el modelo muestra y al que vemos como suprasistema; sus fases (que indican qué hacer) son los sistemas, y las acciones, los subsistemas.

Por ejemplo, aunque en el análisis se obtienen los requerimientos de un software o sistema de información, lo cierto es que nunca se muestra ni cómo hacerlo (técnica) ni cómo documentarlo (diagrama de PERT o Gantt), por lo que las acciones se desglosan en determinada fase, enfocándose en el *qué hacer*. El número de acciones depende de la complejidad de la problemática.

Fase	Acciones	Técnicas	Herramientas
Requisitos del sistema modelación del sistema (SMS)	Recopilar requisitos y requerimientos Planificar el proyecto	Entrevistas Historias de usuario Diagrama Gantt basado en Historias de usuario	Procesador de texto MS Project Herramienta de análisis para editar audio, video e imágenes MIT App Inventor 2
Modelación del sistema y los recursos	Modelar todos los recursos (módulos 3D, videos, fotos, audio) basados en las características de diseño Diseño de la interfaz de usuario Construir cada uno de los módulos de audio y video	Análisis contextual de tareas Análisis ergonómico y técnico Técnicas de edición	
Desarrollo	Desarrollar cada elemento de la interfaz de usuario Integrar la aplicación de software con los dispositivos de interacción	HTA Perspectiva funcional	
Evaluación	Evaluar la diferencia entre el desempeño predicho y real de la aplicación Redactar un test de usabilidad de la aplicación	Tarjetas de prueba Análisis de especificaciones técnicas	

Tabla 1. Ejemplo de recursividad en un modelo para aplicaciones con RA

Las técnicas corresponden al siguiente nivel de recursividad y con ellas se muestra el *cómo hacer*; es decir, ellas establecen las distintas opciones que permiten efectuar las acciones: una acción puede llevarse a cabo con diferentes técnicas.

El ultimo nivel de recursividad son las herramientas; corresponde al *con qué hacer*. Cada técnica cuenta al menos con una herramienta. Además, el modelo de desarrollo de aplicaciones con RA requiere métodos establecidos para la construcción del software.

APLICACIÓN DE UNA PARTE DE LA METODOLOGÍA A UN CASO PRÁCTICO EN LA APP DE REALIDAD AUMENTADA *REGÍSTRALO*

Se estima que en 2016 circulaban en México más de 38 millones de vehículos automotores y la entidad con el mayor registro durante el periodo 2010 a 2016 fue el Estado de México, con 5.1 millones de vehículos. En ese periodo el parque vehicular nacional se incrementó 23.1%; es decir, de 30.8 millones de vehículos que había en 2010, en seis años aumentó a 38 millones de unidades (Ocampo, 2016).

Como en la actualidad, la economía mexicana no permite que cualquier persona pueda comprar un vehículo automotor nuevo, es común que la gente busque opciones para conseguir uno de segunda mano; no obstante, adquirir un auto usado genera dos grandes riesgos para el comprador: que el auto esté en mal estado o que tenga problemas legales.

Nada menos, en 2017 la revista *Segunda mano* registraba más de 163 mil anuncios de autos y cada día aumentan casi cuatro mil anuncios en promedio; sólo de automóviles y camionetas. Se sabe que el promedio diario de autos vendidos por medio de esta revista es de mil 200; lo que supone 50 autos por hora (AMIS, 2018).

La técnica utilizada para construir esta aplicación de RA fueron las historias de usuario, en las que se recogen de forma general, sin formalismos técnicos, las principales necesidades del cliente.

Historia de usuario

Historia 1. Como usuario, dueño de un auto usado, *quiero* poder registrar mi vehículo *para* que, en caso de que haya un problema, yo mismo pueda modificar su estatus. Por ejemplo, si me lo roban, que ninguna persona adquiera problemas. Con la aplicación, alguien puede ver mi auto y notificarme con la misma aplicación, la ubicación; así yo puedo avisar a la autoridad competente.

HISTORIA DE USUARIO			
Número	1	Usuario	Dueños de autos
Nombre de Historia		Registro	
Prioridad en negocio	Alta	Puntos estimados	1
Riesgo en desarrollo	Baja	Iteración asignada	1
Descripción	Se debe realizar una interfaz que permita el ingreso y registro de usuarios nuevos que sean poseedores de autos y que deseen registrarlo en la plataforma		
Observaciones			

Cuadro 1. Historia de usuario

Historia 2. Como usuario sin auto, *quiero* ingresar a la App *para* poder conocer directamente el estatus legal de un automóvil, no por terceras personas que son las que se dedican a la compra venta.

La historia 1 describe la aplicación requerida de forma general. Una vez que se conocen las necesidades del cliente con sus propias palabras, las historias pueden descomponerse en tareas de usuario (también llamadas tarjetas de ingeniería), donde se describe con lenguaje técnico los requerimientos y se separa el trabajo en módulos (véase tarea 1 y 2).

Tareas de usuario

TAREA			
Número de tarea	1	Número de historia	1
Nombre de la tarea	Diseño de la interfaz de registro para usuarios y vehículos		
Tipo de Tarea	Desarrollo	Puntos estimados	0.3
Fecha de inicio	21-11-16	Fecha de fin	23-11-16
Descripción	Se desarrollará un formulario para que el usuario pueda registrarse asignado usuario y contraseña, así como código de verificación		

Cuadro 2. Tarea de usuario

TAREA			
Número de tarea	2	Número de historia	1
Nombre de la tarea	Dar de alta, baja, modificación de un vehículo para usuarios registrados		
Tipo de Tarea	Desarrollo	Puntos estimados	0.4
Fecha de inicio	23-11-16	Fecha de fin	27-11-16
Descripción	Elaborar un mecanismo para almacenar en el servidor las opciones de alta, baja y modificación de automóviles para usuarios registrados		

Cuadro 3. Tarea de usuario

CONCLUSIONES

El uso de metodologías y modelos de desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada implica un grado avanzado de conocimiento sobre su implementación. En estos modelos deben abarcarse de forma específica tanto la aplicación de técnicas para el desarrollo de sistemas de información, como los software y aplicaciones para diferentes tecnologías. Con la intención de facilitar la apropiación de los métodos, técnicas y herramientas, el paradigma de recursión apoya su asimilación ya que permite dar un orden sistemático, disciplinado y cuantificable en el desarrollo, funcionamiento y mantenimiento del software.

En este contexto, el enfoque de sistemas no sólo da una perspectiva específica sino también integral, lo que nos permite abordar y aplicar los conocimientos en la vida real. Visto así, la recursividad de los sistemas sirve como técnica para analizar y explicar el funcionamiento de las metodologías y modelos de construcción de aplicaciones de diferente complejidad.

Como lo define Richmond (1994), los estudiantes o ingenieros en computación deben posicionarse de tal forma que puedan ver tanto el bosque (metodología) como los árboles (acciones). De ahí que en este capítulo se haya evidenciado una de las fases de la metodología en una aplicación de realidad aumentada, con la finalidad de mostrar la potencialidad del enfoque sistémico y el paso a paso de los casos probables que deben considerarse en una aplicación de esta naturaleza.

REFERENCIAS

- Abubakar, J., Jahnkassim, S. & Mahmud, M. (2013). *User Requirements for Virtual Reality in Architectural Heritage Learning*. International Journal of Interactive Digital Media, 1, 1-9.
- Amaya, L., Amaya, L. y Santiago, J. (2017). *Evaluación del uso de la realidad aumentada en la educación musical*. Cuadernos de música, artes visuales y artes escénicas, 12(1).
- Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). *A definition of systems thinking: A systems approach*. Procedia Computer Science, 44, 669-678.
- Hernández, A. (2018). *Robo a camiones se incrementó en 200%, dice AMIS*. Revista Digital AMIS.
- Billinghurst, M., Clark, A. y Lee, G. (2015). *A survey of augmented reality*. Foundations and Trends in Human-Computer Interaction 8(2-3), 73-272.
- Fernández, M., Meneses, F. & Martín, G. (2013). *Realidad aumentada e innovación tecnológica en prensa. La experiencia de ver y escuchar un periódico impreso*. Estudios sobre el mensaje periodístico, 19(1).
- Fombona, J., Javier, F., Maria-Angeles, P. & MariCarmen, G. (2017). *M-learning y realidad aumentada: Revisión de literatura científica en el repositorio WoS*. Comunicar (Huelva, Spain), 25(52), 63-72.
- Gauchi, V. & Gauchi, R. (2017). *Study of the research methods and data collection techniques used in library and information science*. Revista española de documentación científica, 40(2), 175-185.
- Gracceva, F. & Zeniewski, P. (2015). *A systemic approach to assessing energy security in a low-carbon EU energy system*. Applied Energy, 123, 335-348.
- Gutiérrez, R., Duque, E., Chaparro, R. & Rojas, N. (2018). *Aprendizaje de los conceptos básicos de realidad aumentada por medio del juego Pokemon Go y sus posibilidades como herramienta de mediación educativa en Latinoamérica*. Información tecnológica, 29, 49-58.
- Hincapié-Montoya, E. & Díaz-León, C. (2014). *Descripción de un framework metodológico para el desarrollo de aplicaciones relacionadas con el patrimonio cultural*. Lampsakos, 12-18.
- Jiménez, R., García, E., Azcárate, P. y Navarrete, A. (2015). *Dimensión ética de la sostenibilidad curricular en el sistema de evaluación*

- de las aulas universitarias. El caso de la enseñanza aprendizaje de las ciencias.* Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 12(3), 536-549.
- Kokotovic, P., Krstic, M. & Kanellakopoulos, I. (1992). *Backstepping to passivity: recursive design of adaptive systems.* Proceedings of the 31st IEEE Conference on Decision and Control. Tucson, AZ, USA.
- Loboguerrero, A., Castañeda, L. & Arboleda, H. (2011). *Metodología Agil para equipos pequenos usando plataformas Microsoft.* Sistemas & Telemática, 9, 83.
- Ljung, L. & Söderström, T. (1983). *Theory and Practice of Recursive Identification.* Cambridge.
- Martínez, F., Morales, D. & Gutiérrez, L. (2015). *Una estrategia didáctica para la enseñanza de la ingeniería de software en educación superior tecnológica.* Anfei Digital, 2, 1-9.
- Ocampo, R. (2016). *Integrated geography and statistical expertise at INEGI.* Statistical Journal of the IAOS, 32(4), 503-507. doi:10.3233/SJI-160322.
- Pirolli, P. (2009). *Effects of Examples and Their Explanations in a Lesson on Recursion: A Production System Analysis.* Journal Cognition and Instruction, 8(3), 207-259.
- Richmond, B. (1994). *Systems Dynamics/Systems Thinking: Let's Just Get On With It.* International Systems Dynamics Conference. Sterling, Scotland.
- Saracchini, R., Rafael, S., Carlos Catalina, O. & Luca, B. (2015). *Tecnología asistencial móvil, con realidad aumentada, para las personas mayores.* Comunicar (Huelva, Spain), 23(45), 65-74.
- Sánchez, B. & Valdés, Y. (2008). *Diseño de Sistemas de Información Documental. Consideraciones teóricas.* Ciencias de la Información, 39(3), 21-29.
- Tovar, L., Bohórquez, J. & Puello, P. (2014). *Propuesta metodológica para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada.* Formación universitaria, 7, 11-20.
- Velázquez, J., Pérez, A. & Urquiza, J. (2008). *SRec: An Animation System of Recursion for Algorithm Courses,* Proceedings of the 13th annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, June 30-July 02, 2008, Madrid, Spain.

Velázquez, R. & Gámez, R. (2016). *Analysis of the academic culture in the context of new forms of knowledge production. Case of a mexican university*. Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas, 5(10).

El ciberturismo como alternativa para la protección de la mariposa monarca

ADRIANA BUSTAMANTE ALMARAZ, NORMA LIZBET GONZÁLEZ CORONA Y
SUSANA ESQUIVEL RÍOS*

RESUMEN. En este trabajo presentamos una propuesta que busca apoyar al turismo mediante un recorrido virtual y, al mismo tiempo, crear conciencia turística para evitar la tala de árboles y motivar la conservación de los recursos naturales. El estudio parte de la investigación efectuada a los alumnos de la licenciatura en turismo del Centro Universitario UAEM Valle de Teotihuacán, con la finalidad de conocer su grado de aceptación del ciberturismo y en particular al desarrollo de una aplicación de realidad virtual de las principales zonas turísticas de México. Aunque el grado de rechazo es menor, los entrevistados sugirieron tomar las medidas necesarias en un plan piloto antes de desarrollar el proyecto; además de considerar los gastos que implica fomentar la educación hacia zonas protegidas.

PALABRAS CLAVE: reserva de la biosfera, realidad virtual, aplicación móvil, mariposa monarca, modelado, ecoturismo.

ABSTRACT. In this paper we present a proposal that seeks to support tourism through a virtual tour and, at the same time, create tourist awareness to avoid cutting down trees and motivate the conservation of natural resources. The study is based on the research carried out on the students of the degree in tourism of the UAEM Valle de Teotihuacán University Center, in order to know their degree of acceptance of cyber tourism and in particular to the development of a virtual reality application of the main tourist areas of Mexico. Although the degree of rejection is lower, respondents suggested taking the necessary measures in a pilot plan be-

*Investigadoras del Centro Universitario UAEM Valle de Teotihuacán, de la Universidad Autónoma del Estado de México: abustamantea@uaemex.mx, nlgonzalez6@gmail.com, susanaer_re83@yahoo.com
Las gráficas, tablas y figuras fueron creadas por las autoras, a menos que se especifique lo contrario.

fore developing the project; In addition to considering the expenses involved in promoting education towards protected areas.

KEYWORDS: Biosphere reserve, virtual reality, mobile application, monarch butterfly, modeling, ecotourism.

Introducción

Ser un país con gran diversidad de ecosistemas, únicos e invaluableles, convierte a México en un fuerte atractivo para miles de turistas (nacionales e internacionales), al grado de ocupar el octavo lugar de los países más visitados del orbe; no obstante, paradójicamente eso también lo ha llevado a que se deterioren sus áreas naturales por la deficiente atención de las políticas públicas ambientales.

Es el caso de uno de los ecosistemas más afectados por la pérdida de bosques y la consecuente mortalidad de los famosos insectos: la reserva de biosfera de la mariposa monarca. De ahí que pretendamos incluir una aplicación móvil de realidad virtual donde se difunda el paraje el Rosario y muestre la realidad del ecosistema, tal como se aprecia en tiempo real, con la finalidad de crear conciencia de su conservación.

Además de explicar el ciclo de vida de la mariposa monarca con el software 3D Studio Max, en el trabajo diseñamos modelados con animaciones en tercera dimensión y, con el software Lumion, representamos los escenarios de animación virtual, tomando como base las opiniones de los turistas.

Para ello efectuamos un sondeo que nos permitió conocer su opinión como futuros especialistas en la rama; los entrevistados fueron alumnos de la licenciatura en turismo, del Centro Universitario UAEM Valle de Teotihuacán.

La intención de diseñar y desarrollar esta aplicación de realidad virtual es para apoyar al ecoturismo con un ambiente amigable y armónico, motivando al turista para que cuide el lugar natural de la mariposa monarca y

visite el santuario con responsabilidad; ambas medidas pretenden beneficiar económicamente a los pobladores de la comunidad.

Al usar esta aplicación (como introducción a la visita presencial al santuario o de manera remota), los usuarios recorren el hermoso habitat de la mariposa monarca mediante dos dispositivos: teléfono móvil y lentes de realidad virtual. Los segundos son los que le dan al usuario un entorno virtual para que disfrute el paraje el Rosario y viva una experiencia similar a la visita presencial.

El propósito de este tipo de herramientas tecnológicas de realidad virtual es no alterar los hábitos de la mariposa monarca con visitas en gran escala de turistas, pero tampoco impedirles disfrutar de ese hermoso paisaje de la naturaleza. Gracias a la aplicación móvil de realidad virtual es posible mostrar la realidad del ecosistema, tal como se encuentra en el momento, y al mismo tiempo crear conciencia de la importancia de su conservación.

Morales y Reyes (2016), en colaboración con Sánchez (2015), desarrollaron un video virtual en tres dimensiones a fin de modelar la pérdida forestal entre 2000 y 2014: como consecuencia, eso permitió que las personas que cuidan el santuario y el turismo que lo visita tomaran precauciones para respetar las indicaciones marcadas y así preservar el hábitat de la mariposa monarca. El video se publicó en 2016 y estuvo disponible durante un año en una página web para usuarios.

Ahora, nuestra propuesta es desarrollar las herramientas tecnológicas de apoyo al turismo con la intención de beneficiar la reserva de la biosfera de la mariposa monarca en México y hacerlas completamente accesibles para todos los interesados.

RESERVA DE LA BIOSFERA

Si bien la finalidad de las reservas de biosfera es impulsar la integración armónica de las poblaciones y la naturaleza, con miras a promover un desarrollo sostenible mediante un diálogo participativo y

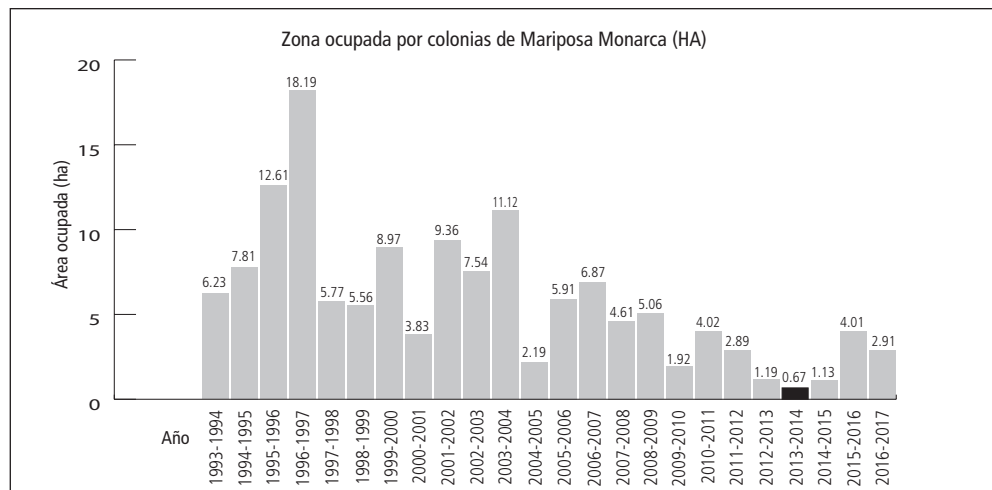
activo, desde el punto de vista turístico son espacios ideales para interpretar las relaciones humanas con la naturaleza mediante experiencias singulares (Reserva de la biosfera, 2017a).

En el entendido que el Programa MAB (*Man and the Biosphere Programme*) de la UNESCO considera las reservas de biosfera como «zonas de ecosistemas terrestres o costeros/marinos, o una combinación de ellos» (MAB, 2017).

Como destino turístico, una reserva de la biosfera tiende a dirigirse a un segmento del mercado interesado en conocer y disfrutar paisajes bien conservados, con alto nivel de protección (Reserva de la biosfera, 2017b); es el caso de los santuarios de la mariposa monarca, protegida por la creciente pérdida de colonia.

Tan sólo en los años 90, el promedio de ocupación de los lepidópteros era alrededor de seis hectáreas; en la última década ya registra una superficie de 2.91 hectáreas en 13 colonias: ocho en los santuarios de hibernación (2.22 hectáreas) y cinco fuera de ellos (0.69 hectáreas) (Méndez, 2017).

Figura 1. Decadencia de las colonias de mariposa monarca en México



La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) administra la reserva de la biosfera mariposa monarca, ubicada entre los estados de Michoacán y México, con una extensión de 56 mil 259 hectáreas, divididas en tres zonas núcleo con una superficie total de 13 mil 551 hectáreas y dos zonas de amortiguamiento de 42 mil 707 hectáreas de superficie total.

Cada otoño las mariposas monarca emprenden una maravillosa migración que empieza en Canadá y el noreste de Estados Unidos; millones de insectos cruzan la unión americana y el norte de México para llegar a su reserva del centro del país. A decir de la Comisión, la clave del éxito de la conservación y sustentabilidad es la educación (Conanp, 2017).

Considerando que en su acepción más moderna la conservación incluye el uso y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad en áreas protegidas federales, además de otras modalidades de conservación en determinadas zonas de influencia. Situación que sería imposible de no haberse modificado las conductas y valores de la gente que vive y se relaciona con los ecosistemas y su biodiversidad.

A su vez, la modificación de actitudes requiere de un proceso educativo que promueva la adquisición de conocimientos y el desarrollo de habilidades encaminadas a lograr la sustentabilidad.

Por ello, el objetivo de Conanp es transformar la actitud de las personas hacia el medio ambiente, y convertirlos en aliados de la conservación de los ecosistemas de la reserva de la biosfera mariposa monarca y su biodiversidad, a través de estrategias de educación que reconozcan su valor y provoquen la participación directa e indirecta en las tareas de conservación (Conanp, 2017).

En consecuencia, el monitoreo forestal de la zona núcleo de la reserva de la biosfera mariposa monarca 2014-2015 (figura 2) reveló que, como resultado de la tala clandestina, sólo en una de las 32 propiedades

agrarias de San Felipe de los Alzati, Michoacán (integrantes del Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca) se degradaron 19.13 hectáreas de bosque.

En tanto, según el análisis efectuado para el Fondo Monarca, con el apoyo y participación de la Alianza WWF-Telcel y el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se degradaron 21.01 hectáreas de bosques en la zona núcleo de la reserva.

De ellas, 19.90 fueron afectadas por la tala clandestina y 1.11 por sequías, plagas, rayos y deslaves. De las 19.90, 19.13 (96%) corresponde a la tala clandestina de gran escala en la comunidad de San Felipe de los Alzati, mientras que 0.77 a la tala hormiga en 11 propiedades agrarias (WWF, 2017).

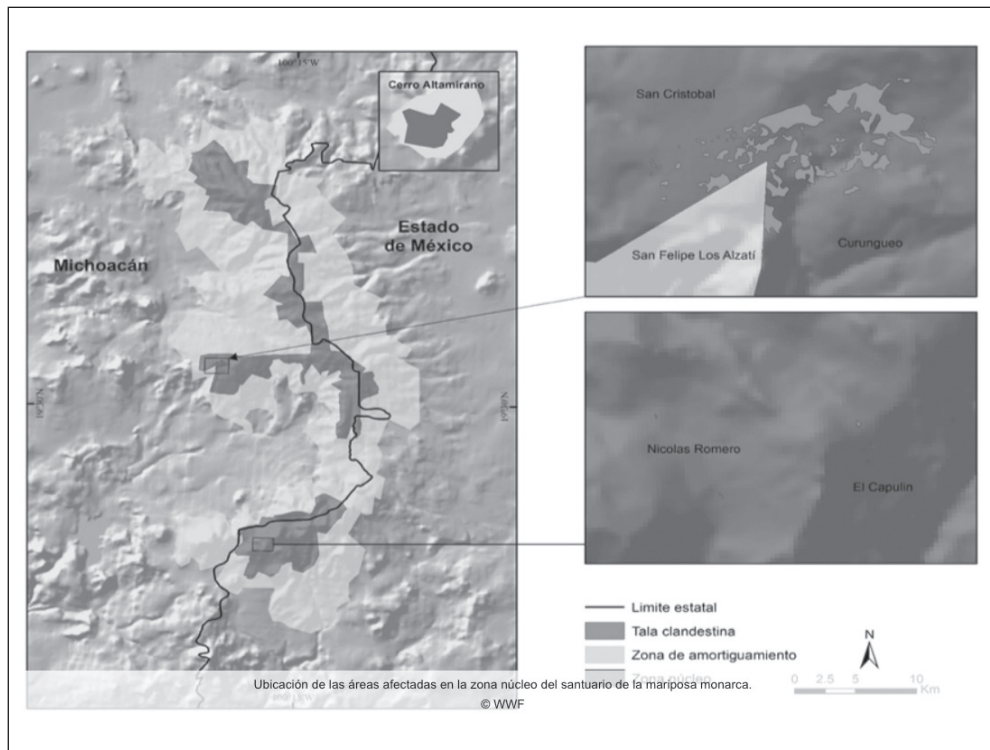


Figura 2. Ubicación de las áreas afectadas en la zona núcleo del santuario de la mariposa monarca

Por su parte, el ecoturismo es la acción de viajar por áreas naturales sin perturbarlas, con la finalidad de disfrutar, apreciar y estudiar tanto sus atractivos naturales como las manifestaciones culturales que pudieran encontrarse. El ecoturismo se conforma con la participación activa de las comunidades locales, la educación para la conservación y la derrama económica en la comunidad maximizada.

Al convertirse en un medio de vida que permite cubrir sus necesidades económicas, el ecoturismo educa y fomenta que las comunidades que habitan los sitios con excepcionales riquezas naturales se conviertan en sus más fervientes defensores (Sectur, 2014).

Si bien hay diversas formas de planear un viaje a los destinos de la reserva de la biosfera de la mariposa monarca en México (por una agencia de viaje, de forma independiente o con la nueva tendencia de marketing turístico mediante el uso de la tecnología), la herramienta tecnológica es la que se está impulsando como una ventaja competitiva en el turismo, ya que además fomenta una participación cada vez más activa.

TURISMO 2.0 CIBERTURISMO

Con la aparición de las nuevas tecnologías de la información y comunicación surge una ola revolucionaria que afecta todos los ámbitos (hogar, escuela, industria, trabajo) e impone nuevos estándares que cruzan la barrera del mundo virtual y se coloca como principal medio de convivencia humana.

Sin lugar a dudas el internet ha ayudado a suprimir las distancias geográficas, temporales e interpersonales y posicionarse como un medio indispensable en el mundo para promover todo tipo de cambios culturales llamados cibergéneros: la palabra escrita, los sonidos, los gráficos y las web son parámetros que los caracterizan positivamente y han modificado la manera de percibir, leer y vender los productos.

Si nos enfocamos en los productos del turismo digital que traspasan las fronteras del lenguaje, el espacio y el tiempo, los cibergéneros son los que han abierto la puerta al intercambio digital para llegar a configurarse como un espacio en continua construcción, desde donde se genera la comunicación abierta y global (Piñeiro, 2015).

Según Mapelli (2016), hay una nueva modalidad de turismo que permite difundir información de destinos turísticos, planear viajes, comercializar productos y permitir la comunicación directa con el cliente: el turismo electrónico (e-tourims), turismo móvil (m-tourism), turismo digital o ciberturismo y turismo 2.0.

Basándonos en lo anterior elaboramos la metodológica que nos permitiría diseñar y desarrollar el recorrido virtual del santuario de la mariposa monarca el Rosario: modelo de prototipo de ingeniería de software (Bustamante, 2017).

METODOLOGÍA

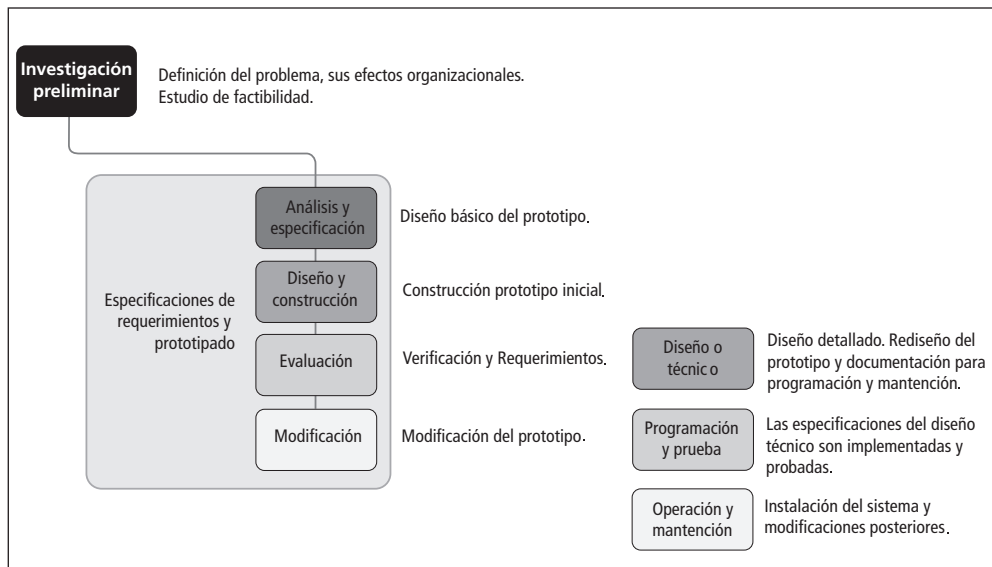


Figura 3. Metodología del software para el desarrollo de la aplicación móvil el Rosario

INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Como parte de la investigación preliminar, en septiembre de 2017 se efectuó una práctica de campo en el santuario el Rosario, con la intención de capturar imágenes y gráficos de las principales zonas; así como para hacer una exhaustiva recopilación multimedia del entorno y con ello elaborar los primeros prototipos de la aplicación. La idea era aprovechar la inactividad en el Rosario, ya que cuando empiezan a llegar las primeras mariposas al santuario se prohíben por completo los equipos de filmación y fotográfico en las zonas protegidas.

A fin de obtener los permisos necesarios que a su vez nos permitirían conseguir el material multimedia requerido para el proyecto, se tramitaron los permisos correspondientes ante la Conanp. Asimismo, para lograr la aceptabilidad del recorrido virtual, se diseñó y desarrolló un instrumento en escala Likert a fin de aplicarlo entre los ejidatarios y turistas que visitaron el santuario en ese momento.

En total fueron 81 personas a las que se les aplicó el instrumento; de ellas, 57 eran mujeres, 64% tenían una edad de entre los 21 y 30 años, 36% era menor de 21. Estos indicadores corresponden a los datos que la AMIPCI (Asociación Mexicana de Internet) presenta en su décimo tercer estudio sobre los hábitos de los usuarios de internet en México 2017, donde la edad del 72% de los internautas oscila entre los seis y los 34 años.



Figura 4. Conocimiento sobre el turismo de realidad virtual o ciberturismo

En la figura 4 se visualiza el resultado de la pregunta «¿Conoce el turismo de realidad virtual o ciberturismo?» Considerando al ciberturismo

como una modalidad del turismo tradicional que se vale de nuevas tecnologías para lograr una vivencia turística; es decir, una experiencia única que consiste en un viaje electrónicamente simulado.

El ciberturismo permite admirar diversos lugares gracias a los recursos multimedia (video, foto-galería y programas de contenido turístico) sin restricciones de tiempo. Puede hacerse mediante las páginas oficiales de turismo de diversos destinos, los blogs o las páginas electrónicas de viaje; de hecho –según la AMIPCI– un tercio de los internautas mexicanos interactúa con la publicidad que ve: en particular 63% se enfoca a turismo y viajes (Confianza, 2018).

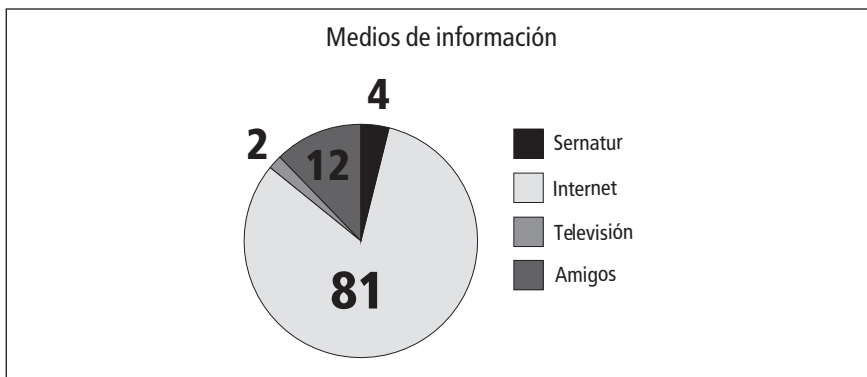


Figura 5. Medios más utilizados para conocer los detalles de un destino turístico

Aunque aparentemente el ciberturismo es una disciplina nueva, lo cierto es que lleva algunos años consolidándose como una herramienta para promover los paisajes naturales, los monumentos y las zonas de gran belleza, apoyada en plataformas emergentes que responden a los constantes cambios de la época; tal como se aprecia en la figura 5.

El principal medio de información de los destinos turísticos es la web; un ejemplo de esta herramienta es la plataforma TripAdvisor, donde los turistas se han convertido en personajes participes en la elección de sus destinos de viaje. Con la ayuda de las diversas plataformas en línea que comparten la experiencia de los usuarios, TripAdvisor significa una rica fuente de publicidad y mercadotecnia que puede ser de gran ayuda para nuestro país.

Al ser México uno de los diez países más biodiversos del planeta, con una superficie de casi dos millones de km², no es extraño que ocupe el octavo lugar de los sitios más visitados del mundo: nada menos, en 2016 recibió a 35 millones de turistas (un puesto más alto que en 2015). Además de sus singulares especies nativas, a México migran cada año variedades como la mariposa monarca, la tortuga marina, la ballena gris, los patos, los pelícanos, las águilas y los pájaros cantores.

Asimismo ofrece excelentes facilidades para disfrutar de ecosistemas tan variados como bosques, selvas, desiertos, sierras, costas, playas, arrecifes, islas, ríos y lagos, lagunas, cascadas, zonas arqueológicas, cavernas y muchos ambientes más (Barragán, 2018).

Sin embargo, a pesar de que las TIC son parte de la vida cotidiana, en los ítems correspondientes al grado de aceptación del ciberturismo, y en especial del desarrollo de una aplicación de realidad virtual de las principales zonas turísticas de México (como los santuarios), 25% de los encuestados se niega a conocer un sitio de manera virtual si antes no lo ha visitado presencialmente.

También, 35% está en desacuerdo con el turismo virtual; la razón es porque –dijeron– experimentarlo en un entorno virtual no se compara con la experiencia presencial: en particular por la falta de estímulos y factores únicos del momento.

Por último, 72% está de acuerdo con que se desarrollen aplicaciones virtuales de los principales sitios turísticos para atraer a más turistas y hacer consciente a la población de los cuidados que deben tenerse en las zonas protegidas. Sólo 6% se manifestó en contra con el argumento de que, lejos de fomentar el turismo, podría reducirse el interés.

El 22% se mantuvo neutral, sugiriendo que primero debería desarrollarse un plan piloto antes de tomar decisiones; además tener presente los costos que implicaría fomentar la educación en torno a zonas protegidas, entre otros gastos que representaría mantener estas áreas.

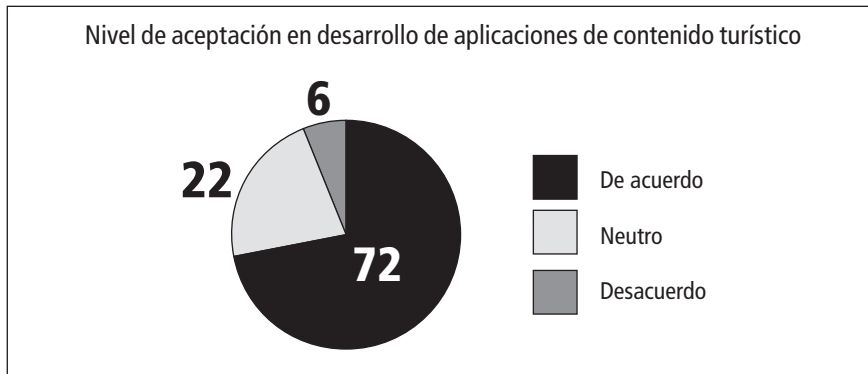


Figura 6. Aceptación del desarrollo de aplicaciones de contenido turístico

Los santuarios abiertos al público en el Estado de México son Parador Turístico el Capulín y Macheros, y Parador Turístico la Mesa; en Michoacán, el Parador Turístico el Rosario, Centro de Cultura para la Conservación Sierra Chincua y Parador Turístico Senguio.

El santuario el Rosario es una de las 41 reservas de la biosfera mexicana que, año con año, de noviembre a marzo, se convierte en el hogar de millones de mariposas monarca. La reserva de la biósfera está conformada por más de 16 mil 100 hectáreas, donde se encuentran los municipios de Contepec, Senguío, Angangueo, Ocampo, Zitácuaro y Áporo, en Michoacán; Temascaltepec, San Felipe del Progreso, Donato Guerra y Villa de Allende, en el Estado de México.

El sitio de hibernación de la mariposa monarca se encuentra ascendiendo por la montaña a lo largo de aproximadamente dos kilómetros de bosques de oyamel, pino y cedros, a una altitud de 3 200 msnm. El recorrido puede hacerse a pie o a caballo.

Lo que se pretende incorporar en el desarrollo de la aplicación móvil es la situación actual del santuario, un video explicativo del proceso de migración de la mariposa monarca y su ciclo de vida y reproducción. Además de alguna otra información que ayude a la conservación de la especie y el habitat (como educar al turista para que sepa cómo conservar el santuario).

Asimismo, con la aplicación móvil desarrollada se pretende mostrar un futuro alternativo si se continúan deteriorando los recursos naturales del santuario; de esta manera el usuario podrá valorar la importancia de conservar la naturaleza.

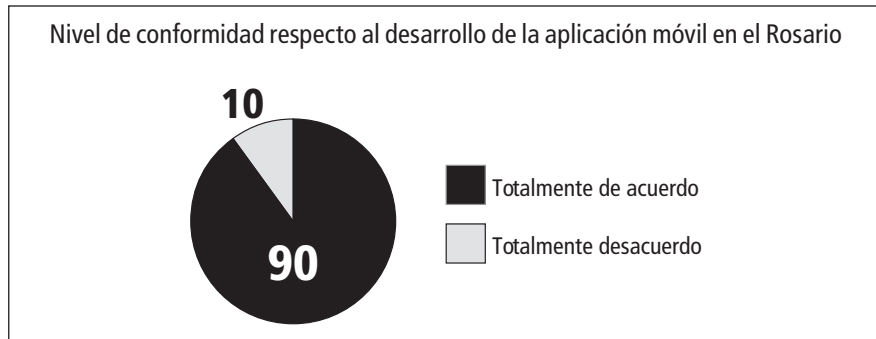


Figura 7. Desarrollo de una aplicación móvil sobre el Rosario

En la figura 7 se refleja la respuesta de las personas encuestadas acerca del desarrollo de una aplicación móvil para la divulgación del santuario de la mariposa monarca el Rosario; en la figura 8 se ve el desembolso que los usuarios estarían dispuestos a hacer para adquirir una aplicación que les permitiera el acceso al recorrido turístico virtual.

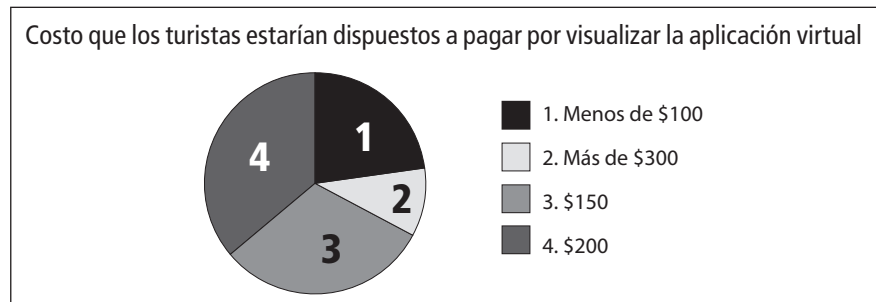


Figura 8. Costo máximo para adquirir una aplicación de recorrido de realidad virtual con enfoque turístico

Una vez culminada la etapa de investigación preliminar del modelo de prototipo de ingeniería de software, se procedió a analizar los resultados con la finalidad de proceder a la segunda etapa de diseño técnico para la elaboración del recorrido virtual.

DISEÑO TÉCNICO

Antes de desarrollar el proyecto fue necesario crear los modelos 3D en Autodesk 3D Max a fin de poder modificar las formas para usarlas en su momento; además de asignarles texturas y movimientos antes de exportarlas al software Lumion, que permite crear los paisajes por defecto e insertar los diseños 3D para el desarrollo de escenarios: igualmente permite el entorno virtual del santuario de la mariposa monarca.

DESARROLLO DE LA MARIPOSA MONARCA 3D

El detalle técnico que se siguió para desarrollar y modelar la mariposa monarca en el software 3D Max se describe a continuación.

1. Modelado de la mariposa monarca. Para modelar la mariposa monarca se emplearon figuras primitivas que luego, por medio de los ajustes de malla, se fueron deformando hasta lograr las partes de su cuerpo; su elaboración requirió seleccionar primero ciertos puntos de la malla para insertar luego un cilindro, como se muestra en las figuras 9.1 y 9.2.

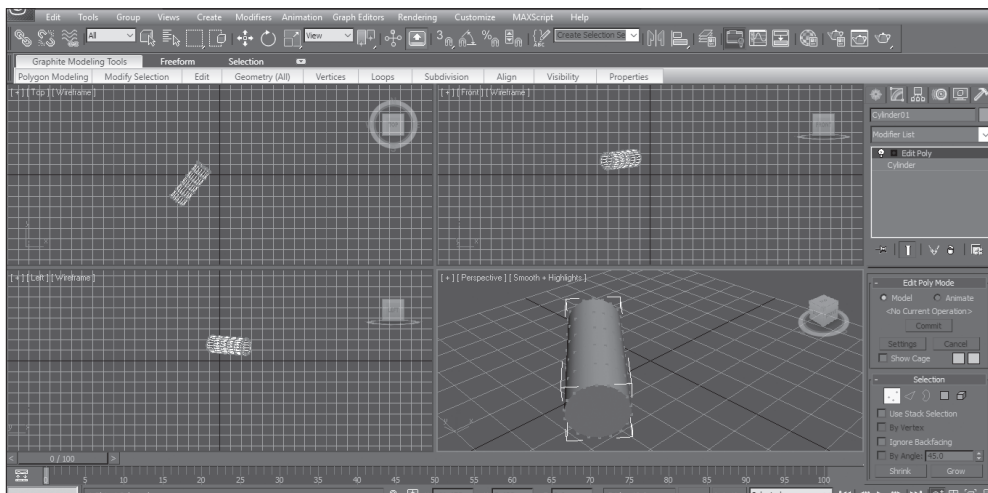


Figura 9.1. Modelado del cuerpo de la mariposa monarca

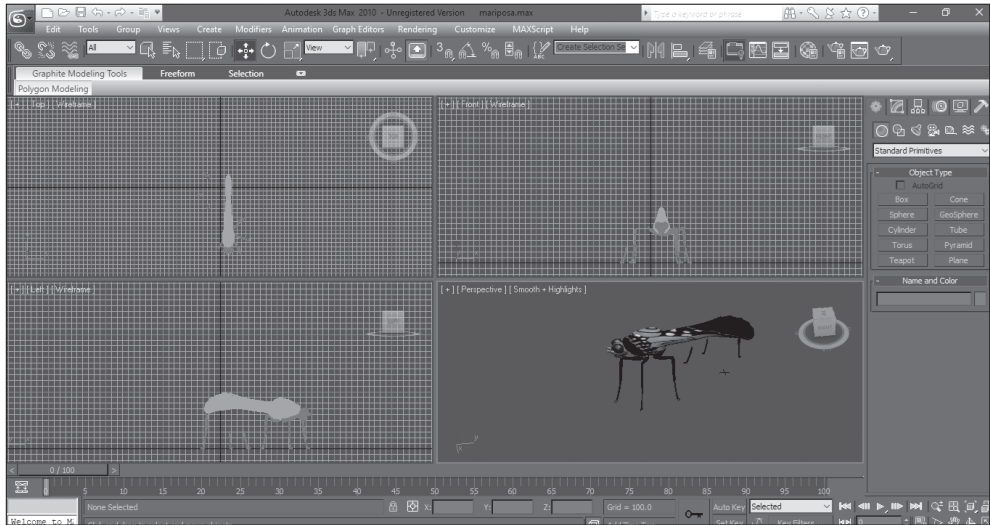


Figura 9.2. Modelado del cuerpo de la mariposa monarca

2. Modelado de las alas. Las alas de la mariposa se modelaron insertando primero dos rectángulos para colocarles la malla y poder modificar sus vértices; después, mediante un nuevo modelado se crearon las alas simétricas, como se muestra en las figuras 10.1 y 10.2.

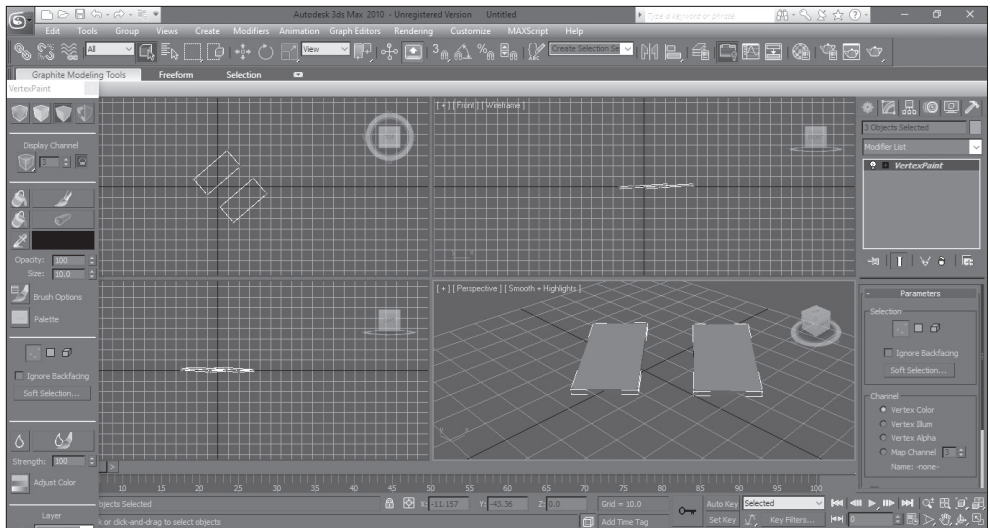


Figura 10.1. Modelado de las alas asimétricas de la mariposa monarca

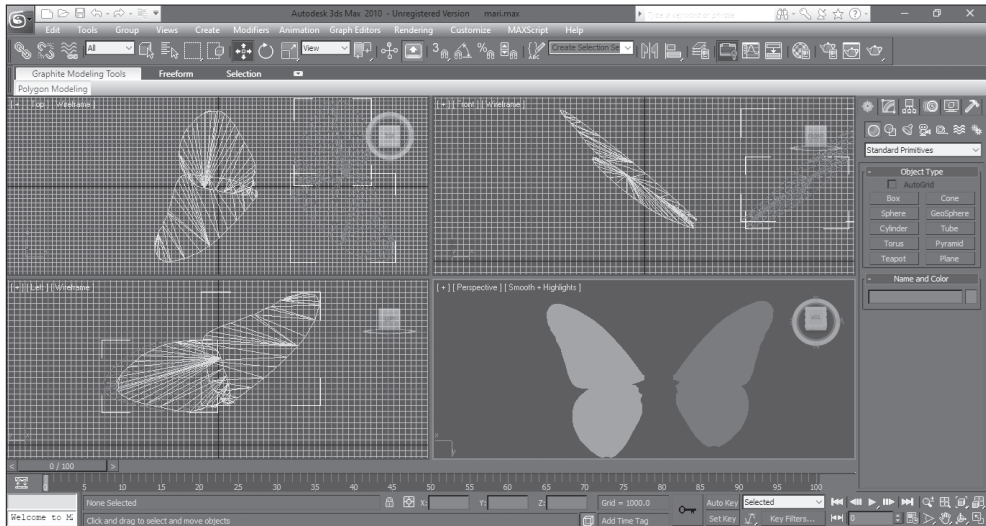


Figura 10.2. Modelado de las alas asimétricas de la mariposa monarca

3. Creación de la cabeza y las antenas. Para crear la cabeza y las antenas de la mariposa monarca se insertó una esfera de tamaño medio, dos cilindros delgados y dos esferas pequeñas; el modelado por malla permitió darle una forma realista, como se observa en la figura 11.

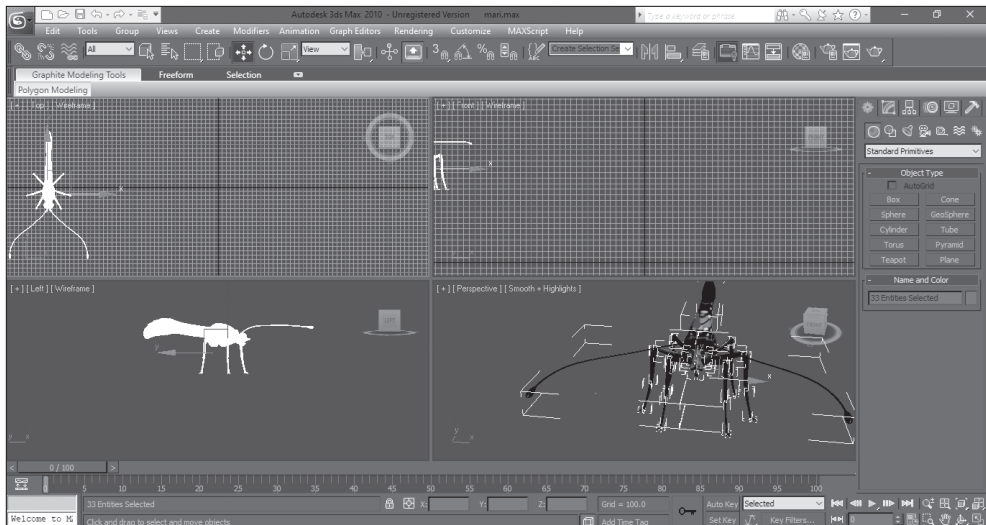


Figura 11. Modelado de la cabeza y las antenas de la mariposa monarca

4. Unión de las partes. Una vez que se dispone ya de todos los elementos, se unen las partes y se visualiza la mariposa; como se muestra en la figura 12.

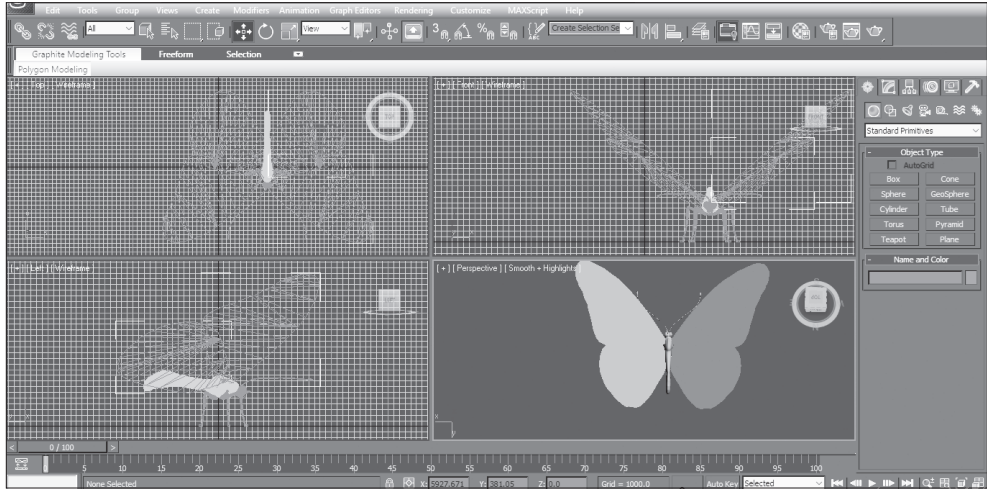


Figura 12. Unión de todas las secciones de la mariposa monarca

5. Texturización. Culminados los pasos anteriores, la mariposa ya se encuentra armada, por lo que se comienza a darle textura; para ello se selecciona la imagen que representará a la mariposa monarca y con un poco de modelado se obtiene el objetivo, como se muestra en la figura 13.

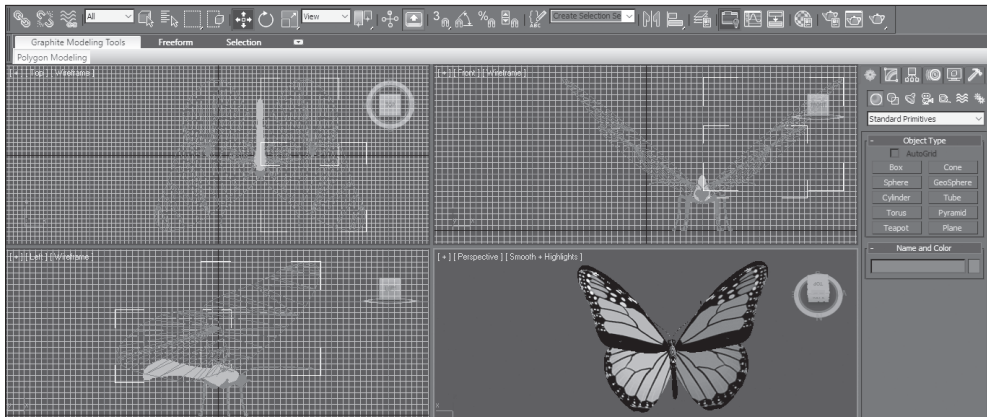


Figura 13. Texturizado de la mariposa monarca

6. Asignación de movimiento. Ya terminada la mariposa, se le asigna movimiento seleccionando los vértices de las alas y, por medio del auto key que introduce 3D Max, se le da el movimiento en intervalos de tiempo determinado, o bien se crean bucles para que la mariposa semeje un ser vivo con movilidad; como se ve en las figuras 14.1 y 14.2.

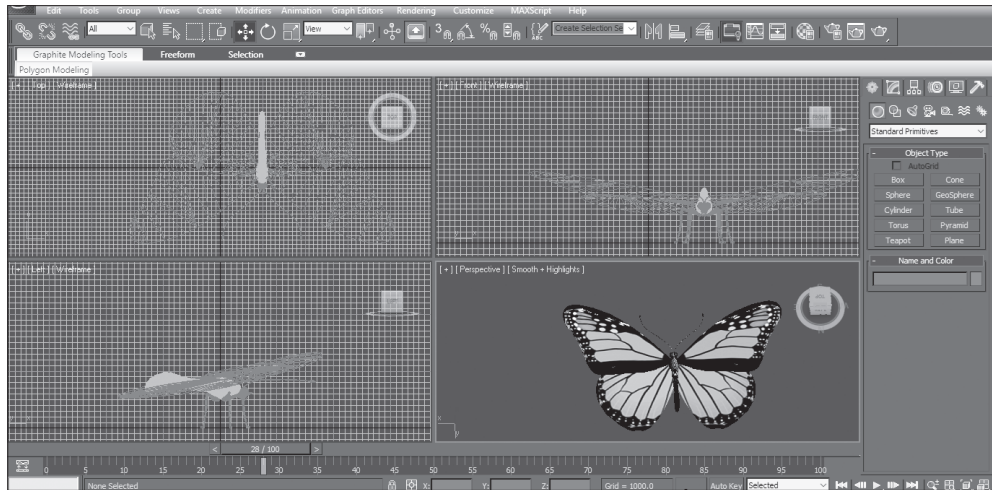


Figura 14.1. Aplicación del movimiento virtual al objeto mariposa monarca

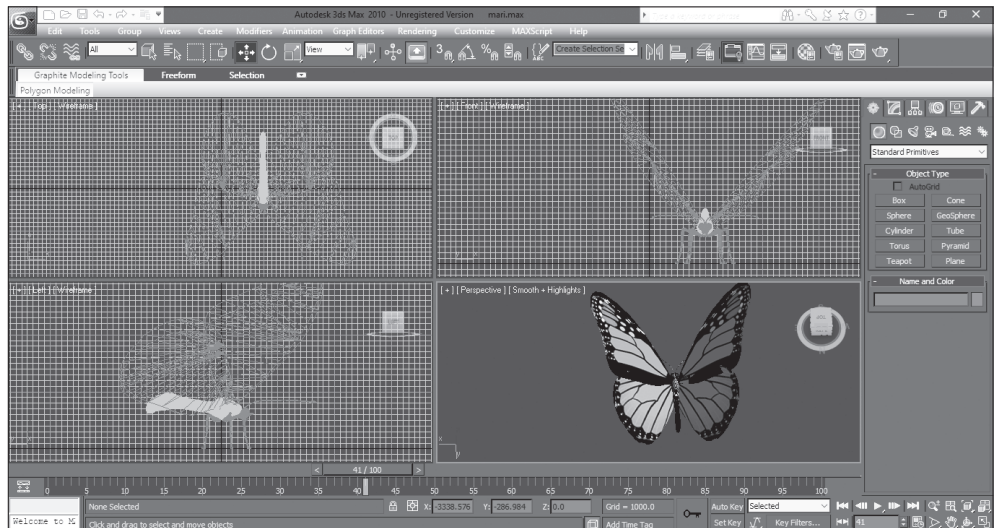


Figura 14.2. Aplicación del movimiento virtual al objeto mariposa monarca

Una vez obtenido el modelado de la aplicación en 3D, se crea el recorrido virtual mediante la renderización en el software Lumion; fase en la que nos encontramos actualmente. Posterior a ello se generará la aplicación para Smartphone y los lentes de RV, con la finalidad de que al emplearlos se pueda visualizar el recorrido virtual del santuario el Rosario.

CONCLUSIONES

Los cibergéneros son una de las herramientas de gran impacto en la vida de los seres humanos actuales, por lo mismo no deben minimizarse los resultados que podrían obtenerse con ellos cuando se usan apropiadamente. En nuestro caso, el ciberturismo ayuda a influir positivamente en las personas para que cuiden las áreas de recreación naturales; como la reserva de la biosfera, los parques y las zonas arqueológicas.

Como ha sucedido ya en otros países, el ciberturismo contribuye a incrementar el turismo; sobre todo cuando los destinos son muy costosos o cuando se tienen limitaciones físicas para trasladarse a ellos. Es entonces cuando la creación de animaciones con el software 3D Max y Lumion como el del santuario de la mariposa monarca el Rosario son una opción.

Una vez que se haya concluido la aplicación de realidad virtual entraremos en la etapa de pruebas e implementación en los dispositivos móviles, con lentes de realidad virtual 3D VR compatibles con los sistemas operativos Android e iOS. Sabemos que será un parteaguas para el fomento del ciberturismo y de una sociedad más preparada e informada de las culturas del mundo.

REFERENCIAS

Barragán, S. (2018). «Ecoturismo en México». *México Desconocido*. Recuperado de <https://www.mexicodesconocido.com.mx/ecoturismo-en-mexico.html>, consultado el 14 de enero de 2018.

- Bustamante, A. (2017). *Diseño de una aplicación móvil con realidad virtual como instrumento de desarrollo turístico para el paraje de Piedra Herrada*, en M. Prieto (ed). Tecnología y Aprendizaje. Avances en el Mundo Académico Hispano, 616-617. España: CIATA.org.
- Conanp. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, AC (2017). *Mariposa Monarca*. Recuperado de <http://mariposamonarca.conanp.gob.mx/index.php>, consultado el 25 de enero de 2017.
- Confianza, S. & Trabajo, B. (2018). *13 Estudio sobre los hábitos de los usuarios de internet en México 2017*. Asociaciondeinternet.mx. Recuperado de <https://www.asociaciondeinternet.mx/es/component/remository/Habitos-de-Internet/13-Estudio-sobre-los-Habitos-de-los-Usuarios-de-Internet-en-Mexico-2017/lang.es-es/?Itemid=>, consultado el 28 de enero de 2018.
- MAB. (2017). *Man and the Biosphere Programme*. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/en/naturalsciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/about-mab/>, consultado el 2 de agosto de 2019.
- Mapelli, G. (2016). *Guías de viaje 2.0: léxico y metadiscursio*. Ibérica, 31, 149-174. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=287045359008>
- Méndez, E. (2017). «Ven disminución en llegada de mariposas monarcas a México», en *Excélsior*. Recuperado de <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2017/02/09/1145360>, consultado el 13 de noviembre de 2017.
- Morales, M. & Reyes, A. (2016). «Simulación del deterioro ambiental en el santuario el Rosario, mediante un video virtual en tres dimensiones», en tesis de licenciatura en informática administrativa, del Centro Universitario UAEM Valle de Teotihuacán.
- Piñeiro, M. & Laurence, C. (2015) «Espacios virtuales para el léxico del turismo: diccionarios y glosarios en la red», en *Turismo y representación espacial*. Publisher: URJC, Editors, 23-46.
- Rendón S. (2017). «Superficie de bosque ocupado por la mariposa monarca en los santuarios de México». Recuperado de http://awsassets.panda.org/downloads/superficie_de_bosque_ocupado_por_la_mariposa_monarca_en_los_santuarios_de_mexico__2016_2.pdf, consultado el 14 de diciembre de 2017.

- Reservas de biosfera. (2017a). Unesco.org.uy. «Reservas-de-biosfera». Recuperado de <http://www.unesco.org.uy/mab/es/areas-de-trabajo/ciencias-naturales/mab/programa-mab/reservas-de-biosfera.html>, consultado el 24 de octubre de 2017.
- Reservas de biosfera (2017b). Unesco.org.uy. «Reservas-de-biosfera». Recuperado de <http://www.unesco.org.uy/mab/es/areas-de-trabajo/ciencias-naturales/mab/programa-mab/reservas-de-biosfera.html>, consultado el 13 de noviembre de 2017.
- Sánchez, E. (2015). «Simulación del deterioro ambiental en el santuario el Rosario mediante un video virtual en tres dimensiones», en M. Prieto (ed). *Tecnología y aprendizaje. Avances en el mundo académico hispano* (616-617). España: CIATA.org.
- Sectur. (2014). Secretaría de Turismo. Obtenido de Secretaria de Turismo <http://www.sectur.gob.mx/hashtag/2015/04/17/ecoturismo/>
- WWF. Central América Creative Commons. (2017). «Se concentra en una comunidad 96% de degradacion forestal en santuarios de mariposa monarca». Recuperado de <http://www.wwfca.org/?251350/Se-concentra-en-una-comunidad-96-por-ciento-de-degradacion-forestal-en-santuarios-de-mariposa-monarca-2014-2015>, consultado el 8 de marzo de 2017.

CAPÍTULO 3

De pata de perro por el Estado de México

Aplicación con realidad aumentada

NANCI YAZMÍN MÚZQUIZ LEÓN Y ANABELEM SOBERANES MARTÍN*

RESUMEN: En los periodos vacacionales o días festivos es común que las personas busquen lugares atractivos para distraerse y pasarlos en familia. Tomando como referencia el programa del gobierno estatal pueblos mágicos, desarrollamos el proyecto Pata de Perro con la intención de ofrecer una guía rápida de los lugares emblemáticos del Estado de México. La propuesta es utilizar la realidad aumentada sobre un mapa del estado donde se muestren las principales atracciones de los distintos pueblos mágico que forman parte de la entidad.

PALABRAS CLAVE: realidad aumentada, pueblo mágico, marcadores, tecnologías de la Información, dispositivo móvil, pata de perro

ABSTRACT: In holiday periods or holidays, people often look for attractive places to get distracted and spend as a family; taking as reference the program of the state government magical towns, we developed the Pata de Perro project with the intention of offering a quick guide to the emblematic places of the State of Mexico. The proposal is to use augmented reality on a map of the state where the main attractions of the different magical towns that are part of the entity are shown.

KEYWORDS: Augmented reality, magic town, markers, Information Technology, mobile device, dog paw.

*Investigadoras del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, de la Universidad Autónoma del Estado de México: jazk_02@yahoo.com.mx y asoberanesm@uaemex.mx

Las gráficas, tablas y figuras fueron creadas por las autoras, a menos que se especifique lo contrario.

Introducción

Pata de Perro es un proyecto que utiliza la realidad aumentada (RA) para recorrer el Estado de México, con la finalidad de ofrecerles a las personas que les gusta viajar como turistas una opción que les permita conocer puntos emblemáticos e históricos de uno de los 32 estados que conforman el país; cuyo sistema político está constituido por tres ámbitos de gobierno: federal, estatal y municipal (Ziccardi, 2003).

Aunque la gente lo llama simplemente «México», el nombre oficial del país es Estados Unidos Mexicanos. Proviene de tres palabras náhuatl: *meztli*, «luna»; *xictli*, «ombligo» o «centro»; y *co*, «lugar»: literalmente México significa «ombligo de la luna», o «centro del lago de la luna».

El Estado de México, concretamente, se fundó el 2 de marzo de 1824 (México, 2018) y se ubica en la región centro sur del país: limitado al norte con Querétaro, al noreste con Hidalgo, al este con Tlaxcala, al sureste con Puebla, al sur con Morelos, al suroeste con Guerrero y al oeste con Michoacán; su geografía hace que rodee a la Ciudad de México, donde se encuentra el distrito federal o centro de los poderes. La superficie del Estado de México es de 22 mil 357 km²; constituido por 125 municipios y su capital, Toluca de Lerdo.

Con la finalidad de reorientar a las localidades con trayectoria en economía turística, en 2001 el gobierno estatal generó una estrategia de desarrollo turístico con enfoque internacional llamada Programa Pueblos Mágicos (PPM). La intención de este programa es hacer que el turismo contribuya a fomentar la inversión y aprovechar los recursos naturales y culturales de los sitios identificados como pueblo mágico (Hoyos & Hernández, 2008).

De ahí que su objetivo sea fomentar el desarrollo sustentable de las localidades que cuentan con atributos singulares y auténticos por medio de sus atractivos y su marca exclusiva; además de motivar a los viajeros a cumplir con las normas que se presenten (Sectur, 2018).

Cabe mencionar que un pueblo mágico es una localidad con determinados atributos (en general simbólicos, como leyendas, historia, hechos relevantes, cotidianidad y magia) que se esparcen en cada una de sus manifestaciones socioculturales y significan una oportunidad de aprovechamiento turístico.

Otra característica de los pueblos mágicos es que poseen una población de 20 mil habitantes. Para que un municipio pueda participar del programa debe cumplir con requisitos como involucrar a la sociedad y a las autoridades locales, contar con instrumentos de planeación y regulación, impulsar el desarrollo municipal, disponer de servicios y atractivos, poseer un valor singular, con condiciones y espacios territoriales adecuados para impactar al turismo de la localidad y áreas de influencia, así como desarrollar capacidades locales (Serna, 2008).

Visto así, el Estado de México cuenta con nueve pueblos mágico y 22 pueblos con encanto; todos con grandes atractivos de esparcimiento y convivencia, orgullo de la región. Los pueblos con encanto del bicentenario, por su parte, forman parte de un programa expresamente creado para celebrar el bicentenario de la Independencia, reconociendo a las localidades que han sabido preservar su riqueza cultural e histórica, a través de mostrar su autenticidad, su encanto ancestral y su carácter pintoresco (Sectur, 2018).

Con el deseo de rescatar las costumbres, la convivencia familiar y las tradiciones hicimos uso de las tecnologías de la información (TI), a fin de desarrollar una aplicación para dispositivos móviles, capaz de servir como guía rápida mediante el uso de realidad aumentada.

Vale la pena mencionar que la RA es una nueva ventana por la que puede observarse el mundo enriquecido, y a la vez permite potencializar los sentidos con un nuevo lente apoyado en la información del mundo real; la RA incluye aquellas tecnologías que permiten la superposición en tiempo real de imágenes, marcadores o alguna otra información generada de manera virtual sobre imágenes del mundo real.

Con la superposición se crea un entorno en el que se mezclan aspectos virtuales con físicos; el resultado es la posibilidad de ofrecerle al usuario una experiencia que le permita creer que es parte de su realidad cotidiana; sin importarle que sea la tecnología lo que lo hace posible (Telefónica, 2011). La realidad aumentada no reemplaza al mundo real por uno virtual: lo complementa con información virtual superpuesta; como en ningún momento el usuario pierde contacto con el mundo real, todo el tiempo puede interactuar con información virtual (Basogain, 2019).

Sabemos que el uso de las TI no sólo se ha extendido sino que ha adquirido gran aceptación en diferentes situaciones de la vida cotidiana; la más sobresaliente es el internet. Donde mayor aplicación tienen la realidad virtual y la realidad aumentada es en el sector educativo y en el comercio (Zúñiga, Amador, Mejía, Morales, & Mota, 2014).

En México se han desarrollado aplicaciones para el Museo Nacional de Arte o las zonas arqueológicas de Teotihuacán y Tulum, por ejemplo; para ello los desarrolladores recolectan primero información relevante acerca de las esculturas y pirámides, luego –mediante la lectura de códigos QR y realidad aumentada– se le ofrece al visitante información complementaria en videos, audios o textos.

Empresas e instituciones educativas como ArpaSolutions y VirtualWare se han interesado por la realidad aumentada y han desarrollado –la primera– el libro interactivo de *Monumentos andaluces* y –la segunda– el proyecto *Big-Bang 2.0*, cuya función es fomentar el uso de materiales didácticos digitales; proyectos como *Piano virtual* y *Partitura virtual* ofrecen la posibilidad de tocar melodías como si el usuario tuviera el instrumento musical en físico (Ruiz, 2011).

Entonces, considerando que la RA tiene aplicación y funcionalidad en diversos sectores, nos surgió la idea de desarrollar una guía turística para los pueblos mágicos y pueblos con encanto del Estado de México (además de otros lugares representativos) con el propósito de ofrecerles a los usuarios –mediante la realidad aumentada– una noción de lo que podrán encontrar cuando los visiten.

Para ello los usuarios disfrutaron de las imágenes representativas que se le proyectan y se da una idea de lo que puede encontrarse en cada punto, gracias al panorama general que se le proporciona.

DESARROLLO

La propuesta «Pata de perro recorrido por el Estado de México con realidad aumentada» se basó en la metodología de desarrollo de sistemas (Kendall & Kendall, 2011); en la figura 1 se muestran sus etapas. Su nombre hace alusión a las personas que les gusta viajar y salir del lugar donde viven para no quedarse en el mismo sitio, en la misma ciudad o en el mismo pueblo.

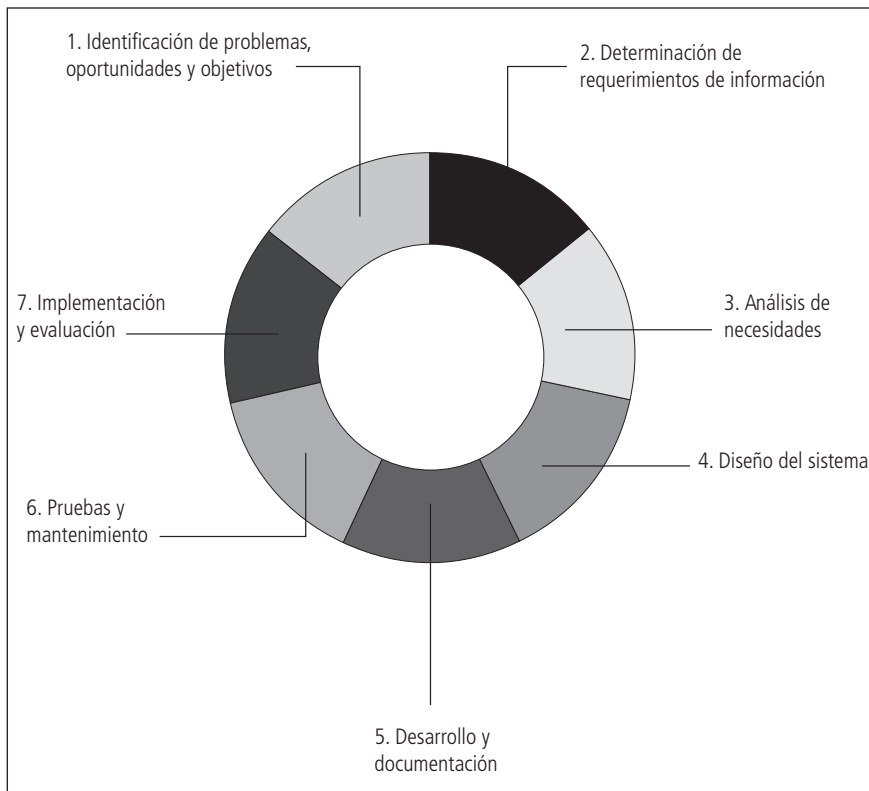


Figura 1. Etapas de la metodología de desarrollo de sistemas (Kendall & Kendall, 2011)

A continuación describiremos las actividades efectuadas en cada fase de la metodología; en esta primera versión se desarrollaron seis de las siete etapas.

1. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS, OPORTUNIDADES Y OBJETIVOS

En principio se detectaron 31 puntos de interés y todos fueron considerados. A continuación se determinaron los lugares con mayor índice de visitantes y atracciones (Sectur, 2018) con la idea de tomar una muestra del 50% (15 lugares) para empezar el recorrido turístico *Pata de perro*. Estos son lugares de la muestra:

1. *Tepetzotlán*: entre sus atracciones están el Museo Nacional del Virreinato, el Parque Ecológico Xochitla y los arcos del sitio.
2. *Malinalco*: cuenta la leyenda que el dios Huitzilopochtli abandonó a su hermana Malinalxóchitl en ese lugar, porque complicaba el trayecto con sus hechizos; en su honor, los aztecas erigieron uno de los más importantes centros ceremoniales y militares de la época.
3. *Valle de Bravo*: su mayor atractivo es la presa del pueblo, en cuyo embarcadero se rentan lanchas para pasear o pescar; también cuenta con la cascada velo de novia y pueden rentarse cabañas.
4. *El Oro*: su palacio municipal es una destacada obra arquitectónica por sus líneas y decoraciones con acabados en madera; el mirador permite tener una vista del paisaje municipal y pueden visitarse el Museo de Minería y las presas Brockman y Victoria, donde se permite la pesca deportiva y el paseo en lancha.
5. *Metepec*: en el centro de Metepec se encuentran un elegante kiosco y una gran fuente de aguas cristalinas; en los pasillos de su mercado artesanal destacan cazuelas, nacimientos, santos y ángeles.

6. *Aculco*: sus calles empedradas conservan aún su aspecto virreinal, por lo que ha sido declarado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) patrimonio de la humanidad; la hacienda Cofradía traslada a los visitantes a otra época. Como atractivos naturales tiene la cascada Concepción y la cascada de Tixhiñù.
7. *Ixtapan de la sal*: su principal atractivo son sus balnearios de aguas termales; su parroquia de la Asunción es una obra sobria y elegante y sus fuentes danzantes son un espectáculo nocturno digno de apreciar.
8. *Teotihuacán y San Martín de las Pirámides*: es muy conocida la calzada de los muertos que va de la pirámide del Sol a la pirámide de la Luna, pasando por los templos de Quetzalcóatl y Quetzalpapálot; también cuenta con el Jardín de las Cactáceas, cuyas trece hectáreas exhiben más del 60% de las especies de cactus que hay en el territorio nacional. También cuenta con campamentos y actividades de rapel y tirolesa.
9. *Villa del Carbón*: está rodeado por parte de la sierra de Monte Alto, su Parque Presa del Llano tiene un pequeño embalse con una isla ideal para caminatas y días de campo, la Peña de la Bufa es un mirador natural que permite apreciar sus arroyos y cascadas.
10. *Acolman*: es uno de los siete pueblos chichimecas, fundado en el siglo XIII por la cultura acolhua; con la llegada de los misioneros agustinos, el pueblo adquirió el nombre de San Agustín de Acolman: a ellos se deben las posadas, las piñatas y la representación del nacimiento de Jesús.
11. *Amanalco*: Con grandes paisajes, Amanalco ofrece la inmersión y contemplación de la naturaleza como uno de sus atractivos: el Parque Ecoturístico Corral de Piedra, con quinientas hectáreas, propicia el desarrollo de abundante fauna y cuenta con un frondoso bosque que permite el ciclismo y las caminatas, lo mismo

que un hermoso lago ideal para remar y pescar truchas. Se puede acampar o rentar alguna cabaña.

12. *Nopaltepec*: ofrece la oportunidad de conocer el Templo de Santa María de la Asunción, con un gran atrio arbolado frente a la plaza principal, donde destaca la arquería del palacio municipal y un árbol de pirú (o pirul) que dicen tiene más de 300 años.
13. *Otumba*: es un pueblo con encanto donde los frailes franciscanos del siglo XVI edificaron un convento sobre una antigua plataforma prehispánica; posteriormente se construyó la parroquia de la Purísima Concepción, que conserva todavía la portería del monasterio.
14. *Axapusco*: es uno de los municipios que forman parte del Valle de Teotihuacán y ha sido denominado pueblo con encanto del bicentenario; destaca por ser un sitio donde se fabrican juegos pirotécnicos, lo mismo que tabiques rojos quemados en hornos, hechos de barro y arcilla del municipio.
15. *Zinacantepec*: el municipio más grande del Estado de México, donde se encuentra la mayor parte de la superficie del volcán Xinantécatl, conocido como Nevado de Toluca; ahí se encuentra también el Exconvento de San Miguel, construido en el siglo XVI y ahora Museo de Arte Virreinal, donde se recrea la vida de los antiguos monjes. A lo largo de sus 18 salas destacan colecciones de libros y pintura, además de una pila bautismal monolítica original.

2. ANÁLISIS DE NECESIDADES

A continuación se identificaron los lugares que serían incorporados en la aplicación *Pata de perro*, asignándole un tiempo a cada actividad, con la finalidad de alcanzar los objetivos; también se determinaron las herramientas que permitirían hacer el recorrido, como Vuforia y Unity.

Vuforia es un kit de desarrollo de software (SDK) que permite construir aplicaciones basadas en RA; utiliza la pantalla del dispositivo como un lente mágico donde se entrelazan elementos del mundo real con elementos virtuales como letras o imágenes. A su vez, Unity es un motor de videojuego multiplataforma que permite la compilación con diversas herramientas (Vuforia, 2018).

3. DISEÑO DEL SISTEMA

Con la finalidad de identificar los puntos importantes del Estado de México, se bosquejó el mapa geográfico ubicándolos con un número; tal como se observa en la figura 2. En la tabla de acotaciones se encuentra el marcador para escanearlo mediante el dispositivo móvil.



Figura 2. Mapa del Estado de México generado

4. DESARROLLO Y DOCUMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Con las herramientas seleccionadas y los espacios identificados se procedió a construir los marcadores: símbolos impresos utilizados en RA para superponer información cuando se detecta, en este caso mediante Vuforia, ya que solicita registrarse en su página web antes de iniciar la evaluación de los marcadores.

Una vez elaborados los marcadores se volvieron a evaluar para confirmar que el grado de aceptación fuera correcto. En esta fase se construyeron únicamente diez marcadores, de los quince puntos identificados en el mapa generado; en la figura 3 se muestran como imagen, con extensión .jpg.

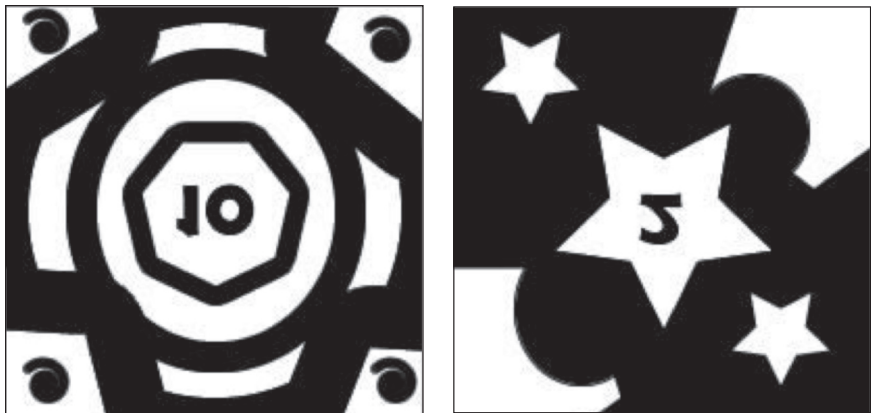


Figura 3. Ejemplo de marcadores generados

Para que un marcador sea considerado de calidad, la evaluación debe tener de 3 a 5 estrellas; cuando no se obtiene la evaluación esperada, es preciso modificar el marcador hasta alcanzar la puntuación indicada. En la figura 4 se muestra un marcador sin calidad y en la figura 5 el marcador modificado y aceptado.

El paso siguiente fue determinar la información que se mostraría de cada lugar; para ello se determinó colocar una fotografía o video del sitio, obtenido de la página de la Secretaria de Turismo (Sectur, 2018) o



Fig. 4 Marcador sin calidad



Fig. 5 Marcador modificado y aceptado

de repositorios con licencia Creative Commons: la figura 6 muestra un ejemplo de la zona arqueológica de Teotihuacán.

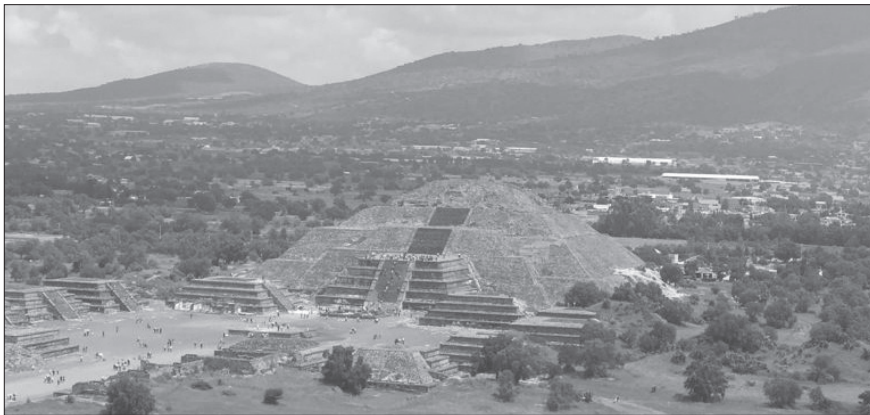


Figura 6. Zona arqueológica de Teotihuacán

A continuación se procedió a analizar los agentes que intervienen en la difusión de los puntos identificados; posteriormente se entrevistó a 30 personas al azar haciéndoles cinco preguntas para determinar las zonas de su interés y la forma como les gustaría que se presentara la información. El análisis permitió determinar los objetivos y alcances del proyecto; de tal manera que se encontró la oportunidad de proponer un recorrido por el Estado de México implementando la RA.



Figura 7. Mapa del Estado de México para el recorrido

La figura 7 muestra el mapa final del proyecto con sus respectivas aco- taciones numeradas; cuando se escanea uno de los códigos, se mues- tra la fotografía o video representativo del lugar a fin de que el usuario pueda darse una idea de cómo es en realidad.

Aquí también se efectuaron pruebas para determinar las fallas que pudieran ocasionar los marcadores, lo mismo que su manejabilidad, la facilidad de interacción o los posibles fallos gráficos; además de su apli- cación y uso general. En la figura 8 se muestra la ejecución del proyecto en un dispositivo móvil; se tomó como ejemplo el marcador número diez que pertenece a Zinacantepec.

En la figura 9 se muestra otro ejemplo, tomando como referencia el marcador número ocho, correspondiente a Villa del Carbón.



Figura 8. Ejemplo de la ejecución del proyecto



Figura 9. Escaneo de marcador

5. PRUEBAS Y MANTENIMIENTO

Las pruebas que se llevaron a cabo fueron de funcionalidad, lo que permitió verificar la ejecución de los marcadores, hacer una revisión y –en este caso– una retroalimentación para la elaboración de los mapas.

Se validó que los marcadores funcionaran de manera adecuada y se tomó como muestra una población de quince alumnos de licenciatura: ellos analizaron que fuera intuitiva, fácil de utilizar y que los marcadores arrojaran la imagen correspondiente; además de considerar que fuera útil y novedosa.

Los estudiantes emitieron sus comentarios y ello ayudó a la retroalimentación, que permitió ofrecer a los usuarios la experiencia de interactuar con la RA y mostrar lugares representativos del Estado de México.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto permitió tener un acercamiento con la realidad aumentada; siguiendo los pasos de la metodología (Kendall & Kendall, 2011), se logró obtener un producto final funcional en corto tiempo. Aunque las adecuaciones a la metodología se hicieron únicamente para este trabajo, el proyecto se sometió a evaluación y los alumnos comentaron que es funcional y atractivo.

Los comentarios y observaciones emitidas son de gran ayuda para la elaboración de otros proyectos. *Pata de perro por el Estado de México* pretende darle al usuario ideas nuevas para pasar un fin de semana en familia y conocer los lugares emblemáticos e históricos del Estado de México.

REFERENCIAS

- Basogain, X. O. (2019). *Realidad aumentada en la educación: una tecnología emergente*. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, 1-2.
- Hoyos, C. & Hernández, L. (2008). Localidades con recursos turísticos y el Programa Pueblos Mágicos en medio del proceso de la nueva ruralidad. Los casos de Tepetzotlán y Valle de Bravo en el Estado de México. *Quivera*, 10(2): 1-2.
- Kendall, K. & Kendall, J. (2011). *Análisis y diseño de sistemas*. México: Pearson.
- México, E. (2018). Gobierno del Estado de México. Recuperado de: historia_edomex: www.edomex.gob.mx, consultado el 15 de abril de 2018.
- Ruiz, T. (2011). «Realidad aumentada, educación y museos». *Revista Icono*, 9(2): 212-226.
- Sectur. (2018). Secretaría de Turismo. Recuperado de www.turismo.edomex.gob.mx, consultado el 18 de abril de 2018.
- Serna, M. (2008). «Programa pueblo mágico y sustentable: detonante del desarrollo económico en el municipio de Coscomatepec de Bravo Veracruz». México: *Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 2: 1-19.
- Telefónica, F. (2011). *Realidad aumentada: una lente para ver el mundo*. España: Ariel.
- Vuforia. (2018). *Vuforia developer portal*. Recuperado de: www.developer.vuforia.com/, consultado el 20 de abril de 2018.
- Ziccardi, A. (2003). El federalismo y las regiones: una perspectiva municipal. *Gestión y Política Pública*, XII (2).
- Zúñiga, O., Amador, R., Mejía, B., Morales, R. & Mota, H. (2014). «Desarrollo de un entorno virtual tridimensional como herramienta de apoyo a la difusión turística de la zona arqueológica de Teotihuacán». *Acta universitaria*, 24(4): 34-42.

Realidad aumentada: un recurso educativo para el diseñador industrial

ANABELEM SOBERANES MARTÍN, MAGALLY MARTÍNEZ REYES, JOSÉ LUIS CASTILLO MENDOZA Y AIDEÉ PEÑA MARTÍN*

RESUMEN. El aprendizaje con tecnología emergente enriquece la educación de los estudiantes y mejora su rendimiento; en el caso que nos ocupa, como en el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco no se cuenta con laboratorios de producción y experimentación para fabricar envases, nos planteamos elaborar materiales mediante la aplicación de una metodología para el desarrollo y el uso de recursos educativos con realidad aumentada (RA). Trabajamos la metodología con estudiantes de la licenciatura en diseño industrial, en la materia de envase y embalaje; los resultados mostraron la aceptación de los docentes y el alumnado, lo mismo que la validación del material didáctico con RA para la adquisición o fortalecimiento del conocimiento sobre procesos de manufactura complejos.

PALABRAS CLAVE: educación superior, tecnología de la información, tecnología educativa, aprendizaje virtual.

ABSTRACT. Learning with emerging technology enriches the education of students and improves their performance; in the case at hand, as in the UAEM Valle de Chalco University Center there are no production and experimentation laboratories to manufacture packaging, we consider developing materials by applying a methodology for the development and use of educational resources with reality increased (RA). We work the methodology with students of the degree in industrial design, in the field of packaging. The results showed the acceptance of teachers and students, as well as the validation of teaching materials with RA for the acquisition or strengthening of knowledge about complex manufacturing processes.

*Investigadores del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, de la Universidad Autónoma del Estado de México: Anabelem Soberanes Martín, asoberanesm@uaemex.mx; Magally Martínez Reyes, mmartinezr@uaemex.mx; José Luis Castillo Mendoza, jlcastillom@uaemex.mx; Aideé Peña Martín, apenam@uaemex.mx. Las gráficas, tablas y figuras fueron creados por los autores, a menos que se especifique lo contrario.

KEYWORDS: Higher education, information technology, educational technology, virtual learning.

Introducción

Dado que las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han transformado la estructura de las instituciones educativas desde su surgimiento, tuvieron que analizarse y así surgió la tecnología educativa; definida por Luján & Salas (2009) como el diseño de estrategias, uso de medios y control de sistemas de comunicación para la enseñanza.

Para Area (2009) se trata de un espacio intelectual pedagógico cuyo objeto de estudio son los efectos socioculturales e implicaciones de las TIC en la educación; concretamente en cuanto a formas de representación, difusión y acceso al conocimiento y a la cultura de los ciudadanos.

Es decir, cuando la difusión y el acceso al conocimiento no se diversifica por razones físicas sino sólo por cuestiones tecnológicas, la realidad aumentada (RA) gana terreno y se vuelve la opción para cumplir el objetivo. Por ejemplo, la facilidad que hoy se tiene para utilizar los dispositivos móviles, permite el uso de aplicaciones que incrementa la información y el soporte de determinado conocimiento.

Concretamente, una de las características de la especialidad en diseño industrial es la fuerte inversión económica que se requiere para su infraestructura; no obstante, con la RA, esta limitación puede subsanarse si se simulan los procesos industriales con metodología definida, validada y diversificada: los resultados los mostraremos a continuación.

El sustento teórico de la metodología que aplicamos para el desarrollo e integración de recursos educativos basados en RA (particularmente en la materia de envase y embalaje de la carrera de diseño industrial), es lo que describiremos en este apartado con un ejemplo de aplicación.

Como el Centro Universitario Valle de Chalco de la Universidad Autónoma del Estado de México no dispone de laboratorios de producción y experimentación para elaborar envases, generamos el material que establece la relación entre los conceptos teóricos y la realización física de los experimentos con los dispositivos reales.

De manera particular consideramos que el tema de polímeros era el más relevante para considerar, debido a que la mayoría de los envases que circulan en México se fabrican con este material; además porque el tema puede extenderse a otros productos, ya que los procesos de configuración y producción de envases son semejantes en todos los casos. Es decir, el énfasis de la fabricación se encuentra en la metodología y en su validación.

Es por ello por lo que consideramos los aspectos pedagógicos y tecnológicos para la elaboración de dos instrumentos con RA. Evaluamos el resultado aplicando la herramienta a dos grupos de segundo semestre con sus respectivos docentes; posteriormente analizamos las respuestas para establecer el nivel de aceptación de los materiales, la validez de la metodología de desarrollo y la posibilidad de extenderlo a otros materiales basándonos en RA. Todo con la intención de contribuir al aprendizaje mediante el empleo de dispositivos como tabletas, teléfonos inteligentes y computadoras portátiles.

Dado que la RA es una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con otros virtuales para crear una realidad mixta en tiempo real, ha aparecido un gran número de aplicaciones con tecnología de RA en el aula para que los estudiantes aprendan desde una experiencia de inmersión total (Chen *et al.*, 2015).

Siguiendo esta lógica, Fabregar (2012) propone tres elementos para crear realidad aumentada:

1. *Dispositivos de visualización.* Se encargan de mezclar datos superponiendo elementos virtuales a la realidad o mezclando objetos virtuales con el flujo de vídeo de la realidad capturada por una cámara; pueden ser gafas, dispositivos de mano, monitores o proyección de objetos virtuales.

2. *Dispositivos para la obtención y tratamiento de datos del entorno.* Se acostumbra para hacer un seguimiento con sensores (como GPS, sensores inerciales o brújulas) y técnicas de visión por computadora; para obtener el posicionamiento del punto de vista del usuario sobre el mundo es necesario alinear para construir la escena aumentada.
3. *Interfaz de interacción con el usuario.* Permite utilizar marcadores tangibles o una interfaz natural para analizar las extremidades del usuario; en ambos casos los movimientos se traducen en su interacción con los elementos virtuales.

En su modelo estándar para desarrollar materiales educativos con RA, Fabregar (2012) además establece cuatro tareas obligadas:

1. *Captación de la escena.* Es el momento en el que se identifica el escenario que se pretende aumentar.
2. *Identificación de la escena.* Es cuando se identifica el escenario real que el usuario quiere aumentar con información digital; pueden utilizarse marcadores o no.
3. *Mezcla de la realidad con la información aumentada.* Es cuando la escena real capturada se sobrepone a la información digital que se quiere aumentar; por lo regular es de tipo visual (elementos 2D o 3D), aunque también puede ser auditiva.
4. *Visualización.* Puede hacerse tanto en sistemas de bajo costo como en dispositivos móviles o computadoras personales; en sistemas de alto costo se usa por ejemplo en los Head Up Displays (HUD).

Sin embargo, cabe aclarar que en la literatura se reportan diversos proyectos para diferentes fines educativos y distintos niveles; por ejemplo, el que combina la realidad aumentada con las plataformas de *e-learning* adaptadas para que los estudiantes se beneficien de la relación que hay entre los objetos del espacio que los rodea y los conceptos aprendidos, con la finalidad de adquirir destrezas que les permita interpretar el

conocimiento con experiencias y experimentación en el mundo real (Fabregat, 2012).

Por otro lado, Rivadeneira, Bernal y Lara (2013) desarrollaron una aplicación de RA para la educación y teleeducación para materias de ciencias sociales con interactividad del usuario mediante marcadores. También Álvarez-Marín, Castillo-Vergara, Pizarro-Guerrero y Espinoza-Vera (2017) diseñaron un objeto virtual de aprendizaje (OVA) con la tecnología de realidad aumentada en el ámbito de la mecánica de fluidos y su respectiva valoración para la formación de ingenieros industriales.

Si bien estas experiencias son exitosas, tanto en su desarrollo como en su aplicación, en nuestra experiencia observamos elementos en el aula que deben considerarse para complementar el modelo estándar (Soberanes, Martínez y Juárez, 2016; Cruz, Soberanes, Juárez y Martínez, 2012):

- Características visuales que modelen el fenómeno lo más apegado a la realidad, en especial para estudiantes universitarios de primer año. Requieren un estímulo para pasar de la representación real a la representación simulada del fenómeno de estudio.
- Contenidos creativos. Los contenidos deben ser atractivos y vistosos, con un significado conceptual básico en su área de estudio; no basta pasar elementos de un texto plano a la simulación mediante RA.
- Desarrollos funcionales. Uno de los principales problemas de los materiales desarrollados con RA es que se quedan en la apreciación y el gusto, sin profundizar en la funcionalidad tecnológica; por eso este punto se asume como integrado por incorporar tecnología.
- Diseño instruccional. Es común que se descuide la parte pedagógica ya que en los materiales que utilizan RA lo vistoso es la principal cualidad, aunque comparte con el resto de las tecnologías la desventaja de que un material sin objetivo, sin estrategias y sin técnicas didácticas definidas queda corto en su alcance académico.
- Caracterización y especificación de los requerimientos técnicos del material educativo mediante RA. Aquí se establecen los

requerimientos de la actividad académica (guion didáctico) y se esquematizan los diversos escenarios funcionales, determinando su adaptabilidad al software de apoyo.

- Desarrollo del software asociado al material educativo mediante RA. Se apoya en una metodología ágil que considere el diseño, la implantación y la implementación.
- Adecuación o afinación del guion didáctico. Se trata de validar con una prueba piloto el material educativo mediante RA.
- Evaluación del material educativo mediante RA. Considerando la completitud del recurso, se hace una evaluación en el aula y se valoran los aspectos didácticos y tecnológicos.

Un elemento adicional para este modelo es considerar a los actores del proceso y sus roles, delimitándolos por sus competencias y habilidades, y la manera como contribuyen al desarrollo del recurso educativo. A saber:

- *Experto en contenido.* Tiene un amplio conocimiento del tema y puede definir los conceptos importantes; también cuenta con una amplia experiencia en el diseño de materiales mediante RA.
- *Profesor.* Conoce el tema y sabe emplear estrategias didácticas según el nivel académico para el que se imparta la asignatura; tiene experiencia en planeación y diseño curricular.
- *Diseñador instruccional.* Ha adquirido experiencia en ambientes de aprendizaje flexibles con tecnología; es el responsable de orientar el aprendizaje mediante técnicas instruccionales y didácticas, desde la perspectiva del que aprende y el que enseña.
- *Programador.* Es experto en el desarrollo de software educativos; aporta las metodologías ágiles para el desarrollo de materiales mediante RA.
- *Diseñador gráfico.* Participa con su creatividad y manejo de elementos multimedia para enriquecer visualmente el material educativo mediante RA.

El conjunto de estos actores forma el modelo estándar de los aspectos pedagógicos y tecnológicos que conlleva la RA en el diseño de material didáctico para la asignatura de envase y embalaje.

DESARROLLO

Si bien las instituciones educativas incorporan recursos pedagógicos basados en el uso de tecnología para contribuir al aprendizaje, en nuestro caso lo utilizamos para materias que usan realidad aumentada en la licenciatura de diseño industrial; concretamente para dos casos en particular:

Una es cuando la institución no dispone de laboratorios de producción y experimentación para la fabricación de algunos materiales; en cuyo caso se elaboran materiales didácticos basados en RA (Castillo, Soberanes, Martínez y Peña, 2016), y se establece la relación entre los conceptos teóricos y la realización física de los experimentos con los dispositivos reales.

Por cierto, adoptamos el tema de polímeros porque en México la mayoría de los envases se fabrican con este material; aunque en la materia de envase y embalaje los estudiantes conocen diversos procesos de configuración y producción. Los resultados de este primer ejemplo permitieron identificar la aceptación de la herramienta y, en consecuencia, ponderar la posibilidad de desarrollar otros materiales para la licenciatura, mediante el empleo de dispositivos de uso habitual como computadoras personales, tabletas o teléfonos inteligentes.

El segundo caso se refiere a la necesidad de establecer una metodología de desarrollo de las aplicaciones de RA e incorporarla al trabajo en el aula. Cuando se carece de una metodología que permita esa incorporación, la amplia documentación que hay sobre las limitaciones de la tecnología como herramienta en el aprendizaje aconsejan definir la función y actividad de cada agente del proceso; es decir, profesor-tecnología-alumno.

La intención es lograr un modelo que incorpore las bases estándares del desarrollo de materiales educativos mediante RA, a la vez que enriquezca el proceso incorporando elementos de la experiencia sobre la elaboración de software educativo y su validación en el aula. Se espera que el modelo resultante aporte el modelo de procesos para diseñar este tipo de materiales, con un mecanismo de validación específico.

Para incorporar nuevas herramientas a manera de estrategia en la formación del licenciado en diseño industrial, la experiencia ha llevado a crear contenidos que cumplan con características visuales atractivas para los alumnos (que sean creativos, vistosos y funcionales, por ejemplo); sin hacer a un lado el diseño instruccional que permite alcanzar los objetivos educativos programados (Soberanes, Martínez y Landín, 2016).

En la figura 1 se presentan los aspectos pedagógicos y tecnológicos que conlleva la RA en un material didáctico para las materias de diseño industrial seleccionadas; en el caso en que se carece de laboratorio con instrumentos físicos.



Figura 1. Visualización del software de realidad aumentada

Se recomienda especificar la intención didáctica, el diseño instruccional y el proceso que va a seguirse, lo mismo que la forma de validar el proceso y el producto: he aquí la importancia de disponer de una metodología. Los pasos que se proponen como modelo de desarrollo de materiales educativos mediante RA son la definición de roles y las metas.

Definición de roles

Una vez analizadas las herramientas disponibles, conformamos un grupo de trabajo con diferentes roles y constante interacción; pese a que

la metodología ya había sido previamente validada (Cruz *et al.*, 2012), se confirmó que la retroalimentación es una actividad vital para alcanzar el producto esperado.

- *Experto en contenido*: analiza las materias de la licenciatura en diseño industrial, donde se estudian contenidos que pueden aplicarse con RA para favorecer el aprendizaje de los alumnos; delimita los conceptos esenciales.
- *Profesor*: identifica la materia pertinente al tema y expresa sus dificultades, lo mismo que las estrategias didácticas que aplica y el tipo de respuesta que se espera de los alumnos. Igualmente define marcadores adicionales para que consulten material complementario a la información que se les muestra en tiempo real.
- *Diseñador instruccional*: aplica cuestionarios de hábitos de estudio, inteligencias múltiples o estilos de aprendizaje de los estudiantes para considerarlos en los recursos que se desarrollarán (complementado con los resultados de la investigación de Cellis, Sánchez, Martínez y Soberanes, 2016); además delimita las condiciones que permiten aplicar el material desarrollado mediante RA: sala de cómputo, sesiones de trabajo y retroalimentación del docente, entre otros (Soberanes *et al.*, 2016).
- *Programador*: aplica la metodología adecuada para el material educativo mediante RA, selecciona el software para el desarrollo (en este caso Creator), define el tipo de uso para teléfonos inteligentes que cuenten con cámara para el funcionamiento de la aplicación, lo mismo que los marcadores con elementos virtuales adicionales para presentar información complementaria a la que se muestra en tiempo real.
- *Diseñador gráfico*: propone el diseño visual de los contenidos, la forma de presentación, los colores y la secuencia del material.

Etapas

1. *Selección del tema*. Como la mayoría de los envases que se encuentran en el mercado están fabricados con polímeros, optamos por este material dada su versatilidad y porque forma parte de la asignatura de

envase y embalaje del Plan de Estudios del Licenciado en Diseño Industrial (UAEMex, 2015), donde además se estudian diversos procesos de configuración y producción que pueden explorarse mediante RA.

2. *Captación de la escena.* Antes de la captación de escena que presenta Fabregar (2012), se elabora una ficha descriptiva del tema que se va a cubrir, junto con el instrumento con el que se especifica el tema y se obtiene una evaluación diagnóstica al comenzar el curso, a fin de determinar los conocimientos previos de los alumnos con respecto al tema; por ejemplo:

En el instrumento de especificaciones del tema se establece que el material debería estar dividido en tres apartados: historia de los polímeros, definiciones, y procesos productivos para el diseño de envases y embalajes.

3. *Diseño instruccional.* Se redacta un guion didáctico para analizar, delimitar y decidir la estrategia que se quiere presentar, lo mismo que el tipo de elementos que habrá de considerarse; también, se incorpora la información de los cuestionarios sobre hábitos de estudio y estilos de aprendizaje de los estudiantes (Cellis *et al.*, 2016). En esta etapa interactúan el experto en contenido, el profesor y el diseñador instruccional.

Tal como lo plantea Fabregar (2012), aquí se elabora la ficha descriptiva del tema y del instrumento preliminar del guion didáctico, con la finalidad de que la fase de identificación de la escena quede integrada.

Dado que los alumnos de primer año de la carrera de diseño industrial son principalmente kinestésicos (aún no han pasado de las habilidades concretas a las abstractas), los materiales tienen que fomentar la actividad del alumno; así también, ante la limitante de la infraestructura, se recurre a la simulación del proceso mediante RA.

No hay que olvidar que los alumnos vienen de un sistema educativo donde el nivel medio superior es de tipo enciclopedista, por lo que las habilidades de lectura y síntesis están por encima de las habilidades de

análisis y problematización; de manera que para apoyar el paso de las operaciones concretas a las abstractas mediante el análisis y la síntesis de la información, además de permitir que la información adquiriera significado para construir conceptos propios del tema de envase y empaque, el material diseñado con RA debe fomentar todas las habilidades.

4. *Requerimientos técnicos.* En esta etapa se caracterizan y especifican los requerimientos técnicos del material educativo mediante RA para el caso de polímeros (guion didáctico), se esquematizan los diversos escenarios funcionales y se determina su adaptabilidad al software de apoyo, que en este caso es Creator.

Aquí también se determinan las características visuales que modelen el fenómeno lo más apegado a la realidad, al tiempo que se integra la fase de mezclar la representación real con la simulada para el caso de polímeros (Fabregar, 2012); el resultado se diseña en papel y se documenta mediante UML.

El tema de polímeros requiere de la clasificación específica para cada uno de los envases, ya que cada sector de aplicación es diferente. Se divide en cuatro sectores (alimentario, cosmético, químico y farmacéutico) y cada uno dispone de una ficha técnica y un proceso de fabricación.

Aunque actualmente hay muchos tipos de envases poliméricos en el mercado, lo cierto es que no hay ni laboratorios ni maquinaria suficiente para hacer pruebas de experimentación, ni procesamiento de los polímeros ni pruebas de resistencia ni técnicas para identificar cargas y refuerzos, pruebas mecánicas e impactos, por ejemplo.

Para que se comprendan mejor algunos temas (como mostrar los procesos y las características de las manufacturas simples y complejas), es recomendable incluir videos ya que estimulan el aprendizaje y apoyan su proceso de incorporación de conceptos.

Igualmente, para evitar quedarse sólo con el texto, se incluyen breves definiciones fáciles de interpretar con el material multimedia; por ejemplo,

los teléfonos inteligentes con los marcadores definidos permiten que el software de RA muestre de forma interesante los elementos complementarios como definiciones, clasificación o datos curiosos.

5. Desarrollo del software asociado al material educativo mediante RA.

Es aquí cuando se establece la metodología de diseño e implementación y donde participan el programador y el diseñador gráfico.

En este momento se especifican los requerimientos para evaluar la funcionalidad tecnológica y se establecen las condiciones de la sala de cómputo, las sesiones de trabajo, las prácticas, las tareas, la retroalimentación del docente y cualquier otro elemento que permita visualizar todos los materiales para verificar su acceso en los distintos dispositivos.

El prototipo funcional presenta contenidos creativos y vistosos, con un significado conceptual adecuado para la asignatura de envase y empaque. Las fases de mezclar la realidad y la información aumentada, junto con la de la visualización que mencionan Tapia (2008), Heras y Villareal (2007), Garrido y García (2010), Fabregar (2012), Gallego, Saura y Núñez, (2013) y Aplicaciones (2015), también corresponden a esta etapa.

El prototipo funcional contiene todos los requerimientos establecidos por los usuarios, el experto en contenido y el profesor. En la figura 2 se observa el tipo de material complementario y su presentación; en la figura 3 se aprecia un video complementario para el tema de polímeros, donde se ejemplifica el proceso de manufactura complejo.



Figura 2. Material con elementos adicionales al marcador inicial

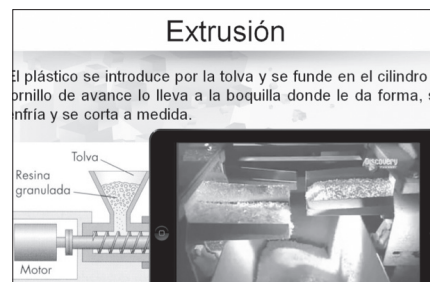


Figura 3. Uso de video para la comprensión de procesos de manufactura complejos

Los procesos de retroalimentación son importantes en esta fase porque permiten obtener el producto adecuado a las necesidades de los clientes o usuarios.

6. *Adecuación del guion didáctico.* Antes de obtener la versión final del prototipo funcional y tanto del guion como del material didáctico mediante RA, los expertos en contenido y el diseñador instruccional aplican una prueba piloto para identificar los elementos requeridos y hacer los ajustes necesarios.

La primera prueba de validación para el uso del material didáctico mediante RA lo llevamos a cabo con dos profesores y quince alumnos, con el fin de adquirir las primeras observaciones y modificar tanto el diseño como el contenido del material.

En esas observaciones se les solicitó ser claros y explícitos en el uso de marcadores, así como evidenciar que cuando la interacción depende del marcador, cualquier error puede obstaculizar la presentación del material. También se notó que había elementos necesarios que no contaban con recursos aumentados, que se usaron adecuadamente los objetos 3D, que es necesario incluir actividades lúdicas para explorar los contenidos, y que se debe contar con videos que muestren la producción y materialización de los diversos tipos de envase.

7. *Evaluación del material educativo mediante RA.* En esta fase se analiza la completitud del recurso y se aplica una evaluación con los expertos en contenido, el profesor y el programador; los instrumentos aplicados son los que valoran los aspectos didácticos y tecnológicos.

Es ésta una de las etapas más ricas en recopilación de información, ya que se verifica el objetivo y se evalúan el diseño del material educativo mediante RA y los aspectos tanto didácticos (forma de presentación, tipo de preguntas, estilo de aprendizaje definido, didáctica integrada) como tecnológicos (presentación en teléfonos inteligentes, colores y materiales adecuados, accesos, comunicación de la interfaz y llamadas a complementos).

Durante la etapa de evaluación se aprobó también la aceptación de los docentes y alumnos, lo mismo que la validación del material didáctico con RA para la adquisición o fortalecimiento del conocimiento de la asignatura; concretamente sobre procesos de manufactura complejos.

El cuestionario de usabilidad y satisfacción de usuarios aplicado permitió conocer los indicadores de precisión en las instrucciones para el material didáctico, la pertinencia de los ejemplos prácticos, la adecuación de los procesos de envase y embalaje en la aplicación que muestra el material educativo, la información, el nivel de interacción y el grado de cumplimiento del objetivo de diseño del material, entre otros.

Por otro lado, la validación del diseño instruccional lo hicieron 93 alumnos de dos grupos de segundo semestre de la licenciatura en diseño industrial, para la materia de envase y embalaje durante 2016. Además, se aplicó una prueba de validación a seis docentes de la Academia de Tecnología con el fin de determinar la usabilidad del material.

En cuanto a la validación didáctica para verificar el objetivo de su diseño, se valoraron los criterios de diseño instruccional y contenido mediante una encuesta de 15 reactivos; para los estudiantes, el instrumento constó de 20 reactivos referentes a aspectos técnicos y de la interfaz de usuario, lo mismo que a la problemática del dispositivo empleado, a la efectividad de los indicadores y marcadores, a la adecuación de la interfaz, al aspecto y colorido del diseño, así como a la distribución y flexibilidad de interacción.

Por lo que respecta a la aceptación del material en cuanto al diseño instruccional, a todos los encuestados les pareció que las indicaciones fueron precisas en el material, 94% recomendó este tipo de diseño instruccional, 93% consideró que los ejemplos fueron prácticos y útiles, y que mostraron de manera diestra los procesos de envase y embalaje; 91% consideró que la información estaba organizada y permitía la interacción de los usuarios con el material didáctico diseñado con RA.

En cuanto a la percepción sobre el contenido del material didáctico, 96% de los usuarios estuvieron de acuerdo en que el material didáctico cubría el objetivo para el que había sido diseñado, 99% consideró importante que hubiera tópicos teóricos para describir conceptos y mejorar su comprensión, y 91% estuvo de acuerdo en que la forma de presentar la información facilitó el uso del material desarrollado con RA.

Con relación a la opinión sobre usabilidad– concretamente en lo relativo a los aspectos técnicos del material didáctico– 99% opinó que no había habido ningún problema con el dispositivo utilizado, 91% dijo que el material se carga de manera efectiva en el dispositivo y que correspondía a los identificadores, y 96% empleó adecuadamente el material.

Con respecto a la evaluación de la interfaz de usuario, 93% coincide en que las imágenes aclaran los contenidos teóricos presentados, a 94% le parecieron adecuados y de buen tamaño la reproducción de los videos y las animaciones de apoyo, 92% estuvo de acuerdo con los colores y el diseño del material didáctico y 96% consideró que los menús permiten una interactividad y navegación adecuada entre contenidos.

Por lo que toca a la información sobre la evaluación de los usuarios respecto a su satisfacción de uso, 92% manifestó experimentar una interacción fácil, a 90% le pareció una experiencia satisfactoria poder explorar los contenidos con materiales diseñados con RA, 91% encontró flexibilidad del material en su uso, y 96% consideró entretenido el uso del material diseñado con RA en sus clases.

Acerca de los resultados del nivel de confianza en alumnos y docentes sobre el material didáctico desarrollado con RA, 97% de los docentes consideró adecuada la información incluida en el material diseñado con RA para la materia de envase y embalaje, y 99% de los alumnos opinó que la información es confiable; en general se considera la certeza de la información que incluye información validada por expertos en el material didáctico diseñado con RA.

CONCLUSIONES

Los resultados permiten cuantificar el nivel de aceptación de los recursos educativos desarrollados con RA, con la posibilidad de elaborar otros materiales que contribuyan a la formación del diseñador industrial mediante el uso de dispositivos móviles comúnmente utilizados; como computadoras personales, tabletas o teléfonos inteligente.

De esta manera, se cumple el objetivo para el material desarrollado con RA, en virtud de que los contenidos virtuales enriquecen los conceptos y el proceso activo del estudiante; asimismo, interactuar con aplicaciones multimedia (videos, imágenes, animaciones y texto) permite acercarse a los procesos de generación y diseño de envases y embalajes.

Por otro lado, el material complementario también permite ahondar en la composición química y física de los materiales que conforman los envases y su relación con diversos polímeros; además de identificar el proceso de los envases a partir de las diversas estaciones de la empresa hasta llegar al anaquel.

La metodología propuesta enriquece los procesos estándar de desarrollo de materiales educativos basados en RA, y su validación muestra que es una forma de mejorar el diseño si se incorporan los elementos didácticos definidos y se analiza el proceso tecnológico de su elaboración, desde un enfoque de metodología de sistemas con énfasis en el proceso.

Por lo tanto, la propuesta no es más que un ejemplo de la diversidad de materiales que incorporan RA y que pueden desarrollarse para la carrera de diseño industrial; incluso para otras licenciaturas.

El nivel de aceptación que los materiales tuvieron en los dos grupos del segundo semestre cuyos docentes aplicaron y evaluaron el instrumento, muestran la factibilidad de desarrollar materiales con RA para aspectos pedagógicos y tecnológicos; lo mismo que la validez de la metodología. En particular se reconocieron los siguientes beneficios:

1. Experiencia. Mejora el proceso entre el maestro y el alumno, proporcionando experiencias de aprendizaje nuevas e inmersivas.
2. Rendimiento. Aumenta la participación del alumno en la clase, permitiéndole obtener mejores habilidades.
3. Diseño instruccional. Mejora en un modelo híbrido (presencial y virtual) que cumple con los supuestos teóricos, pedagógicos y tecnológicos en su diseño.
4. Motivación. Enriquece el contenido virtual haciendo que los estudiantes utilicen las TIC para adquirir o fortalecer el conocimiento mediante la interacción de aplicaciones multimedia; como videos, imágenes, animaciones y texto.
5. Profundidad. Promueve la adquisición de conocimiento en un alumno activo que interactúa con los procesos de su carrera y conoce la composición química y física de los materiales que componen los envases desde su origen y su tránsito por la empresa y los contenedores, hasta que llegan a los estantes.
6. Aprendizaje ubicuo. Universaliza los dispositivos móviles y permite la comunicación interpersonal ubicua, lo mismo que la realización de actividades sin someterse a lugares y momentos dedicados específicamente a ella; como lo mencionan Fombona *et al.* (2012).
7. Tipo de aplicaciones. Las que se consideraron se basaron en interfaces de usuario tangibles que permiten manipular un objeto real a través de marcadores como si se tratara de un objeto real, en el sentido de Ruiz (2011).
8. El aprendizaje activo reafirma la propuesta de Ruiz (2011) sobre el AR utilizado como herramienta de comunicación y difusión de contenidos, con un enfoque lúdico, racional y atractivo que lo hace diferente, ya que el lenguaje narrativo y audiovisual implica la movilización de estructuras cerebrales distintas de la alfabetización (Fombona, 2008, citado por Pascual, 2014).

Hay otras maneras de darle seguimiento al tema, pues los resultados son alentadores al avalar nuestra hipótesis sobre el uso y aceptación de contenidos virtuales mediante el empleo de dispositivos habituales que los docentes y alumnos tienen en el aula para el proceso de aprendizaje.

De esos resultados de aceptación se infiere que el grado de utilidad del material desarrollado con RA, tanto para docentes como para alumnos es adecuado ya que apoya el proceso de enseñanza aprendizaje en la materia de envase y embalaje y en la exploración del tema de polímeros.

Estos primeros resultados deben profundizarse, valorando en cada etapa del proceso los resultados y documentándolos mediante UML. De esta manera, el papel de cada participante en el proceso junto con el producto podrá analizarse puntualmente en cada etapa y regresar a los puntos que sea necesario enriquecer.

Como el modelo que se propone debe validarse de forma exclusiva para el desarrollo de materiales didácticos mediante RA, es preciso generar los instrumentos de seguimiento de la aplicación y evaluar su validez y confiabilidad. Asimismo, se deben desarrollar aplicaciones mediante RA para otro tipo de materias de la carrera de diseño industrial, ya que el costo de la infraestructura de los talleres y laboratorios justifica la producción de materiales complementarios, a fin de motivar el aprendizaje de los alumnos desde un modelo activo, significativo y constructivista.

Otro elemento que debe documentarse es el papel del docente como facilitador del aprendizaje de los estudiantes. Muchas veces se asume que la simple incorporación de la tecnología genera avances en el aprendizaje, pero cuando no se tiene un cuidado adecuado de los roles de cada agente (profesor-tecnología-estudiante), pueden producirse efectos contrarios (Pérez, 2012).

Cuando el profesor es consciente de los cambios que deben generarse en el proceso de enseñanza, ve claramente la necesidad de modificar

su esquema didáctico y la organización del curso; es entonces cuando resulta necesario un esquema de seguimiento al trabajo del profesor en el diseño e implementación de la actividad para valorar los logros y documentar las deficiencias.

En general, se busca que los profesores logren diseñar material didáctico mediante RA, o en su caso que se integren a los roles del modelo de procesos; hacerlo, les permite ser parte de una acción que genera la integración de información y conocimientos, incorporando la tecnología digital con un sentido didáctico definido.

REFERENCIAS

- Álvarez-Marín, A., Castillo-Vergara, M., Pizarro-Guerrero, J. y Espinoza-Vera, E. (2017). «Realidad aumentada como apoyo a la formación de ingenieros industriales». *Formación Universitaria*, 10(2): 31-42.
- Aplicaciones. (2015). *La Realidad Aumentada: un nuevo prisma para ver el mundo*. Adarve Producciones. Recuperado de <https://goo.gl/7s-ffNR>, consultado el 12 de julio de 2016.
- Area, M. (2009). *Introducción a la tecnología educativa*. España: Universidad de La Laguna.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C. y Olabe, J. (2007). «Realidad aumentada en la educación: una tecnología emergente». Online Educa Madrid 2007. 7ª Conferencia internacional de la educación y la formación basada en las tecnologías. Proceedings, pp. 24-29. mayo 2007, Madrid, España.
- Castillo, J., Soberanes, A., Martínez, R. y Peña, A. (2016). «Realidad aumentada como herramienta en el proceso de aprendizaje en la materia de envase y embalaje del diseñador industrial». *Pistas Educativas*, 122: 87-99.
- Cellis, M., Sánchez, J., Martínez, M. y Soberanes, A. (2016). «Estilos de aprendizaje según la programación neurolingüística en estudiantes de diseño industrial del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco». *Congreso Internacional de Investigación e Innovación*. pp. 1620-1628. Abril 2016, Guanajuato, México.

- Chen, C., Ho, C. y Lin, J. (2015). The development of an augmented reality game-based learning environment, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174: 216-220.
- Cruz, R., Soberanes, A., Martínez, M. y Juárez, C. (2012). «Modelado del proceso para desarrollar entornos didácticos interactivos computacionales (EDIC): un apoyo para el diseño instruccional», en R. Juárez, H. Jadwiga, G. Ibargüengoitia y A. Cárdenas (eds.), *Tendencias en investigación e innovación en ingeniería de software: Un enfoque práctico* (1ª ed., pp. 95-100). Guadalajara: Universidad Autónoma de Baja California.
- Cubillo, J., Martín, S., Castro, M. y Colmenar, A. (2014). «Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada», en *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2): 241-274.
- Fabregat, R. (2012). «Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas», *Enlace: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, mayo-agosto, 69-78.
- Fombona, J., Pascual, M. y Madeira, M. (2012). «Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles», en *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (41): 197-210, recuperado de <https://goo.gl/CcEwqb>, consultado el 10 de diciembre de 2015.
- Gallego, R., Saura, N. y Núñez, P. (2013). «AR-Learning: libro interactivo basado en realidad aumentada con aplicación a la enseñanza», en *Lengua y literatura*, VI (8). Comunicación Social y educación, recuperado de <https://goo.gl/bQ4saZ>, consultado el 9 de octubre de 2015.
- Garrido, R. y García, A. (2010). *Técnicas de interacción para sistemas de realidad aumentada*, Unidad de Construcción y Desarrollo del Territorio. LABEIN Tecnalia, Parque Tecnológico de Bizkaia.
- Heras, L. y Villareal, J. (2007). «La realidad aumentada: una tecnología en espera de usuarios». *Digital Universitaria*, 8 (6): 20-35.
- Leiva, J. y Moreno, N. (2015). «Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos: experiencias y herramientas didácticas». *Revista didáctica, innovación y multimedia*, 11 (31): 1-18.
- Lizarralde, F. y Huapaya, C. (2012). «Análisis de una plataforma virtual 3D descentralizada para el desarrollo de simulaciones educativas». *Formación Universitaria*, 5(6): 3-12.

- Luján, M. y Salas, F. (2009). «Enfoques teóricos y definiciones de la tecnología educativa en el siglo XX». *Revista electrónica actualidades investigativas en educación*, 9 (1): 1-29.
- Pascual, M. A. (2014). «Educación inclusiva y mobil learning», en J. Durán (ed.). *Aprendiendo en el nuevo espacio educativo superior*. Madrid: Asociación Cultural y Científica Iberoamericana.
- Pérez, A. (2012). *Educarse en la era digital*. España: Morata.
- Rivadeneira, J., Bernal, P. y Lara, R. (2013). «Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para educación y teleeducación». Carrera de ingeniería electrónica en telecomunicaciones. ESPE. Sede Sangolquí. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6684>
- Ruiz, D. (2011). «Realidad aumentada, educación y museos». *Icono14*, 9(2): 212-226, recuperado de <http://www.icono14.net>, consultado el 13 de enero de 2016.
- Soberanes, A., Martínez, M. y Juárez, C. (2016). «Recursos digitales como apoyo en la enseñanza matemática en educación superior». *Programación matemática y software*, 8 (2): 53-59. México: UAEM. Recuperado de: <http://www.progmat.uaem.mx:8080/Vol8num2/vol8num2art8.pdf>
- Tapia, J. (2008). *Juego de realidad aumentada de tanques*. Universidad Politécnica de Cataluña. España: UPC. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/7056>.
- UAE Mex. (2015). «Plan de estudios de diseño industrial». Toluca, México: UAEMex.

CAPÍTULO 5

Realidad aumentada: una experiencia en la asignatura de graficación y multimedios

AIDEÉ PEÑA MARTÍN, ANABELEM SOBERANES-MARTÍN Y JOSÉ LUIS CASTILLO MENDOZA*

RESUMEN. La experiencia de innovación educativa con 37 estudiantes de la licenciatura en informática administrativa sobre el uso y producción de material didáctico con realidad aumentada (RA), para la materia de graficación y multimedia, es el tema de este capítulo en el que describiremos las actividades que nos permitieron cumplir el objetivo de la investigación, junto con las etapas del procedimiento: desarrollo y uso de material didáctico con RA, aplicaciones con RA, y cierre del proceso y encuesta de opinión. Además de los resultados obtenidos, como el beneplácito de los alumnos, la motivación generada y la forma como se fomenta el aprendizaje autónomo.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje, educación superior, tecnología educacional, material didáctico, estrategia educativa.

ABSTRACT. The experience of educational innovation with 37 students of the degree in administrative informatics, on the use and production of didactic material with augmented reality (AR), for the subject of graphic and multimedia, is the subject of this chapter in which we will describe the activities that allowed us to fulfill the objective of the research, together with the stages of the procedure: development and use of teaching material with RA, applications with RA, and closing of the process and opinion survey. In addition to the results obtained as the beneplacito of the students, the motivation that is generated and the way in which autonomous learning is encouraged.

KEYWORDS: learning, higher education, educational technology, didactic material, educational strategy.

*Investigadores del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, de la Universidad Autónoma del Estado de México: Aideé Peña Martín, apenam@uaemex.mx; Anabelem Soberanes Martín, asoberanesm@uaemex.mx; José Luis Castillo Mendoza, jlcastillom@uaemex.mx
Las gráficas, tablas y figuras fueron creados por los autores, a menos que se especifique lo contrario.

Introducción

Haber incorporado la realidad aumentada (RA) con los videojuegos a la vida cotidiana de los jóvenes, ha hecho que ésta cada vez cobre mayor relevancia y se disponga de una gran variedad de aplicaciones para diversos campos de desarrollo; como por ejemplo en los museos, donde el usuario puede ampliar su conocimiento con el uso de RA.

Pero no sólo en entretenimiento se acostumbra: también en el ámbito educativo y en la formación profesional es posible desarrollar o utilizar proyectos únicamente con el acceso a un teléfono inteligente o tableta.

Basogain y colaboradores (2007, citados por Castillo, Soberanes-Martín, Peña y Martínez, 2016) indican que la RA en educación superior puede emplearse en diferentes aplicaciones y para diversas disciplinas; de ahí que el propósito de la investigación haya sido que los alumnos interactuaran con objetos virtuales en un entorno real aumentado, a fin de desarrollar un aprendizaje determinado.

En el ámbito educativo –concretamente en clases presenciales– la RA funciona como soporte y auxiliar del docente; cuando el estudio es autónomo, un material didáctico bien elaborado puede suplir la presencia del profesor.

Por eso, autores como Leiva y Moreno (2015) y Cabero-Almenara, Llorente-Cejudo y Gutiérrez-Castillo (2017), son de la opinión de que las instituciones escolares no pueden permanecer al margen de esta tendencia, sino que deben aprovechar su uso de forma inteligente y responsable.

Sin lugar a dudas el valor principal de la RA es aumentar la motivación del alumnado y enriquecer los recursos de aprendizaje con las pedagogías emergentes; definidas por Adell y Castañeda (2013, 15) como:

el conjunto de enfoques e ideas pedagógicas que surgen con el uso de las TIC en educación, e intentan aprovechar todo su potencial comunicativo,

informativo, colaborativo, interactivo, creativo e innovador en el marco de una nueva cultura del aprendizaje.

Es un hecho que utilizar la RA despierta en los estudiantes un nivel importante de motivación, por ello Barroso-Osuna, Cabero-Almenara y Gutiérrez-Castillo (2018) la consideran una tecnología recomendable para los procesos de enseñanza-aprendizaje; incluso Bernal y Ballesteros-Ricaurte (2017, 9) aseguran que algunos de sus beneficios son:

captar la atención del grupo objetivo motivándolo a participar de forma activa en las clases tanto presenciales (tradicionales), como a distancia.

Por su parte, Cabero, Fernández y Marín (2017, 180) indican que:

la utilización de los apuntes enriquecidos con objetos de RA ha despertado en los estudiantes el rendimiento que lograron. A mayor motivación (confianza, atención, satisfacción y relevancia) estimulada por los estudiantes, mayor rendimiento alcanzaron.

En tanto León, Duque y Escobar (2018, 812) afirman que:

los estudiantes son capaces de desarrollar competencias basadas en el descubrimiento, la investigación y la construcción del conocimiento de una forma dinámica, creativa y reflexiva utilizando realidad aumentada.

Aún más, Cupitra-García y Duque-Bedoya (2018, 252) aseguran que:

se pone de manifiesto la riqueza de este tipo de tecnologías para dinamizar las maneras de apropiarse de la información, transformándola en conocimiento, haciendo del estudiante un sujeto activo y del profesor un facilitador. Claro que no puede olvidarse que para llegar a este nivel se requieren docentes con un grado de experticia alto: tanto teórico como práctico. Pero a ese grado de experticia hay que sumarle que estos docentes no deben perder de vista que lo más importante es nunca supeditar la tecnología a la pedagogía, pues ésta es la base fundamental para la gestión de cualquier práctica educativa.

A su vez, Fabregat (2012, 76) establece que la realidad aumentada:

permite que los estudiantes experimenten pensamientos, emociones y conductas similares a las que viven en una situación [semejante] en la vida real. Pero para aprovechar el gran potencial de la realidad aumentada en los procesos de aprendizaje, ésta tiene que estar cuidadosamente en sintonía con los modelos pedagógicos y los estilos de aprendizaje individuales de los estudiantes que participen en una experiencia de aprendizaje específica.

No en balde los estudiantes exigen cada vez más que los docentes desarrollen alternativas para mejorar su proceso de enseñanza aprendizaje; como consecuencia, se contribuye al rendimiento escolar permitiendo que el estudiante recuerde y aplique los conocimientos adquiridos.

Pero, mejorar la calidad educativa no es sencillo, ya que los profesores deben estar actualizados tanto en pedagogía (de su disciplina de conocimiento) como en la elaboración de material novedoso, con miras a generar la necesidad de recibir la información, la educación o la diversión en forma de experiencia; por consiguiente, haciendo que los estudiantes aprovechen los recursos proporcionados.

En nuestro caso observamos que la aceptación de los recursos fue muy buena y fueron los propios alumnos quienes evaluaron la utilidad del material; además de desarrollar recursos con RA.

Para Cupitra-García y Duque-Bedoya (2018, 252):

estos desarrollos tecnológicos traen inmerso el reto para que el docente conciba usos didácticos de dispositivos móviles y así mejore el proceso de enseñanza aprendizaje.

En tanto para Álvarez-Marín, Castillo-Vergara, Pizarro-Guerrero y Espinoza-Vera (2017, 41):

esta tecnología acerca al estudiante a una comprensión visual apropiada con respecto a la problemática presentada, debido a que en la forma tradicional en la

que se plantean estos ejercicios hay muchos aspectos que no pueden visualizarse fácilmente.

Por su parte, para Amaya y Santoyo (2017, 15) afirman que:

la realidad aumentada desarrolla el aprendizaje autónomo en cada estudiante, donde éste asume una postura activa de su proceso, manejando los tiempos y objetivos y convirtiendo al docente en un mediador del conocimiento y los recursos.

De igual manera Castañeda, Gutiérrez y Román (2014, 24) consideran que es un beneficio el uso de la RA en educación:

emancipar a nuestros estudiantes como aprendices más independientes, autorregulados y capaces de manejar y enriquecer su propio entorno de aprendizaje.

Además, Tovar, Bohórquez y Puello (2014, 18) destacan que:

es válido resaltar cómo los estudiantes asimilaron de una manera más didáctica y amena los contenidos de aprendizaje.

En opinión de Fabregat (2012, 77):

La creación de contenidos altamente interactivos, basados en realidad aumentada, apoya el proceso de aprendizaje de diversas formas; entre ellas brindando soporte a la adquisición de conocimientos procedimentales: esenciales para relacionar y entender los conceptos aprendidos mediante la interacción con los recursos que se encuentran alrededor del individuo, es decir, que hacen parte de su entorno real.

Algunos proyectos como el sistema ARLE (*Augmented Reality Learning Environment*) buscan que el profesorado utilice la RA participando en la inclusión de contenido multimedia a la aplicación de RA; en esencia sí es factible que el profesor implemente el material que considera necesario para fortalecer la información que va a tratar (Cubillo, Martín, Castro y Colmenar, 2014).

El Tecnológico de Monterrey (2017, 13) registra que las mejores prácticas corresponden a un enfoque pedagógico orientado al aprendizaje activo (*learning by doing*), ya que son los alumnos quienes deciden cómo combinar la información aumentada. Conste que la relación del estudiante con el objeto de aprendizaje no se basa sólo en la consulta de un contenido intelectual, pues implica una experiencia de inmersión en el entorno de aprendizaje.

En la medida en que los docentes se convierten en productores de conocimiento y herramientas pedagógicas, lo mismo que intercambiadores de recursos y promotores de tareas, las acciones didácticas que deseen compartir como profesionales (Leiva y Moreno, 2015) influirá positivamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. De ahí que Cabero-Almenara, Llorente-Cejudo y Gutiérrez-Castillo (2017, 11) señalen que:

la utilización de objetos de RA en la formación universitaria despierta verdadero interés en los estudiantes: en consonancia, nuestros resultados favorecen los elaborados por diferentes autores al decir que los alumnos muestran altos niveles de satisfacción cuando utilizan esta tecnología y los niveles de motivación que manifiestan cuando están inmersos en acciones formativas de este tipo son significativos.

Algunos autores dan cuenta de que la experiencia de formación en las aulas universitarias ha resultado una práctica innovadora y muy motivadora, por lo mismo sirve de apoyo a los docentes para potenciar su función (Villalustre y Del Moral, 2018; Maquilón, Mirete y Avilés, 2017; Pedraza, Amado, Lasso y Munévar, 2017; León, Duque y Escobar, 2018).

Aunado a lo anterior, Barroso-Osuna, Cabero-Almenara y Gutiérrez-Castillo (2018, 1275) aseguran:

la utilización de la realidad aumentada en la enseñanza universitaria, tanto cuando los estudiantes son productores como cuando son consumidores de objetos de aprendizaje, despierta un verdadero grado de aceptación para su utilización en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Otros autores como Barroso-Osuna, Cabero-Almenara y Gutiérrez-Castillo (2018) y Cabero, Fernández, y Marín (2017) testifican que los estudiantes perciben la RA como una tecnología fácil de utilizar y de producir:

Las herramientas audiovisuales que proporciona la realidad aumentada generan un alto impacto emocional y son determinantes para recordar ideas y conceptos.

Martín-Sabarís y Brossy-Scaringi (2017, 747), lo mismo que Maquilón, Mirete y Avilés (2017, 202), opinan que:

la realidad aumentada propone acercar este mundo digital a las aulas como recurso didáctico para una educación innovadora.

Por la gran cantidad de aplicaciones, Reinoso (2012, citado por Prendes, 2015) identifica seis tipos de aplicaciones significativas de RA en la educación: aprendizaje basado en el descubrimiento, desarrollo de habilidades profesionales, juegos educativos con RA, modelado de objetos 3D, libros con RA, y materiales didácticos.

Dado que lo presentado en este capítulo corresponde a la última categoría, establecimos como objetivo desarrollar material didáctico con RA para la materia de graficación y multimedios; con alumnos de la licenciatura en informática administrativa del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco.

Partiendo de que la asignatura de graficación y multimedios tiene como objetivo introducir al alumno a los conceptos y ramas principales de la graficación y multimedios (UAEMex, 2004), aplicamos diversos materiales didácticos de contenido con RA para que los estudiantes se involucraran en el aprendizaje mediante la interactividad con el recurso, dinamizando las clases, ejemplificando el empleo de diversos medios y haciéndolo atractivo; incluso se interesaron en la elaboración de ejemplos básicos de realidad aumentada.

A continuación presentaremos los elementos básicos de la RA, describiremos el material desarrollado por la docente e incorporado en la clase,

detallaremos lo que hicieron los alumnos, ofreceremos los principales resultados de la encuesta de opinión aplicada, y en las conclusiones destacaremos la importancia de la RA como material didáctico en proceso de enseñanza y aprendizaje.

DESARROLLO

Considerando que la RA es la incorporación de información visual sintética al mundo real, es preciso cumplir con ciertos parámetros como: combinar la información del mundo real con el virtual, contar con registro y alineación en 3D, y ser interactivo en tiempo real (González, 2011).

Esto significa que deben diseñarse recursos en perfecta sincronía con las imágenes generadas y el mundo real, para integrarlas en uno solo y generar una imagen enriquecida de la realidad, ofreciendo una experiencia didáctica mediante la interacción de imágenes virtuales con diferentes contenidos.

Como la mayoría de los alumnos dispone de un teléfono móvil con cámara, no tienen problema para capturar una escena y visualizar contenidos en su pantalla, ya que la RA requiere de dispositivos que identifiquen de manera clara el escenario real y el entorno real digitalizado.

Para desarrollar el sistema de RA se requieren procesos claramente establecidos; el primero es la captura de la escena (en este caso la realidad), luego la identificación de los contenidos que se van a aumentar, a continuación la incorporación de los marcadores que deberá reconocer el sistema, después las escenas generadas en las que se define su estructura y se posicionan los contenidos: de carácter visual o auditivo.

La mayoría de los sistemas presentan contenido visual en dos o tres dimensiones: imágenes bidimensionales generadas en dos tipos: las de mapas de bits y las de vectores de colores; además se elaboran contenidos textuales para reforzar las imágenes. Las tridimensionales se

manifiestan sobre tres ejes de representación: alto, ancho y profundidad (ejes X, Y, Z); al final se visualiza la escena.

La mayoría de software para diseño e implementación de RA son libres y solicitan que se descarguen algunas aplicaciones para los dispositivos móviles, también de libre acceso; lo importante aquí es el tipo de hardware o dispositivo que pueda utilizarse para sistemas de RA. Al respecto, Fombona, Pascual y Madeira (2012, 2013) afirman:

la realidad aumentada amplía las imágenes de la realidad, a partir de su captura por la cámara de un equipo informático o dispositivo móvil avanzado que añade elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a la que se le han sumado datos informáticos.

En el Tecnológico de Monterrey (2017, 26) se describe:

los sistemas para crear RA y para enriquecer modelaciones virtuales son cada vez más sencillos y actualmente no demandan un conocimiento especializado en programación. Eso permite que los sistemas educativos puedan involucrar a los alumnos en el ecodiseño de estos recursos, volviéndolos no sólo consumidores sino *prosumidores* educativos. Un ejemplo son las aplicaciones turísticas de RA que permiten que el usuario agregue información a la app.

Las pruebas se aplicaron al grupo de informática administrativa de cuarto semestre de la unidad de aprendizaje graficación y multimedia; compuesto por 37 estudiantes: 13 mujeres y 24 hombres. Para cumplir el objetivo de la investigación se utilizó el aula digital con 25 equipos de cómputo MAC más los dispositivos móviles de los alumnos; el procedimiento se conformó de tres etapas: desarrollo y uso de material didáctico con RA por la docente, aplicaciones con RA desarrolladas por los alumnos, y cierre del proceso y encuesta de opinión.

1. Desarrollo y uso de material didáctico con RA por la docente

Para desarrollar la unidad de aprendizaje graficación y multimedia se puso a disposición de los alumnos el material didáctico, con la

intención de observar los diferentes recursos (elementos virtuales, videos y audios) e incrementar la firmeza de los conocimientos. Para el diseño del material didáctico se utilizaron diferentes softwares de creación y edición, como Audacity para los audios; Photoshop, Illustrator y Flash (de la suite de Adobe) para el tratamiento de imágenes en dos dimensiones, y 3D Studio Max para el diseño de elementos tridimensionales.

Lo primero que se hizo para desarrollar el material didáctico con RA fue investigar sobre las competencias de los estudiantes y la factibilidad para elaborarlo; a continuación se evaluaron las posibilidades de utilizar el hardware y software, y el software de RA para incrustar videos, imágenes bidimensionales y modelos 3D, links, y compartir en redes sociales e incluso música.

Posteriormente se valoró todo lo anterior con la intención de definir la realidad que se aumentaría, definiendo los objetivos de la unidad de aprendizaje y generado información útil para aplicar elementos multimedia pertinentes durante el desarrollo y el diseño. A continuación se determinaron los marcadores (imágenes que sirven de referencia para el registro de los medios aumentados) y se incorporaron.

Los marcadores son de tipo ancla, ya que la imagen se utiliza para ver el o los elementos proyectados como imágenes 3D, videos, gráficos, fotografías o gifs animados. También se les solicitó a los estudiantes que guardaran en sus dispositivos móviles las imágenes que servirían de marcadores, mediante una presentación realizada en PDF para que los archivos del material didáctico fueran compatibles con los dispositivos móviles.

El material se diseñó con el objeto de resolver las dificultades detectadas en la enseñanza de la graficación, ya que los estudiantes suelen confundir los conceptos para graficar una imagen o elaborar una representación gráfica, de estadística o de datos. El primer material explica el concepto de graficación con diferentes autores y posturas, acompañado de una breve descripción de su historia.

En la figura 1 se despliega una línea de tiempo escrita y se complementa con las imágenes de esas evoluciones; igualmente se colocan los conceptos básicos para la generación de las imágenes (vectores e imágenes de mapa de bits, píxeles y sus ejemplificaciones). Asimismo, al determinar temas como arte digital, se presentan videos para definirlo al igual que otros videos sobre la forma como se materializa la animación por computadora, en virtud de que la graficación ha influido en el entretenimiento.



Figura 1. Material didáctico con RA sobre graficación

El segundo material se enfoca en el tema de multimedia. Aunque los estudiantes están en contacto directo y cotidiano con productos multimedia, lo cierto es que no distinguen sus características; por eso la materia es teórico-práctica y presenta los temas en los que es preciso hacer lecturas. Con ayuda del recurso es mucho más clara la conceptualización ya que permite visualizar los ejemplos.

Este material incluye actividades lúdicas, video tutoriales y audios con la finalidad de propiciar la visualidad. La adecuada visualización de los datos permite hacer una buena síntesis, ya que los estudiantes están acostumbrados a los medios digitales, donde la información está en tiempo real con plataformas flexibles y búsquedas personalizadas.

Por lo mismo se requiere que el material sea atractivo y novedoso, aunque también que haga una sinapsis de la información; precisamente, lo que busca la RA es hacerla atractiva sin deteriorar su importancia ni su contenido, pero integrando la información pertinente en un mismo espacio físico en tiempo real.

De acuerdo con Silva (2013), la mayoría de los marcadores necesitan un patrón único que le permita a la cámara reconocer y determinar los objetos o elementos que se pretenden mostrar. En este material didáctico se utilizaron las imágenes correspondientes a los conceptos incluidos en él.

Debido al auge en el uso de teléfonos inteligentes, que permiten ejecutar los links y ha familiarizado el uso de los códigos, en la figura 2 se observa el más utilizado en los últimos tiempos: el código QR, de moda en productos comunes con alguna promoción, en vallas publicitarias o en los carteles de las revistas, como estrategias de mercado.



Figura 2. Uso de código QR impreso para activar la RA

El uso de la RA es una propuesta novedosa para generar material didáctico y, a la vez, permitirle al alumno involucrarse en su desarrollo académico accediendo a materiales que propician el estudio independiente, con ayuda de diferentes medios comunicativos y nuevas tecnologías.

2. Aplicaciones con RA desarrolladas por los alumnos

Tomando en cuenta que los estudiantes se sintieron atraídos por la RA, que la materia requiere diferentes medios para hacer atractivos los productos digitales, y que este proyecto es óptimo para utilizar diversos medios, se les propuso a los alumnos que hicieran un breve ejercicio de

RA con el programa de Creator (figura 3), instalado en los equipos de la sala multimedia del Centro Universitario.

De entrada se les dio a conocer la interfaz gráfica del programa, que es intuitiva, y se destacaron las opciones de trabajo para la elaboración del proyecto. La primera práctica fue colocar una imagen como marcador y luego elegir otra que complementara al marcador (figura 4). Cabe recordar que la RA agrega la información de una primera imagen y luego se incorpora el video y al final los sonidos.

También hicieron muestras con el software Metaio Creator (en la figura 5 se aprecia un ejemplo de ello), después utilizaron Quiver en ilustraciones impresas (como en la figura 6) y, para activar la RA en las aplicaciones, se emplearon códigos QR.



Figura 3. Aplicación con RA desarrollada por los alumnos

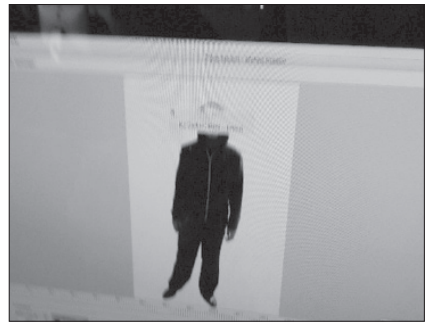


Figura 4. Incorporación de sonido en la plantilla de Metaio Creator



Figura 5. Ejercicio con Metaio Creator



Figura 6. Uso de RA con la aplicación Quiver en ilustraciones impresas

Los alumnos quedaron entusiasmados con la elaboración del proyecto, ya que la propuesta gráfica que en ciertos momentos se presentaba era beneficiosa. Comentaron que este tipo de aplicaciones podía servirles para materias como electrónica, simuladores y emuladores.

También dijeron que con esa aplicación ellos podrían entender más las actividades desarrolladas en el aula, lo mismo que estudiar objetos o máquinas difíciles de conseguir e incluso interactuar con objetos generados por computadora; además, como el material está a su alcance en todo momento, pueden utilizar esas herramientas para reforzar su aprendizaje y favorecer el estudio autónomo.

3. Cierre del proceso y encuesta de opinión

La encuesta de opinión que se elaboró consta de diez reactivos, desarrollados y validados por Castillo, Soberanes-Martín, Peña y Martínez (2016) sobre el uso de aplicaciones con RA. De los resultados obtenidos, destaca que 85% de los estudiantes considera que las instrucciones del material presentado por la docente fueron precisas y 84% expresó que la accesibilidad al material aumentado era adecuada.

Acerca de la distribución en la pantalla, a 93% le pareció ordenada; el mismo porcentaje opinó que en general los materiales son innovadores; todos consideraron que los colores empleados eran adecuados y en cuanto a la velocidad con la que se carga la RA del material, a 4% le pareció muy rápido, a 90% rápido y a 6% lenta.

Con relación a si el material les pareció completo, sólo 10% opinó que no; respecto a la interacción con los materiales, 76% respondió que era fácil, 14% muy fácil y 10% opinó que era difícil. En cuanto al uso de los materiales didácticos, 30% lo consideró complejo, 56% fácil y 14% muy fácil. Finalmente, acerca de la experiencia de usar el material didáctico, 4% expreso haber sido poco satisfactoria, 90% satisfactoria y a 6% le resultó indiferente.

A continuación se recogieron opiniones de los alumnos relacionadas con el material; en general sus respuestas fue positiva: un alto

porcentaje indicó que el material es innovador, que la experiencia fue satisfactoria y que les gustaría que se implementaran este tipo de herramientas en otras materias. Elegimos cuatro de las 37 opiniones expresadas por los alumnos del grupo para presentarlas a manera de muestra:

Félix Alberto Torres Juárez: El uso de la realidad aumentada contribuye al fácil aprendizaje de las personas y al mejor entendimiento sobre diferentes temas; se trata de una herramienta innovadora.

Rogelio Mateos Cruz: Creo que es muy útil, es una buena opción de aprendizaje y fácil de utilizar: proporciona conocimiento, permite diversas actividades y fomenta la imaginación y creatividad.

Adriana García Sotelo: Me serviría mucho en mis otras materias, para que mis presentaciones fueran más interesantes, agradables y además interactivas.

Rodrigo Rojas Rebollar: Considero que la realidad aumentada nos ayuda a tener un mayor desarrollo en el ámbito de trabajo y académico; nos fomenta a desarrollar e interactuar nuevos métodos de trabajo.

En general se considera que los alumnos tuvieron la oportunidad de conocer más sobre las aplicaciones y encontraron actividades que les fueron divertidas, interesantes y podrían servir para enviar datos confidenciales, que sólo con el código podrían descifrarse. Paulatinamente fueron haciendo propuestas para fortalecer la asignatura y utilizando diferentes medios digitales.

CONCLUSIÓN

Aplificada en la educación, la RA es la mejor conexión entre el mundo real y los contenidos digitales; característica que le permite al usuario reforzar el aprendizaje de los contenidos educativos mediante la asociación, y al mismo tiempo incrementar la motivación de los estudiantes: permiten complementar la información sin que el usuario

pierda de vista la información principal. La tecnología de nueva generación está equipada con nuevos sensores y mejores cámaras para responder a las demandas de la RA.

Asimismo, la realidad aumentada permite el desarrollo de habilidades profesionales debido a que pueden generarse materiales donde haya un simulador; con ello, los estudiantes observan las especificaciones técnicas, el modo de empleo y pueden tener acceso a laboratorios remotos.

Además, el material didáctico con RA ofrece varios elementos que permiten que cada estudiante elija el elemento multimedia que mejor le favorezca; como consecuencia, se obtienen mejores resultados de aprendizaje, se desarrolla la actitud crítica y los contenidos vienen siendo el valor agregado.

Finalmente es determinante que los contenidos que se van a aumentar sean adecuados e interesantes; si no están bien valorados, no tiene sentido aumentarlos ya que deben generar un valor agregado: aportar algo que permita mantener el interés del alumno y en consecuencia ampliar la información e incrementar el compromiso de los estudiantes.

Igualmente, confirmamos lo expresado por Amaya y Santoyo (2017), en el sentido de que la realidad aumentada es una herramienta de apoyo para la clase, y tiene un valor actitudinal con el que el estudiante desarrolla un papel activo en su educación y autonomía.

Por su parte, los resultados de la encuesta de opinión validan que la RA es una excelente opción para mejorar las habilidades y conocimientos prácticos de los alumnos; en este caso de los temas de la asignatura de graficación y multimedios.

Además, corroborando lo señalado por Barroso-Osuna, Cabero-Almeñana y Gutiérrez-Castillo (2018), pudo identificarse que la RA influye en el comportamiento de los estudiantes al incrementar su interés y nivel de aprendizaje:

la producción de objetos de aprendizaje en RA por parte de los estudiantes es una estrategia que puede abordarse en los contextos de formación universitaria.

Para terminar, conseguimos que los alumnos no se comportaran únicamente como consumidores de los materiales didácticos, sino –como lo marca el Tecnológico de Monterrey (2017)– fueran también proconsumidores; aunque en ese caso también se logró que fueran productores.

REFERENCIAS

- Adell, J. y Castañeda, L. (eds.). (2013). *Entornos personales de aprendizaje: claves para el ecosistema educativo en red*. Alcoy: Marfil.
- Álvarez-Marín, A., Castillo-Vergara, M., Pizarro-Guerrero, J., y Espinoza-Vera, E. (2017). *Realidad aumentada como apoyo a la formación de ingenieros industriales*. *Formación Universitaria*, 10 (2): 31-42.
- Amaya, L., y Santoyo, J. (2017). *Evaluación del uso de la realidad aumentada en la educación musical*. *Cuadernos de Música, Artes Visuales y Artes Escénicas*, 12 (1): 1-16, recuperado de: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.mavae12-1.urae>.
- Barroso-Osuna, J., Cabero-Almenara, J., y Gutiérrez-Castillo, J. (2018). «La producción de objetos de aprendizaje en realidad aumentada por estudiantes universitarios. Grado de aceptación de esta tecnología y motivación para su uso», en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23 (79): 1261-1283.
- Bernal, L., y Ballesteros-Ricaurte, J. (2017). *Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje, apoyada en realidad aumentada*. *Sophia*, 13 (1): 4-12.
- Cabero-Almenara, J., Llorente-Cejudo, C., y Gutiérrez-Castillo, J. (2017). «Evaluación por y desde los usuarios: objetos de aprendizaje con realidad aumentada», en *RED. Revista de Educación a Distancia*, (53): 1-17.
- Cabero, J., Fernández, B., y Marín, V. (2017). «Dispositivos móviles y realidad aumentada en el aprendizaje del alumnado universitario», en *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 20 (2): 167-185.

- Castañeda, L., Gutiérrez, I., y Román, M. (2014). «Enriqueciendo la realidad: realidad aumentada con estudiantes de educación social 175», en *@tic. revista d'innovació educativa*, (12): 15-25.
- Castillo, J., Soberanes-Martín, A., Peña, A. y Martínez, M. (2016). «Realidad aumentada como herramienta en el proceso de aprendizaje en la materia de envase y embalaje del diseñador industrial», en *Pistas educativas* (112): 87-99.
- Cubillo, J., Martín, S., Castro, M. y Colmenar, A. (2014). «Recursos digitales autónomos mediante realidad aumentada», en *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*. 17(2): 241-274.
- Cupitra-García, A., y Duque-Bedoya, E. (2018). *Profesores aumentados en el contexto de la realidad aumentada: una reflexión sobre su uso pedagógico*. El Ágora USB, 18 (1): 245-255, recuperado de: <http://dx.doi.org/10.21500/16578031.3178>
- Fabregat, R. (2012). «Combinando la realidad aumentada con las plataformas de e-learning adaptativas», en *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 9 (2): 69-78.
- Fombona, J., Pascual, M. y Madeira, M. (2012). «Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles», en *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación UNAD Colombia* (41): 197-210.
- González, C. (2011). «Introducción a la realidad umentada» (diapositivas de PowerPoint). Universidad de Castilla-La Mancha. Recuperado de: http://www.librorealidadaugmentada.com/descargas/transparencias/sesion01_01.pdf.
- Leiva, J. y Moreno, N. (2015). «Tecnologías de geolocalización y realidad aumentada en contextos educativos. Experiencias y herramientas didácticas», en *Revista didáctica, innovación y multimedia*, 11 (31): 1-18.
- León, F., Duque, E., y Escobar, P. (2018). «Estrategias de formulación de preguntas de calidad mediadas por realidad aumentada para el fortalecimiento del pensamiento científico», en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23 (78): 791-815.
- Maquilón, J., Mirete, A., y Avilés, M. (2017). «La realidad aumentada (RA). Recursos y propuestas para la innovación educativa», en *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20 (2): 183-203.

- Martín-Sabarís, R., y Brossy-Scaringi, G. (2017). «La realidad aumentada aplicada al aprendizaje en personas con síndrome de Down: un estudio exploratorio», en *Revista Latina de Comunicación Social* (72): 737-750.
- Pedraza, C., Amado, O., Lasso, E., y Munévar, P. (2017). «La experiencia de la realidad umentada (RA) en la formación del profesorado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia» en *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, UNAD Colombia (51): 111-131.
- Prendes, C. (2015). «Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas», en *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación UNAD Colombia* (46): 187-203.
- Silva, J. (2013). «La realidad aumentada, dentro y fuera del aula», en *Revista Aula de Secundaria. Didáctica. Tutoría. Gestión. Orientación* (4):19-23.
- Tecnológico de Monterrey (2017). *Reporte Edu Trends. Realidad Aumentada y Realidad Virtual*, Monterrey: Tecnológico de Monterrey.
- Tovar, L., Bohórquez, J., y Puello, P. (2014). *Propuesta metodológica para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada*. Formación Universitaria, 7 (2): 11-20.
- UAE Mex. (2004). Plan de estudios de informática administrativa. Toluca: UAEMex.
- Villalustre, L. y Del Moral, M. (2018). «Geolocalización y realidad aumentada para un aprendizaje ubicuo en la formación inicial del profesorado», en *@tic. Revista de Innovación Educativa* (21): 40-48, recuperado de: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.7203/at-tic.21.12633>

CAPÍTULO 6

Acercamiento al límite de función real con Cálculo AR

MAGALLY MARTÍNEZ REYES, RENÉ G. CRUZ FLORES, ANABELEM SOBERANES MARTÍN Y GIZETH ALELÍ CASTRO ORELLANA*

RESUMEN. A partir de un modelo tridimensional animado con la representación digital de un patinador que practica monopatínaje, exploramos un escenario simulado para representar un problema de límites con la app *Cálculo AR* para Smartphone y Iphone; lo que nos permitió contextualizar al alumno en el uso de notación matemática y fórmulas. En la investigación se practicaron 139 pruebas de concepto y usabilidad a alumnos de ingeniería, del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, de la Universidad Autónoma del Estado de México, y de diferentes sedes de la Universidad Tecnológica de Honduras; el resultado promedio fue de alto grado de aceptación (80%), tanto en el uso como en la funcionalidad de la aplicación. Las pruebas también se aplicaron a los profesores hondureños que imparten la materia de cálculo en las carreras de ingeniería, con el mismo resultado satisfactorio.

PALABRAS CLAVE: aplicación móvil, realidad aumentada, límites, cálculo, tecnología educativa.

ABSTRACT. Based on an animated three-dimensional model with the digital representation of a skater who practices skateboarding, we explore a simulated scenario to represent a boundary problem with the AR Calculation app for Smartphone and Iphone; which allowed us to contextualize the student in the use of mathematical notation and formulas. In the investigation 139 tests of concept and usability were practiced to engineering students: of the UAEM Valle de Chalco University

*Investigadores del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, de la Universidad Autónoma del Estado de México: Magally Martínez Reyes, mmartinezr@uaemex.mx; René G. Cruz Flores, rgcruzf@uaemex.mx y Anabelem Soberanes Martín, asoberanesm@uaemex.mx. Gizeth Alelí Castro Orellana es investigadora de la Facultad de Ingeniería en Computación, de la Universidad Tecnológica de Honduras, gizeth.castro@uth.hn. Las gráficas y figuras fueron creados por los autores; a menos que se especifique lo contrario.

Center, of the Autonomous University of the State of Mexico, and of different headquarters of the Technological University of Honduras. The average result was of a high degree of acceptance (80%) both in the use and in the functionality of the application. The tests were also applied to Honduran professors who teach the subject of calculation in engineering careers, with the same satisfactory result.

KEYWORDS: mobile application, augmented reality, limits, calculus, educational technology.

Introducción

El progreso de las tecnologías ha estado marcado por revoluciones que determinan su auge y caracterizan su uso; es el caso de la tercera revolución industrial, identificada con el empleo de la electrónica digital, las tecnologías de la información (TIC), la automatización de la producción y la globalización avanzada en todos los sectores de la sociedad. Su influencia es tal, que ha modificado la productividad y forma de interactuar de las personas.

La cuarta revolución industrial –en la que nos encontramos actualmente– se caracteriza porque la nanotecnología, la inteligencia artificial, la robótica, la genética y la impresión 3D forman parte de ella; en conjunto, han modificado toda la industria multinacional, incluido el sector educativo, al formar a los futuros trabajadores con habilidades básicas interpersonales (liderazgo y trabajo en equipo) y habilidades combinadas (pensamiento crítico y resolución de problemas) (D2L, 2019; FEM, 2016).

El nivel de importancia que la educación universitaria tiene en el fomento de este conocimiento se refleja al comparar el descrédito que el trabajo poco cualificado ha tenido en los últimos 20 años (alrededor de 7%), con el trabajo calificado que domina la inteligencia artificial y la automatización (Arntz, Gregory & Zierahn, 2017). Sin lugar a dudas la educación universitaria y la innovación son determinantes para el

crecimiento económico; de tal forma que es indispensable mejorar la calidad de la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (educación STEM, por sus siglas en inglés).

Junto con las habilidades y competencias científicas avanzadas (razonamiento crítico, resolución de problemas y creatividad), todo ello determina el éxito del mercado laboral. Lo mismo ocurre con el incremento del trabajo independiente (14%), cuyo perfil de autocapacitación y auto-desarrollo profesional demanda una formación diferente (OCDE, 2017).

Si bien la finalidad del sector educativo no se limita a formar trabajadores, es un hecho que la cuarta transformación requiere estrategias y herramientas de enseñanza, adaptadas a las características particulares de los estudiantes que –para la generación actual– son nativos tecnológicos (D2L, 2019).

Desde este punto de vista, la realidad aumentada (RA), como una tecnología de enseñanza virtual, aporta escenarios que brindan una oportunidad para fomentar la idea de crear una aplicación que superponga video, imágenes, textos o simulaciones a una superficie, y así adentrarse en un tema y fomentar el aprendizaje (Legon, Garrett & Fredericksen, 2019).

Observar la realidad a través de la pantalla de una computadora, tableta o smartphone permite crear escenarios con elementos gráficos añadidos que enriquecen y aumentan la realidad. En el entendido de que la RA no es sino la acción de agregarle a una escena captada por una cámara, elementos adicionales que no tenía.

Esos nuevos elementos pueden sobreponerse para contextualizar lo que se percibe en la pantalla: desde un simple texto hasta modelos tridimensionales animados; esto abre una forma de interacción diferente al uso común que se le da en el aula a los dispositivos móviles y a las computadoras (Cruz, Martínez, Castro & Soberanes, 2018).

Por todo ello, al ser la carrera de ingeniería en computación un área de interés tecnológico, utilizar este tipo de tecnologías emergentes es

todo un reto, ya que se caracteriza por un alto contenido de materias de matemáticas en el primer año (álgebra, geometría analítica, cálculo, estadística y probabilidad, entre otras), con altos índices de reprobación (Ellis, Kelton & Ramsmussen, 2014).

En general suele emplearse un enfoque teórico, operativo y memorístico, que en lugar de procurar que los alumnos comprendan los conceptos (Fadali, Johnson, Mortensen & McGough, 2000; Loch & Lamborn, 2016) les aseguran que cuando ejerzan su profesión lo aplicarán, sino es que en materias posteriores del plan de estudios.

Por esta razón los reportes sobre dificultades en su aprendizaje, derivadas de esta tendencia (Matamoros, 2018), junto con los altos índices de reprobación y deserción (Landa, 2016), aunados a un bajo desempeño académico (Berrocoso, 2015), muestran la gran complejidad de la enseñanza-aprendizaje.

Una de esas materias complicadas es la de cálculo diferencial e integral, que forma parte del currículo de primer semestre universitario y es de las de mayor índice de reprobación (Castela 2016). No en balde, diversas comunidades académicas han planteado propuestas para mejorar la enseñanza; una de ellas busca que desde su primer acercamiento se relacionen los métodos básicos con las aplicaciones reales (Moreno, 2007).

Introducir modelización y significación matemática (Wedelin, Adawi, Jahan & Anderson, 2015; Rodríguez, 2010) es otra de las propuestas; una más es la resolución de problemas relacionados con el ámbito social-real del estudiante (matemática realista, entornos de aprendizaje matemático), capaces de darle sentido al estudio del cálculo diferencial e integral (Flegg, Mallet & Lupton, 2011; Bingolbadi, Monaghan & Roper, 2007).

Otra sugerencia es la que busca relacionar el aprendizaje basado en casos, con el aprendizaje basado en problemas sustentados en alguna teoría didáctica (ontosemiótica, socioepistemología, constructivismo) (Castela 2016; Barbé, Bosch, Espinoza & Gascón, 2005).

Visto así, la proposición de la RA es una opción que combina distintas propuestas y contribuye a la enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial e integral, de nivel superior, para las carreras de ingeniería; en particular porque los estudiantes tienen acceso a dispositivos tecnológicos y suelen tener mayor disposición para su uso (Blink Learning, 2018; Dabbagh, Fake & Zhang, 2019).

Por la amplitud de la materia, en este trabajo únicamente tomaremos uno de los temas curriculares para desarrollar la propuesta: el concepto de límite.

DESARROLLO

En junio de 2016 el Massachusetts Institute of Technology (MIT) lanzó la nueva transformación de educación en ingeniería (NEET, en inglés); se trata de una iniciativa destinada a desarrollar e identificar un programa líder en el mundo de la educación universitaria en ingeniería.

La visión de NEET se sustenta en tres pilares: un enfoque educativo (basado en el diseño y la innovación), una estrategia educativa (con enfoques pedagógicos modernos, efectivos y apropiados, apoyados por un plan de estudios flexible), y una estructura educativa (reflejo de los desafíos que enfrenta la ingeniería en el siglo XXI).

El enfoque sistemático para evaluar los impactos del programa, aunado a la calidad demostrable de los planes y la visibilidad externa que adquieren los logros de la universidad, influye en la identificación de la calidad educativa (Graham, 2018).

A esta postura sistémica se asocian capacidades emergentes como: aprendizaje en línea y aprendizaje combinado, ingreso de estudiantes no convencionales por procesos no tradicionales de selección, integración del aprendizaje basado en el trabajo y combinación del aprendizaje en línea fuera del campus con el aprendizaje experiencial intensivo en el campus.

Otras capacidades emergentes también son el establecimiento de actividades extracurriculares dirigidas por estudiantes en situaciones y culturas no asociadas a experiencias extramuros, el doble énfasis en el diseño de ingeniería, y la reflexión de los estudiantes con énfasis en la colaboración y el aprendizaje interdisciplinario (Graham, 2018).

Visto así, las matemáticas del primer año universitario deberían contribuir a potenciar las actividades atípicas y la resolución de problemas reales que forman parte de los procesos que los ingenieros deben dominar en su ejercicio profesional (González-Martí, 2018); sin embargo, en su examen de selección, la mayoría de los estudiantes de nuevo ingreso reflejan mucho desconocimiento de los de conceptos matemáticos básicos (Larrazolo, 2013; Martínez, Soberanes & Sánchez, 2017).

Si desde el punto de vista epistemológico le agregamos conceptos tradicionalmente difíciles para su comprensión, sigue manteniéndose como uno de los más estudiados por investigadores educativos (como el límite de una función real) y entonces el problema es todavía mayor (Contreras, García & Font, 2012).

Como lo expresa Arcos (2019), la experiencia en las aulas y los innumerables trabajos de investigación en matemática educativa durante casi medio siglo, dan cuenta de la gran dificultad para entender el concepto de límite. Por eso muchos estudiantes recurren a la manipulación algebraica como una tendencia operativa que les permite manipular el cálculo de límites; aunque con ello se produzcan errores significativos en los casos de límites hacia ∞ , $-\infty$, 0 (Oktaç & Vivier, 2016).

Desde la esfera de los planes de estudio ordinarios, una de las características de la mayoría de los estudios es que no han investigado la forma como los estudiantes calculan los límites de una función determinada. En particular, para el límite de una función es difícil identificar las formas determinadas y las indeterminadas, debido a que –al parecer– el conocimiento algebraico es muy técnico para los estudiantes y con frecuencia carece de significado para ellos (Montoya, Murillo, Vandebrouck & Vivier, 2018).

Como consecuencia, con la finalidad de proponer un escenario de aprendizaje adaptativo que apoyara la comprensión del concepto de límite y un conocimiento previo que acercara a uno conceptual con el que comprenda la simbología, quisimos hacer uso de la RA ya que permite superponer medios generados digitalmente al mundo real.

Con esta idea presentamos la animación de un patinador *skeaters* (patinadores urbanos que andan en monopatín), haciendo uso de una patineta en un plano curvado (pistas típicas en las que se practica este deporte) para que los estudiantes observarán que, en una actividad deportiva, urbana y representativa para ellos, los límites están inmersos.

La propuesta consiste en desarrollar una aplicación móvil que permita (a través de la pantalla del Smartphone o del Iphone) situar en una superficie determinada (mesa, piso o paredes) el modelo tridimensional animado para que, a partir de la representación visual, se analicen los valores que aparecen en la pantalla a manera de información básica; por consiguiente, esto ayudará a los alumnos a crear una representación simbólica del fenómeno que están observando (figura 1).

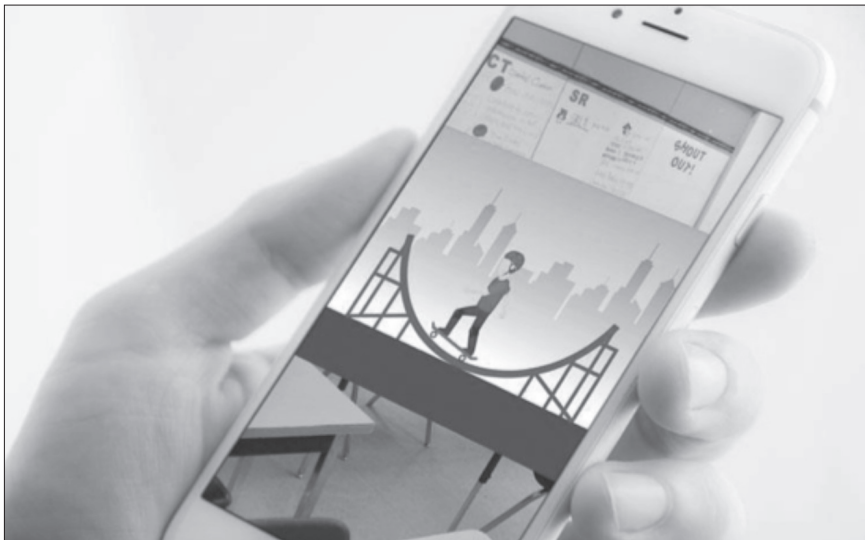


Figura 1. Representación conceptual de la aplicación móvil.
Fuente: Cruz, Martínez, Orihuela & Soberanes (2018)

La app Cálculo con realidad aumentada (Cálculo AR) presenta actividades para explorar el concepto de límite de una función real mediante el *skater* (patinador) que se balancea en un *half pipe* (plataforma de patinaje), con la intención de estudiar la variación mediante el movimiento; primero de forma intuitiva y poco a poco se va profundizando hasta llegar a la expresión $\Delta y/\Delta x$.

Posteriormente se profundiza en la forma en la que el patinador se acerca a un punto específico de la plataforma: desde el lado derecho, límite lateral derecho; desde el lado izquierdo, límite lateral izquierdo; sin importar la dirección desde donde se acerque, se asocia con las notaciones tradicionales de límites:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x), \lim_{x \rightarrow a^-} f(x) \text{ y } \lim_{x \rightarrow a^+} f(x)$$



Figura 2. App Cálculo AR. Indicaciones y objetivo

La actividad didáctica comienza con el profesor cuando da las instrucciones para usar la app Cálculo AR y explica la manera de seguir las instrucciones; mientras tanto el alumno empieza registrando sus datos generales (figura 2). La app incluye cinco actividades.

Actividad 1. El alumno observa el acercamiento del patinador que se balancea en la plataforma de patinaje desde (x_0, y_0) , hasta llegar a un punto que elija e identifica por las coordenadas (x_1, y_1) . Se le pregunta sobre la relación $(x_1 - x_0)$, $(y_1 - y_0)$, para diferentes valores de x_1, y_1 , hasta llegar a la interpretación de Δx , Δy y, finalmente, a $\Delta y/\Delta x$. Por lo tanto, se asume que $y=f(x)=x^2$ (figura 3).

Actividad 2. El alumno desliza al patinador que se balancea en la plataforma desde el lado izquierdo hasta donde se detiene; a continuación describe el comportamiento cuando el patinador tiende al valor $(0, 0)$, y al que él elija; por ejemplo $(6, 36)$. Posteriormente identifica el límite lateral izquierdo con la expresión $\lim_{x \rightarrow a^-} f(x)$.

Actividad 3. El alumno desliza al patinador que se balancea en la plataforma desde el lado derecho hasta donde se detiene, y luego describe el comportamiento cuando el patinador tiende a un valor fijo y posterior al $(0, 0)$; finalmente identifica el límite lateral derecho como $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x)$ (figura 4).

Actividad 4. El alumno desliza al patinador que se balancea en la plataforma desde el lado derecho hasta el lado izquierdo; cuando se detiene, describe el comportamiento del patinador en el momento en el que tiende a un valor negativo. Cuando tiende a un valor positivo o incluso a $(0, 0)$, identifica la expresión general de límite como $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$.

Actividad 5. El alumno desliza al patinador que se balancea en la plataforma desde el lado derecho

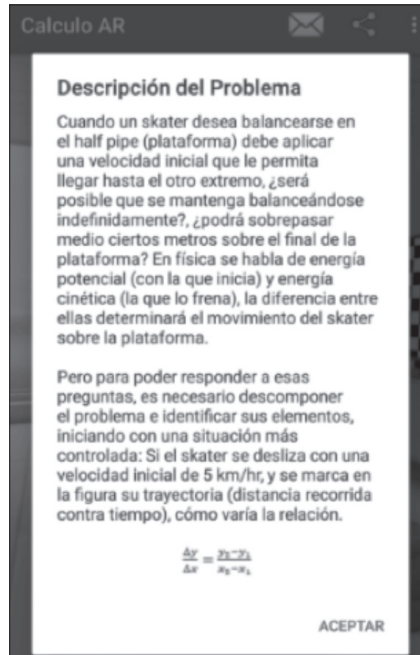


Figura 3. App Cálculo AR. Actividad 1

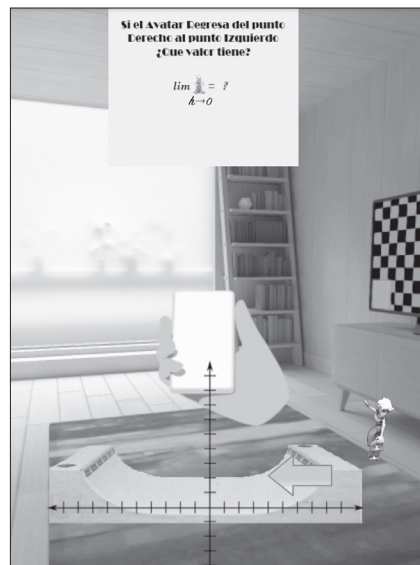


Figura 4. App Cálculo AR. Actividades 2 y 3

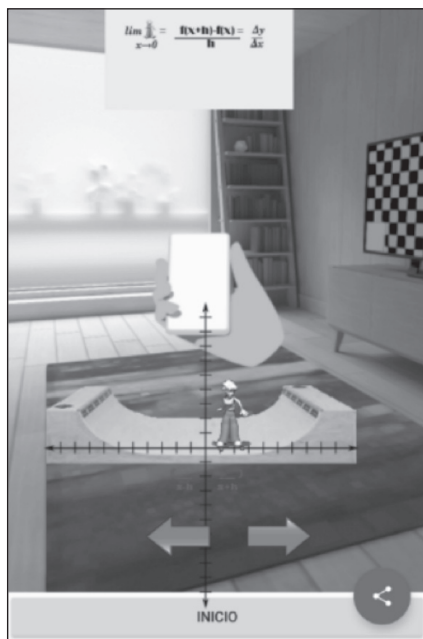


Figura 5. App Cálculo AR. Actividades 4 y 5

hasta el lado izquierdo, y describe su comportamiento cuando el patinador se detiene en el valor $(-3, 9)$. En ese momento se le pregunta sobre la expresión y su significado

$$\lim_{x \rightarrow -3} \frac{f(x+h)-f(x)}{h}$$

Para finalizar se le pregunta sobre el significado de la expresión y su interpretación con el patinador y la plataforma de patinaje (figura 5).

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x+h)-f(x)}{h}$$

En las últimas dos actividades se describe el comportamiento del patinador cuando se acerca a un

valor determinado, con la intención de que lo generalice y llegue a la expresión $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x+h)-f(x)}{h}$ con cualquier valor, pero con un significado para la expresión en el ámbito del problema.

La aplicación móvil utiliza las herramientas AR Kit, AR Core y AR.js para crear la app tanto en plataforma Android, como iOS y Web. Para el caso práctico de límites se propuso, en un principio, utilizar un solo modelo tridimensional animado; después pueden sustituirse los elementos tridimensionales o incluir otros que representen problemas similares o de otra disciplina.

Esto es posible porque el diseño de la app Cálculo AR no depende de los contenidos, sino del modelo como se representa la información planteada; por lo mismo pueden usarla los estudiantes en su clase de cálculo con la guía del profesor, quien instruye no sólo sobre el uso técnico sino también sobre la relación del modelo tridimensional animado con los problemas típicos de límites. De esta manera,

mientras los alumnos usan la aplicación móvil, el profesor adquiere un rol activo.

La aplicación Cálculo AR permite que los alumnos introduzcan valores, producto de sus propios cálculos, y comprueben sus efectos en la animación verificando si coinciden con los valores calculados por la simulación; los valores iniciales muestran una animación realista que el profesor verifica y los alumnos discuten en clase (Cruz, Martínez, Castro & Soberanes, 2018).

RESULTADOS

Una de las primeras pruebas practicadas en el nivel técnico de la propuesta fue usar la aplicación móvil con la tecnología AR.js y con marcadores; es decir, utilizar imágenes para reconocer un patrón mediante cámaras digitales. Estas cámaras permiten la prueba de concepto y sirven como guía para el diseño instruccional de la actividad educativa que usa la app en el aula.

La razón de utilizar las cámaras fue para confirmar su viabilidad como herramienta útil en la práctica docente de forma exploratoria, y de paso indagar la opinión y valoración de los profesores expertos en matemáticas: quienes han apoyado el desarrollo de esta propuesta. Además, una vez terminados los tres prototipos (Android, iOS y Web) se tiene considerado hacer una experimentación completa.

Por lo pronto, la aplicación de la app Cálculo AR se probó en dos sentidos: en una prueba de usabilidad con estudiantes que cursan el primer año universitario en México y Honduras, y con profesores de Honduras que imparten la materia de cálculo en carreras como ingeniería en sistemas, computación y producción industrial.

En el primer caso, del total de 70 alumnos de ingeniería en computación de México, la mitad fueron hombres y la otra mitad mujeres; de ellos, 65 indicaron que la herramienta era adecuada pues habían podido utilizarla

en su dispositivo móvil. Vale la pena recordar que es indispensable que el dispositivo sea un teléfono inteligente.

En cuanto a los alumnos de las diversas ingenierías de Honduras, 39 fueron de género masculino y 30 femenino; los 69 estudiantes contestaron una prueba piloto de usabilidad en donde 89% indicó que la aplicación tiene un diseño moderno e innovador, y que era muy atractivo para el público para el que había sido desarrollada; además, dijeron que su diseño destaca de otras apps de su estilo.

Por lo que toca al manejo de la app, 73% expresó que es fácil de utilizar e intuitiva, y que era perfecta para el público para el que se había destinado. Respecto a su contenido, todos (los 139 alumnos) consideraron que les permitía pasar de un concepto de límite intuitivo y precario a explorar la variación como un límite, lo mismo que a generar una interpretación más acorde con su definición formal.

Es claro que las actividades en la app Cálculo AR con el patinador permite que los alumnos profundicen tanto en el concepto como en la notación matemática asociada; pero con un significado según el contexto del problema.

En el caso de los profesores, la participación fue de cinco docentes con su respectivo grupo de la Universidad Tecnológica de Honduras (plantales de Siguatepeque, El Progreso, Puerto Cortés y San Pedro Zula). Para la prueba de usabilidad consideraron que con todo y que su diseño era adecuado, podría requerir de una capacitación previa de su uso por parte del profesor y alguna opción para manejar escalas.

Acerca de la manejabilidad por parte del profesor, 80% señaló que es intuitiva y fácil de utilizar; en cuanto a la calidad –educativamente hablando– todos opinaron que Cálculo AR si la tiene, y además que dispone de un buen lenguaje, que es didáctica y que son mínimas las carencias de este tipo que podría tener.

Asimismo, la utilidad se dividió en dos partes: para el estudiante mexicano, de donde 84.2% considera que su uso puede ser más recomendado

en el aula para contribuir en los aprendizajes de los alumnos y aporta conocimientos; y para el profesor hondureño, cuyo grupo 78.94% piensa que su uso puede ser más que recomendado en el aula para complementar sus explicaciones. La figura 6 muestra una gráfica en la que se presentan los porcentajes de las seis categorías.

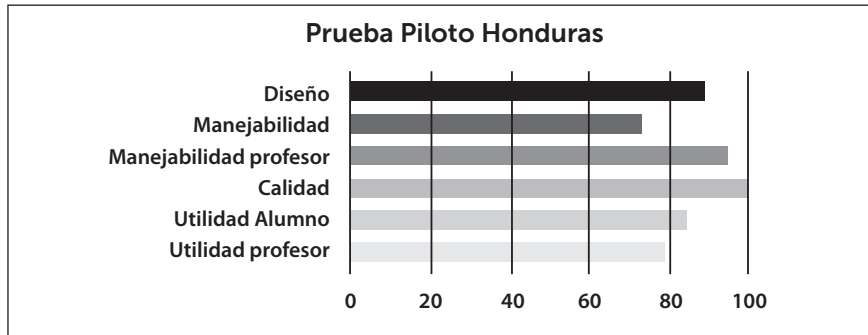


Figura 6. Gráfica de usabilidad de la prueba piloto en Honduras

Esta primera fase de prueba de usabilidad en alumnos y profesores permite, por un lado, evaluar la aplicación de la app Cálculo AR desde el punto de vista didáctico; donde tanto profesores como estudiantes valoran su completitud y utilidad dentro de un aula típica donde se imparte el tema de límites.

En cuanto a su uso, aunque se tiene un buen manejo, se recogieron las sugerencias de los usuarios para incorporarlas en una segunda versión; además de que la retroalimentación permitirá ampliar la representación de los contenidos referentes al tema de límites, que también se podrán extender a tópicos más avanzados.

Un hallazgo preliminar que se ha venido documentando durante la investigación es el interés que muestran tanto los estudiantes como los profesores con respecto a la utilización de la tecnología de RA en el aula.

Si bien esta tecnología ha sido documentada en diferentes proyectos alrededor del mundo y con ello evidenciando su efectividad en distintas disciplinas, relacionarla con temas de matemáticas superior genera

gran expectativa; no sólo por los alcances que se vislumbran sino por la practicidad de utilizar los dispositivos móviles en el aula (Cruz, Martínez, Orihuela & Soberanes, 2018).

CONCLUSIONES

La app Cálculo AR permite explorar el significado de uno de los conceptos más escabrosos del cálculo diferencial: el concepto de límite. Si bien la complejidad deviene de su significado, de los conocimientos previos y de los obstáculos epistemológicos que lo rodean –lo mismo que de la notación matemática asociada– la app gradualmente permite explorar el significado del concepto mediante la actividad del patinador.

Además, propicia la posibilidad de revisar desde los conceptos básicos asociados a la variación, hasta el concepto general de límite con un significado específico para el alumno. De ahí que los resultados de las primeras pruebas de concepto y usabilidad muestren un grado de aceptación considerable y una buena disposición para su uso por parte de alumnos y profesores.

Desde el punto de vista didáctico, la utilización de dispositivos móviles en el aula –particularmente empleando RA– genera una gran expectativa en los alumnos y en los profesores, quienes ven en esta tecnología una oportunidad para llevar escenarios virtuales al salón de clase con teléfonos inteligentes (Iphone y Smartphones), tan al alcance de todos.

De esta manera se generan experiencias difíciles de recrear con otro tipo de tecnologías (como computadoras personales o pizarrones inteligentes); por lo tanto resalta el valor que tienen la tecnología móvil y la realidad aumentada.

Particularmente en los resultados se observa que los expertos en contenido y profesores de matemáticas ven en esta propuesta una oportunidad para contextualizar problemas complejos y abstractos, mediante el uso de la tecnología de forma entretenida y didáctica. Asimismo permite

diseñar actividades educativas que consideren el uso de esta tecnología como parte importante de la instrucción.

Como consecuencia, se apoyan los temas difíciles de abordar en el aula por su complejidad y nivel de abstracción. Por ejemplo, el caso de límites puede ejemplificarse de una manera interactiva y rica en contenido, para que pueda explicarse y entenderse de manera clara gracias a la tecnología.

Por otra parte, desde el punto de vista tecnológico, emplear realidad aumentada en la instrucción del cálculo permite que el potencial de esta tecnología beneficie los procesos de enseñanza-aprendizaje en temas complejos como el de límites.

Si bien en esta primera versión se usa al patinador, también es posible incorporar cámaras, sensores biométricos y giroscopios, entre otros, para explorar de forma virtual escenarios y elementos que de otra forma resultaría complejo tenerlos en la palma de la mano y al mismo tiempo disponibles en el aula de clase.

Además, su uso complementa dos de los objetivos actuales de las reformas en la enseñanza de la ingeniería, como lo menciona el MIT; por un lado, el uso de la tecnología como medio de aprendizaje autónomo para generar pensamiento crítico, y por el otro, contenido curricular con un sentido en el ejercicio profesional del ingeniero.

Respecto al trabajo futuro de esta propuesta, evidentemente será concluir los prototipos funcionales en cada plataforma (Android, iOS y Web), según lo que requieran en una institución de educación superior; independiente de las condiciones que busque incorporar la RA en el aula.

Para completar la parte tecnológica que involucra la enseñanza del cálculo con herramientas tecnológicas como ésta, es preciso incluir más recursos para el tema de límites. Una vez concluida la experimentación, se contará no sólo con una aplicación para apoyar la enseñanza de límites, sino con toda una arquitectura que permita presentar escenarios aumentados referentes a otros tópicos del cálculo.

Sin olvidar contenidos relacionados con otras disciplinas, ya que si bien en este caso de la propuesta se eligió el tema de límites, la implementación tecnológica no depende de ellos; por lo tanto, la aplicación móvil propuesta podrá usarse en cualquier otro ámbito del conocimiento.

REFERENCIAS

- Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. (2017). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*. OCDE Social, Employment and Migration Working Papers No. 189. Recuperado de: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jlz9h56dvq7-en.pdf?expires=1562256497&id=id&accname=guest&checksum=EA-F43DE335ABC504E86B0326BF362845>
- Arcos, I. (2019). «Una presentación de los conceptos del cálculo en escuelas de ingeniería, no centrada en la definición de límite». *El cálculo y su enseñanza. Enseñanza de las ciencias y la matemática*, XII (1): 46-58.
- Barbé, J., Bosch, M., Espinoza, L. & Gascón, J. (2005). *Didactic Restrictions on the Teacher's Practice: The Case of Limits of Functions in Spanish High Schools*. *Educational Studies in Mathematics*, 59(1): 235-268.
- Berrocoso, J. (2015). *El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje*. *Educación a distancia*, 12(46): 69-84.
- Bingolbadi, E., Monaghan, J. & Roper, T. (2007). «Engineering Students' Conceptions of the Derivate and Some Implications for their Mathematical Education». *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 38(6): 763-777.
- Blink Learning. (2018). *Estudio sobre el uso de la tecnología en educación*. España-Colombia-México-Perú-Chile. Informe de resultados México.
- Castela, C. (2016). «When Praxeologies Move from an Institution to Another: An Epistemological Approach to Boundary Crossing», in R. Göller, R. Biehler, R. Hochmuth & H-G Rück (eds.). *Proceeding of the KHDM Conference: Didactics of Mathematics in Higher Education as a Scientific Discipline*, 153-161. Universitätsbibliothek Kassel.

- Contreras, A., García, M. & Font, V. (2012). *Análisis de un proceso de estudio sobre la enseñanza del límite de una función*. *Bolema*, 26(42): 667-690.
- Cruz, R., Martínez, M, Castro, G. y Soberanes, A. (2018). «Propuesta de una aplicación móvil con realidad aumentada para la enseñanza del cálculo: caso particular de límites», en: Prieto, M. *Tecnologías y aprendizaje: investigación y práctica*. Costa Rica: Ciata.org.
- Dabbahg, Fake & Zhang. (2019). «Student Perspectives of Technology use for Learning in Higer Education». *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, RIED, 22(1): 127-152.
- D2L. Desire2Learn. (2019). *El futuro del trabajo y del aprendizaje en la era de la cuarta revolución industrial*. Canadá: D2L Corporation.
- Ellis, J., Kelton, M. & Rasmussen, C. (2014). *Students Perceptions of Pedagogy and Associated Persistence in Calculus*. *ZDM-The International Journal of Mathematics Education*, 46(6): 661-673.
- Fadali, M., Johnson, J., Mortensen, J. & McGough, J. (2000). *A New on-line Testing and Remediation Strategy for Engineering Mathematics*. 30th Annual Frontiers in Education Conference. Building a Century of Progress in Engineering Education. Conference Proceedings.
- FEM. Foro Económico Mundial. (2016). *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. Global Challenge Insight Report. Foro Económico Mundial, enero 2016. Recuperado de: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_jobs.pdf.
- Flegg, J., Mallet, D. & Lupton, M. (2011). *Students' Perception of the Relevance of Mathematics in Engineering*. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 43(6): 717-732.
- Graham, R. (2018). *The Global State of Art in Engineering Education*. USA: Massachusetts Institute of Technology.
- González-Martí, A. (2018). «¿Cómo se usan los contenidos de cálculo en ingeniería? El caso de la integral y el momento flector», en: Cuevas, C., Martínez, M. & Cruz, R. (eds). *Tendencias actuales en enseñanza de las ciencias, una perspectiva para investigadores y docentes*. México: Pearson-UAEM.

- Landa, E. (2016). «Un estudio sobre factores que obstaculizan, la permanencia logro educativo y eficiencia terminal en las áreas de matemática del nivel superior: el caso de la Facultad de Matemáticas en la Universidad Autónoma de Yucatán». *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 19: 445-459.
- Larrazolo, N. (2013). «Habilidades de razonamiento matemático de estudiantes de educación media superior en México». *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 18(59): 112-132.
- Legon, R., Garrett, R. & Fredericksen, E. (2019). CHLOE 3. *Behind the Numbers. Quality Matters & Eduventures Survey of Chief Online Officers*, in: qualitymatters.org/qa-resources/resource-center/articles-resources/CHLOE-3-report-2019.
- Loch, B. & Lamborn, J. (2016). «How to Make Relevant to First-Year Engineering Students: Perceptions of Student on Student-Produced Resources». *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(1): 29-44.
- Martínez, M., Soberanes, A. & Sánchez, J. (2017). «Análisis correlacional de competencias matemáticas de pruebas estandarizadas y pre-requisitos matemáticos en estudiantes de nuevo ingreso de ingeniería en computación». *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 8(15): 946-974, Julio-Diciembre.
- Matamoros, G. (2018). «La comprensión de la derivada como objeto de investigación en didáctica de la matemática». *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 11(2): 267-296.
- Montoya, E., Paéz, R., Vandebrouck, F. & Vivier, L. (2018). «Deconstruction with Localization Perspective in the Learning of Analysis». *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 1: 14-24.
- Moreno, A. (2007). «Una propuesta de enseñanza virtual y su aplicación a la asignatura matemáticas e imaginación». *Relada (Revista Electrónica de ADA)*, 1(2): 59-64.
- OCDE. (2017). *Education at Glance 2017. OECD Indicators*. Francia: OECD Publishing.
- Okaç, A. & Vivier, L. (2016). «Conversion, change, transition.... In Research About Analysis», in B., Hodgson; A., Kuzniak & J., Lagrange (eds.). *The Didactics of Mathematics: Approaches and Issues*. A

- Hommage to Michèle Artigue*, chapter 4 (pp. 87–122). New York: Springer.
- Rodríguez, R. (2010). «Aprendizaje y enseñanza de la modelación: el caso de las ecuaciones diferenciales». *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, RELIME, 13(4-I): 191-210.
- Wedelin, D., Adawi, T., Jahan, T. & Anderson, S. (2015). *Investigating and Developing Engineering Students' Mathematical Modelling and Problem-Solving Skills*. *European Journal of Engineering Education*, 40(5): 557-5

Diseño de un software en RA para el aprendizaje de la robótica

MARCO ALBERTO MENDOZA PÉREZ Y RENÉ G. CRUZ FLORES*

RESUMEN. Debido a que tanto los estudiantes como los docentes desconocen el kit de robótica Bioloid Premiun, suelen utilizarlo de forma incorrecta y afectan su funcionamiento; incluso dañan sus componentes. Por este motivo diseñamos un software con tecnología de realidad aumentada, pensando en promover su aprendizaje entre los estudiantes de robótica avanzada de la carrera de ingeniería en computación. Para ello nos basamos en cuatro modelos teóricos locales: el de competencia formal, que permite contar con los conocimientos conceptuales y procedimentales de la robótica y en especial del kit; el de enseñanza, que nos permitió diseñar el software con una secuencia didáctica para optimizar los beneficios del kit; el de procesos cognitivos, concerniente al aprendizaje de los estudiantes y su relación con el desarrollo de los procesos (atención, memoria, percepción en el diseño, construcción y programación de futuros robots); y el de comunicación, cuyos procesos de generalización le dan sentido y significado a lo que se produce en el escenario escolar.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje situado, kit de robótica humanoide, modelos teóricos locales, realidad aumentada, software.

ABSTRACT. Because both students and teachers are unaware of the Bioloid Premiun Robotics Kit, they often use it incorrectly and thereby affect its operation and even damage its components, we design software with augmented reality technology in order to promote their learning between Advanced robotics students of the computer engineering career. For this, we rely on four local theo-

*Investigadores del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, de la Universidad Autónoma del Estado de México: Marco Alberto Mendoza Pérez, mamendezap@uaemex.mx y René G. Cruz Flores, rgacruz@uaemex.mx. Las gráficas, tablas y figuras fueron elaboradas por los autores, a menos que se especifique lo contrario.

retical models: that of formal competence, which allows us to have the conceptual and procedural knowledge of robotics and especially the Kit. The teaching one, which allowed us to design the software with a didactic sequence to optimize the benefits of the Kit. That of cognitive processes, related to student learning and its relation to the development of its processes (attention, memory, perception in the design, construction and programming of future robots); and communication, whose generalization processes give meaning and meaning to what is produced in the school setting.

KEYWORDS: Augmented Reality, Humanoid Robotics Kit, Learning Located, Local Theoretical Models, Software.

Introducción

La realidad aumentada forma parte de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y actualmente se utiliza en diversas áreas, como la medicina, la milicia, el entretenimiento, la simulación, la educación, la reparación de equipos, el turismo, la arquitectura, la robótica, la industria, el arte, la literatura, los libros, el marketing y la publicidad (Aumentaty Solutions, sf). Su uso ha ampliado las posibilidades de mejorar la enseñanza, los servicios, las apariencias, las ventas, la innovación, la creación y la interacción con el mundo real.

Por lo mismo, es cada vez más frecuente el empleo de robots en la educación: para enseñar o para desarrollar en el estudiante habilidades y destrezas que les ayuden a resolver problemas. Sin lugar a dudas nuestro mundo cambia vertiginosamente y a nosotros nos toca aprovechar esas innovaciones, cada vez más habituales; en este sentido, cabe recordar lo que Ronald Azuma (1997) considera sobre la realidad aumentada (RA):

es la combinación de elementos reales y virtuales en 3D que contienen información, donde el usuario interactúa en tiempo real para crear una realidad mixta en la construcción de nuevos significados (Weebly, 2017).

Pero no sólo en la educación se utiliza la realidad aumentada para facilitar las operaciones y el aprendizaje, sino también en la industria para construir sistemas que permitan trabajar con mayor exactitud, implementando manuales de procedimientos e instructivos para el armado de piezas que despliegan contenidos en 3D y ayudan en el ensamble, la configuración, el mantenimiento, la reparación y la programación de máquinas o robots.

Por lo mismo la robótica educativa apoya habilidades productivas, creativas, digitales y comunicativas; al grado de convertirse en un motor para la innovación, por los cambios que produce tanto en las personas, en las ideas y en las actitudes, como en las relaciones y en los modos de actuar y de pensar de los estudiantes y docentes (Pozo, 2005).

Entonces, la robótica educativa es un proceso de aprendizaje que se divide en aprendizaje de la robótica y aprendizaje con la robótica (López y Andrade, 2013). El primero considera que el estudiante puede aprender a construir un robot o a utilizar alguno de los kits que actualmente se comercializan para ensamblarlo y manejarlo; en el segundo nos ayuda a reforzar el conocimiento de otras disciplinas como las matemáticas, la física, la química, la biología, la medicina, la inteligencia artificial o la visión artificial, entre otras.

Nuestra investigación sobre el diseño de un software de realidad aumentada se basa en la primera clasificación de la robótica educativa, de donde resultan tres aspectos básicos de su proceso de aprendizaje: la interdisciplinariedad, el constructivismo y la colaboración.

Como en las escuelas se privilegian las prácticas educativas artificiales, en las que se manifiesta una ruptura entre el saber qué y el saber cómo –y donde el conocimiento se trata como si fuera neutral, ajeno, autosuficiente e independiente de las situaciones de la vida real (Díaz, 2003)– su enseñanza se traduce en aprendizajes poco significativos; es decir, carentes de significado, de sentido y de aplicabilidad. Además de que incapacitan a los estudiantes para transferir y generalizar lo que aprenden.

Por su parte, el aprendizaje situado es significativo y experiencial; se centra en la solución de problemas auténticos, ubicados en contextos reales. Como lo expresa la teoría de las acciones, mediante la socialización se generan las capacidades de análisis, de síntesis y de reflexión para argumentar y generalizar los conocimientos.

En otras palabras, el aprendizaje es experiencial e implica prácticas de trabajo en equipos colaborativos, ejercicios y demostraciones apoyadas en las TIC; mediante el diálogo se promueven procesos de andamiaje, debates sobre los sentidos y significados utilizados, lo mismo que la construcción conjunta de los saberes.

Ausubel (2012) menciona que el aprendizaje significativo es aquél que relaciona de manera congruente la información de sus conocimientos con sus experiencias previas; esto permite motivar al alumno para que le añada información a sus esquemas de conocimiento: visto así, la función del docente como mediador o andamiaje es fundamental.

Además, interactuar con los demás les permite a todos los integrantes del grupo académico y escolar ejercitar su aprendizaje y aprehender la realidad con estricto rigor académico, concibiendo a los estudiantes como actores relevantes de la práctica y promoción de sus saberes; lo que significa responsabilidad ética de sus actos. Con ello, es claro que aprender y hacer son acciones inseparables (Díaz, 2003).

Por tanto, el desafío pedagógico que se adquiere con el aprendizaje situado implica aprovechar los recursos que provee la realidad; concebida como el contexto sociocultural que rodea a los sujetos. Enfrentar a los estudiantes a conflictos sociales y cognitivos propicia pensamientos reflexivos, analíticos y de acción; por consiguiente, el andamiaje que se genera en ambientes favorables, alienta a los estudiantes a buscar soluciones creativas y generar aprendizajes significativos, con argumentos sólidos para generalizar y compartir sus conocimientos.

En consecuencia, tanto los estudiantes como los profesores que imparten robótica avanzada y utilizan el software de realidad aumentada

aprovechan estos recursos para reconocer en el kit de robótica Bioloid Premium, sus componentes, su proceso de ensamble, su conexión, su configuración y su programación.

Más adelante aplican de forma física todo ese conocimiento cuando manipulan con eficiencia el kit; además de desarrollar otras habilidades y destrezas que les permite solucionar problemas relacionados con la conservación de los kits de robótica.

Con respecto al marco teórico y metodológico de los modelos teóricos locales (MTL) –elaborados en 1989 por Kieran y Filloy– González (2015) retoma su aportación; en particular en lo que se refiere a la enseñanza y aprendizaje en los sistemas escolares, donde se conciben como situaciones de comunicación y producción de sentido.

Aquí quedan implícitos la materia objeto de enseñanza-aprendizaje y la enseñanza que organiza el profesor con los alumnos; en cuyas actuaciones se muestra lo que han aprendido.

Por lo mismo, Filloy (1999) argumenta que, para observar experimentalmente los fenómenos que aparecen alrededor de la enseñanza y el aprendizaje, debemos tener un marco teórico metodológico MTL que nos permita interpretar y organizar esos fenómenos para proponer nuevas observaciones que evidencien las relaciones de los cuatro componentes o modelos que, según el autor, son: modelo conceptual, modelo de enseñanza, modelo de procesos cognitivos, y modelo de comunicación.

Por su parte, Saiz (2003) retoma la aportación de Puig de 1996; en el sentido de que los modelos anteriores son locales, pues se elaboran para dar cuenta de los procesos que se desarrollan cuando se enseña en los sistemas educativos curriculares y específicos. Únicamente se pretende que los modelos sean adecuados para los fenómenos observados y los estudiantes concretos.

Como en la enseñanza-aprendizaje de contenidos concretos sobre robótica humanoide, donde se usa la realidad aumentada con estudiantes

concretos que cursan la unidad de aprendizaje de robótica avanzada: la finalidad de esos modelos es que sean adecuados para los fenómenos objeto de estudio.

Es importante considerar que el modelo teórico local tiene carácter analítico, descriptivo, explicativo y predictivo; y que su naturaleza local se debe al hecho de que se elabora exclusivamente para explicar los fenómenos observados en el aula (Espinoza, 2011).

En todo proceso de enseñanza y aprendizaje de un contenido sobre robótica humanoide hay cuatro componentes o modelos esenciales: el sujeto que enseña (modelo de enseñanza), el conocimiento declarativo y procedimental sobre el kit de robótica ((modelo de competencia formal), el sujeto que aprende (modelo de procesos cognitivos) y la comunicación establecida entre los sujetos (modelo de comunicación).

El software de realidad aumentada es un simulador que les proporciona a los estudiantes los conocimientos conceptuales y procedimentales sobre el manejo del kit de robótica que se encuentra en el laboratorio de electrónica del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. En realidad, el laboratorio cuenta con dos kits de robótica Bioloid Premium, marca Robotis, que sirven de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de la robótica: desde la identificación de los componentes del robot hasta su programación.

Es importante que los alumnos reciban una capacitación sobre el manejo del kit, ya que durante la carrera de ingeniería en computación cursan tres unidades de aprendizaje (interacción hombre-máquina, fundamentos de robótica y robótica avanzada) relacionadas con el área de robótica.

Conceptualizar estrategias didácticas implica seleccionar actividades y recursos que puedan trabajarse en diversos momentos de la actividad educativa (Hernández, 2015-75). Por ello, la intención de desarrollar este software es adquirir la capacitación en el momento que se requiera y potenciar aprendizajes situados y significativos, tanto en los estudiantes como en los maestros.

Lo más frecuente es que la relación estudiante-contenido se produzca mediante estrategias didácticas: como el diseño de un software en realidad aumentada para la enseñanza-aprendizaje del manejo óptimo del kit de robótica Bioloid Premium, marca Robotis, basado en el marco teórico y metodológico de los modelos teóricos locales.

La idea es que el software represente, aproxime o facilite el acceso del estudiante a la observación, investigación y comprensión de la realidad, así como la adquisición de conocimientos conceptuales y procedimentales para la solución de problemas reales planteados con este kit de robótica.

Siempre a partir del conocimiento previo del estudiante y de sus intereses, junto con la ayuda de la tecnología de realidad aumentada, en la que el docente utiliza esta estrategia didáctica basada a su vez en una secuencia didáctica expresamente diseñada para lograr aprendizajes situados y las competencias necesarias que les permiten manejar con eficiencia este kit de robótica para solucionar problemas reales; ya sea planteados por los propios estudiantes o por el docente.

La plataforma en la que se basa el kit de robótica es modular (Bioloid Premium, 2013); se trata de una de las primeras plataformas robóticas de su clase, construida con tecnología inteligente servocontrolada en serie, que permite la retroalimentación y el control sensorial de posición, velocidad, temperatura, corriente y tensión de cada servomotor.

Con este kit de robótica es posible crear 26 robots distintos (humanoides, arañas, perros, dinosaurios, excavadoras...): formados a partir de cuatro servomotores hasta 18 servomotores o actuadores modulares llamados motores Dynamixel AX-12^a; además de tres sensores (giroscopio, DMS e infrarrojo), una batería, un controlador principal (CM-510) y los componentes con los que se unen las diferentes piezas (Robotis e-Manual, 2012).

Si partimos de la definición de Pimienta Prieto (2012) sobre la secuencia didáctica («un conjunto articulado de tareas docentes que impulsan las

actividades de los estudiantes y su evaluación»), en este caso la secuencia didáctica que desarrollamos fue para ensamblar, conectar, configurar y programar el robot humanoide Bioloid Premium, marca Robotis.

Esta secuencia se basa en el programa de estudios por competencias de la unidad de aprendizaje de robótica avanzada, con los siguientes objetivos: comprender los conceptos básicos de robótica móvil, identificar los más importantes, entender los diferentes tipos de locomoción de los robots móviles, y reconocer los tipos de sensores utilizados en la robótica móvil.

Las sesiones que componen la secuencia didáctica son: componentes que conforman un robot, componentes que conforman un robot humanoide, arquitectura del kit de robótica Bioloid Premium, marca Robotis, software de manipulación del kit de robótica, conexión y configuración del kit de robótica con el software RoboPlus Manager, ejecución de ejemplos en el kit de robótica con el software RoboPlus Motion y RoboPlus Task, y programación de movimientos y comportamientos en el kit de robótica con el software RoboPlus Motion y RoboPlus Task.

DESARROLLO

Para diseñar el software en realidad aumentada, como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje de un contenido sobre robótica humanoide, elaboramos cuatro modelos básicos pertenecientes al marco teórico y metodológico de los modelos teóricos locales. Las actividades y resultados que se llevaron a cabo en cada modelo fueron las siguientes:

Modelo de competencia formal

El modelo de competencia formal permite contar con los conocimientos conceptuales y procedimentales de la robótica, robótica humanoide, realidad aumentada y en especial del kit de robótica Bioloid

Premium, marca Robotis: indispensables para fomentar en los estudiantes el potencial que los impulsa para solucionar problemas de la vida real con este tipo de kits.

Modelo de enseñanza

En este trabajo conceptualizamos la enseñanza de contenidos sobre robótica humanoide; de acuerdo con Filloy (2008, 121-122), el modelo de enseñanza es la producción de intertextos que se generan por la interacción entre maestro–alumno, alumno–alumno, alumno–medios; y donde se producen sentidos y significados, con la intención de identificar las dificultades de los estudiantes ante una determinada estructura didáctica y con un referente teórico preciso y claro.

En este caso el modelo de enseñanza diseñado busca contar con una herramienta metodológica que permita identificar los problemas de aprendizaje de los estudiantes, en torno al uso del kit de robótica Bio-loid Premium, marca Robotis; así como obtener conocimientos conceptuales y procedimentales, ideas, modos de pensar y medios para expresarse.

Y todo ello se consigue mediante el software de realidad aumentada que funge como estrategia didáctica; sustentado en el diseño de una secuencia didáctica para el aprendizaje de contenidos sobre robótica humanoide (tabla 1).

Con el software de realidad aumentada los estudiantes aprenden a manejar el kit de robótica (ensamble, conexión, configuración y programación) con asesoría del docente, sin el docente o a pesar del docente.

En consecuencia, para diseñar la estrategia didáctica de realidad aumentada se elaboraron diagramas de casos de uso, diagramas de flujo del desarrollo (figura 1) y diagramas de la utilización del software desarrollado, lo mismo que las interfaces gráficas o modelos 3D, así como su implementación en el sketch.

ENSAMBLE, CONEXIÓN, CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL ROBOT HUMANOIDE BIOLOID PREMIUM DE LA MARCA ROBOTIS						
Centro Universitario UAEM Valle de Chalco		CARRERA Ingeniería en computación	UNIDAD DE APRENDIZAJE Robótica avanzada	SEMESTRE 9	SESIONES 7	TIEMPO 20 horas
Sesión/ Tema	Objetivos	Estrategias de enseñanza-aprendizaje	Tiempo	Habilidades	Actitudes/ valores	Material didáctico
1. Componentes que conforman un robot	Identificar los diferentes componentes que conforman un robot	Inicio. El docente utiliza lluvia de ideas y línea de tiempo en realidad aumentada para explicar conceptos relacionados con robótica, tipos de robots y su evolución. Desarrollo. El docente utiliza videos e ilustraciones descriptivas, organizativas y funcionales en realidad aumentada para explicar los componentes de un robot y sus tipos de configuraciones.	1 hora	Mentales. Como la deducción, la intuición, el análisis, la síntesis y la observación	Tolerancia a la opinión de otros. Participación crítica y argumentativa. Mostrar una actitud propositiva Responsabilidad en el cumplimiento de las tareas asignadas.	Videoproyector Laptop con cámara Marcadores de realidad aumentada Kits de robótica Software RoboPlus Computadoras Bibliografía
						Evidencias de evaluación del aprendizaje Un mapa conceptual

Tabla 1. Secuencia didáctica

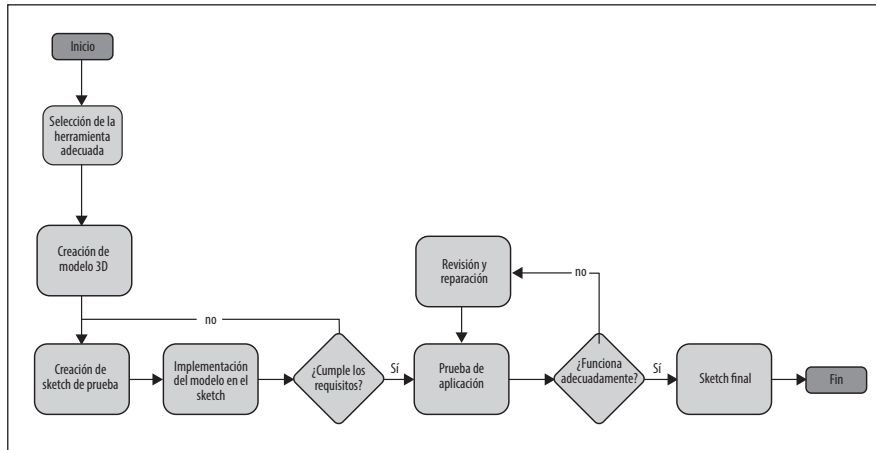


Figura 1. Diagrama de flujo del desarrollo del software en realidad aumentada

Este modelo permite además identificar los problemas o dificultades de aprendizaje de los estudiantes en el manejo de los kits de robótica, gracias a la ayuda de la estrategia didáctica en realidad aumentada.

El procedimiento que seguimos para el diseño e implementación del software en realidad aumentada fue primero utilizar el software Sketchup, para modelar en 3D los componentes del kit de robótica humanoide Bioloid Premium: actuadores, piezas plásticas, sensores, controlador y cabeza (figura 2).

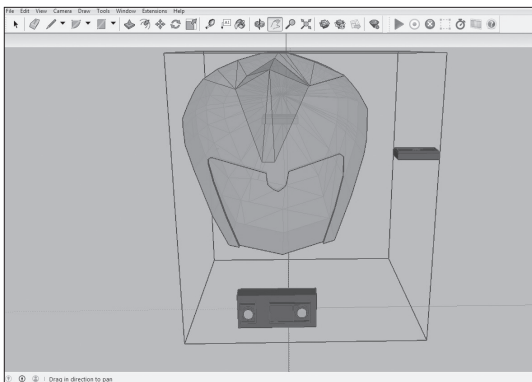


Figura 2. Modelo 3D de los componentes de la parte superior del robot

Una vez que contamos con los modelos, usamos las herramientas de la plataforma Unity con las que le asignamos a cada modelo 3D un marcador de realidad aumentada para su uso; en caso de necesitar rotación, movimiento o etiquetas, se agregan para proporcionar la información requerida: como nombre del componente o características del componente del kit de robótica.

Los principales componentes del kit de robótica Bioid Premium se aprecian en la figura 3 junto con su respectiva descripción. En las figuras 4 y 5 se visualiza la pantalla de la computadora por medio de una cámara web y un marcador de RA en teléfono celular o impreso; igualmente, el kit de robótica humanoide y el armado de un rompecabezas que sirve para identificar los diferentes componentes del kit.

Modelo de procesos cognitivos

El modelo de procesos cognitivos se refiere a la observación y entrevista clínica aplicada a un grupo de diez estudiantes que cursan la unidad de aprendizaje de robótica avanzada, con la finalidad de identificar el aprendizaje situado y su relación con el desarrollo de sus procesos cognitivos: memoria, atención, inteligencia, aprendizaje, lenguaje, percepción en el diseño, construcción y programación de futuros robots (Smith y Kosslyn, 2008).

Además de conocer los pensamientos deductivo, inductivo, abstracto y de generalización (Isoda y Katagiri, 2012) que pueden desarrollar los estudiantes con apoyo del software en realidad aumentada.

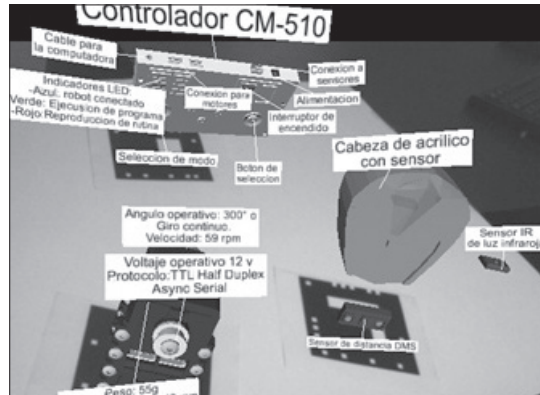


Figura 3. Componentes del kit de robótica en realidad aumentada

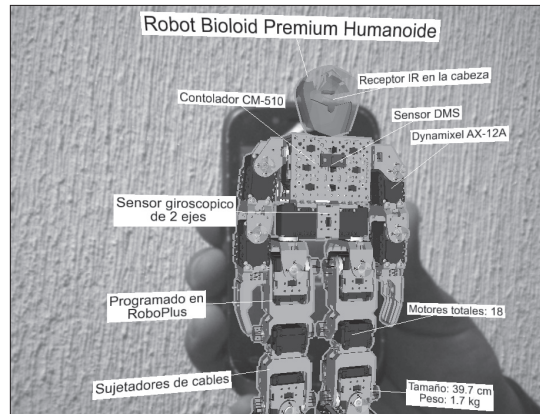


Figura 4. Robot humanoide Bioid Premium

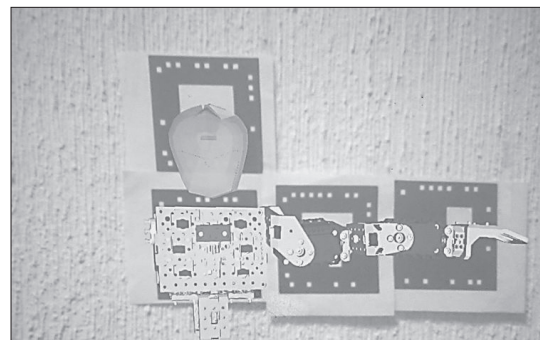


Figura 5. Armado del rompecabezas del robot humanoide

Modelo de comunicación

El modelo de comunicación abarca los procesos que se producen en el escenario escolar con ayuda del software de realidad aumentada para el aprendizaje del manejo del kit de robótica, así como la interfaz gráfica interactiva y amigable que motiva a que los estudiantes comprendan el manejo del kit en temas relacionados; como la identificación de sus componentes básicos, el proceso de ensamble, la conexión, la configuración y la programación de movimientos.

CONCLUSIONES

Gracias al software en realidad aumentada los estudiantes pudieron entender y comprender de manera lúdica el kit de robótica humanoide Bioloid Premium: desde su proceso de ensamble hasta su conexión y configuración con el software RoboPlus, así como la forma en la que se programan los movimientos con el software RoboPlus Motion, lo mismo que sus comportamientos con el software RoboPlus Task.

Para ello participaron diez estudiantes de la unidad de aprendizaje de robótica avanzada de la carrera de ingeniería en computación, del Centro Universitario UAEM Valle de Chalco. Basándonos en el marco teórico y metodológico de los modelos teóricos locales fue posible:

- Observar y manipular objetos 3D con un nivel de detalle superior a las vistas 2D o imágenes sobre papel.
- Contribuir a mejorar la comprensión y motivación para aprender de forma situada el manejo óptimo del kit de robótica humanoide Bioloid Premium.
- Facilitar e incrementar el aprendizaje situado sobre el manejo del kit de robótica humanoide Bioloid Premium.
- Motivar la creatividad de los estudiantes y captar su atención para concentrar e incrementar su atención (visual, selectiva y sensorial), con la intención de promover su interés por aprender.
- Simular un acercamiento de realismo para facilitar la transferencia a situaciones reales: como el ensamble del robot humanoide,

su conexión, su configuración y su ejecución en condiciones seguras.

- Promover la emoción hacia el descubrimiento de lo novedoso e innovador.
- Hacer dinámica, fácil, rápida e intuitiva la enseñanza de la programación de movimientos.
- Fomentar el aprendizaje autodidacta en los estudiantes.

Los modelos teóricos locales son parte de una metodología utilizada para diseñar el software en realidad aumentado, con fines de aprendizaje situado del kit de robótica. La metodología se divide en cuatro modelos interrelacionados entre sí, lo que les permite a los estudiantes valorar su aprendizaje junto con el desarrollo de sus procesos cognitivos; además de las experiencias educativas en el manejo del kit de robótica, lo mismo que identificar las posibilidades de garantizar su uso adecuado y funcional para cursos presenciales de robótica.

REFERENCIAS

- Aumentaty Solutions. (sf). Recuperado de: <http://www.aumentaty.com/solutions/index.php/tecnologias/>, consultado el 14 de mayo de 2018.
- Ausubel, D. (2012). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Díaz, F. (2003). «Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo». *Revista Electrónica de Investigación Educativa* 5(2):1-13. Recuperado de: <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html>. Consultado el 20 de Abril de 2018.
- Espinoza, E. (2011). *Análisis del entrecruzamiento de los sentidos de uso de la variable y del número negativo en el trabajo algebraico con estudiantes de secundaria*. México: CINESTAV-DME.
- Filloy, E. (1999). *Aspectos teóricos del álgebra educativa*. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- , Rojano, T. y Puig, L. (2008). *Educational Algebra. A theoretical and Empirical Approach*. USA: Springer.

- Fombona, J., Pascual, M. y Madeira, M. (2012). «Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles». *Revista de Medios y Educación Pixel-Bit*, 41. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/368/36828247015.pdf>. Consultado el 08 de Junio de 2018.
- González, C., Vallejo, D., Albusac, A. y Castro, J. (2012). «Introducción». *Realidad aumentada: un enfoque práctico con ARToolKit y Blender*. España: Bubok Publishing S. L.
- González, L. (2015). «Modelos y marcos Teóricos en la investigación en pensamiento numérico en España». *Investigación en Educación Matemática XIX*. Recuperado de: <http://www.seiem.es/docs/actas/19/ActasXIXSEIEM.pdf>. Consultado el 24 de Mayo de 2018.
- Hernández, A. et. al. (2015). «Estrategia didáctica: una competencia docente en la formación para el mundo laboral». *Revista Redalyc*, 11(1): 73 – 94.
- Hernández, G. (2015). «Descripción del paradigma cognitivo y sus aplicaciones e implicaciones educativas». *Paradigmas en psicología de la educación* (pp. 117-167). México: Paidós Educador.
- Isoda, M. y Katagiri, S. (2012). «Mathematical Thinking: How to Develop it in the Classroom». *Monographs on Lesson Study for Teaching Mathematics and Sciences*, vol. 1. Japón: World Scientific.
- López, P. y Andrade, H. (2013). «Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias». *Revista Educación*, vol. 37(1). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/440/44028564003.pdf>
- Manual de Referencia Robot Bioloid Premium* (2013). Corea del Sur: ROBOTIS.
- Mendoza, P., Cruz, F., Villalba H. y Arreola P. (2018). «Aplicación en realidad aumentada como recurso didáctico para la enseñanza de la robótica humanoide». *Tecnologías y aprendizaje: investigación y práctica*. España: CIATA.org-UCLM.
- Pimienta, J. (2012). *Estrategias de enseñanza-aprendizaje*. Recuperado de: http://www.pucrs.br/famat/viali/tic_literatura/livros/Estrategias%20de%20ensenanza-aprendizaje.pdf
- Pozo, E. G. (2005). «Técnicas para la Implementación de la robótica en la educación primaria». *Complubot*. Recuperado de: http://complubot.educa.madrid.org/actividades/inrerdidac_robotica_primaria.pdf. Consultado el 12 de mayo de 2017.

- ROBOTIS e-Manual. (2012). *Página e-Manual de los productos de la empresa Robotis*. ROBOTIS e-Manual v1.31.30. Recuperado de: <http://support.robotis.com/en/>. Consultado el 18 de Febrero de 2017.
- Saiz, M. (2003). «Algunos objetos mentales relacionados con el concepto volumen de maestros de primaria». *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 8(18):447-478. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/140/14001807.pdf>
- Smith, E. y Kosslyn, S. (2008). *Procesos cognitivos: modelos y bases neurales*. Madrid: Pearson Educación.
- Talizina, N. (2000). *Manual de psicología pedagógica*. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Weebly (2017). *Realidad aumentada*. Recuperado de: <http://www.avancedelcelular.weebly.com>. Consultado el 23 de marzo de 2018.

COLOFÓN