

## Realidad Aumentada como Apoyo a la Formación de Ingenieros Industriales

Alejandro Alvarez-Marin <sup>(1)</sup>, Mauricio Castillo-Vergara <sup>(1)</sup>, Jorge Pizarro-Guerrero <sup>(2)</sup> y Edgard Espinoza-Vera <sup>(1)</sup>

Universidad de La Serena, (1) Departamento de Ingeniería Industrial, (2) Departamento de Ingeniería Mecánica, Benavente 980, La Serena-Chile (e-mail: aalvarez@userena.cl, mhcastillo@userena.cl, jpizarro@userena.cl, eespinoza4@alumnosuls.cl)

*Recibido Ago. 4, 2016; Aceptado Sep. 27, 2016; Versión final Nov. 7, 2016, Publicado Abr. 2017*

---

### Resumen

Este trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una experiencia de realidad aumentada en el proceso de enseñanza aprendizaje para la formación de ingenieros industriales, en el ámbito de la mecánica de fluidos. Se analizó la influencia de las nuevas tecnologías en el ámbito de la educación superior, y como las características de la tecnología de realidad aumentada permite mejores resultados de forma efectiva y significativa en cuanto al logro de aprendizaje. Para llevar a cabo la experiencia se utilizó una metodología mixta en el desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada y la ingeniería de software basada en componentes. Se concluye que esta tecnología acerca al estudiante a una comprensión visual apropiada con respecto a la problemática presentada, debido a que la forma tradicional en la que se plantean estos ejercicios, existen muchos aspectos que no se pueden visualizar fácilmente. Es importante determinar en el futuro, si existe una diferencia significativa en la resolución de ejercicios, entre estudiantes que utilizan la realidad aumentada, en comparación de los que no la utilizan.

*Palabras clave: realidad aumentada; ingeniería industrial; educación superior; tecnologías; formación profesional*

## Augmented Reality as a Support to the Formation of Industrial Engineers

### Abstract

The aim of this work is the development of an augmented reality experience in the teaching-learning process for the formation of industrial engineers in the field of fluid mechanics. The influence of new technologies in the field of higher education was analyzed, and the characteristics of augmented reality allow better results and are significantly effective in achieving learning. To carry out the experience a mixed methodology was used in the development of virtual learning objects based on augmented reality and component-based software engineering. It is concluded that this technology will help the student to have an appropriate visual understanding of the problems presented. This because in the traditional way in which these exercises are raised, there are many aspects that cannot be displayed easily. It is important to determine in the future, if there is a significant difference in solving exercises by students using augmented reality, compared to those who do not use it.

*Keywords: augmented reality; industrial engineering; higher education; technology; training*

## INTRODUCCIÓN

Las universidades vienen sufriendo transformaciones en relación a su marco institucional, al financiamiento, a la gestión y a la producción de conocimiento (Silveira y Bianchetti, 2016), lo cual las ha llevado a cambiar los currículos, para hacerlos más atractivos, así como para adaptarlos a las necesidades de los estudiantes, y a los avances científico-tecnológicos que caracterizan la sociedad actual, para la cual se debe estar preparados (Fernandes et al., 2014). Uno de los factores que influyen en esas transformaciones es la tecnología, la cual ha tenido un impacto importante en la educación superior (Meinster, 1999), al estar cada vez más presentes en los procesos de enseñanza-aprendizaje actuales (Pinto et al., 2012), y que su desarrollo en la docencia universitaria puede contribuir a la retención y promoción de estudiantes, la apropiación y la comprensión de los contenidos científicos de alta abstracción, y la promoción de habilidades cognitivas espaciales en los estudiantes (Merino et al., 2015), lo cual lleva a destacar la importancia de evaluar el grado de aceptación de nuevas tecnologías en las instituciones de educación superior (González-Bravo y Valdivia-Peralta, 2015).

Considerando que la tecnología está evolucionando rápidamente y es cada vez más difícil mantener su ritmo, es importante la realización de inversiones importantes en el ámbito universitario para que estudiantes y académicos puedan tener acceso a las nuevas tecnologías. Sin embargo, también es fundamental saber cómo utilizar estas nuevas tecnologías para explotar sus beneficios (Lara-Prieto et al. 2015). Por lo anterior es que la utilización de los recursos educativos electrónicos en la actividad docente es una realidad creciente en la educación universitaria. Paralelamente, se incrementa la necesidad de que estos materiales de aprendizaje digitales sean eficaces y de calidad y que puedan ser utilizados por los docentes en sus prácticas educativas, cada vez más enmarcadas en el ámbito de las plataformas digitales, del intercambio de información, de acceso a recursos abiertos y del libre acceso (Pinto et al., 2012), los cuales como software educativos debe tener en cuenta la facilidad de uso, así como el aprendizaje y, sobre todo, la integración de éstos con los conocimientos involucrados (Squires y Preece, 1996), existiendo la necesidad de un proceso de alfabetización digital para la construcción y aplicación del conocimiento (Muñoz-Cano et al., 2012).

En general, se puede determinar que es significativo diseñar ambientes virtuales de aprendizaje que examinen las características individuales y que se adecuen en el mayor grado posible a las particularidades de comportamiento de los estudiantes, beneficiando a aquellos que por su estilo cognitivo y rasgos de personalidad tienden a presentar bajo desempeño académico y dificultades de adaptación a ciertos entornos educativos (Buitrago-Pulido, 2015), lo que se puede traducir en una participación más activa en el aula por parte de los estudiantes, y por consecuencia en el mejoramiento del rendimiento académico (Inzunza et al., 2012). Una de estas tecnologías emergentes es la realidad aumentada (AR, por sus siglas en inglés). El término, creado en 1992 por Tom Caudell, se utiliza para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real, cuyos elementos se combinan con elementos virtuales para crear una realidad mixta en tiempo real. Los dispositivos de realidad aumentada suelen aumentar contenidos en un sistema de visualización (generalmente una Tablet o Smartphone) para mostrar al usuario la información virtual que se agrega a la realidad.

Las primeras publicaciones de esta tecnología se realizaron el año 1993. En la edición de julio de ese año la revista "Communications of the Acm" publicó los primeros tres artículos que hacían referencia a la Realidad Aumentada: "Tracking Requirements for Augmented Reality" (Azuma, 1993); "Knowledge-Based Augmented Reality" (Feiner et al., 1993); y "Augmenting Reality - Adding Computational Dimensions to Paper" (Mackay et al., 1993). Estos artículos, eminentemente de carácter técnicos, mostraban el funcionamiento de esta nueva tecnología. El primer artículo revelaba algunas dificultades técnicas en la implementación de esta tecnología, el segundo artículo explicaba el funcionamiento de esta tecnología con futuras implicancias y su arquitectura, mientras que el tercer artículo indicaba los beneficios que podría proporcionar esta tecnología en el ámbito general. En 1994, Milgram y Kishino contextualizan esta tecnología en relación a la tecnología de realidad virtual, presentando además una taxonomía para aclarar una serie de terminologías relacionadas con estos aspectos. Las publicaciones de AR más citadas corresponden al autor Azuma, con dos de sus artículos: "Presence-teleoperators and virtual environments" que trata sobre características y dificultades de la realidad aumentada y discute las futuras áreas que requiere una mayor investigación, entregando un punto de partida para cualquier persona que esté interesada en la investigación y el uso de esta tecnología (Azuma, 1997), y "Recent advances in augmented reality" que complementa el artículo anterior, debido a los rápidos avances tecnológicos que había presentado la realidad aumentada (Azuma et al., 2001).

En la actualidad la realidad aumentada ofrece un sinfín de nuevas posibilidades de interacción y está presente en muchas áreas (Del Castillo y Sardi, 2012). Así, representa una forma reciente de visualización que combina, de manera funcional, la virtualidad con la realidad misma, lo que genera nuevas posibilidades

para la interpretación de información antes no disponible, que abren nuevas maneras para aprender y reconocer los datos, procesarlos en información y convertirlos fácilmente en conocimiento. Las diferentes formas para llevar a cabo experiencias en realidad aumentada, se encuentran listas desde diferentes plataformas informáticas y de telecomunicaciones, que facilitan adelantar proyectos en este sentido, de manera rápida y económica (Ortiz, 2011). Así mismo, Jamali et al. (2015) define la realidad aumentada como una tecnología que aumenta la realidad, generando objetos y / o información, y permite a los usuarios interactuar con ellos, junto a que los dispositivos móviles están evolucionando y ofrecen un gran potencial en términos de aprendizaje y formación.

Es por lo anterior que en los años recientes, la realidad aumentada ha alcanzado un protagonismo cada vez más importante en diversas áreas de conocimiento, así como ha mostrado la versatilidad y las posibilidades que presenta esta nueva tecnología derivada de la realidad virtual (Ruiz, 2012), y ha sido utilizada en procesos educativos y de training en diversas áreas del conocimiento, tales como química, historia, turismo y medicina (Merino et al., 2015, Zapata et al., 2014, Davis et al., 2016, Carlson y Gagnon, 2016, Martin-Gutierrez et al., 2015). En la actualidad, con el poder creciente y la miniaturización de los dispositivos móviles, nuevas áreas de estudio han encontrado en esta tecnología una nueva forma de visualización e interacción. Aunque debido a limitaciones de procesamiento y hardware, los móviles no habían ofrecido una solución viable para algunas aplicaciones de realidad aumentada de propósito general, si lo hicieron otras aplicaciones que los han utilizado con éxito, para visualizar información gráfica virtual en entornos reales (Jaramillo et al., 2010), en los últimos años esta tecnología (AR) ha crecido en popularidad debido al mejoramiento de las capacidades de los móviles (Jung et al., 2015).

En concordancia con lo anterior, recientemente en el aula han aparecido un número creciente de aplicaciones que utilizan la tecnología de realidad aumentada, utilizando operaciones interactivas para que los estudiantes aprendan desde una experiencia de inmersión total (Chen et al., 2015), siendo que las herramientas para crear mundos virtuales presentan un interesante campo de investigación, ya sea desde la perspectiva tecnológica como desde la educativa (Lizarralde y Huapaya, 2012).

La secuencia de enseñanza y aprendizaje, enriquecida con realidad aumentada propone la manipulación, interacción e integración de formatos de información tridimensional, que permite una mejor conexión entre los aspectos teóricos y la experiencia práctica que guía un proceso de transformación de fenómenos científicos. Así, el aprendizaje, ligado al acceso mediado por realidad aumentada hacia representaciones mentales, da un paso adelante, frente a otros procesos conocidos y estudiados, como la atención, la concentración y la memoria, y da lugar a la elaboración de representaciones mentales que estarían en la base del aprendizaje y en directa relación con las representaciones "encarnadas" ya investigadas. Con el uso de esta herramienta, el aprendizaje toma una forma cada vez más activa, y el estudiante interactúa con procesos abstractos que se concretan en un lenguaje visual espacial y familiar (Merino et al., 2015). Por lo anterior es que los educadores y los desarrolladores técnicos están empezando a explotar las capacidades de las tecnologías de la realidad aumentada para permitir nuevas formas de aprendizaje en diversos campos. La realidad aumentada así, al utilizar objetos virtuales que simulan un entorno real, podría tener un gran alcance en cuanto a su influencia en la educación (Chen et al., 2015).

Los resultados indican que el uso del paradigma de la realidad aumentada, implementada como estrategia de interacción natural con objetos digitales para el aprendizaje, permite obtener mejores resultados de forma efectiva y significativa en cuanto al logro de aprendizaje (Buitrago-Pulido, 2015), a la vez que los estudiantes se muestran satisfechos en términos de su facilidad de uso y características; lo que podría tener un impacto positivo en su proceso de aprendizaje (Jamali et al., 2015).

Por su parte, un objeto virtual de aprendizaje (OVA), aunque no exista un consenso para su definición, puede ser entendido como un objeto virtual y mediador pedagógico, diseñado intencionalmente para un propósito de aprendizaje (Callejas et al., 2011). Entonces, el propósito del presente artículo es presentar los resultados de una experiencia con un objeto virtual de aprendizaje desarrollado con la tecnología de realidad aumentada, como apoyo a la resolución de ejercicios en una asignatura de ingeniería, con su respectiva valoración de la experiencia por parte de estudiantes universitarios.

## **METODOLOGÍA**

Existen diferentes metodologías para el desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada. Una es la mixta, formada por la metodología de desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje AODDEI (llamada así por las etapas que la componen: Análisis, Obtención, Diseño, Desarrollo, Evaluación, Implementación) y la ingeniería de software basada en componentes (Tovar et al., 2014). Los mismos autores determinaron, metodológicamente hablando, cuatro fases para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje:

*Fase 1, Análisis de la problemática:* En esta fase el experto en la temática junto con el equipo multidisciplinario, diseñador e ingeniero de sistemas se reúnen y definen los aspectos concernientes a los objetos virtuales de aprendizaje.

*Fase 2, Diseño y selección de herramientas:* En esta fase se debe diseñar la relación de los objetivos, los contenidos informativos, las actividades y la evaluación, como parte del diseño en la estructura de los objetos virtuales. También se deben identificar las herramientas a utilizar basándose en un análisis detallado.

*Fase 3, Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería:* En esta fase se deben realizar los marcadores de realidad aumentada correspondiente a cada objeto virtual. Además se lleva a cabo el desarrollo de la aplicación que corresponde a la formación de los objetos virtuales como tal, utilizando cada uno de los elementos generados en las fases anteriores como los modelos 3D, contenidos teóricos, contenidos evaluativos, audios y marcadores.

*Fase 4, Evaluación e Implementación:* En esta fase se realiza el proceso de evaluación a los objetos virtuales, primero bajo la supervisión del personal calificado, tomando como base los requerimientos funcionales y no funcionales. Luego por el público al cual van dirigidos los objetos virtuales. En esta instancia se pueden aplicar encuestas, actas u otras actividades que sirvan como evidencia del proceso.

Tomando en consideración lo anteriormente descrito, la metodología utilizada para la creación de los objetos de realidad aumentada de la presente experiencia, se indica a continuación.

*Selección de la experiencia:* El primer paso que se realizó para confeccionar la experiencia de realidad aumentada fue definir la realidad que se seleccionó.

*Selección del hardware y software:* Una vez definida la realidad a aumentar, el siguiente paso fue definir cuál sería el método para realizarlo. La selección de hardware plantea el uso de computadores personales, tabletas o teléfonos inteligentes. Se tomó en cuenta la compatibilidad de los diferentes sistemas operativos correspondientes al hardware que se pretendía utilizar.

*Selección, edición y generación de los elementos de realidad aumentada:* En esta etapa se realizó una búsqueda de modelos adecuados para crear la realidad a aumentar, desde bases de datos que se encuentran en la web para obtener modelos, sean estos de cobro o gratis. La edición de los modelos de realidad aumentada, se realiza generalmente hacia los formatos “.3ds”, “.fbx” y “.obj”. Luego de editar los modelos, cada uno de ellos se asoció a un código AR. Para cada modelo es posible editar su posición y tamaño con respecto al código AR. Luego se generaron los modelos de realidad aumentada mediante la opción “Exportar”, o “Construir” para unificar los modelos en un archivo para la posterior utilización en el hardware seleccionado.

*Impresión de código AR en Formato Seleccionado:* Se diseñó e imprimieron los códigos AR de cada modelo (los cuales incluyen una descripción de la realidad aumentada), acompañado de las características generales de estas y cualquier información necesaria para el objetivo de la experiencia.

*Pruebas en condiciones reales:* En esta etapa se realizaron las pruebas y posterior validación de la visualización en un contexto real, de los modelos de realidad aumentada creados anteriormente, mediante la utilización de smartphones y tablets.

*Valoración del Objeto Virtual de Aprendizaje:* En esta etapa se realizó la valoración del OVA, mediante la aplicación de un cuestionario de opinión propuesto por Jaramillo (2015) para evaluar el impacto de estrategias de enseñanzas visuales. El instrumento aplicado (adaptado a la tecnología de realidad aumentada), recoge la opinión sobre ocho características, contemplando una escala de 1 a 5, la cual indica los grados de presencia de estas (1: no presenta y 5: si presenta la característica indicada). La encuesta se aplicó a estudiantes de la carrera de ingeniería civil industrial y la asignatura involucrada es mecánica de fluidos, debido a la alta tasa de reprobación que presenta esta asignatura (41%). La matrícula de estudiantes de la carrera corresponde a 297, de los cuales 110 han cursado la asignatura. Considerando esta población, se ha aplicado el instrumento a una muestra significativa con 90% de confiabilidad y un error de 7%, equivalente a un 55,5% de la población.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la confección de la experiencia de la realidad aumentada son presentado en seis subsecciones: la selección de la experiencia, la selección del hardware y software asociados, selección, edición y generación de los elementos de realidad aumentada propuestos, la impresión del código AR, las pruebas en condiciones reales y la valoración del Objeto Virtual de Aprendizaje

### Selección de la experiencia

La experiencia desarrollada busca que los estudiantes universitarios de la carrera de ingeniería civil industrial puedan interactuar directamente con un ejercicio de la asignatura de mecánica de fluidos que tiene como objetivo detectar, si el estudiante logra comprender y aplicar los conceptos de estática de los fluidos, para determinar la fuerza resultante, generada por las presiones que actúan sobre la superficie. Además se pretende evaluar si el estudiante es capaz de plantear el diagrama de cuerpo libre y aplicar los momentos de primer y segundo orden de la mecánica a la situación planteada.

El ejercicio tal como está planteado en el plano cartesiano, tiene la dificultad de que a los estudiantes les cuesta imaginarse la situación descrita, sobre todo los conceptos de la profundidad o ancho de la superficie de la compuerta. Con la tecnología de AR se le facilitaría al estudiante, comprender la naturaleza del problema e imaginarse la situación con las presiones sobre la superficie plana o compuerta, y logren observar más certeramente, la forma y estructura de los elementos gráficos del ejercicio, con el fin de que puedan ser manipulados y observados, desde diferentes puntos visuales. Como ejemplo, se utilizará el ejercicio de la Figura 1, que muestra una compuerta que está articulada en el punto B y se encuentra separando dos líquidos, glicerina y agua. La compuerta tiene una masa homogénea, y se solicita determinar la altura "h" del agua para que la compuerta comience a abrirse. Este ejercicio podría presentar algunos problemas debido a que ciertos estudiantes no tienen la capacidad de imaginarse la profundidad de la compuerta que es perpendicular a la hoja. Estos estudiantes también suelen tener problema de visualización de la forma en que está articulada la compuerta. Por lo tanto, muchas veces el desarrollo de ejercicios de estas características puede tener dificultades, debido a que no se comprenden de una forma clara o no se logra visualizar la estructura de los mismos, lo cual puede ocasionar una baja efectividad en la resolución de ejercicios de este tipo.

Por lo anterior es que se desarrollará un OVA que muestre una figura tridimensional en realidad aumentada, que represente la compuerta interactuando con los dos líquidos, para visualizar de mejor forma como la glicerina y el agua interactúan con la compuerta articulada.

**Mecánica de Fluidos**

La Compuerta de la figura tiene una masa homogénea de 180 [kg] y un ancho de 1,2 [m] con una bisagra en "A".

**Determine**

1. ¿Para qué profundidad de "h" la compuerta descansará en el piso "B"?

**Datos**

$\rho_o$  glicerina = 12360 [N/m<sup>3</sup>]

$\rho_o$  agua = 9760 [N/m<sup>3</sup>]

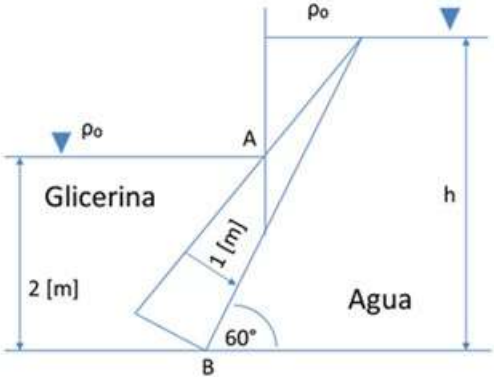


Fig. 1: Ejercicio de la experiencia a desarrollar

### Selección del hardware y software.

Debido la accesibilidad que representan, se seleccionaron smartphone y tablets como soporte de la experiencia. El medio escogido como plataforma para desarrollar la experiencia en realidad aumentada fue el ambiente Windows, con los siguientes programas seleccionados:

**Vuforia Qualcomm:** Permite realizar realidad aumentada en los distintos softwares modeladores (Unity o Epic Gamer). Valida códigos AR, además de entregar los paquetes necesarios para lectura de realidad aumentada.

**Autodesk Inventor:** Es un software modelador en tres dimensiones. A diferencia de 3DS MAX, no puede exportar directamente a Unity las figuras creadas, sin embargo se puede ocupar la página web on-line "3d converter" para poder cambiar formato entre los cuales destaca ".3ds".

**3DS MAX:** Para modelar las figuras en 3D, se utilizó la herramienta 3Ds Max, se trabajó con archivos extensión .3ds

*Unity:* Se Utilizó como lector de figuras 3D, además de ser el compilador de escenas. La versión fue la 5.0.0. Complementariamente, cabe destacar que para poder exportar los proyectos desde Unity hacia los dispositivos móviles, es indispensable contar con los kits de desarrollo de software (SDK) pertinentes, que permitan la lectura como tal.

*Selección, edición y generación de los elementos de realidad aumentada.*

Las etapas del proceso de modelado se presentan en la Figura 2, con tres etapas principales: Preparación de Vuforia, Trabajo en 3DS Max y Autodesk Inventor y Trabajo en Unity

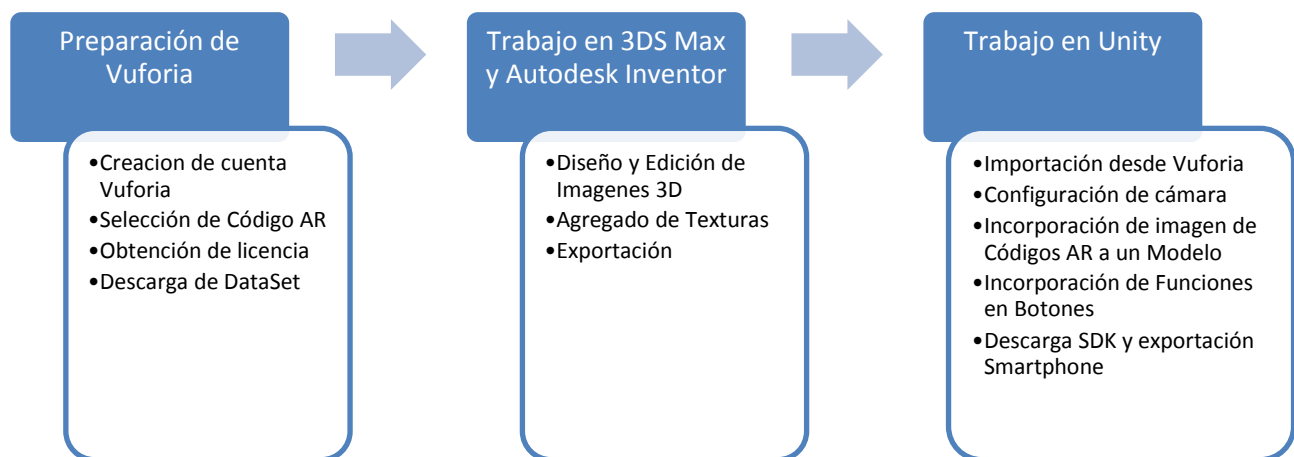


Fig. 2: Proceso de modelado

*Preparación de Vuforia:* Creación de una cuenta Vuforia, para ello se debe ingresar en la página web <https://developer.vuforia.com>. Selección de Códigos AR, se selecciona la imagen Target apropiadas para el modelaje, estas imágenes se convertirán en los códigos AR que leerá Unity para modelar la realidad aumentada. El código seleccionado fue el problema a resolver definido como su esquema (Figura 1). Obtener licencia del producto Vuforia, y guardar el código. Descargar DataSet, Paquete de imágenes a ocupar en el software modelador de realidad aumentada, se puede elegir entre dos opciones, en este caso se selecciona unity editor, generando la extensión unitypackage.

*Trabajo en 3DS Max y Autodesk Inventor:* Para la experiencia a desarrollar la modelación propia es la opción que más se adapta, puesto que cada proyección está basada en un ejercicio con características propias, por ejemplo los líquidos que interactúan, las características físicas de los recipientes como cortes especiales compuertas, posiciones específicas, orificios en determinados lugares. Las Figuras 3 y 4, muestran la interfaz de los programas al momento de modelar.

*Agregar Texturas:* Se agrega el color y textura a la figura 3D. Se le debe asignar un material al contorno, de tal forma que el software Unity sea capaz de leer, de lo contrario sólo se verá la figura en color gris. En las figura 5, se puede apreciar las texturas agregadas en 3DS MAX.

*Exportar:* La figura debe ser una extensión que sea compatible con Unity, para ello 3DS Max ofrece las extensiones “.fbx” y “.3ds”. Autodesk Inventor no ofrece extensión alguna por lo que se debe utilizar un software que ofrece una página web para permitir realizar el cambio, como lo es <http://3doc.i3dconverter.com>, el cual es de carácter gratuito. Cabe indicar que se pueden perder ciertas propiedades de la figura 3D al realizar este tipo de cambio en la extensión.

*Configurar cámara:* Se debe quitar la cámara que viene por defecto desde la pestaña Hierarchy y se procede en agregar la “cámara AR” que entrega el paquete importado en la carpeta Prefabs. Una vez realizado este paso se debe ir a la “cámara AR”, recientemente agregada y se deben modificar 3 aspectos: Agregar la licencia de las imágenes obtenidas desde Vuforia; Ingresar el máximo simultaneo de códigos de lectura; Activar la casilla Database, de tal forma que se puedan reconocer los nuevos códigos AR.

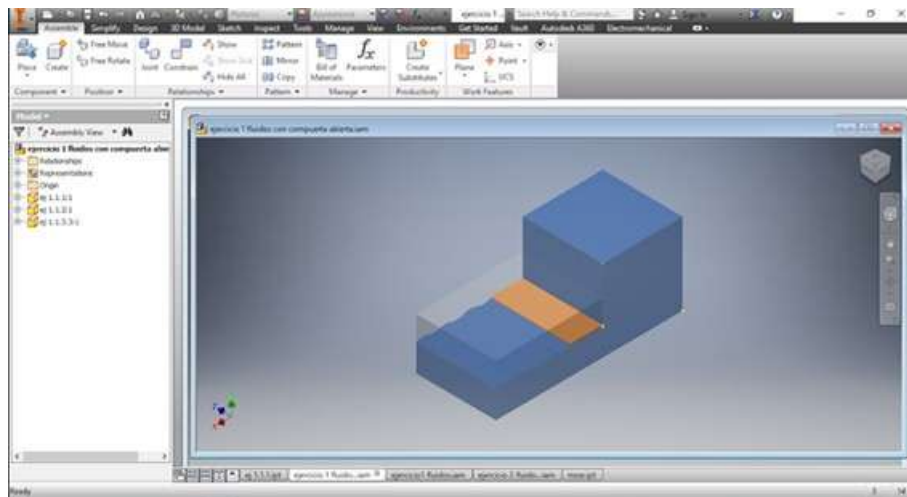


Fig. 3: Interfaz del modelamiento en Inventor

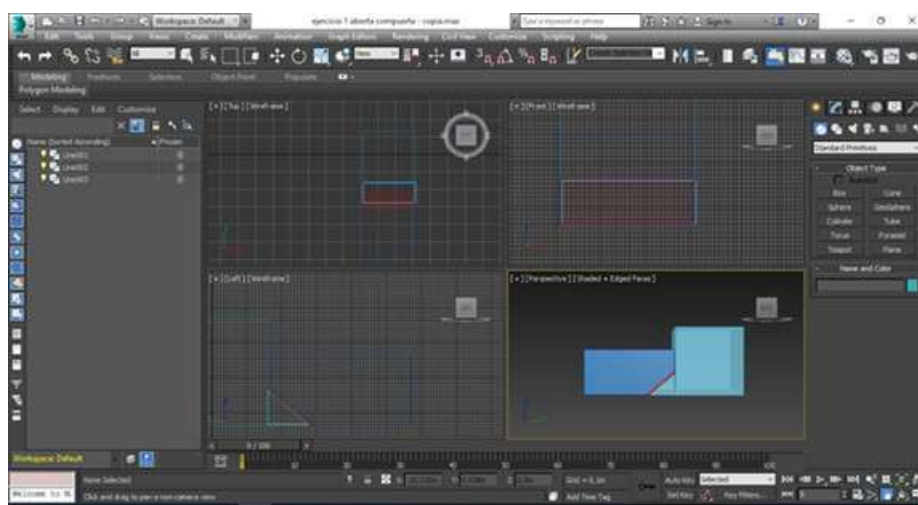


Fig. 4: Interfaz del modelamiento en 3DS MAX

*Incorporar la imagen de código AR al modelo:* Seleccionar en la imagen target, desde la carpeta prefabs, la imagen a usar desde el paquete de imágenes exportadas desde Vuforia (Figura 6). Una vez incorporada la imagen se agrega la figura 3D seleccionándose desde el PC y arrastrando hacia el programa, incorporándose en la imagen target, siendo parte de la imagen target (Figura 7).

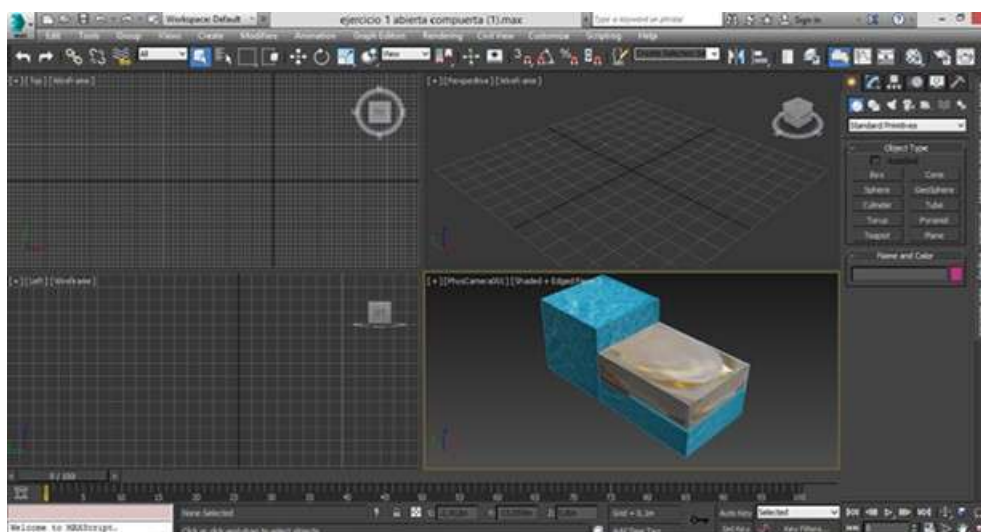


Fig. 5: Texturas Agregadas en 3DS MAX

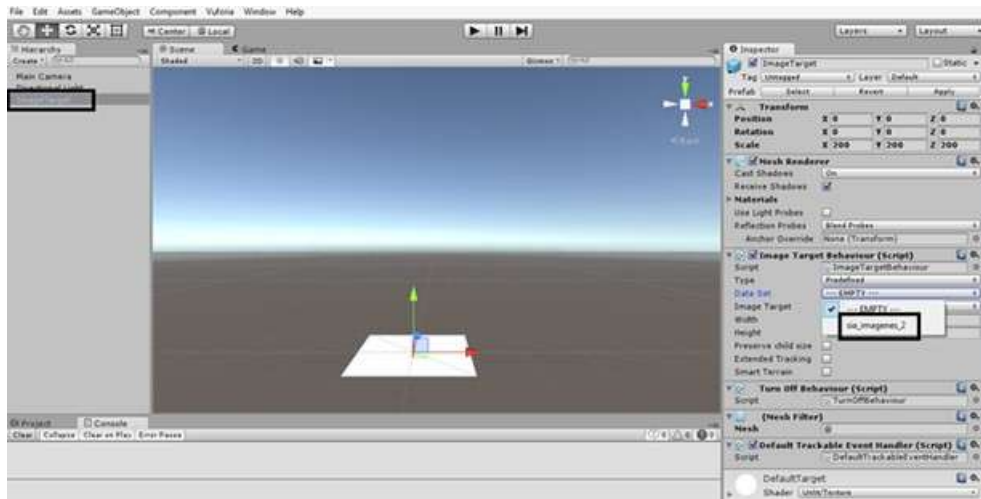


Fig. 6: Incorporación de la imagen de código AR

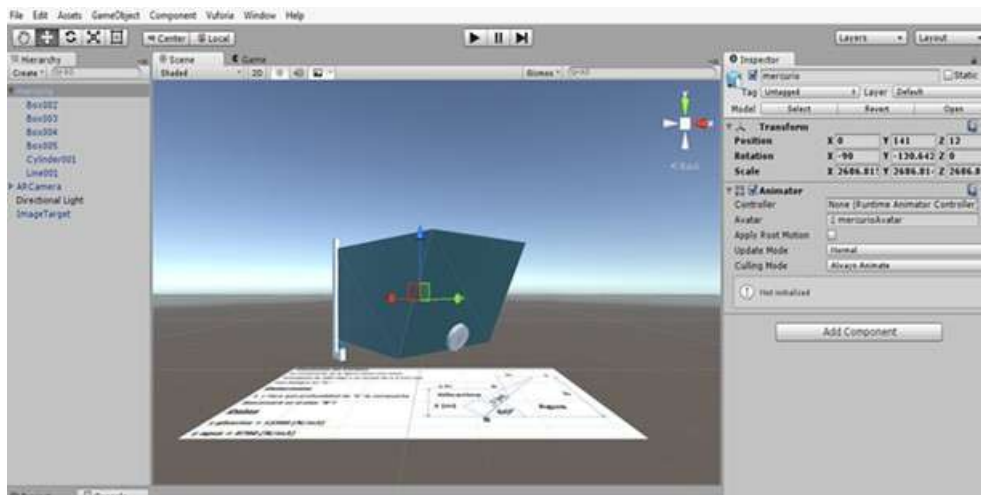


Fig. 7: Incorporación de la imagen de código AR al Modelo

**Incorporar Funciones en Botones:** El primer paso es dar click con el botón derecho del mouse e ir a la opción UL, y luego a button. Inmediatamente se agregará por defecto un canvas o espacio de trabajo para botones múltiples, dicho canvas debe ir englobando a la imagen target y a la figura 3D. Posterior a eso debe agregar el código C++ a la carpeta asset del panel central, y seleccionando el botón creado se debe crear en la zona de trabajo Inspector un Event Trigger (Script). Por otro lado en la zona de trabajo Hierarchy se debe crear un Create Empty, para ello se debe hacer click con el botón derecho del mouse y seleccionar dicha opción a esta nueva entidad se le cambiará el nombre por “AugmentedReality\_UI”, de tal forma que lo pueda reconocer el código C++ que se ha descargado.

Una vez hecho esto se selecciona el botón al cual se le desea dar una función específica del código, y se arrastra desde la zona de trabajo Hierarchy, hacia el Event Trigger (Script) del botón, de esta forma se le puede asignar una función específica a dicho botón en cuestión. Una vez hecho esto se guarda escena, en la pestaña File, “Save Escene as....” De esta forma se puede realizar realidad aumentada con el botón de play ubicado en la parte central superior del programa. Para crear otra escena dentro del mismo trabajo, sólo se modifica lo hecho y se guarda como otra escena (escena 2) bajo el mismo procedimiento obteniéndose dos o más escenas para un mismo código o múltiples códigos AR (Figura 8).

**Descarga SDK para Smartphone:** Es posible traspasar el programa a plataformas Android, iOS, Windows Phone u otros, dependiendo del dispositivo móvil a ocupar, para ello es importante haber descargado los SDK de la plataforma elegida a trabajar.

**Exportar a Smartphone:** Una vez descargado el SDK en el PC, se va a la pestaña File y a la opción “Build and Settings....” Al hacer click en build and settings se abrirá, un cuadro de diálogo, y se debe seleccionar “add Current” para ingresar las escenas que conformarán el programa final de Unity. Se conecta el dispositivo móvil al PC de tal forma que esté listo para traspasar el programa lector de códigos AR. Se debe ir a “Player settings” y modifica la casilla “PlayerSettings.bundleIdentifier”, se debe agregar una página web a la



cual se agrega dicho programa, sin embargo puede funcionar con una página inexistente, mas es necesario cambiar lo viene por defecto, lo único que se debe cumplir es que antes de cualquier texto se coloca la palabra “com” Una vez realizado este cambio de le da al botón “build” del cuadro de diálogo (Figura 9). Al apretar Build se abrirá un nuevo cuadro diálogo en este caso desde nuestro PC, por lo que se puede guardar el lector de Unity en nuestro teléfono que ya había sido conectado. Una vez grabado el programa en el dispositivo se abre la aplicación según el nombre con el que se halla guardado y se pasa el teléfono por sobre la imagen, leyéndose el código produciendo la realidad aumentada, con los botones añadidos en la construcción.

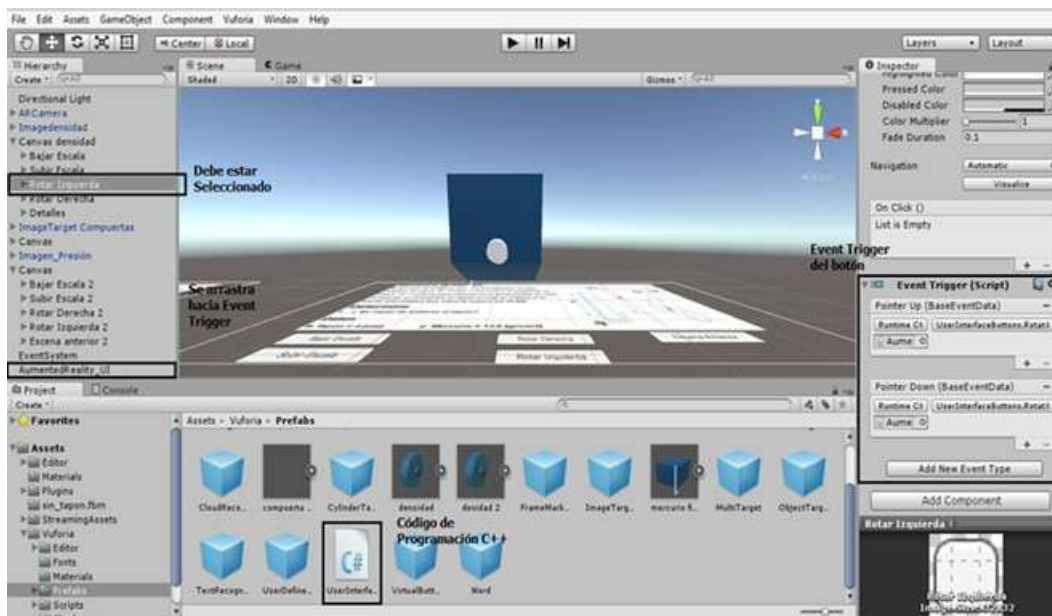


Fig. 8: Incorporación de Funciones en Botones

#### *Impresión del código AR.*

Luego se procede a la impresión de los códigos AR de cada modelo. En este caso en particular, el código AR corresponde al ejercicio propiamente tal en el cual se realizará la experiencia.

#### *Pruebas en condiciones reales.*

Se procede a realizar las pruebas en condiciones reales y obtener así la visualización de la experiencia de realidad aumentada como apoyo en el desarrollo de ejercicios en el ámbito de ingeniería (Figura 10). A los estudiantes se les presentó el ejercicio que deben desarrollar, y con la utilización de smartphones y tablets cada estudiante pudo visualizar desde diferentes perspectivas la imagen en realidad aumentada correspondiente al OVA desarrollado como apoyo visual al ejercicio.

#### *Valoración del Objeto Virtual de Aprendizaje*

La encuesta de opinión para la valoración del OVA fue contestada por 61 estudiantes. Los resultados se muestran en la Figura 11. La valoración del OVA en general, para todas sus características, es muy satisfactoria, obteniendo un promedio de 4,3 (en una escala de 1 a 5). Las características mejor valoradas fueron: “la imagen AR conectada lógicamente con el texto, cumple un papel didáctico en mi aprendizaje” y “la imagen AR que acompaña el texto, llama la atención y no pasa desapercibida”, ambas con un 4,5, seguidas de las características “la relación texto/imagen AR, facilita la mejor comprensión de los contenidos” (4,4), “en general, siento que la imagen AR como estrategia visual, incide positivamente en mi aprendizaje” (4,4), “la manera en que se representan los contenidos en AR, facilita notoriamente la comprensión y el aprendizaje de los contenidos” (4,4), “la imagen AR logra apoyar, sintetizar y complementar al texto, facilitando el aprendizaje de los contenidos” (4,2) y “la manera en que se representan los contenidos en AR genera notoriamente en mí, procesos de pensamiento para la construcción de nuevo conocimiento” (4,0). La única característica que se encuentra bajo el umbral 4 (estando de acuerdo con la afirmación) es: “creo que la imagen AR como apoyo al texto, es necesaria para el aprendizaje de los contenidos” con un 3,7 que si bien no es una opinión insatisfactoria, refleja que los estudiantes consideran el OVA desarrollado como una alternativa a la forma tradicional de presentar el problema propuesto.

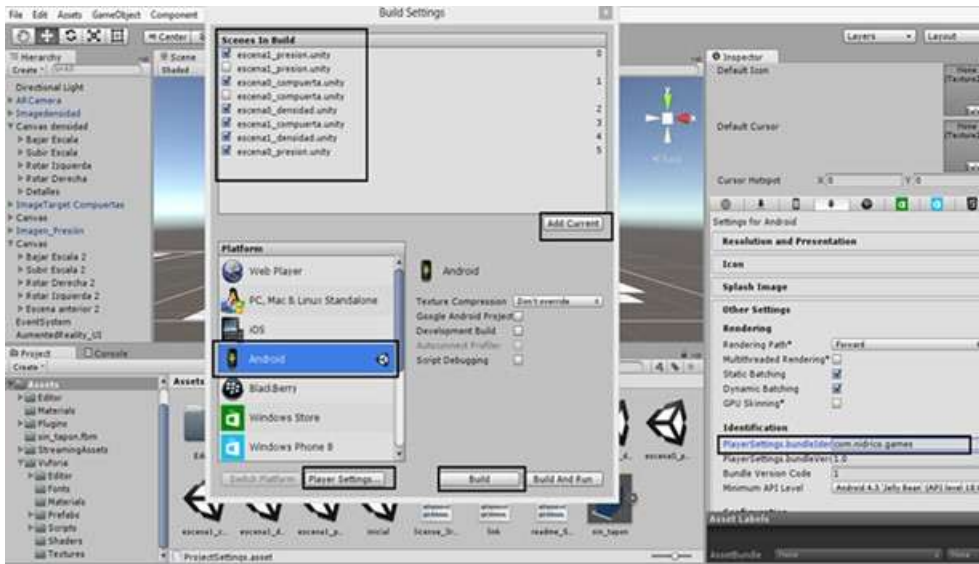


Fig. 9: Exportar a Smartphone

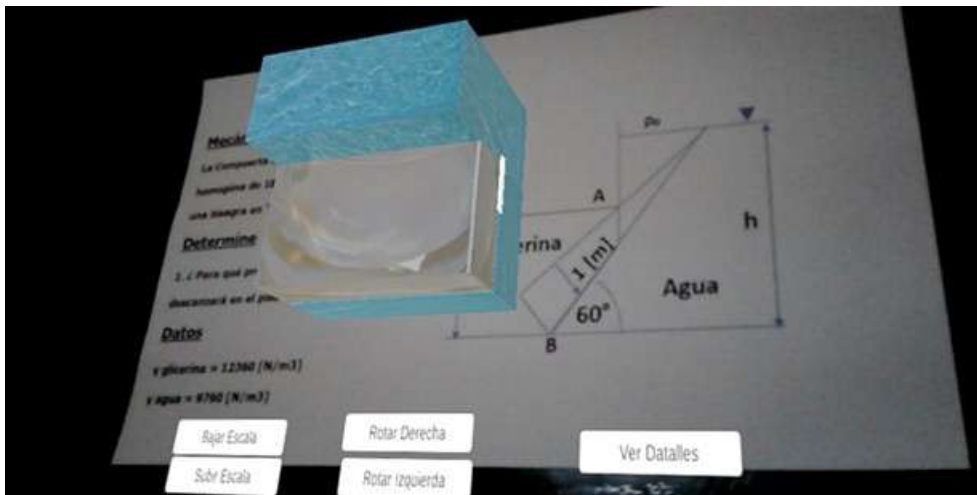


Fig. 10: Resultado de la experiencia en realidad aumentada

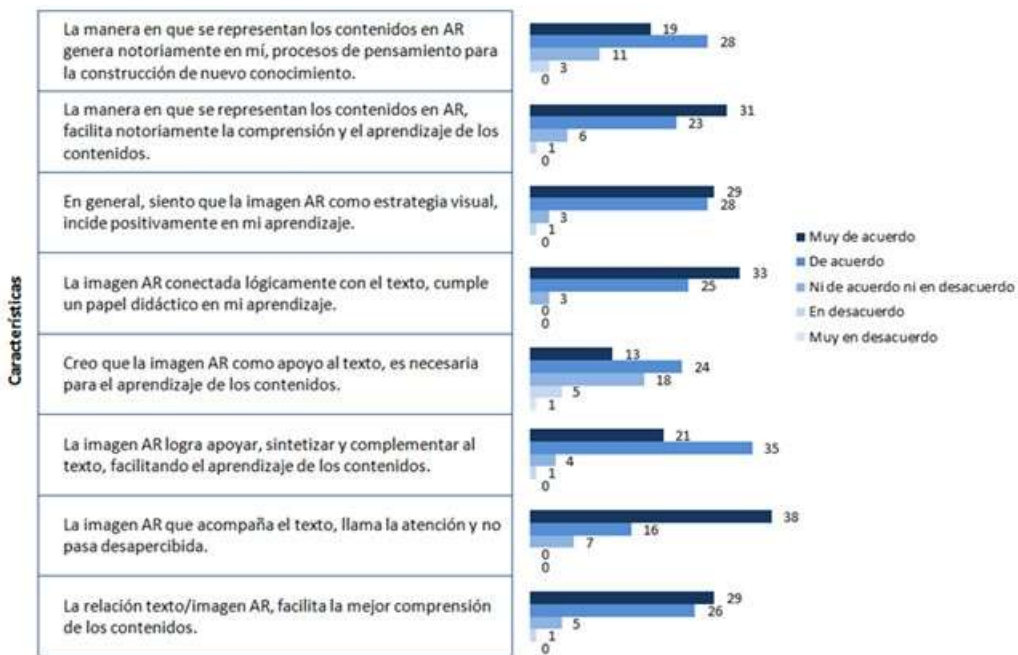


Fig. 11: Valoración del OVA por características

## CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra los resultados de una experiencia con un OVA en cuanto a su valoración de determinadas características, en el proceso de enseñanza aprendizaje para la formación de ingenieros industriales, en el ámbito de la mecánica de fluidos.

Así, con las apreciaciones de los estudiantes frente a la experiencia desarrollada, se obtuvieron las siguientes apreciaciones: (i) La tecnología de la realidad aumentada permite que los estudiantes puedan visualizar de manera completa el problema, de esta manera se dan cuenta en la forma que la presiones que ejerce cada uno de los fluidos sobre la superficie de la compuerta, se traduce en fuerzas resultantes, actuando perpendicularmente sobre ella; (ii) Los estudiantes pueden visualizar de qué manera actúa la fuerza de gravedad sobre la masa de agua. Los estudiantes pueden identificar como la articulación trabaja, e influye en el problema; (iii) Al visualizar la compuerta en tres dimensiones, al estudiante se le permite entender y comprender como es la situación en la que se ve enfrentado, de manera que puede plantear correctamente las ecuaciones de mecánica para resolver el problema; y (iv) La apreciación final es que esta tecnología acerca al estudiante a una comprensión visual apropiada con respecto a la problemática presentada, debido a que la forma tradicional en la que se plantean estos ejercicios, existen muchos aspectos que no se pueden visualizar fácilmente. Por lo anterior se espera que la aplicación del OVA impacte positivamente en la capacidad que tengan los estudiantes en la resolución de ejercicios de la temática, tomando en consideración la oportunidad que tienen de visualizar elementos que apoyen su desarrollo y capacidad de razonamiento.

## AGRADECIMIENTOS

El estudio realizado fue financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena. Además, se agradece a los estudiantes de la asignatura de Sistemas de Información Administrativa de la carrera de Ingeniería Civil Industrial, por el apoyo en la realización de la experiencia.

## REFERENCIAS

- Azuma, R., A survey of augmented reality, Presence-teleoperators and virtual environments, 6(4), 355-385 (1997)
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., *et al.*, Recent advances in augmented reality, IEEE Computer Graphics and Applications, 21(6), 34-47 (2001)
- Azuma, R., Tracking Requirements for Augmented Reality, Communications of the Acm., 36(7), 50-51 (1993)
- Buitrago-Pulido, R., Incidencia de la realidad aumentada sobre el estilo cognitivo: caso para el estudio de las matemáticas, Educación y educadores, 18(1), 27-41 (2015)
- Callejas, M., Hernández, E., y Pinzón, J., Objetos de aprendizaje, un estado del arte, Entramado, 7(11), 176-189 (2011)
- Carlson, K., y Gagnon, D., Augmented reality integrated simulation education in health care, Clinical simulation in nursing, 12(4), 123-127 (2016)
- Chen, C., Ho., C., y Lin, J., The development of an augmented reality game-based learning environment, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 174, 216-220 (2015)
- Davis, M., Can, D., Pindrik, J., Rocque, B., y Johnston, J., Virtual interactive presence in global surgical education: international collaboration through augmented reality, World neurosurgery, 86, 103-111 (2016)
- Del Castillo, A., y Sardi, N., Realidade aumentada: poderá enriquecer a prática da anestesiologia?, Revista brasileira de anestesiologia, 62(6), 888 (2012)
- Feiner, S., Macintyre, B., y Seligmann, D., Knowledge-Based Augmented Reality, Communications of the Acm, 36(7), 53-62 (1993)
- Fernandes, I., Pires, D., y Villamañán, R., Educación científica con enfoque ciencia-tecnología-sociedad-ambiente: construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares, Formación Universitaria, 7(5), 23-32 (2014)
- González-Bravo, L. y Valdivia-Peralta, M., Posibilidades para el uso del modelo de aceptación de la tecnología (TAM) y de la teoría de los marcos tecnológicos para evaluar la aceptación de nuevas tecnologías para el aseguramiento de la calidad en la educación superior chilena, Revista electrónica educare, 19(2), 181-196 (2015)

- Inzunza, B., Rocha, R., Marquez, C. y Duk, M., Asignatura virtual como herramienta de apoyo en la enseñanza universitaria de ciencias básicas: implementación y satisfacción de los estudiantes, *Formación Universitaria*, 5(4), 3-14 (2012)
- Jamali, S., Shiratuddin., M., Wong., K., y Oskam, C., Utilising Mobile-Augmented Reality for Learning Human Anatomy, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 659-668 (2015)
- Jaramillo, G., Quiroz, J., Cartagena, C., Vivares, C., y Branch, J., Aplicaciones de realidad aumentada móvil en entornos cotidianos, *Revista EIA*, (14), 125-134 (2010)
- Jaramillo, I., El mapa conceptual como estructura de representación de conocimiento en cursos virtuales y su impacto en el aprendizaje visual de estudiantes adultos, *Innovación Educativa*, 15(68), 49-72 (2015)
- Jung, T., Chung, N., y Leue, M., The determinants of recommendations to use augmented reality technologies: The case of a Korean theme park, *Tourism management*, 49, 75-86 (2015)
- Kysela, J., y Štorková, P., Using augmented reality as a medium for teaching history and tourism, *Procedia - Social and behavioral sciences*, 174, 926-931 (2015)
- Lara-Prieto, V., Bravo-Quirino, E., Rivera-Campa, M., y Gutiérrez-Arredondo, J., an innovative self-learning approach to 3d printing using multimedia and augmented reality on mobile devices, *Procedia computer science*, 75, 59-65 (2015)
- Lizarralde, F., y Huapaya, C., Análisis de una plataforma virtual 3-d descentralizada para el desarrollo de simulaciones educativas, *Formación Universitaria*, 5(6), 3-12 (2012)
- Mackay, W., Velay, G., Carter, K., Ma, C., y Pagani, D., Augmenting Reality - Adding Computational Dimensions to Paper, *Communications of the Acm.*, 36(7), 96-97 (1993)
- Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M., y Mora, C., Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education, *Computers in human behavior*, 51, 752-761 (2015)
- Meister, J., Survey of corporate university future directions: Executive Summary [Encuesta de orientaciones futuras en universidades corporativas: Resumen ejecutivo], New York: Corporate University Xchange (1999)
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J., y Gallardo, F., Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química, *Educación química*, 26(2), 94-99 (2015)
- Milgram, P., y Kishino, F., A taxonomy of mixed reality visual displays, *IEICE Transactions on Information Systems*, 77(12), 1321-1329 (1994)
- Muñoz-Cano, J., Cordova, J., y Priego, H., Dificultades y facilidades para el desarrollo de un proceso de innovación educativa con base en las tecnologías de la información y comunicación (TIC), *Formación Universitaria*, 5(1), 3-12 (2012)
- Ortiz, C., Realidad aumentada en medicina, *Revista Colombiana de Cardiología*, 18(1), 4-7 (2011)
- Pinto, M., Gomez-Camarero, C., y Fernández-Ramos, A., Electronic educational resources: perspectives and evaluation tools, *Perspectivas em ciência da informação*, 17(3), 82-99 (2012)
- Ruiz, D., La realidad aumentada: un nuevo recurso dentro de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para los museos del siglo XXI, *Intervención (México D.F)*, 3(5), 39-44 (2012)
- Silveira, Z. y Bianchetti, L., Universidade moderna: dos interesses do Estado-nação às conveniências do mercado, *Revista brasileira de educação*, 21(64), 79-99 (2016)
- Squires, D., y Preece, J., Usability and learning: Evaluating the potential of educational software, *Computers & education*, 27(1), 15-22 (1996)
- Tovar, L., Bohórquez, J., y Puello, P., Propuesta metodológica para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada, *Formación Universitaria*, 7(2), 11-20 (2014)
- Zapata, M., Hincapié, E., Díaz, C., y Mesías, C., Generación de contenidos digitales para la reactivación del patrimonio arquitectónico.: Estudio de caso: plaza de mercado de techo cubierto de Guayaquil, Medellín, *Anagramas -Rumbos y sentidos de la comunicación-*, 13(25), 145-166 (2014)