

La Realidad Aumentada en la Educación. Catalogación de Aplicaciones Educativas

Mario Alberto Vincenzi

Directora: María José Abásolo

Trabajo Final presentado para obtener el grado de Especialista en Tecnología
Informática Aplicada en Educación



Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata

Noviembre, 2019

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	1
CAPÍTULO 1 – Introducción	2
1.1 Motivación	2
1.2 Objetivos y aportes	3
1.3 Organización del presente informe	3
CAPÍTULO 2 - Realidad Aumentada.....	4
2.1 Qué es la Realidad Aumentada (RA).....	4
2.2 Evolución histórica	6
2.3 Componentes de un sistema de RA	10
2.4 Tipos de <i>tracking</i> utilizados en RA	11
2.4.1 <i>Tracking</i> mediante dispositivos físicos.....	11
2.4.2 <i>Tracking</i> mediante el análisis de la imagen capturada.....	12
2.4.2.1 Códigos QR impresos	13
2.4.2.2 Marcadores propios de RA impresos.....	14
2.4.2.3 Imágenes impresas	15
2.4.2.4 Objetos reales.....	15
2.4.3 <i>Tracking</i> híbrido.....	16
2.5 Tipos de RA según el dispositivo de visualización	16
2.5.1 Gafas de vídeo y gafas ópticas <i>see-through</i>	16
2.5.2 Proyector	17
2.5.3 Monitor o RA de Escritorio	17
2.5.4 <i>Handheld</i> o RA móvil.....	18
2.6 Técnicas de interacción para sistemas de RA	18
2.6.1 Interfaces de interacción utilizadas en RA.....	18
2.6.2 Metáforas de interacción utilizadas en RA	19
2.6.3 Interfaces tangibles utilizadas en RA.....	20
2.6.4 Interacción basada en reconocimiento de gestos	26
CAPÍTULO 3 - Realidad Aumentada como soporte de la educación	31
3.1 Utilización de la RA en educación.....	31
3.1.1 Libros aumentados y sus variantes	31
3.1.2 Juegos educativos.....	35

3.1.3 RA teatro	38
3.2 Metodología para la revisión de experiencias educativas con RA	40
3.3 Clasificación de las experiencias educativas	41
3.4 Análisis de resultados de la clasificación de experiencias educativas.....	46
CAPÍTULO 4 – Análisis de aplicaciones RA educativas.....	49
4.1 Trabajos relacionados de catalogación	49
4.1.1 Identificación de requisitos para aplicaciones Web mediante el uso de una taxonomía basada en la categorización de las aplicaciones.....	49
4.1.2 Un Esquema de Clasificación Facetado para Publicación de Catálogos de Componentes SIG	51
4.1.3 IEEE-LOM (Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association Standard for Learning Object Metadata)	51
4.2 Ficha de catalogación de aplicaciones RA educativas diseñada.....	53
4.3 Metodología de recopilación de aplicaciones RA educativas.....	55
4.4 Catalogación de aplicaciones educativas	55
4.5 Análisis de resultados de la recopilación de aplicaciones RA educativas	62
4.6 Herramienta de consulta implementada.....	64
CAPÍTULO 5 - Conclusiones y trabajo a futuro.....	67
5.1 Conclusión	67
5.2 Trabajo a futuro.....	68
BIBLIOGRAFÍA	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 <i>Secuencia conceptual de un sistema de realidad aumentada</i>	5
Figura 2.2 <i>El continuum realidad virtual-aumentada. (Volpe, 2003)</i>	5
Figura 2.3 <i>Elementos básicos de Realidad Aumentada en dispositivos móviles y computadoras. (Brügge, MacWilliams, & Reicher, 2002)</i>	11
Figura 2.4 <i>Captura de pantalla de aplicaciones Wikitude y Layar</i>	12
Figura 2.5 <i>Tracking de detección-seguimiento. Elaboración propia</i>	12
Figura 2.6 <i>Comparación de Código QR y Código de Barras (Pardo Froján & García Lorenzo, 2011)</i>	13
Figura 2.7 <i>El ciclo RA (Lens Fitzgerald)</i>	13
Figura 2.8 <i>Captura de pantalla de la aplicación ARGeo</i>	14
Figura 2.9 <i>Marcador RA</i>	14
Figura 2.10 <i>Esquema de funcionamiento de un sistema de RA típico. (Lopez Pombo, 2010)</i>	15
Figura 2.11 <i>Proceso de reconocimiento de objetos a partir de una imagen de entrada. (Canal Ku, 2013)</i>	16
Figura 2.12 <i>Metáforas de visualización de RA. (Zheng, Zhou, & Qin, 2019)</i>	19
Figura 2.13 <i>Modelo 3D. (Regenbrecht & Wagner, 2002)</i>	21
Figura 2.14 <i>Linterna controlando el objeto virtual. (Regenbrecht & Wagner, 2002)</i>	21
Figura 2.15 <i>Usuario con HMD, sosteniendo marcadores. (Irawati, Green, Billinghurst, Duenser, & Ko, 2006)</i>	22
Figura 2.16 <i>Dando la entrada de voz "poner la silla detrás de la mesa". (Irawati, Green, Billinghurst, Duenser, & Ko, 2006)</i>	22
Figura 2.17 <i>Vista a través de un vídeo "see-through" muestra el primer prototipo de la interfaz de usuario de RA tangible. (White, Feiner, & Kopylec, 2006)</i>	23
Figura 2.18 <i>Vista en tercera persona del usuario. (White, Feiner, & Kopylec, 2006)</i>	23
Figura 2.19 <i>Una imagen bloqueada que se ve a través de una pantalla de visualización óptica. (White, Feiner, & Kopylec, 2006)</i>	24
Figura 2.20 <i>Vista real. (Looser, Billinghurst, & Cockburn, 2004)</i>	24
Figura 2.21 <i>Vista aumentada. (Looser, Billinghurst, & Cockburn, 2004)</i>	25
Figura 2.22 <i>Operación con azulejos. (Poupyrev, y otros, 2002)</i>	25
Figura 2.23 <i>El usuario limpia un archivo de datos moviendo a la papelera. (Poupyrev, y otros, 2002)</i>	26
Figura 2.24 <i>Copia de datos desde el portapapeles. El usuario mueve el azulejo cerca del portapapeles virtual y después de un segundo de demora, el instrumento virtual se desliza suavemente sobre la carpeta de datos. (Poupyrev, y otros, 2002)</i>	26
Figura 2.25 <i>Avatar de realidad virtual que muestra diferentes regiones de interés. (Olwal, y otros, 2003)</i>	27
Figura 2.26 <i>Usuario con cámara y display montados en la cabeza. (Heidemann, Bax, & Bekel, 2004)</i>	28
Figura 2.27 <i>La mano del usuario en la posición de bloqueo puede modificar la ubicación y escala del objeto. (Bane, Kölsch, Höllerer, & Turk, 2006)</i>	29
Figura 2.28 <i>Gesto de liberación que desacopla el movimiento de la mano y la escala del objeto. (Bane, Kölsch, Höllerer, & Turk, 2006)</i>	29
Figura 2.29 <i>Ubicación final del objeto en la esquina superior izquierda. (Bane, Kölsch, Höllerer, & Turk, 2006)</i>	29
Figura 3.1 <i>Clasificación propuesta para libros aumentados en base al Reality-Virtuality Continuum. (Grasset, Billinghurst, & Duenser, 2008)</i>	31
Figura 3.2 <i>Imagen de un avatar en una vista exocéntrica de RA mediante la utilización de MagicBook. (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2001)</i>	32

Figura 3.3 <i>Dos posibles direcciones de aumentar un libro. Tomado de Libros Aumentados: Extensión del Concepto, Exploración e Interacciones.</i> (Gazcón, 2015)	32
Figura 3.4 <i>Ambiente de evaluación utilizado (a), los cuatro libros y los marcadores utilizados en el experimento (b), ejemplo de la influencia de la curvatura de las páginas (c)-(d) y distintas disposiciones de texto, ilustraciones e imágenes en las páginas (e).</i> (Gazcón, 2015)	33
Figura 3.5 <i>Diagrama conceptual de aplicación para usuarios creadores de contenidos.</i> (Becerra, y otros, 2015)	34
Figura 3.6 <i>Diagrama conceptual de los componentes del visor móvil</i> (Becerra, y otros, 2015)	34
Figura 3.7 <i>Información sobre regiones de argentina sobre un material didáctico mapa</i> (Becerra, y otros, 2015)	35
Figura 3.8 <i>Marcador respuesta vertebrado Ciencias Naturales 3º</i> (Castellano Brasero & Santacruz Valencia, 2018)	36
Figura 3.9 <i>Flujo de la aplicación EnseñAPP</i> (Castellano Brasero & Santacruz Valencia, 2018)	36
Figura 3.10 <i>My Maps de “Mi Manresa”.</i> (captura de pantalla)	37
Figura 3.11 <i>Punto final de “La Manresada”.</i> (captura de pantalla)	38
Figura 3.12 <i>Ejemplo de interacción.</i> (Boj & Diaz, 2007)	38
Figura 3.13 <i>Representación</i> (Suarez, 2017)	39
Figura 3.14 <i>Alumnos actuando en “Alicia en el país de las maravillas”.</i> (Giner & Portalés, 2007)	39
Figura 3.15 <i>Profesor “sosteniendo” armas antiguas.</i> (Giner & Portalés, 2007)	39
Figura 4.1 <i>Estructura de la Taxonomía definida.</i> (Sánchez Zuain & Durán, 2017)	50
Figura 4.2 <i>Esquema descriptivo de características de aplicaciones de RA educativas.</i> Elaboración propia	53
Figura 4.3 <i>Sistema de consulta propio</i>	65
Figura 4.4 <i>Código QR para acceso directo al sistema de consulta</i>	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 <i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	41
Tabla 3.2 <i>Resultados combinados entre niveles educativos y áreas temáticas de los artículos encontrados</i>	42
Tabla 4.1 <i>Requisitos relacionados al tipo de aplicación web</i>	50
Tabla 4.2 <i>Esquema de Clasificación propuesto</i>	51
Tabla 4.3 <i>Categorías de elementos de metadatos en IEEE LOM</i>	52
Tabla 4.4 <i>Ficha de catalogación aplicaciones educativas RA</i>	54
Tabla 4.5 <i>Aspectos técnicos, didácticos y de RA de las aplicaciones RA educativas catalogadas</i>	56
Tabla 4.6 <i>Cantidad de aplicaciones según las características de las categorías</i>	64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 <i>Porcentaje de artículos encontrados según nivel educativo</i>	46
Gráfico 3.2 <i>Porcentaje de publicaciones actuales según área temática</i>	46
Gráfico 3.3 <i>Cantidad y porcentajes de artículos encontrados según área temática</i>	47
Gráfico 3.4 <i>Trabajos publicados por región</i>	48
Gráfico 3.5 <i>Cantidad y porcentajes de trabajos publicados por países</i>	48
Gráfico 4.1 <i>Porcentaje de aplicaciones según nivel educativo</i>	62
Gráfico 4.2 <i>Porcentajes de aplicaciones clasificadas por temática y subtema</i>	63
Gráfico 4.3 <i>Cantidades de aplicaciones catalogadas por temática, subtema y nivel educativo</i>	63

RESUMEN

Se presenta una visión general de la Realidad Aumentada (RA), su evolución y tecnología utilizada para *tracking*, visualización e interacción.

En relación a la incorporación de RA en la educación, se desarrolla una indagación sobre diferentes formas de instrumentos educativos tales como libros aumentados, juegos y teatro. Se realiza una recopilación sistemática de experiencias educativas que utilizan RA publicadas recientemente en diferentes niveles educativos, temáticas y países.

Además, se efectúa una búsqueda, selección y catalogación de aplicaciones de RA disponibles en el mercado, que puedan ser de utilidad en el ámbito de la educación. En la catalogación se consideran criterios generales, técnicos y didácticos, como área temática, nivel educativo y tipo de interacción entre otros campos. La recopilación se vuelca en una tabla que puede consultarse on-line, aplicando los criterios de clasificación como filtros de búsqueda.

Se considera que la herramienta de consulta de aplicaciones de RA generada resulta un aporte concreto para los docentes que deseen incluir actividades educativas mediadas por tecnología de RA a sus clases.

ABSTRACT

An overview of Augmented Reality (AR), its evolution and technology used for tracking, visualization and interaction is presented.

In relation to the incorporation of AR in education, an inquiry is made about different forms of educational instruments such as books, games and theater. A systematic compilation of educational experiences using AR, published recently, is carried out at different educational levels, themes and countries.

In addition, a search, selection and cataloging of AR applications available in the market, which may be useful in the field of education, is carried out. In the cataloging, general, technical and didactic criteria are considered, such as thematic area, educational level and type of interaction among other fields. The collection is turned into a table that can be consulted online, applying the classification criteria as search filters.

It is considered that the generated AR application consultation tool is a concrete contribution for teachers who wish to include educational activities mediated by AR technology to their classes.

CAPÍTULO 1 – Introducción

“Nada es verdad, nada es mentira, todo depende del cristal con que se mira”

W. Shakespeare

1.1 Motivación

Los dominios de aplicación posibles de la Realidad Aumentada (RA) son muchos y variados - según recopilación realizada por Ronald Azuma (Azuma, 1997), entre las que se pueden citar, entre otras, la reconstrucción del patrimonio histórico, el entrenamiento de operarios de procesos industriales, el marketing, el mundo del diseño de interiores y guías de museos.

En otro orden, se pueden encontrar aplicaciones educativas de RA como los proyectos de ciencias (Nickels, y otros, 2012), movimientos de planetas del sistema solar (Berrocal Ruiz, 2006), comportamiento de elementos químicos (Fjeld & Voegtli, 2002), entre otros.

También pueden considerarse educativas las aplicaciones de RA que se utilizan en museos (Jevremovic, 2012), exhibiciones y parques de atracciones temáticos (Weng, 2011). Estos lugares aprovechan las conexiones *wireless* para mostrar información sobre objetos o lugares, así como modelos virtuales, por ejemplo: ruinas reconstruidas o paisajes tal y como eran en el pasado.

La RA puede utilizarse para complementar los materiales didácticos con modelos virtuales que estimulen la percepción y ayuden a la comprensión de conceptos. Los docentes pueden utilizar este recurso para enriquecer las clases, exposiciones o presentaciones, dando ejemplos claros con animaciones 3D de objetos y otorgando una exploración espacial, que otros medios en 2D no permiten. Los objetos virtuales se pueden manipular de manera más real, mejorando así la comprensión, en el conocimiento de procesos (Estebanell Minguell, Ferrés Font, Cornellas, & Codina Regás, 2012). Por tratarse de aplicaciones interactivas responde a las entradas del alumno, es por ello que le otorga al estudiante mayor receptividad en el aprendizaje, pues éste se convierte en extremadamente activo.

Cualquier lugar físico puede convertirse en un escenario de formación estimulante y, por lo tanto, proporcionar aprendizajes más significativos. La RA puede representar de por sí una gran motivación para docentes y alumnos por lo efectivo y novedoso que resulta la representación de situaciones y actividades, mediante el agregado de información al escenario real.

Es innegable la llegada de la RA en distintas disciplinas y perfiles profesionales en el ámbito de la educación. Es relevante, por lo tanto, para el campo de la educación, estudiar la RA y catalogar aplicaciones disponibles para ponerla a disposición de docentes que quieran explorar las alternativas de esta herramienta con la posibilidad de llegar a utilizarlas en sus aulas.

1.2 Objetivos y aportes

El objetivo general de este trabajo final integrador es estudiar el estado del arte de la RA aplicada a la educación, analizando su vigencia en la actualidad, efectuando una búsqueda, análisis y catalogación de diferentes aplicaciones educativas de RA disponibles en el mercado.

Se pretende ofrecer una herramienta de consulta de aplicaciones de RA que pueda ser utilizada por docentes con el fin último de ayudarlos a conocer y elegir aplicaciones de RA que puedan aplicar en sus procesos de enseñanza-aprendizaje.

Los objetivos específicos son:

- Estudiar los fundamentos de RA e investigar su uso en el ámbito educativo
- Recopilar experiencias recientes de RA educativas, establecer criterios de clasificación y clasificar las experiencias según criterios establecidos
- Recopilar aplicaciones RA disponibles on-line que puedan ser de utilidad en el ámbito educativo, establecer criterios de clasificación y clasificar las aplicaciones según los criterios establecidos
- Confeccionar un catálogo de aplicaciones RA accesible on-line con filtros de búsqueda

El aporte que se espera de este trabajo es:

- Obtener una herramienta de consulta de aplicaciones educativas RA disponibles en el mercado que puedan ser utilizadas por docentes con el fin de ayudarlos a conocer y elegir aplicaciones que puedan incorporar en sus procesos de enseñanza-aprendizaje.
- Mostrar el grado de utilización de la tecnología RA mediante una recopilación actualizada de publicaciones, en cuanto a áreas temáticas, niveles educativos y países en los cuales se utiliza como soporte educativo.

1.3 Organización del presente informe

En el capítulo 2, se presenta y define la RA, su evolución histórica y la tecnología utilizada para tracking, visualización e interacción.

En el capítulo 3, se presenta el uso de la RA en el ámbito educativo. Se realiza una indagación de diferentes formas de instrumentos educativos que incorporan RA, tales como libros aumentados, juegos y teatro. Además, se presenta una recopilación sistemática de experiencias recientes realizadas en educación con aplicación de la tecnología de RA en diferentes niveles educativos, temáticas y países.

En el capítulo 4, se realiza una búsqueda y análisis de aplicaciones RA educativas disponibles, así como la catalogación de las aplicaciones, para así convertirse en una guía a divulgar entre la comunidad docente.

Finalmente, el capítulo 5 presenta las conclusiones y trabajo futuro.

CAPÍTULO 2 - Realidad Aumentada

En este capítulo se presenta y define a la Realidad Aumentada (RA).

En la sección 2.1 se define la RA desde su concepción.

En la sección 2.2 se presenta una recopilación cronológica de los acontecimientos principales en los inicios de RA, que definen la evolución de esta tecnología.

En la sección 2.3 se describen los principales componentes de un sistema RA.

En la sección 2.4. se exponen diferentes tipos de seguimiento o tracking utilizados en RA.

En la sección 2.5 se dan a conocer los diferentes dispositivos de visualización.

En la sección 2.6 se describen algunas de las técnicas de interacción para sistemas de RA.

2.1 Qué es la Realidad Aumentada (RA)

Un sistema de RA permite combinar los objetos del mundo real con objetos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real (Azuma, 1997). De acuerdo con Ronald Azuma un sistema de RA tiene las siguientes características:

- Combina lo real y lo virtual: la información digital es combinada con la realidad.
- Funciona en tiempo real: la combinación de lo real y lo virtual se hace en tiempo real.
- Registro en el espacio 3D: en general, la información aumentada se localiza o “registra” en el espacio. Para conservar la ilusión de ubicación real y virtual, ésta última tiende a conservar su ubicación o a moverse respecto a un punto de referencia en el mundo real.

En primera instancia, se puede decir que la RA es un sistema que potencia las capacidades de nuestros sentidos, es decir la percepción que el usuario tiene de la realidad, mediante el aporte de elementos virtuales en la misma.

El término RA no debería definirse limitadamente. Este término se puede aplicar a cualquier tecnología que combina información real y virtual de una manera significativa (Klopfer, 2008). Otra definición entiende a la RA como el sistema que aumenta la percepción que el usuario tiene de la realidad real mediante la incorporación de elementos virtuales en la misma. No tiene por qué limitarse a la implementación sólo de elementos virtuales, sino que, incluso, pueden eliminarse objetos que están en la realidad, como por ejemplo quitar de escena una publicidad de un paisaje.

Para los educadores y diseñadores, la definición de RA en un sentido amplio sería más productivo, porque tal definición sugiere que la RA podría ser creada e implementada por las variadas tecnologías, tales como equipos de escritorio, dispositivos portátiles, pantallas montadas de visualización frontal y así sucesivamente (Broll, y otros, 2008).

Es decir, la noción de RA no se limita a cualquier tipo de tecnología y podría ser examinada de nuevo desde una visión amplia de la actualidad. La RA explota las *affordances*¹ del mundo real, proporcionando información adicional y contextual que aumenta la experiencia de la realidad de los estudiantes (Squire & Klopfer, 2007).

En la práctica actual, los tipos de objetos que comúnmente se agregan al mundo real mediante aplicaciones de RA son:

- texto

¹ Entendemos por *affordance* a la cualidad de un objeto o ambiente que permite a un individuo realizar una acción, que sea inmediatamente percibida por el usuario.

- imagen
- audio
- vídeo
- modelos 3D estáticos
- modelos 3D animados

Por otra parte, el término de Realidad Virtual (RV) fue definido por Jason Lanier en 1989 como “*un entorno generado por una computadora, interactivo, tridimensional en el cual se introduce a la persona*”.

Hay tres puntos claves en esta definición:

1. Este entorno virtual está generado por una computadora mediante una escena en tres dimensiones; esta escena requiere una alta capacidad de gráficos por parte del ordenador para adecuar el nivel de realismo.
2. El mundo virtual es interactivo pues el usuario necesita una respuesta en tiempo real desde el sistema para poder interactuar en él de una manera efectiva.
3. El usuario está inmerso en el mundo virtual. Una diferencia importante entre los sistemas de RV y los sistemas de RA es la inmersión de la persona en el entorno. (figura 2.1)



Figura 2.1 *Secuencia conceptual de un sistema de realidad aumentada* ²

La RA y la RV son tecnologías que están muy relacionadas, pero guardan diferencias importantes. En los sistemas de RV, la persona se encuentra, efectivamente, en un mundo totalmente virtual donde el entorno está bajo control del sistema. Sin embargo, los sistemas de RA se encargan de “ampliar” la escena del mundo real manteniendo en el usuario una sensación de presencia en ese mundo. Las imágenes virtuales están mezcladas con la visión del mundo real, creando una visión aumentada.

La clasificación realizada por Milgram y Kishino acerca del continuo Realidad Mixta (Figura 2.2) que se extiende desde los Entornos Reales hasta los Entornos virtuales, pasando por la RA y la Virtualidad Aumentada (Volpe, 2003).

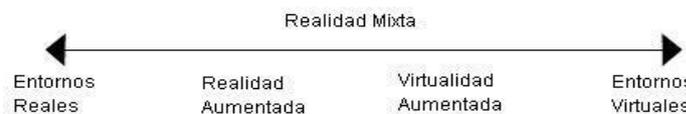


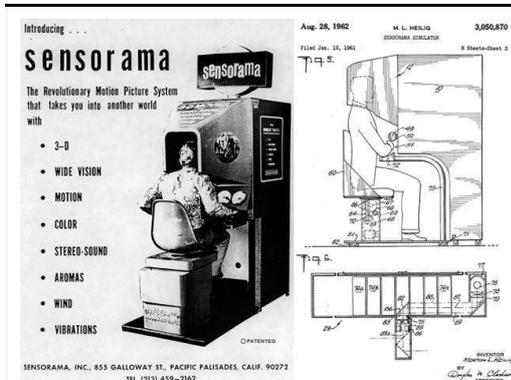
Figura 2.2 *El continuum realidad virtual-aumentada*. (Volpe, 2003)

² Recuperado de <http://realidadaugmentada.blogspot.com/p/como-funciona-la-realidad-aumentada.html>

En los sistemas de RV, el usuario está completamente inmerso en un mundo artificial que puede enriquecerse con información del mundo real yendo hacia una Virtualidad Aumentada. En el otro extremo, en los sistemas de RA, los usuarios pueden interactuar en el mundo real incorporando el mundo virtual de una forma natural.

2.2 Evolución histórica

En esta sección se desea presentar los hechos más relevantes, desde el punto de vista histórico, de los orígenes y evolución de la RA.



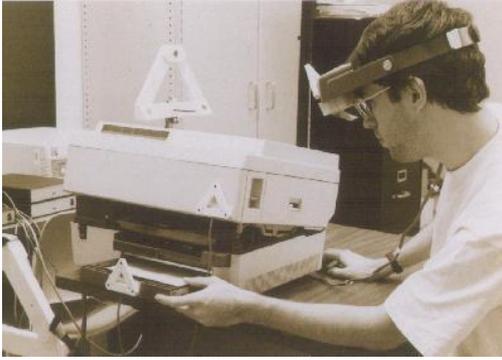
En 1950, Morton Heiling, un director de fotografía, escribió sobre un "Cine de Experiencia", que podía acompañar a todos los sentidos de una manera efectiva integrando al espectador con la actividad en la pantalla.

Más adelante, en 1962, el mismo Morton Heilig crea un simulador de moto con imágenes, sonido, vibración y olfato, llamado "Sensorama" junto con 5 filmes cortos que permitían aumentar la experiencia del espectador a través de sus sentidos (vista, olfato, tacto y oído).

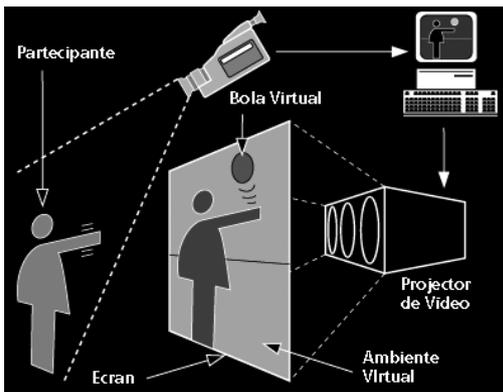
A primera vista, la máquina de Heiling es un producto de RV (su autor está considerado como el padre de esta tecnología), pero hay ciertos matices de RA en Sensorama. Las imágenes con las que el inventor mostraba su creación producían la sensación de estar recorriendo en moto las calles de Brooklyn. Era un metraje sin editar, una grabación de la realidad en la que, a medida que surgían nuevos objetos o situaciones, la máquina aportaba los correspondientes estímulos sensoriales al usuario, es decir, información adicional.



En 1966, el profesor de Ingeniería Eléctrica de Harvard, Ivan Sutherland, creó un dispositivo que sería clave en el futuro, el *HMD* o *Head mounted Display*. Lejos de parecerse a unas gafas, como se ve hoy en día, el *HMD* del 66 era una maquinaria descomunal que colgaba del techo del laboratorio para que el usuario se colocara en el lugar preciso.



En 1973, el profesor Ivan Sutherland inventó el visor de cabeza (HMD) lo que sugería una ventana a un mundo virtual.



En 1985, el ingeniero y artista Myron Krueger crea *Videoplace*, un sistema de “realidad artificial” con el que procuraba evitar el “aislamiento del usuario” que se producía con las gafas de visión estereoscópica, que permitía a los usuarios interactuar con objetos virtuales por primera vez, generando una serie de visualizaciones que reaccionan a la presencia del público, captado por una cámara de vídeo.



Dos años más tarde, en 1992, se crea el término Realidad Aumentada, denominada así por el investigador Tom Caudell, quien estaba a cargo de los desarrollos que la compañía Boeing realizaba para mejorar sus procesos de fabricación: se utilizaba un software para visualizar los planos de cableado sobre las piezas producidas.



Posteriormente, en 1994, Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann utilizan, en forma relevante y por primera vez, un sistema de RA en un prototipo: KARMA. Lo presentan en la conferencia de la interfaz gráfica, que fue ampliamente citada en la publicación *Communications of the ACM* al siguiente año.



En 1999, Hirokazu Kato desarrolla ARToolKit en el HitLab y se presenta en SIGGRAPH ese mismo año.



Al año siguiente, Bruce H. Thomas desarrolla *ARQuake*, el primer juego al aire libre con dispositivos móviles de RA. Fue presentado en el *International Symposium on Wearable Computers*, en donde -usando un sistema con GPS- una computadora portátil y un casco con una pantalla incorporada se jugaba el mítico *Quake*. De esta forma se podía pasear (literalmente) por el mundo real, disparando a enemigos virtuales en lugares que existían físicamente.

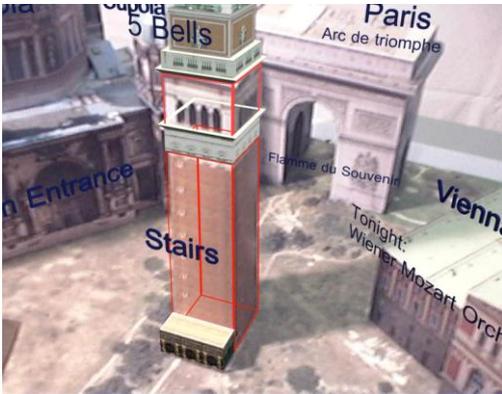


El 20 de octubre de 2008, sale a la venta AR Wikitude Guía con el teléfono Android G1; esta es una aplicación de RA para Android, en donde el mundo real, tal y como se ve, es enriquecido con información adicional relativa al entorno. Esta información puede mostrarse proyectada en la pantalla del teléfono, si este reconoce que se está mirando.

Layar es un software que se encarga de superponer capas de RA sobre la imagen capturada con la cámara del teléfono, permitiendo mostrar información de todo tipo en tiempo real, aprovecha tanto la brújula del teléfono como su *GPS* y su cámara para llevar a cabo su actividad con normalidad



En 2009, la RA llega al navegador Web, ya que *AR Toolkit* es llevado a Adobe Flash (*FLARToolkit*) por Saqoosha. Desarrolladores, fabricantes, anunciantes o investigadores pueden descargar el logo original desde la web oficial.



En 2010, se da a conocer KHARMA, de arquitectura ligera y abierta para referencia y entrega de contenido -explícitamente con el objetivo de móviles RA-; sus aplicaciones se ejecutan a escala mundial. Se utiliza KML para describir la geolocalización o relación relativa del contenido utilizando tecnologías HTML, JavaScript y CSS para desarrollo de contenidos y entrega.

En ese mismo año, en ISMAR, Lukas Gruber y su equipo presentan en su trabajo “*City of the sights*”, una colección de conjuntos de datos y maquetas, que brindan la posibilidad de evaluar el desempeño, el seguimiento y la reconstrucción de los algoritmos utilizados en la RA.

Simultáneamente, Polytec presenta un nuevo enfoque en relación a los navegadores de RA que soportan la creación de información digital in-situ; esta información es registrada con máxima precisión, utilizando un panorama del entorno, creado a partir del fondo.



En 2012, en el *Siggraph Emerging Technologies*, NVidia presenta el prototipo de su head mounted display. Este prototipo presenta un campo base de luz para pantallas (cercanas a la visión) que puede considerarse una tecnología de última generación en relación a la RA. En agosto, Oculus VR presenta el kit de *Oculus Rift* -un *head mounted display de RV*- que propulsó el desarrollo de estos dispositivos principalmente en aplicaciones de juegos.



En el año 2013, *Google Glass* finalmente presenta su *Project Glass*, el cual ya había sido anunciado meses antes.



En marzo de 2014, Facebook adquiere Oculus VR. Esto fortalece la expansión y el desarrollo de futuras interfaces.



En enero de 2015, Microsoft anuncia el *HoloLens*, un dispositivo -a modo de una computadora con pantalla transparente y varios sensores- que fusiona la RA con la RV.



En 2018 Google implementa ARCore la cual es una plataforma destinada a crear experiencias de RA de calidad. Debido al uso de APIs, los desarrolladores pueden utilizar los recursos del dispositivo para hacer que los usuarios puedan experimentar el entorno, entender e interactuar con la información.

ARCore se basa en dos principios básicos: monitorear la posición del dispositivo y sus movimientos, y crear su propia comprensión del mundo real, además detecta superficies planas y calcula la iluminación del área en el que se encuentra el dispositivo.

2.3 Componentes de un sistema de RA

Según el trabajo realizado sobre arquitecturas de software de RA más relevantes, el cual contempló 18 arquitecturas, Brügger et al (Brügger, MacWilliams, & Reicher, 2002) concluye en una de referencia, la cual contiene los componentes comunes de tales sistemas (Figura 2.3). La función de cada componente se define a continuación:

- **Aplicación:** Maneja la lógica y contenidos específicos del sistema
- **Tracking:** Determina la posición de usuarios y objetos
- **Control:** Procesa las entradas para el usuario
- **Presentación:** Se encarga de la representación gráfica

- Contexto: recoge diferentes datos de contexto
- Modelo del Mundo: almacena información sobre los objetos virtuales y reales

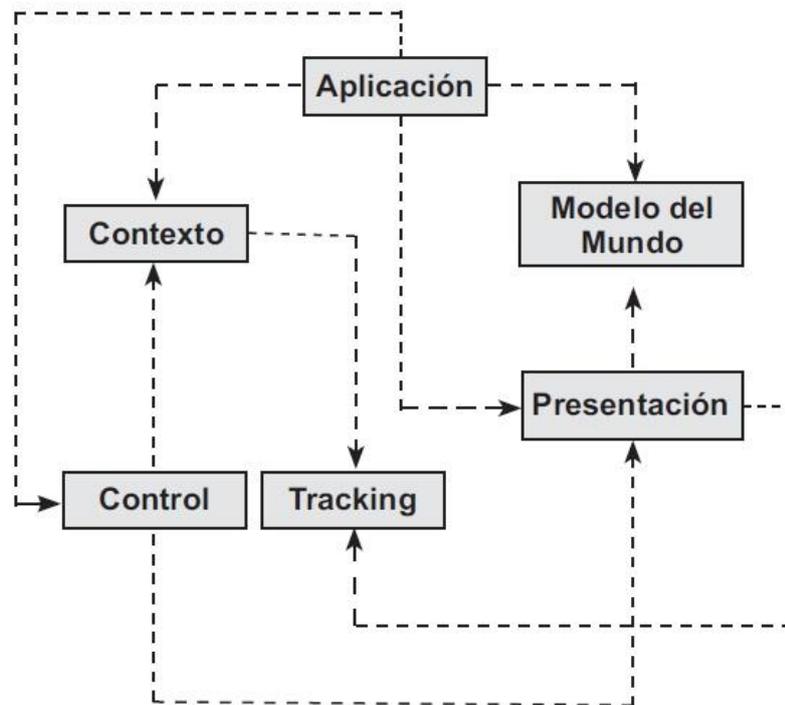


Figura 2.3 Elementos básicos de Realidad Aumentada en dispositivos móviles y computadoras. (Brügge, MacWilliams, & Reicher, 2002)

2.4 Tipos de *tracking* utilizados en RA

Se conoce por *tracking* al proceso de seguimiento de un objeto en movimiento; es decir, la estimación de la posición y orientación de dicho objeto en cada instante. En una aplicación de RA, se necesita el *tracking* del participante para realizar el registro de imágenes sintéticas y reales. En la mayoría de estas aplicaciones se tiende a realizar un *tracking* de la cámara, que captura la escena, aunque también puede tratarse del *tracking* de la cabeza del usuario o de algún objeto manipulado por éste.

En una aplicación de RA, el *tracking* puede hacerse (Abásolo, 2011):

- Mediante dispositivos físicos específicos
- Mediante análisis de vídeo (videométrico)
- Híbrido

2.4.1 *Tracking* mediante dispositivos físicos

Entrando un poco más en detalle en cada una de las distintas técnicas, cabe señalar que las tecnologías de seguimiento basadas en sensores eran las predominantes hasta hace más de una década. Los sistemas de *tracking* se han basado en distintos tipos de sensores: infrarrojos, *Bluetooth*, *WIFI*, etc. En la actualidad estos sistemas se utilizan en combinación con técnicas de visión para mejorar las prestaciones de los sistemas de seguimiento.

En general, el principal inconveniente de estas aproximaciones basadas en sensores es que, de no existir, por ejemplo, una red *WIFI*, requieren de una inversión importante para crear las infraestructuras de soporte. Además, su utilización es adecuada para interiores, pero, en

exteriores, la precisión de las localizaciones es menor, si bien pueden utilizarse en combinación con los sensores *GPS* disponibles en la mayoría de los *smart devices* actuales. Es por ello que cabe destacar a los navegadores con RA, los cuales se basan en geolocalización como *Layar* y *Wikitude* (Figura 2.4). que utilizan el receptor *GPS* y la brújula del dispositivo móvil para determinar la posición del usuario y su orientación, pudiendo así obtener la imagen del escenario real a través de la cámara del dispositivo, y es allí donde el software agrega sobre esa imagen, la información vinculada para reproducirse en la pantalla. La aplicación provee varias capas de información o *layers*, que pueden ser utilizadas según haya sido la elección del usuario.

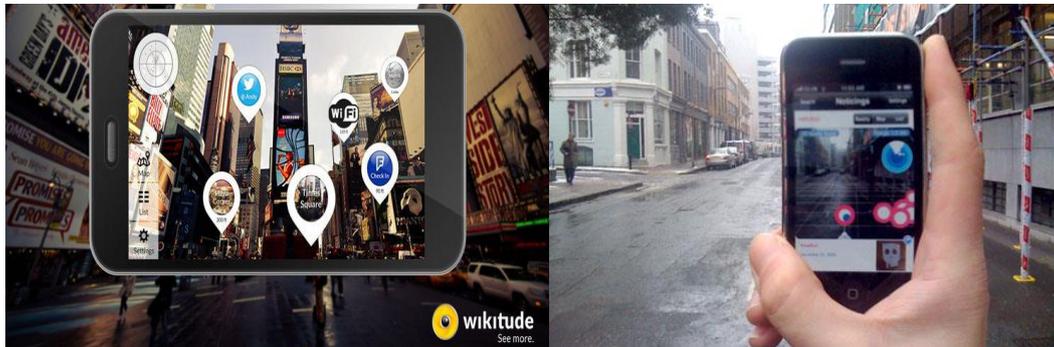


Figura 2.4 Captura de pantalla de aplicaciones Wikitude y Layar

2.4.2 Tracking mediante el análisis de la imagen capturada

Denominado “*tracking* basado en visión”, se basa en aprovechar las capacidades de captación de imágenes (foto, video) disponibles en los dispositivos actuales analizando la información presente en la escena real para deducir los cambios de ubicación del usuario que captura la escena y en base a esto, poder realizar una superposición de la información añadida de forma coherente espacialmente.

Las siguientes son las opciones más usadas de detección-seguimiento (Figura 2.5), ordenadas de la más sencilla a la forma más natural:

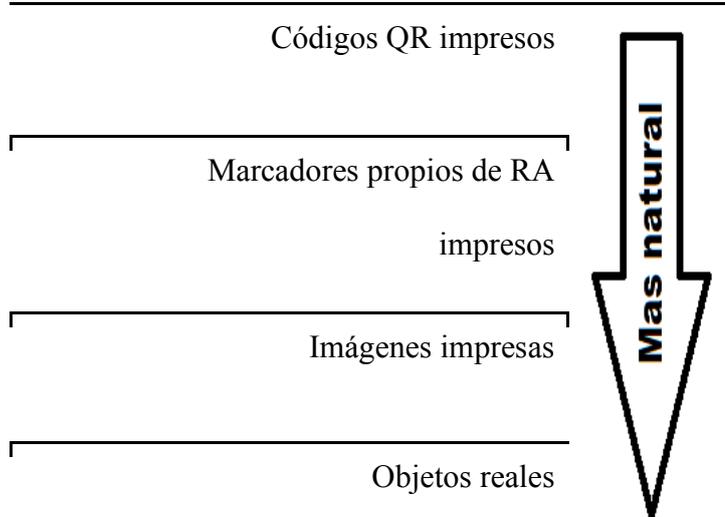


Figura 2.5 Tracking de detección-seguimiento. Elaboración propia

2.4.2.1 Códigos QR impresos

Un código QR (Pardo Froján & García Lorenzo, 2011) es una matriz de códigos en 2D con un gran potencial para almacenar datos de diferentes orígenes (Figura 2.6).

Es por ello que, en relación a un código de barras tradicional, posee las siguientes ventajas:

1. Menor espacio de impresión
2. Es resistente a daños y manchas
3. Mayor memoria y con más tipos de datos
4. Puede ser leído a alta velocidad desde todas las direcciones (en 360°)
5. Códigos alfanuméricos: 4296 caracteres
6. Códigos numéricos: 7089 caracteres

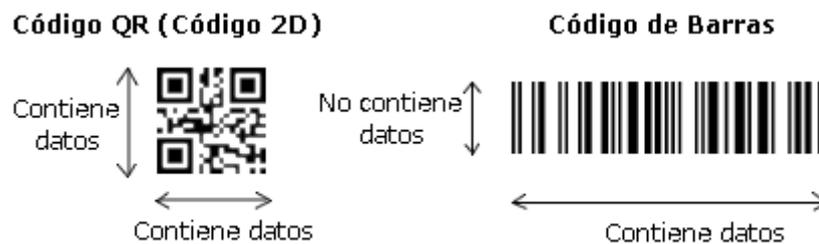


Figura 2.6 Comparación de Código QR y Código de Barras (Pardo Froján & García Lorenzo, 2011)

Autores como Maarten Lens-Fitzgerald (Lens-FitzGerald, 2009) considera el uso de estos códigos como el nivel más básico de RA que realiza el hiperenlace del mundo físico (Figura 2.7), ya que en su uso básico no existe un registro espacial de la información añadida.

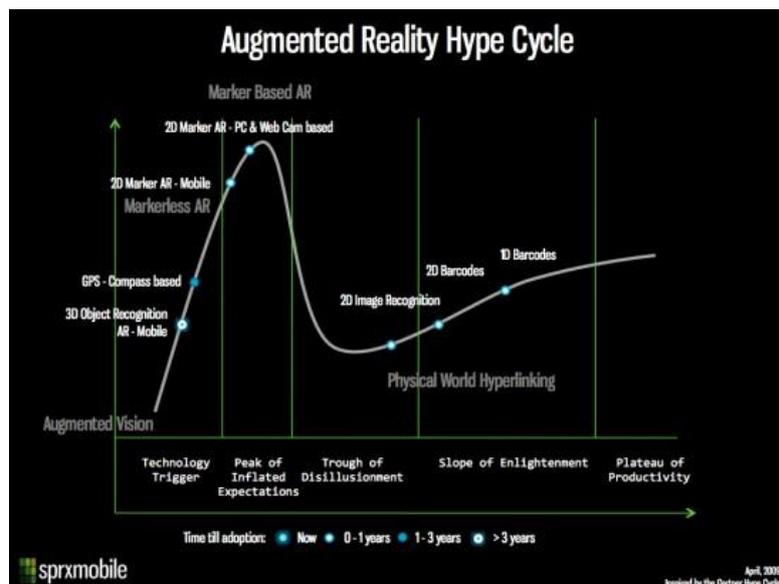


Figura 2.7 El ciclo RA (Lens Fitzgerald)

Algunas aplicaciones hacen uso de estos códigos y utilizan los marcadores propios de RA. *ARGeo* es una aplicación para enseñanza de geología (Figura 2.8), que propone la descarga y uso de estos desde su página web para que de esta manera se puedan activar a través de la aplicación, proponiendo diferentes actividades para apoyar la enseñanza del tema.



Figura 2.8 Captura de pantalla de la aplicación ARGeo

2.4.2.2 Marcadores propios de RA impresos

Los marcadores de RA son cuadrados y constituyen bordes gruesos negros y gráficos negros dentro de su región interna blanca, la mayoría son en blanco y negro (Figura 2.9), aunque los colores se pueden usar siempre que el contraste entre ellos pueda ser reconocido adecuadamente por una cámara. La ventaja de usar el color blanco y negro es separar fácilmente el marcador del fondo en un marco capturado.

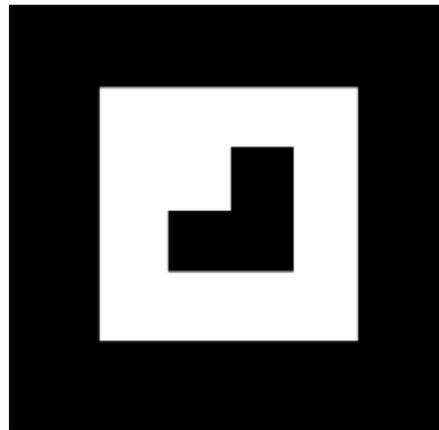


Figura 2.9 Marcador RA

Los marcadores de RA simples pueden consistir en una o más formas básicas compuestas de cuadrados negros sobre un fondo blanco (Katiyar, Kalra, & Garg, 2015). Se pueden crear marcadores más elaborados utilizando imágenes simples que una cámara todavía lee correctamente, y estos códigos pueden incluso tomar la forma de tatuajes.

Las técnicas basadas en marcadores fueron las primeras en desarrollarse. Existen diferentes tipos de marcadores de RA. Los marcadores se caracterizan por ser fáciles de reconocer en base al alto contraste de los elementos que los componen. Una de las características más destacables que presentan es que su reconocimiento permite calcular la distancia y el ángulo a los mismos del dispositivo desde el que se está capturando la imagen.

Esta técnica se fundamenta en la utilización de una cámara, para capturar el marcador desde un punto visual específico, y el software superpone información sobre el marcador de forma coherente su posición y orientación (imagen 3D, información adicional del producto, etc.).

Este método de seguimiento basado en marcadores es muy útil, dado que ellos son muy fáciles de reconocer por cualquier dispositivo con cámara y no requieren una gran capacidad de

proceso. Por lo tanto, en escenarios que cumplan estos requisitos, pueden ser una técnica muy eficaz.

Sin embargo, los marcadores son elementos artificiales que presentan el inconveniente de contaminar visualmente una escena real.

2.4.2.3 Imágenes impresas

En la actualidad el reconocimiento sin marcadores ha evolucionado al reconocimiento de imágenes generales, dado el aumento de la capacidad de procesamiento de los dispositivos, como se mencionó anteriormente en este trabajo.

Como muestra la Figura 2.10 (Lopez Pombo, 2010), la imagen es tomada mediante el dispositivo, luego se pasa a una etapa de procesamiento donde se eliminan imperfecciones de la imagen, para pasar a segmentarla buscando información relevante para ser utilizada en instancias posteriores. Seguidamente se realiza la representación y descripción, a través de un escaneo para detectar parámetros morfológicos (texturas o contornos), y así finalizar con el reconocimiento del medio o escena con el uso de lógica difusa o también redes neuronales.

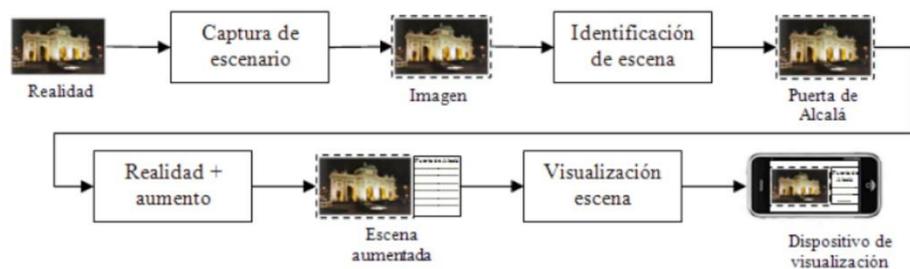


Figura 2.10 Esquema de funcionamiento de un sistema de RA típico. (Lopez Pombo, 2010)

2.4.2.4 Objetos reales

En el proceso de reconocimiento de objetos (Figura 2.11) es necesario representarlos con características que lo puedan identificar (Canal Ku, 2013), pero no deberían cambiar por color, forma, iluminación o posición y además estas propiedades no podrán ser generales o locales. Las características globales definen al objeto como una sola variable, como ejemplo de ello un histograma o una planilla, y posee como ventaja su eficiencia computacional ya que no hay necesidad de analizar al objeto en partes.

En cambio, las características locales definen al objeto por múltiples variables asociadas a puntos específicos, donde un descriptor codifica la información local de dichos puntos (Algoritmo de Plessey); estas características locales brindan mayor solidez en el reconocimiento ante oclusiones.

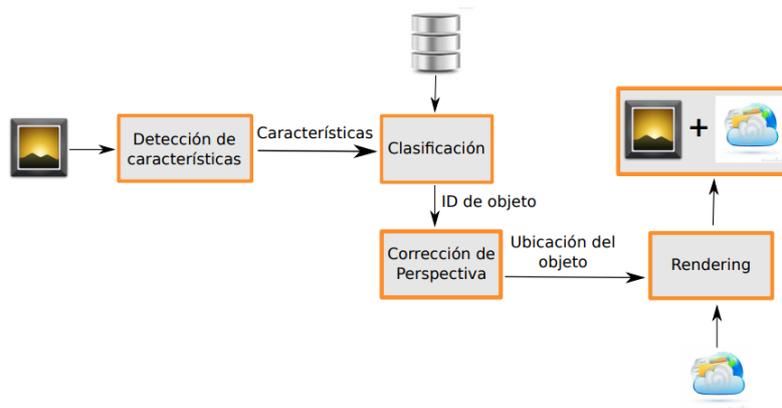


Figura 2.11 Proceso de reconocimiento de objetos a partir de una imagen de entrada. (Canal Ku, 2013)

Actualmente existen varios modelos para el reconocimiento de objetos basados en:

- ventanas de comparación
- características visuales
- el uso de características locales
- propiedades geométricas
- apariencia
- análisis de forma y sub-partes

2.4.3 Tracking híbrido

En el *Tracking* híbrido se combinan las salidas de dispositivos físicos con el análisis de la imagen. Las tecnologías de seguimiento híbridas acompañan a las técnicas de visión con otras fuentes de datos posicionales y de movimiento o rotación proporcionados por *GPS*, brújula, acelerómetros, giróscopos, etc.

2.5 Tipos de RA según el dispositivo de visualización

Dependiendo del dispositivo de visualización usado, las aplicaciones de RA pueden basarse en (Abásolo, 2011):

- RA basada en gafas de video y gafas ópticas *see-through*
- RA espacial o basada en proyector
- RA de escritorio o basada en monitor
- RA móvil o basada en dispositivos *Handheld*

2.5.1 Gafas de vídeo y gafas ópticas *see-through*

Ronald Azuma señala las diferentes ventajas y desventajas de los dispositivos *optical see-through* y los *video-see-through* (Azuma, 1997). Por un lado, el investigador detalla que los dispositivos de *video see-through* presentan la gran ventaja de la flexibilidad en la composición o mezcla (*blending*) del video real con el sintético. Un problema básico de los sistemas ópticos, argumenta, es que los objetos virtuales no tapan completamente los objetos reales, por la forma en que funcionan los combinadores ópticos, los cuales permiten luz del mundo real y del virtual. Hacer un sistema óptico que selectivamente apague la luz del mundo real aumenta la complejidad del diseño. Los objetos virtuales aparecen semi-transparentes y esto puede dañar la ilusión de realidad, si se requiere. En contraste, el video *see-through* es más flexible en cómo

mezcla el mundo real y el virtual, ya que ambos están disponibles en forma digital. Se puede componer pixel a pixel, tomando el mundo real o el virtual, o mezclándolos, si se quiere sensación de transparencia.

Los sistemas ópticos ofrecen una vista instantánea del mundo real, pero una vista retrasada del mundo virtual, y esta incoherencia temporal puede causar problemas. Otra de las ventajas de los sistemas de video es que es posible retrasar el video del mundo real para coincidir con el retraso del *stream* del mundo virtual.

En los sistemas ópticos, la única información acerca de la ubicación de la cabeza del usuario viene del dispositivo de *tracking* de cabeza. Por otra parte, en los sistemas de video *blending*, se tiene otra fuente de información: la imagen digitalizada del mundo real, con lo cual pueden usarse técnicas de visión para el registro de imágenes, que no estaría disponible en los sistemas ópticos.

Entre las ventajas de los sistemas ópticos frente a los de video pueden enumerarse: la simplicidad, la seguridad, la mayor resolución. Los sistemas ópticos tienen solo un *stream* de video para tratar: los gráficos sintéticos.

El mundo real se ve directamente a través de los combinadores ópticos. Esto los hace más simples, ya que los sistemas de video *blending* deben tratar con dos *streams* de video separados para el mundo real y el virtual. Ambos *streams* tienen retrasos del orden de las décimas de milisegundos y deben ser adecuadamente sincronizados para evitar la distorsión temporal.

Siempre siguiendo las consideraciones de Azuma, se puede apreciar que los sistemas de video limitan la resolución de lo que el usuario ve, tanto real como virtual, a la resolución del dispositivo.

Por otra parte, los sistemas ópticos también muestran los gráficos con la resolución del dispositivo, pero el usuario ve la realidad sin que esta se degrade.

Con respecto a la seguridad, los sistemas de video usados en RA son *HMD* modificados (nótese que los usados en RV solo muestran un mundo virtual). Si se corta la energía, el usuario estará ciego; esta es una cuestión concerniente a la seguridad en algunas aplicaciones. En contraste, utilizando un sistema óptico, el usuario tiene la vista del mundo real y por esto se considera más seguro.

Ambas tecnologías, óptica y video, tienen sus roles, por lo tanto, la elección depende de los requerimientos de la aplicación.

En aplicaciones de reparación, se usan generalmente los sistemas ópticos, posiblemente por cuestiones de seguridad. En aplicaciones médicas, suelen usarse los sistemas de video, probablemente por la flexibilidad en la mezcla del mundo real y virtual y por las estrategias adicionales de registro de imágenes.

2.5.2 Proyector

El uso de proyectores es habitual, ya que con el mismo costo se pueden generar imágenes de tamaños muy diferentes y, por tanto, dimensionar la superficie del tamaño que se requiera; lo único que debe tenerse en cuenta es que cuanto mayor queramos la imagen, más deberemos alejar el proyector y más espacio necesitaremos. Lo que se hace normalmente es utilizar espejos para aumentar el recorrido de la luz y reducir el espacio necesario. Se pretende que el usuario interactúe directamente sobre la imagen generada por el proyector, para así tener una retroalimentación directa sobre la misma pantalla.

2.5.3 Monitor o RA de Escritorio

La RA de PC o escritorio utiliza principalmente el reconocimiento de marcadores. Su funcionamiento se basa en la combinación de la información virtual sincronizada, superpuesta sobre el mundo real, que se proyectará en la pantalla del monitor.

La información se capta por medio de un dispositivo de entrada como una *webcam*, a la cual se deben mostrar los *markers* o marcadores, los cuales son patrones en blanco y negro que indican al sistema dónde debe aparecer la imagen o información agregada, creada previamente. La PC mediante un software presenta la información asociada, que permite -al desplazar el marcador- ver la imagen desde diferentes ángulos. Se aprecian así todos sus detalles.

2.5.4 Handheld o RA móvil

Un dispositivo *handheld* o dispositivo portátil que, como indica el término inglés, se puede llevar en una mano mientras se utiliza. Se pueden encontrar muchos dispositivos de este tipo, como *pda*, *smartphones* y otros teléfonos móviles, que, como mínimo, cuenten con los requerimientos necesarios.

Actualmente, pueden encontrarse en el mercado teléfonos móviles con varios dispositivos integrados, cuyo uso resulta muy apropiado para aplicaciones de RA móvil.

La mayoría de los teléfonos móviles actuales poseen integrados acelerómetros y giroscopios con tecnología MEMS (*MicroElectroMechanical Systems*).

La comunicación con estos dispositivos va más allá de lo tecnológico, porque adecua momentos, formatos de contenidos y recursos de aprendizajes (Miglino & Walker, 2010).

Su vertiginoso avance, hace que estas tecnologías universalicen su utilización, a su vez se incorpora en la vida de las personas, casi como una herramienta fundamental en todos los ámbitos y particularmente en la educación.

2.6 Técnicas de interacción para sistemas de RA

La relación persona-PC está impactada directamente por el progreso de diferentes áreas de la computación, por ello podemos decir que algunas de estas áreas influyen por la disminución del costo del hardware, por ser más rápido y poseer mayor memoria, a su vez minimizando el tamaño del equipo y logrando portabilidad y favoreciendo su uso masivo; también cabe destacar el crecimiento de las redes comunicacionales.

Los esquemas de interacción tradicionales, como el *mouse* y teclado, dejan lugar a nuevos esquemas como interfaces gestuales, tangibles, hápticas, de reconocimiento de voz, de RA e incluso combinaciones de estas (Interfaz multimodal).

A continuación, se describen algunas de estas interfaces.

2.6.1 Interfaces de interacción utilizadas en RA

En el ámbito de la multimedia, el uso más común del término interfaz es "interfaz de usuario" o "interfaz gráfica"; se refiere muchas veces a lo que está representado en el monitor de la computadora cuando ella ejecuta una aplicación. Se puede hablar de interfaz como de un elemento que está "en medio"; es decir, que media entre dos entidades con alguna finalidad. Gui Bonsiepe establece que la interfaz media entre el cuerpo, la herramienta y el objetivo de una acción. El investigador alemán sustenta que una interfaz debe hacer accesible el carácter instrumental de un objeto y su contenido comunicativo, para transformar al objeto en un producto (Bonsiepe, 1999).

Por un lado, las máquinas y herramientas extienden nuestras capacidades, nos permiten hacer cosas que no podríamos sin ellas, pero a su vez necesitamos algo que nos conecte con ellas, algo que las haga accesibles a nuestro cuerpo, la forma en la que se resuelve este problema es la interfaz. Por ejemplo, en un automóvil podemos decir que la interfaz se manifiesta con la implementación de los dispositivos que usamos para su manejo (volante, pedales, asientos, etc.).

Entre las formas más utilizadas para la entrada de comandos en RA se encuentran:

- Convencionales: mouse, pantalla táctil, botones de la interfaz gráfica
- Avanzadas: gestos, voz, dispositivos especiales (guantes, pulseras, etc.), interacción tangible (Bane, Kölsch, Höllerer, & Turk, 2006) destaca las experiencias con varios dispositivos de entrada y sus modalidades, donde discute sus ventajas y desventajas en el contexto de las tareas de interacción en los dispositivos móviles; mostrando cómo se integran los canales de entrada para utilizar las modalidades de manera beneficiosa y cómo esto mejora la usabilidad general de la interfaz.

2.6.2 Metáforas de interacción utilizadas en RA

La Real Academia Española define a la metáfora como un “tropo que consiste en trasladar el sentido recto de las voces a otro figurado, en virtud de una comparación tácita”. La ventaja de las metáforas es que, a partir de analogías con elementos de la realidad física, se obtienen pistas de cómo podría ser su comportamiento; un buen ejemplo lo constituye en el ámbito multimedia el arrojar a la papelera de reciclaje los archivos que se quieren descartar.

Planteadas la metáfora en estos términos parecería que ésta es un recurso del que se vale la interfaz virtual para hacerse más comprensible (amigable). Quizás, en un comienzo, esto haya sido así, pero en el estado actual se encuentran productos en los que la metáfora involucra a la interfaz física. Particularmente, en nuestro objeto de estudio, entornos virtuales, la metáfora se sostendrá tanto por la parte física como por la virtual de la interfaz. Existen en este tema varios escenarios posibles, debido a que la metáfora ya no es quizás la forma en que la interfaz virtual se hace más amigable sino el recurso principal a partir del cual se articula el lenguaje multimedia.

En principio, hay dos metáforas de visualización alternativa para las pantallas de RA:

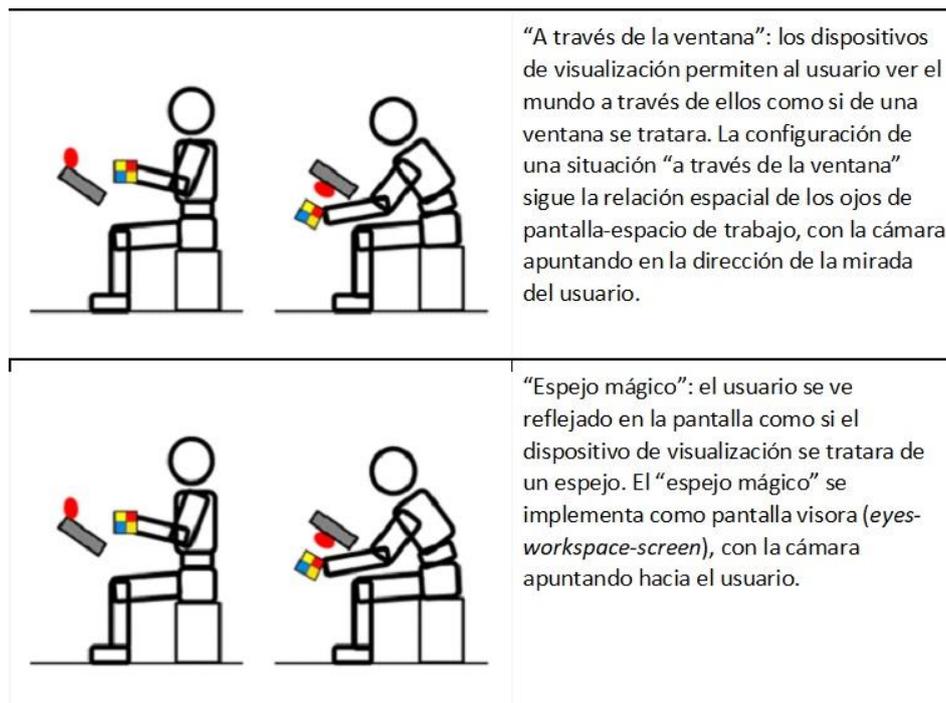


Figura 2.12 Metáforas de visualización de RA. (Zheng, Zhou, & Qin, 2019)

Comúnmente utilizado en tareas de apoyo a aplicaciones de RA, la pantalla transparente (*see-through display*) no se ha comparado con la pantalla espejo (*mirror display*) en términos de la ejecución de tareas de usuario, a pesar de que el *hardware* "espejo" es más accesible para los usuarios en general; era la opción más común con las primeras aplicaciones populares, pero con el auge de los celulares también se hicieron accesibles las "ver a través".

En el trabajo de Zhen Bai y Alan F. Blackwell (Bai & Blackwell, 2013), se presenta una comparación entre dos metáforas que pueden utilizarse en aplicaciones RA. Realizaron un nuevo experimento para comparar el rendimiento de los participantes, cuando se siguen las señales de giro de objetos con las dos metáforas de visualización. Los resultados muestran que el rendimiento general de los participantes en el marco del espejo era comparable al "ver a través".

En las aplicaciones de RA de tareas de apoyo, como el mantenimiento y montaje, se aplica principalmente la metáfora de "ver a través". Las aplicaciones de RA con metáfora del "espejo mágico" están diseñadas para mejorar el uso tradicional de espejo, como si fuera un espejo de maquillaje aumentado. Sostenemos que el "espejo mágico" puede ser usado como una metáfora alternativa para aplicaciones de tareas de apoyo desde dispositivos *see-through* -que son caros de obtener-, y los dispositivos de mano, que no son ideales en las tareas en donde se requiere el uso de ambas manos.

Se llevó a cabo un experimento para comparar la velocidad y la precisión de un usuario al manipular un cubo de Rubik (cubo mágico) simplificado (2x2x2), siguiendo la orientación -aumentada- bajo dos condiciones de visión: la de "espejo" y la de "ver a través".

El sistema detecta el estado del cubo de Rubik, aplicando una secuencia de filtros, para reconocer los cuatro cuadrados de su cara frontal, el experimento contiene siete fases:

1. el que demuestra el sistema, con la primera condición de visión.
2. el que practica una tarea de prueba varias veces.
3. el que termina tres tareas formales.
4. el que toma un descanso de 15 minutos para evitar la fatiga.
5. el que repite los pasos 1-3 con el segundo punto de vista.
6. el que completa un cuestionario.
7. el que realiza el seguimiento de las entrevistas.

Se ha visto que es fácil para la mayoría de los usuarios, adaptarse a la primera visión de un sistema de RA, ya sea "espejo" o "ver a través". En vista de los resultados anteriores, el "espejo" de RA parece una alternativa manual amigable y económica para aplicaciones de tareas de apoyo, especialmente cuando se utiliza un dispositivo *handheld* -que dificulta actividades manuales- y un *HMD*, el cual sigue siendo intrusivo y económicamente poco accesible para los usuarios.

2.6.3 Interfaces tangibles utilizadas en RA

Hiroshi Ischii, cuya investigación principal se centra en el diseño de interfaces sin fisuras entre los seres humanos, la información digital y el entorno físico, define a las interfaces tangibles, como aquellas interfaces en las que aumentan el mundo físico real emparejando información digital con entornos y objetos físicos (Ischii & Ullmer, 1997).

Existen varias técnicas de interacción basadas en el uso de marcadores, en particular está el uso de marcadores como objetos de interacción tangible, y varían según se aplique una u otra metáfora ("ver a través" y "espejo") en los dispositivos móviles.

Holger Regenbrecht, fundador y director del Laboratorio de RV de la Universidad Bauhaus de Weimar (Alemania) y del Laboratorio de Realidad Mixta de DaimlerChrysler Research and Technology (Ulm, Alemania), describe un sistema de RA que permite a múltiples usuarios interactuar con datos 2D y 3D, usando interfaces tangibles basadas en el uso de marcadores (Regenbrecht & Wagner, 2002).

Las técnicas mostradas son dos:

La primera consiste en una paleta en cuya parte superior se sitúa un marcador. Dicha paleta actúa de plano cortante de la geometría 3D mostrada frente al usuario. De esta forma, el usuario es capaz de observar el interior del modelo 3D utilizando una interfaz tangible (Figura 2.13).

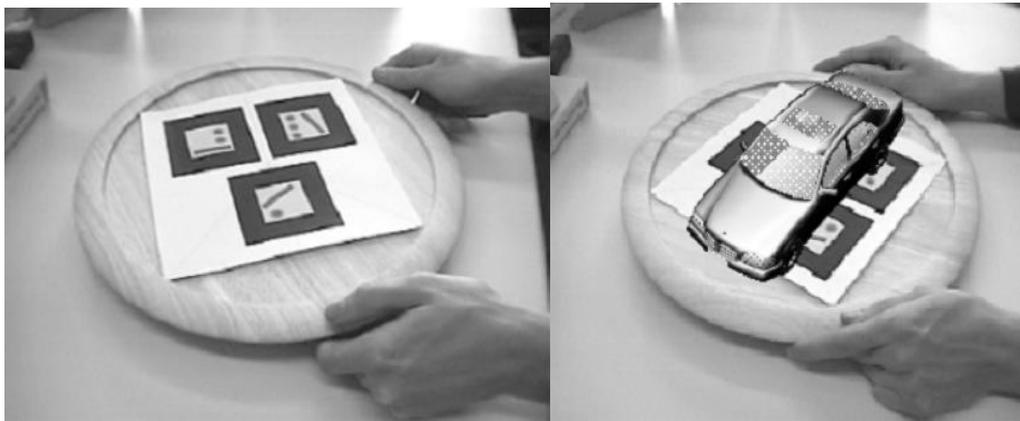


Figura 2.13 *Modelo 3D.* (Regenbrecht & Wagner, 2002)

La segunda técnica consiste en utilizar una linterna real, colocando un marcador en uno de los laterales de la misma. El objetivo es que el usuario sea capaz de utilizar una fuente de luz real para alumbrar un objeto virtual (Figura 2.14).



Figura 2.14 *Linterna controlando el objeto virtual.* (Regenbrecht & Wagner, 2002)

En el trabajo realizado por Sylvia Irawati (Irawati, Green, Billingham, Duenser, & Ko, 2006) se utiliza una técnica para interactuar con un sistema de diseño de interiores, donde se describe una interfaz multimodal de RA que utiliza reconocimiento de voz y de marcadores para la interacción (Figura 2.15 y Figura 2.16).



Figura 2.15 *Usuario con HMD, sosteniendo marcadores.* (Irawati, Green, Billinghamurst, Duenser, & Ko, 2006)

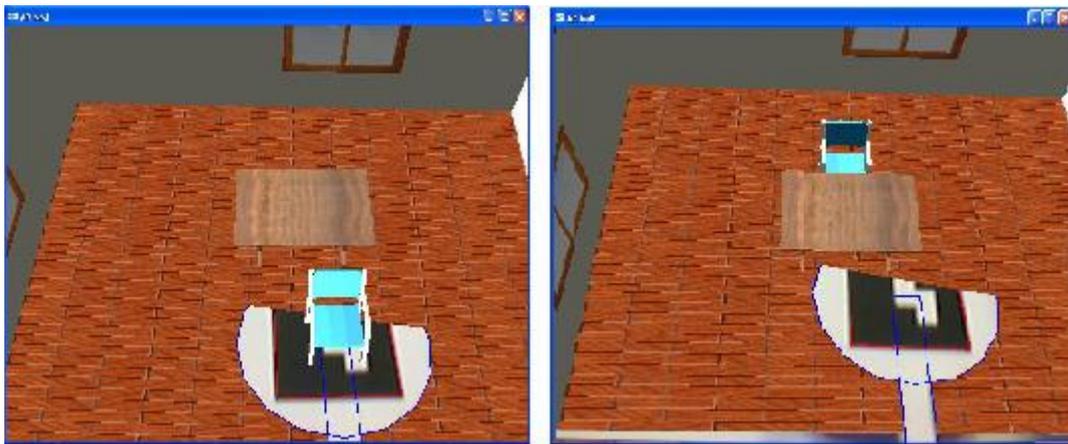


Figura 2.16 *Dando la entrada de voz "poner la silla detrás de la mesa".* (Irawati, Green, Billinghamurst, Duenser, & Ko, 2006)

La aplicación permite a los usuarios organizar de forma intuitiva, muebles virtuales en una sala virtual utilizando una combinación de palabras y gestos de marcadores. A diferencia de otras aplicaciones RA multimodales, la fusión multimodal se basa en la combinación de técnicas basadas en el tiempo y semánticas para desambiguar un discurso de los usuarios y la entrada de los gestos.

En su trabajo, el Dr. Sean White de la universidad de Columbia (White, Feiner, & Kopylec, 2006), describe que se utiliza de nuevo la idea de la paleta con un marcador en la parte superior, esta vez para interactuar con un sistema de clasificación de especies botánicas.

En el contexto del paradigma de controlador de vista de modelo, cada uno de los prototipos puede considerarse una exploración diferente de una combinación control-vista usando el mismo modelo de vales virtuales.

El primer prototipo utiliza un casco con pantalla de "ver a través de" para ver la información en su contexto y proporciona una interfaz de usuario tangible para la manipulación de los resultados de búsqueda (Figura 2.17)



Figura 2.17 Vista a través de un video “see-through” muestra el primer prototipo de la interfaz de usuario de RA tangible. (White, Feiner, & Kopylec, 2006)

El segundo prototipo proporciona una interfaz de usuario manos libres con una pantalla transparente que muestra resultados de búsqueda y permite el control de los resultados mediante el movimiento de la cabeza y un solo botón (Figura 2.18).



Figura 2.18 Vista en tercera persona del usuario. (White, Feiner, & Kopylec, 2006)

Un tercer prototipo presenta los resultados en una computadora y se utiliza la orientación de la mano para navegar e inspeccionar los resultados de búsqueda visual (Figura 2.19).



Figura 2.19 Una imagen bloqueada que se ve a través de una pantalla de visualización óptica. (White, Feiner, & Kopylec, 2006)

Al considerar diferentes interfaces de usuario, se pretende explorar la rapidez y facilidad con que un usuario puede ver los resultados, seleccionar una especie para la inspección e inspeccionar la muestra de la especie o examinar la información contextual necesaria sobre la muestra de la especie. Para ello, un componente clave del prototipo es la capacidad de explorar muchos niveles de detalle del vale virtual, más allá de lo que uno podría esperar de la hoja física.

Looser J. et al. de la universidad Canterbury de Nueva Zelanda, presentan una técnica de interacción para entornos de RA en el filtrado de información (Looser, Billinghurst, & Cockburn, 2004), basado en una extensión de *MagicLenses 2D*, donde se desarrollan técnicas que implican lentes 3D, filtrado de información y zoom semántico. Estas técnicas proporcionan a los usuarios una interfaz natural y tangible para acercar y alejar selectivamente áreas específicas de interés en una escena de RA (Figura 2.20 y Figura 2.21).

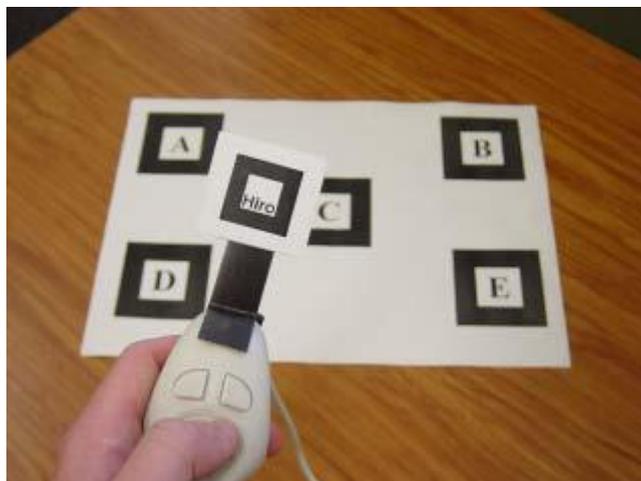


Figura 2.20 Vista real. (Looser, Billinghurst, & Cockburn, 2004)



Figura 2.21 *Vista aumentada*. (Looser, Billinghamurst, & Cockburn, 2004)

Utilizan una animación rápida y fluida para ayudar a los usuarios a asimilar la relación entre puntos de vista de enfoque detallado y contexto global.

Otra variación de las interfaces tangibles consiste en utilizar marcadores de dos tipos, uno de datos y otro de funciones con los que el usuario interactúa para lograr distintos efectos. Poupyrev et al. detallan en este sistema de interacción (Poupyrev, y otros, 2002), donde con el uso de “azulejos” combina a la perfección objetos virtuales y físicos para crear un espacio de trabajo que potencia y flexibiliza los entornos informáticos con la comodidad y familiaridad del lugar de trabajo tradicional (Figura 2.22).



Figura 2.22 *Operación con azulejos*. (Poupyrev, y otros, 2002)

El diseño impreso de las fichas físicas que representan la eliminación, copia, las operaciones de ayuda y los iconos virtuales que representan las tres operaciones en la interfaz de RA (Figura 2.23 y Figura 2.24).



Figura 2.23 El usuario limpia un archivo de datos moviendo a la papelera. (Poupyrev, y otros, 2002)

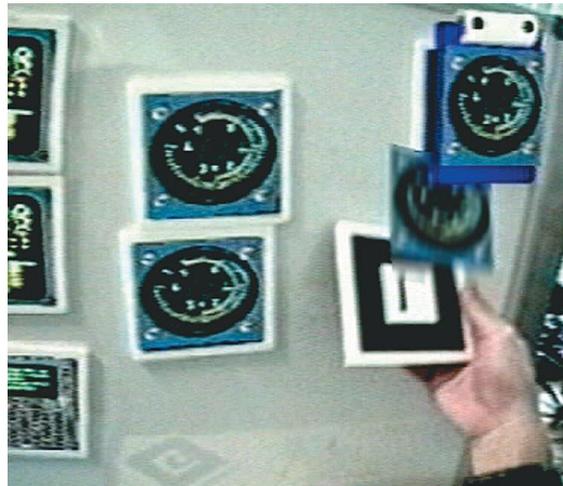


Figura 2.24 Copia de datos desde el portapapeles. El usuario mueve el azulejo cerca del portapapeles virtual y después de un segundo de demora, el instrumento virtual se desliza suavemente sobre la carpeta de datos. (Poupyrev, y otros, 2002)

2.6.4 Interacción basada en reconocimiento de gestos

Una forma intuitiva de interacción en sistemas de RA consiste en la detección y seguimiento del movimiento de alguna parte del cuerpo. Estas formas de interacción se pueden clasificar como seguimiento de la posición de manos y de los dedos, también en la orientación de los dedos y de los ojos, y por último de la dirección de la cabeza.

Se pueden encontrar distintas tecnologías para realizar el seguimiento de la posición y orientación, como ser sistemas de reconocimiento basados en visión, *tracking* magnético, *tracking* inercial, etc.

Alex Olwal en el año 2003, junto a otros muestran un sistema de gestos como técnica de interacción (Olwal, y otros, 2003). Los gestos se basan en el uso de la mano y en el análisis de la dirección de la cabeza. Implementan cuatro tipos de gestos: para apuntar, para empujar, para voltear, y para rotar. Ante la ambigüedad que supone apuntar con la mano a objetos virtuales en un entorno de RA.

Una tarea importante del componente interactivo del entorno 3D es encontrar correlatos geométricos para el significado semántico de términos deíctico, tales como "eso", "aquí" y "allí", así como facilitar la selección de objetos. Lo logramos a través de regiones de interés que lo denominan *SenseShapes* — volúmenes controlados por el usuario mientras interactúa con el entorno, y que soportan cálculos estadísticos sobre los objetos que intersectan. Los *SenseShapes* fueron desarrollados en un *test-Bed* que utiliza el discurso, el seguimiento de la cabeza, y el seguimiento del guante basado en el dedo.

Nuestra implementación actual incluye cuatro primitivas: paralelepípedos, cilindros, conos y esferas (Figura 2.25)



Figura 2.25 Avatar de realidad virtual que muestra diferentes regiones de interés. (Olwal, y otros, 2003)

Muestra dos conos que emanan de los ojos del usuario para aproximar el campo de visión, una esfera alrededor de la mano del usuario para representar un volumen que abarcaría objetos que están cerca y a su alcance, y otro cono que emana de la mano del usuario, que representa un "volumen de señalización". Se pueden agregar formas múltiples de sentido a los sensores, dependiendo de la aplicación en desarrollo, ajustadas en tiempo real para soportar diversas necesidades de detección específicas del dominio, y se hacen visibles o invisibles para el usuario según proceda.

Usando tecnología de reconocimiento basada en visión por computadora, Gunther Heidemann y otros describen una técnica para seleccionar objetos reales en un entorno de RA apuntando con el dedo (Heidemann, Bax, & Bekel, 2004), el sistema se basa en una cámara montada en la cabeza y una pantalla, que permiten al usuario ver el entorno junto con aumentos *overlaid* por el sistema. Utilizando el gesto y la expresión pueden manejarse tres tipos de tareas, la primera se refiere a la comunicación con el sistema sobre el medio ambiente, en particular, dirigir la atención hacia los objetos y al mando de la memorización de puntos de vista de la muestra. La segunda hace mención al control de la operación del sistema, por ejemplo, cambiar entre modos de visualización; y, por último, a la nueva adaptación de la propia interfaz de comunicación.

Se presenta una arquitectura para administrar estas tareas, además de describir y evaluar varios de sus elementos principales, incluyendo módulos para señalar el reconocimiento de gestos, menú de control basado en gestos y estrategias de control para hacer frente a situaciones, cuando la visión se convierta en poco fiables y tenga que volver a adaptarse (Figura 2.26).



Figura 2.26 *Usuario con cámara y display montados en la cabeza.* (Heidemann, Bax, & Bekel, 2004)

En “interacción multimodal con un sistema de realidad aumentada usable” (Bane, Kölsch, Höllerer, & Turk, 2006), Ryan Bane de *Microsoft Corporation* y otros, describen un sistema de interacción de gestos con la mano utilizando visión por computadora con objeto de escalar, trasladar, y rotar objetos virtuales en un entorno de RA, realizando manipulación de objetos virtuales, donde los usuarios pueden seleccionar y manipular representaciones virtuales de entidades semánticas como un escritorio, así como insertar objetos geométricos simples (cuadros, esferas y líneas) en la escena virtual y posteriormente manipularlos. Esto es útil para anotar una escena física o para crear modelos virtuales de geometría física. La manipulación del objeto se produce en un proceso de tres pasos: el objeto se posiciona primero, luego se redimensiona y finalmente se gira. Utilizamos una mezcla de gestos de la mano, de la entrada del *trackball*, y comandos de voz para realizar estas tareas.

Después de emitir el comando de voz "*select picking tool for finger*", el usuario puede seleccionar un objeto apuntando con un dedo hacia él y diciendo "seleccionar objeto". El modo de posición es entonces activado diciendo "mover objeto". Alternativamente, el usuario puede insertar un nuevo objeto virtual con insertable, donde insertable es una caja, esfera o línea. Después de la inserción, la interfaz de usuario entra automáticamente en el modo de posición.

Los comandos de gesto funcionan de la siguiente manera: el usuario hace primero el gesto de la mano de bloqueo (Figura 2.27).

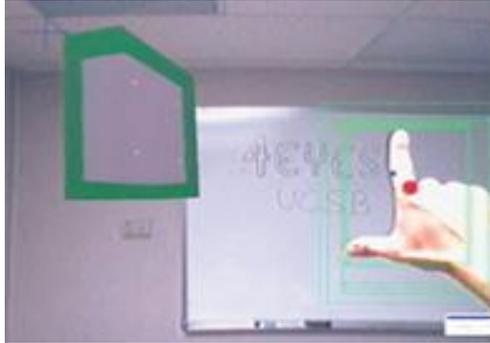


Figura 2.27 La mano del usuario en la posición de bloqueo puede modificar la ubicación y escala del objeto. (Bane, Kölsch, Höllerer, & Turk, 2006)

Cuando está satisfecho con la posición del objeto, el usuario hace el gesto manual de liberación (Figura 2.28), impidiendo que el sistema aplique movimientos de cabeza y de mano al objeto (Figura 2.29)

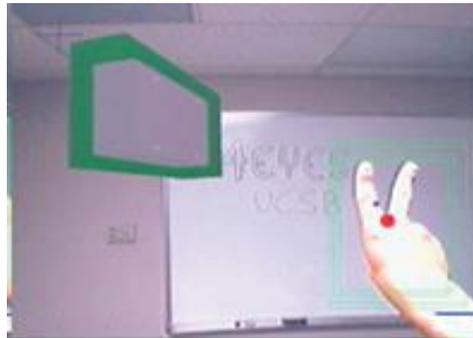


Figura 2.28 Gesto de liberación que desacopla el movimiento de la mano y la escala del objeto. (Bane, Kölsch, Höllerer, & Turk, 2006)



Figura 2.29 Ubicación final del objeto en la esquina superior izquierda. (Bane, Kölsch, Höllerer, & Turk, 2006)

Se debe tener en cuenta que el rango de entrada no se limita al campo de visión de la cámara o *HMD*, ya que la orientación de la cabeza es rastreada. El comando de voz "terminado", haciendo clic con la rueda de desplazamiento, o el gesto de liberación, solicita la transición al modo de cambio de tamaño. Allí, las mismas modalidades de entrada permiten el

redimensionamiento de objetos 3D arrastrando su esquina próxima, derecha, inferior. Una vez más, haciendo clic, gesticulando, o un "terminado"

El comando de voz sale de este modo y provoca una transición rápida al siguiente modo en el que el usuario puede girar el objeto alrededor de cada eje, con las mismas modalidades de entrada excepto la posición de la cabeza.

CAPÍTULO 3 - Realidad Aumentada como soporte de la educación

En este capítulo se presenta a la RA en su uso dentro del ámbito educativo.

En la sección 3.1, se hace mención de algunos proyectos actuales seleccionados que utilizan RA en diferentes instrumentos educativos tales como libros aumentados (*arbooks*), juegos educativos y arteatro.

Se presenta una recopilación sistemática de experiencias realizadas recientemente en educación con aplicación de la tecnología de RA, con el objetivo de obtener un panorama general y actual sobre la utilización de la RA en la educación, estableciendo en qué niveles y áreas de la educación se aplican actualmente, así como los países donde se llevan a cabo.

En la sección 3.2, se presenta la metodología aplicada para realizar la recopilación sistematizada

En la sección 3.3 se presenta la clasificación de las experiencias encontradas y en la sección 3.4 se analizan los resultados obtenidos.

3.1 Utilización de la RA en educación

En esta sección se hace mención de algunos proyectos actuales seleccionados sobre el uso de la RA en el área educativa como libros aumentados (*arbooks*), juegos educativos y RA-Teatro; según su formato y áreas de aplicación.

3.1.1 Libros aumentados y sus variantes

Los libros aumentados se asemejan a libros usuales, sin embargo, sus páginas incorporan marcadores, que al ser identificados por la aplicación se visualiza información agregada (Figura 3.1), como por ejemplo imágenes, videos, audio, etc.



Figura 3.1 Clasificación propuesta para libros aumentados en base al Reality-Virtuality Continuum. (Grasset, Billinghamurst, & Duenser, 2008)

Dentro de este grupo se puede destacar *MagickBook* (Figura 3.2) que emplea un libro normal como objeto central de la interfaz, donde el usuario puede mirarlo y leerlo. Sin embargo, al utilizar el dispositivo de RA se pueden apreciar figuras en 3 dimensiones desde diversas perspectivas moviendo el libro o la persona (Billinghamurst, Kato, & Poupyrev, 2001).



Figura 3.2 Imagen de un avatar en una vista exocéntrica de RA mediante la utilización de MagicBook. (Billinghurst, Kato, & Poupyrev, 2001)

En su tesis para el doctorado en ciencias de la computación, Nicolás F. Gazcón, “Libros aumentados: Extensión del concepto, Exploración e Interacciones” (Gazcón, 2015) propone la extensión de los libros aumentados a partir de libros en papel existentes, incorporando distintos contenidos aumentados con formatos atractivos para ser compartidos por los lectores de manera colaborativa (Figura 3.3).

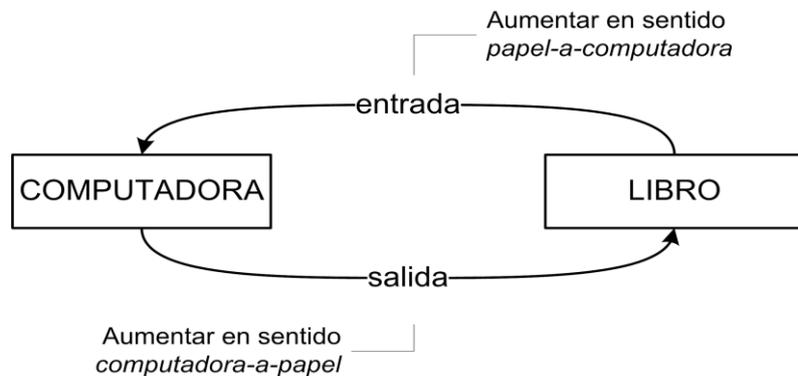


Figura 3.3 Dos posibles direcciones de aumentar un libro. Tomado de Libros Aumentados: Extensión del Concepto, Exploración e Interacciones. (Gazcón, 2015)

La experiencia determinó el desenvolvimiento del uso de esta tecnología de RA en estudiantes con y sin conocimientos previos.

Se evaluaron las posibles interacciones con el libro aumentado (Figura 3.4) y se desarrolló una clasificación describiendo actividades completas, considerando los libros tradicionales y los aumentados.



(a)

(b)



(c)

(d)

(e)

Figura 3.4 Ambiente de evaluación utilizado (a), los cuatro libros y los marcadores utilizados en el experimento (b), ejemplo de la influencia de la curvatura de las páginas (c)-(d) y distintas disposiciones de texto, ilustraciones e imágenes en las páginas (e). (Gazcón, 2015)

“Los resultados experimentales obtenidos a partir de la evaluación de 16 participantes en dos escenarios, nos permitieron obtener resultados cuantitativos y cualitativos respecto al sistema desarrollado. De éstos se resalta que:

- Pudimos comprobar que el enfoque utilizado para el sistema ARBS resulta sencillo de aprender, incluso por usuarios noveles en este tipo de tecnologías.
- Las opiniones de los participantes refuerzan la idea de que la RA, y en particular el sistema propuesto, son un complemento positivo a los libros tradicionales.

El uso de marcadores planos como elemento de registración y *tracking* de RA no fue percibido como un problema; incluso la mayoría de los participantes remarcaron el tipo de marcador libre como opción que les resultó novedosa y más atrapante.”

Una variante de los libros aumentados son los catálogos aumentados, estos catálogos están conformados por marcadores de diferentes características distribuidos en el diseño de una lámina, los cuales están asociados a contenidos virtuales para representar al objeto real mediante diferentes formatos (audio, modelos 3D, imágenes, etc.).

Estos catálogos pretenden enriquecer a los materiales didácticos tradicionales por aumentar el contexto real con la implementación de tecnología de RA.

En el trabajo desarrollado desde la Universidad Nacional de la Matanza, denominado: Sistema de Catálogo Virtual Aumentado Integración de Framework Especializado aplicado a material didáctico (Becerra, y otros, 2015), se efectuó el desarrollo de un sistema de catálogos aumentados el cual logra que usuarios sin conocimientos sobre RA utilicen recursos virtuales, aumentando así objetos del escenario real.

El proyecto se desarrolló a partir de 2 aplicaciones, la primera (Figura 3.5) posee recursos para crear contenidos y poder gestionarlos.

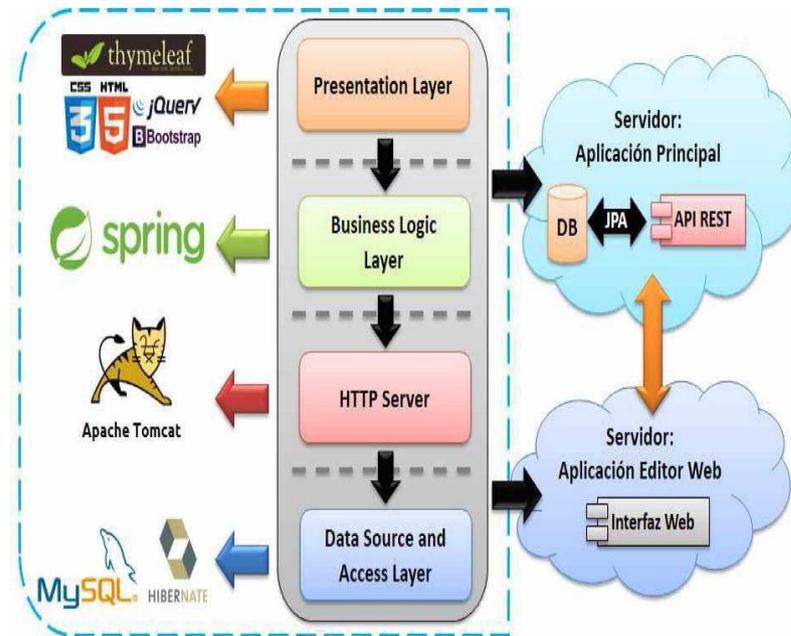


Figura 3.5 Diagrama conceptual de aplicación para usuarios creadores de contenidos. (Becerra, y otros, 2015)

El otro recurso es una aplicación desarrollada en Android que permite a los alumnos visualizar los contenidos ya creados anteriormente (Figura 3.6).

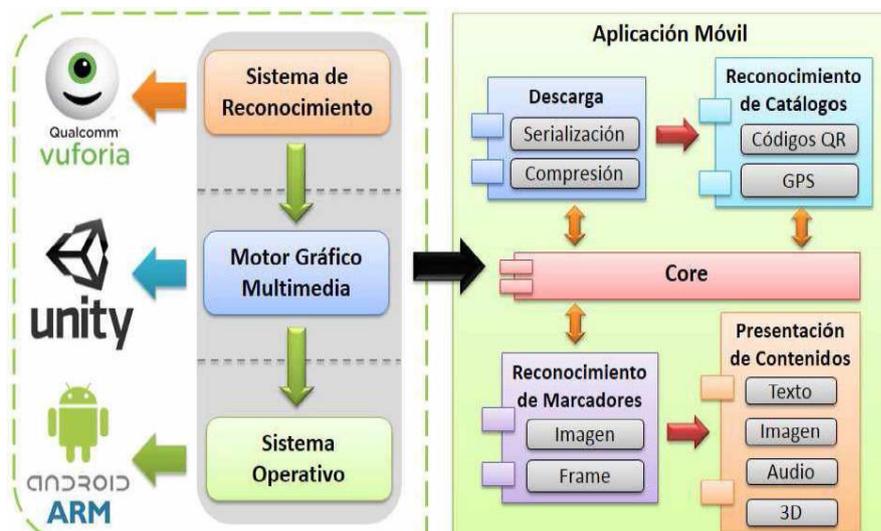


Figura 3.6 Diagrama conceptual de los componentes del visor móvil (Becerra, y otros, 2015)

Luego de crear los contenidos y marcadores el catálogo estará listo para utilizarse (Figura 3.7)



Figura 3.7 Información sobre regiones de argentina sobre un material didáctico mapa (Becerra, y otros, 2015)

Así podemos adaptar actividades diarias o ejercitaciones de los alumnos con estas aplicaciones interactivas RA lúdicas de fácil uso y mayor atractivo visual de sus contenidos.

3.1.2 Juegos educativos

Jugar es la actividad favorita de un niño, es por ello que existe la convicción de que la enseñanza se facilita en un medio divertido que implique desafíos y variedad. Sin embargo, se ha expresado preocupación con respecto a los inconvenientes del aprendizaje a través del juego, especialmente si el aprendizaje se establece para que sea “demasiado divertido”, es por ello que el objetivo no es crear entornos divertidos sino tareas significativas.

En particular, los museos de ciencias y para niños, han incorporado el juego como uno de los recursos elementales para el aprendizaje. Existen varios ejemplos prácticos donde el público puede manipular, experimentar e imaginar alentando a descubrir y aprender. Incluso museos de arte tradicionales adoptan áreas de esparcimiento basados en la *WEB*.

Por lo tanto, existe una conexión entre interactividad, compromiso y aprendizaje. Juntos pueden formar la base para el desarrollo de espacios de juego virtuales o aumentados, que permitan a los niños involucrarse en un juego constructivo y creativo, consiguiendo la mezcla ideal entre los valores educativos y recreativos (Roussou, 2004).

Es así que se pueden mencionar a los siguientes proyectos RA con juegos educativos.

El trabajo “EnseñAPP: Aplicación Educativa de Realidad Aumentada para el Primer ciclo de Educación Primaria” (Castellano Brasero & Santacruz Valencia, 2018) consiste en la utilización de una aplicación de RA, la cual ofrece un simple juego de preguntas y respuestas, entre alumnos de 6 a 9 años, donde las respuestas están asociadas a marcadores (Figura 3.8), representando recursos como personajes 3D, audios, imágenes, etc.



Figura 3.8 Marcador respuesta vertebrado Ciencias Naturales 3º (Castellano Brasero & Santacruz Valencia, 2018)

Al iniciar la aplicación se ofrecen 3 opciones, jugar, clasificación e indicaciones, cuando se accede a los niveles se elige la categoría: Inglés, Lengua, Ciencias Naturales o Matemáticas (Figura 3.9). Cada juego ofrece 10 preguntas al azar de 500 en total, cada una vale 20 puntos y las incorrectas restan 5.

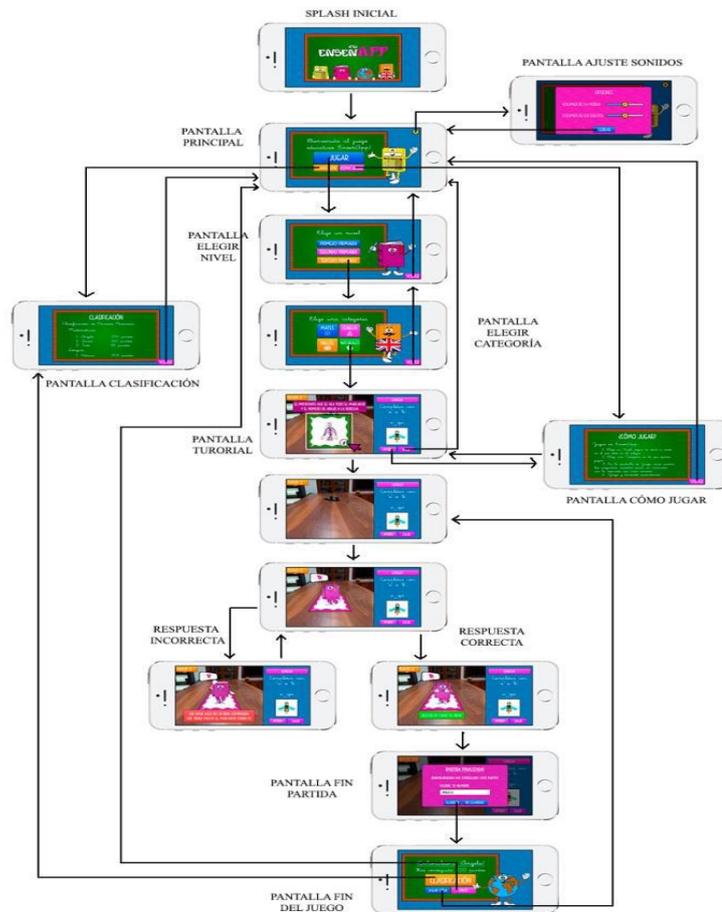


Figura 3.9 Flujo de la aplicación EnseñAPP (Castellano Brasero & Santacruz Valencia, 2018)

Se pretende reforzar el aprendizaje, sin evaluar negativamente al alumno donde pone un marcador frente a la cámara y aparece el personaje asociado.

Descripción del estudio: Se implementó en 20 alumnos de primaria de entre 8 y 9 años divididos en 2 grupos bastantes homogéneos; el primer grupo fue de control y el segundo grupo experimental trabajó con EnseñAPP.

Conclusiones de la experiencia: Los alumnos se vieron atraídos por un aprendizaje más dinámico por ser lúdico, a su vez la RA motivó a jugar.

Cabe resaltar que los resultados no se pueden extrapolar, pues la muestra del estudio de caso es muy pequeña, por tanto, sería necesario realizar el estudio de caso con muchos grupos para obtener resultados contundentes.

La gincana o yincana es un tipo de juego que contempla un conjunto de pruebas de destrezas o ingenio que se realiza por equipos a lo largo de un recorrido generalmente al aire libre.

La experiencia “La Manresada, mi Manresa” (La Manresada, mi manresa) está basada en una excursión por la ciudad de Manresa, actualmente el proyecto es llevado a cabo en distintas ciudades como Barcelona, Zaragoza, Valencia y otras.

Particularmente en el instituto Cal Gravat, entre los años 2016 y 2017 en su tercera edición, participaron 121 alumnos de la secundaria organizados en grupos de 4 o 5 alumnos; la actividad lleva como objetivo que conozcan más la ciudad, elaborando un mapa colaborativo con recursos visuales sobre sus sitios característicos.

Los alumnos se orientan utilizando los celulares para desplazarse por la ciudad (figura 3.10) respetando las normas y aprendiendo a viajar en transporte público, trabajando colaborativamente.

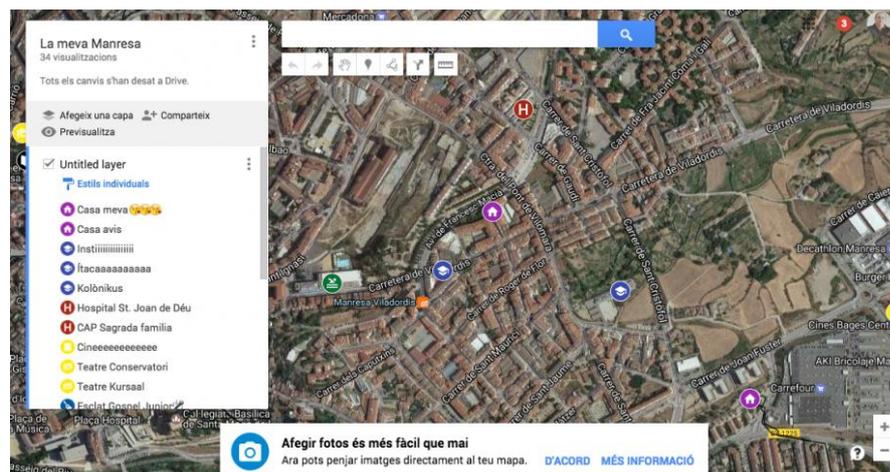


Figura 3.10 My Maps de “Mi Manresa”. (captura de pantalla)

Cada uno de los grupos comienza su recorrido según las tarjetas repartidas y al llegar a los lugares indicados, los alumnos utilizan el lector de QR para leer el código impreso en cada tarjeta, donde se activa la aplicación de RA y ésta muestra las características del lugar y plantea las actividades (fotografía, preguntas, videos, etc.), finalizando el juego al cumplir las etapas y concentrarse en el punto acordado (Figura 3.11).



Figura 3.11 *Punto final de “La Manresada”*. (captura de pantalla)

3.1.3 RA teatro

El teatro fue desde sus orígenes un sitio de exhibición de ilusiones, que se manifiestan a través de la voz y el despliegue de los actores, el sonido, la iluminación, etc. apoyándose en la ambientación del escenario y así transportarnos a otros espacios. Para ello se utilizan recursos escénicos que permiten simular que el escenario es más que unas tablas frente a nosotros.

Actualmente se cuenta con tecnología avanzada que permite desarrollar efectos especiales para que la representación logre mayor importancia; estos entornos mágicos generados están fundamentados en la fantasía, comportándose como un objeto activo relevante para la escena, casi con la misma importancia que los intérpretes y a su mismo nivel de protagonismo y narrativa en representación teatral (Boj & Diaz, 2007).

La RA posee grandes opciones de interacción, casi las mismas capacidades interactivas que poseen los videojuegos y se pueden trasladar al teatro.

Si se utilizan actores virtuales, éstos serán representaciones en modelos tridimensionales controlados por actores pregrabados o a nivel de interacción, utilizando técnicas de animación de avanzada sobre objetos virtuales basados en patrones de las leyes físicas e inteligencia artificial (Suarez, 2017).

Es así que además se puede lograr dinamismo en la improvisación (Figuras 3.12 y 3.13), porque se puede elegir secuencias ya grabadas optando por la más adecuada al poseerse muchas en el sistema.



Figura 3.12 *Ejemplo de interacción*. (Boj & Diaz, 2007)

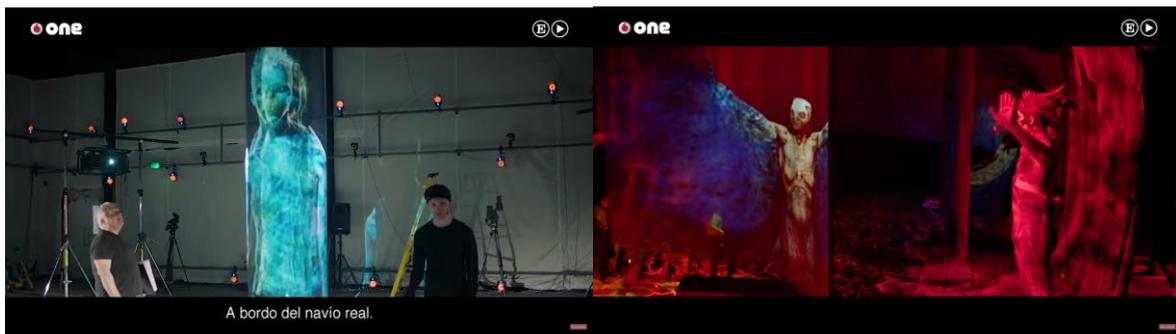


Figura 3.13 *Representación* (Suarez, 2017)

En esta línea, los profesores Giner junto a Portalés proponen 2 aplicaciones (Giner & Portalés, 2007), las cuales fueron desarrolladas para e-learning con tecnología RA. Una de las cuales, diseñada básicamente para adolescentes y chicos, en donde se pueden experimentar actuaciones en vivo sobre un cuento, en un ámbito de teatro donde actúan los pequeños y los atuendos se representan con RA (Figura3.14).



Figura 3.14 *Alumnos actuando en "Alicia en el país de las maravillas"*. (Giner & Portalés, 2007)

La segunda aplicación actúa en forma complementaria, utilizada para el aprendizaje de historia, en la cual el docente utiliza recursos virtuales tridimensionales con la diferencia que estos se muestran en escala real a los alumnos, con una gran ventaja por presentar fluidez en la interacción, además de una sencilla adaptación (Figura 3.15).



Figura 3.15 *Profesor "sosteniendo" armas antiguas*. (Giner & Portalés, 2007)

3.2 Metodología para la revisión de experiencias educativas con RA

Se tiene por objeto realizar una recopilación sistematizada de experiencias realizadas en educación con aplicación de la tecnología de RA. Se realiza una búsqueda de artículos publicados en el último año y así poder obtener un panorama general y reciente sobre la utilización de la RA en la educación, estableciendo en qué niveles, áreas de la educación y regiones del mundo se aplican actualmente.

La revisión de experiencias en educación con aplicación de la tecnología de RA fue realizada cumpliendo las seis etapas recomendadas (Kitchenham, 2004):

- Protocolo de revisión: Preguntas de investigación y método para responderlas.
- Estrategia de búsqueda: búsqueda mecanizada de la bibliografía que sea reproducible.
- Criterios de inclusión y exclusión: se especifica cómo decidir si incluir o no las publicaciones encontradas en el paso anterior.
- Categorías: se especifica una taxonomía según la cual las publicaciones seleccionadas en el paso anterior serán clasificadas.
- Publicaciones: de acuerdo a la taxonomía definida en el paso anterior se clasifican las publicaciones seleccionadas.
- Resultados: respuestas a las preguntas de investigación especificadas en el primer paso.

La pregunta de investigación planteada que da origen a la búsqueda es:

¿Cuáles son los niveles educativos, áreas o temáticas de educación, y regiones del mundo en donde se está aplicando actualmente la RA?

El protocolo de revisión para la búsqueda de artículos se definió utilizando el buscador Google Académico³, sobre artículos de publicación reciente para lograr determinar cuántos proyectos educativos con aplicación de RA se publicaron, discriminados por área temática de aplicación y niveles educativos.

Se buscaron artículos cuyo título incluyera la siguiente expresión de palabras clave:

realidad aumentada AND (educación OR enseñanza)

Dando lugar a la siguiente cadena de búsqueda:

allintitle: realidad aumentada educación OR enseñanza

A su vez se realizó otra búsqueda con términos similares en idioma inglés, de artículos cuyo título incluyera la siguiente expresión de palabras clave:

augmented reality AND (education OR learning OR educational OR teaching)

³ URL: <https://scholar.google.com/schhp?hl=en-US>

Dando lugar a la siguiente cadena de búsqueda:

[allintitle: augmented reality education OR learning OR educational OR teaching](#)

Se filtraron artículos publicados en el último año⁴. Para la búsqueda de los artículos pretendidos, se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión definidos en la tabla 3.1,

Tabla 3.1 *Criterios de inclusión y exclusión*

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos sobre trabajos realizados en educación con aplicación de la tecnología de RA.	Publicaciones que refieren a meta estudios
Publicaciones realizadas en el presente año 2019	Publicaciones que se refieren a entrenamiento de habilidades, que no represente a un nivel educativo.

Fuente: Elaboración propia

El resultado que arrojó la búsqueda con palabras claves en castellano fue de 39 artículos, mientras que la búsqueda con palabras claves en inglés arrojó como resultado 284 artículos. El total de los artículos arrojados fue de 323 artículos. Se realizó un primer análisis de los artículos aplicando los criterios de exclusión, así como también se eliminaron artículos que se referían a la misma experiencia educativa seleccionando el más reciente. Como resultado el total de artículos seleccionados fue de 68.

3.3 Clasificación de las experiencias educativas

Se analizaron los artículos encontrados con el objetivo de establecer:

- Nivel educativo donde se aplicó la experiencia: especial (o diferencial), inicial, primario, secundario, superior (o terciario) y universitario
- El área temática de aplicación
- El país donde se realizó la experiencia

En la tabla 3.2 se muestran los resultados cruzados resultantes entre la cantidad de artículos por área temática y niveles educativos a los que pertenecen, como así también se identifica el país donde se realizó la experiencia.

⁴ Búsqueda realizada en el mes de octubre de 2019

Tabla 3.2 *Resultados combinados entre niveles educativos y áreas temáticas de los artículos encontrados*

Sub-tema	Nivel Educativo	Especial	Inicial	Primario	Secundario	Superior	Universitario
Arquitectura							Taiwan (Chu, Chen, Hwang, & Chen, 2019) Australia (Kerr & Lawson, 2019)
Astronomía				Portugal (Patrício, Costa, & Manso, 2019)	España (Romar Tejeiro, 2019)		
Biología					Ecuador (Cazar Puruncajas & Arroyo Guayasamín, 2019)		
Botánica				Taiwan (Chien, Su, Wu, & Huang, 2019)	Portugal (Pombo, Marques, Afonso, Dias, & Madeira, 2019)		
Ciencia				España (Villalustre Martínez, Del Moral Perez, & Neira Piñeiro, 2019)	Taiwan (Lai, Chen, & Lee, 2018) Estados Unidos (Tillman, Teller, Perez, & An, 2019)		
Derecho							Ecuador (Samaniego-Franco, Agila-Palacios, JaraRoa, & Sarango-Lapo, 2018)
Educación cívica							China (Zheng, Zhou, & Qin, 2019)
Educación física				Ecuador (Carrillo Ríos & Rodríguez Castillo)	Turquía (Fidana & Tuncelb, 2019)		
Física					Costa Rica (López-Gamboa, Córdoba-Padilla, & Córdoba-González, 2019) Malasia (Ismail, Festiana, Hartini, Yusal, & Malik, 2019)	Alemania (Sonntaga, Albuquerque, Magnorb, & Bodensiek, 2019)	

Sub-tema	Nivel Educativo	Especial	Inicial	Primario	Secundario	Superior	Universitario
Geometría			Turquía (Gecu-Parmaksiz & Delialioglu, 2019)		Turquía (Ibili, Çat, Resnyansky, Şahin, & Billinghamurst, 2019) Gran Bretaña (Pullan, Chuan, Wong, & Jasik, 2019)		
Gramática				España (López Belmonte, Moreno Guerrero, Romero Rodríguez, & Gómez García, 2018)			
Historia					Malasia (Mokhsin, y otros, 2018)		
Idioma			China (Lee, y otros, 2019)	Taiwan (Hsu, 2019) Portugal (Pombo & Marques, 2019) Malasia (Vedadi, Abdullah, & Cheok, 2019) China (Lee L. , Chau, Tsoi, & Wu, 2019)	Irán (Soleimani, Jalilifar, Rouhi, & Rahmanian, 2019)	China (Mei & Yang, 2019)	
Informática				Ecuador (Intriago Gómez & Espinoza San Lucas, 2019)			
Ingeniería						Alemania (Heinz, Büttner, & Röcker, 2019)	Alemania (Schiffeler, Stehling, Haberstroh, & Isenhardt, 2019)
Lectura		Ecuador (Chamorro Yugcha, 2019)	España (Vara López, 2018)				
Lengua		China (Tang, Xu, & Winoto, 2019)		Bangladesh (Alam, y otros, 2019)			Turquía (Sahin & Ozcan, 2019)
Lenguaje			China (Chen & Chan, 2019)				
Literatura			Turquía (Oranç & Küntay, 2019)	Perú (Ginés Rojas, 2019)			

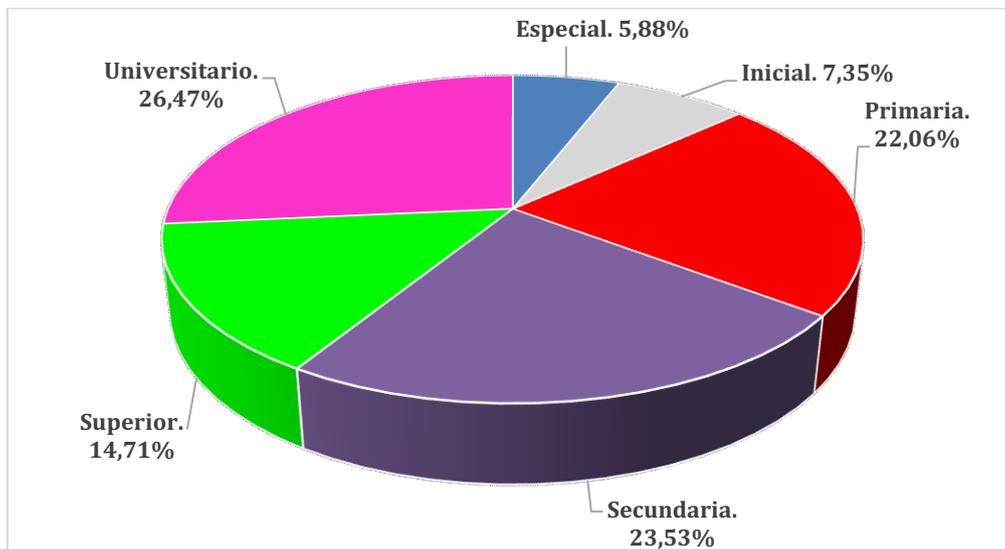
Sub-tema	Nivel Educativo					
	Especial	Inicial	Primario	Secundario	Superior	Universitario
Matemáticas	Estados Unidos (Kellems, Cacciatore, & Osborne, 2019)			Taiwan (Chen Y. , 2019) Estados Unidos (Deng, y otros, 2019)		
Medicina	Alemania (Loidl, y otros, 2019)				España (Villarejo Villar, 2019) Taiwan (ChanLin, Chan, & Wang, 2019) Japón (Majima, Masuda, & Matsuda, 2019)	Estados Unidos (Walsh & Khan, 2019) Serbia (Mladenovic, y otros, 2019) Dinamarca (Nørgaard, Dyhrberg O'Neill, Chemnitz, & Majgaard, 2019) Estados Unidos (Nicole Wake, y otros, 2019) Estados Unidos (Barmaki, y otros, 2019) Canadá (Lee, McBain, Ventura, & Noël, 2019) Estados Unidos (Cook, Payne, Seo, Pine, & McLaughlin, 2019) Colombia (Oviedo Monroy & Arciniegas, 2019) Alemania (Bork, y otros, 2019) España (Cabero, Barroso, & Llorente, 2019)
Museos			Gran Bretaña (Moorhouse, tom Dieck, & Jung, 2019)			Taiwan (Lin, Lo, & Yueh, 2019)
Música				Portugal (Cardoso Gomes, Figueiredo, Amante, & Gomes, 2019)		
Pedagogía					España (Rodríguez-García, Hinojo-Lucena, & Ágreda-Montoro, 2019)	España (Rosabel Roig-Vila, Lorenzo-Lledó, & Mengual-Andrés, 2019)

Sub-tema	Nivel Educativo	Especial	Inicial	Primario	Secundario	Superior	Universitario
Química				Palestina (Ewais & Troyer, 2019)	España (Moreno Martínez, Franco-Mariscal, & Franco-Mariscal, 2018)	España (Bacca Acosta, Baldaris Navarro, Fabregat Gesa, & Kinshuk, 2019) Marruecos (Hanafi, Elaachak, & Bouhorma, 2019)	
Salud				Argentina (Herrera, y otros, 2019)			
Religión				Malasia (Khairuldin, Embong, Anas, Ismail, & Mokhtar, 2019)			
Tecnología					India (Sarkar & Pillai, 2019)	Canadá (Marcel, 2019)	
		4	5	15	16	10	18
Totales		5,88%	7,35%	22,06%	23,53%	14,71%	26,47%

3.4 Análisis de resultados de la clasificación de experiencias educativas

En relación al nivel educativo donde se realizaron experiencias se puede decir que, como muestra el gráfico 3.1, el nivel educativo con mayor cantidad de proyectos con RA encontrados fue el universitario en un 26,47% de los casos, luego el nivel secundario con 23,53% y el primario con 22,06%, sigue el nivel superior con 14,71% y por último el inicial con 7,35% y el especial con 5,88%.

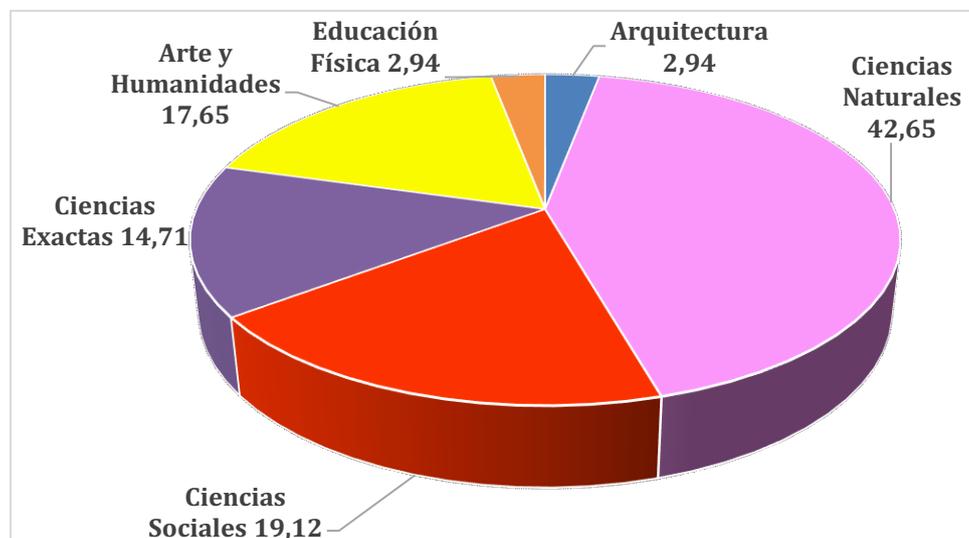
Gráfico 3.1 *Porcentaje de artículos encontrados según nivel educativo*



Fuente: Elaboración propia

Las áreas temáticas de los artículos encontrados (Gráfico 3.2) muestran con la mayoría a las ciencias naturales con el 42,65%, a las ciencias sociales con 19,12%, las artes y humanidades con 17,65%, las ciencias exactas con 14,71% y por último arquitectura y educación física con 2,94%.

Gráfico 3.2 *Porcentaje de publicaciones actuales según área temática*



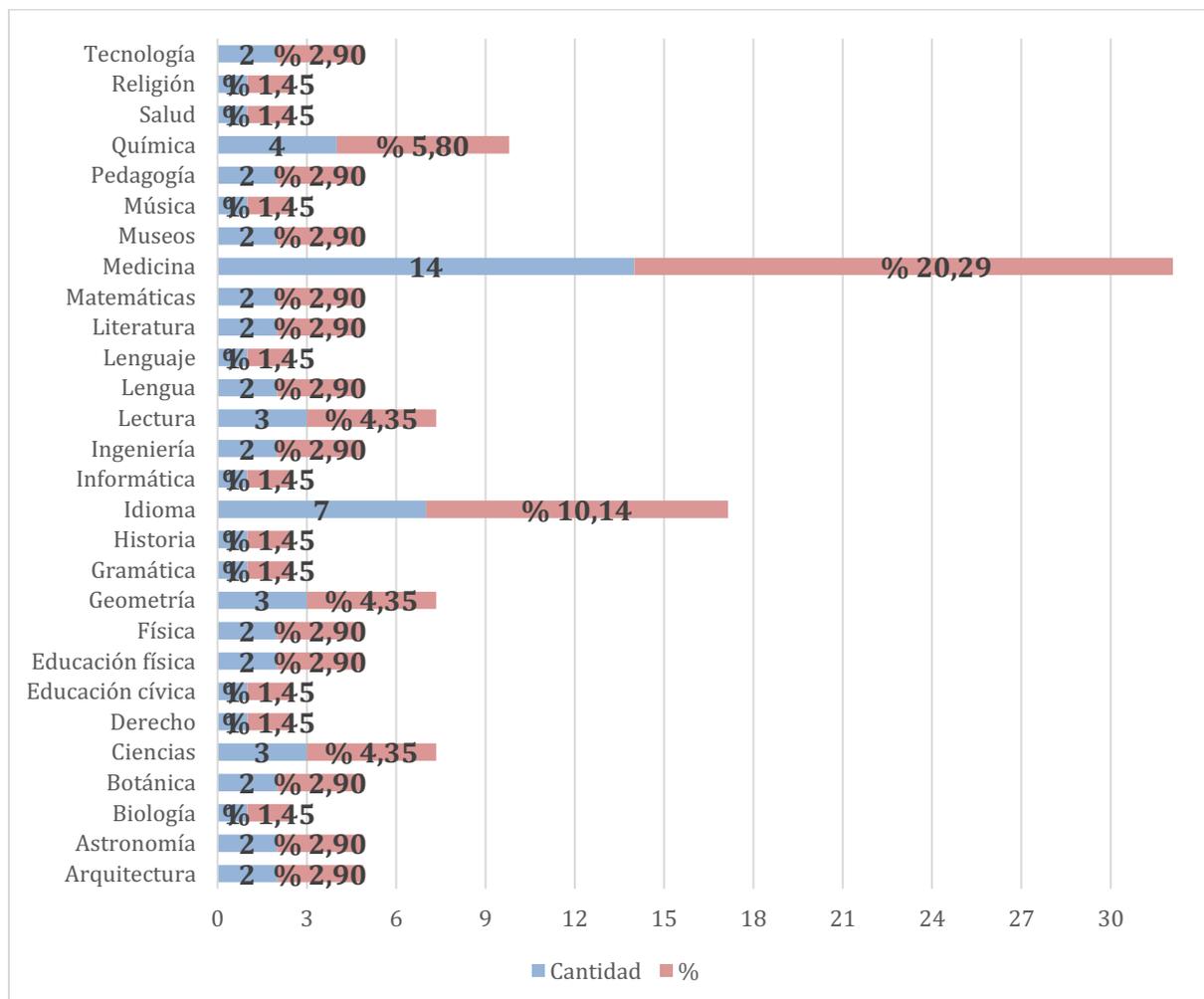
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las áreas de aplicación se encontraron un total de 28 sub-temas. Los resultados arrojaron como la más destacada a la medicina con el 20,29%, luego idiomas con el 10,14%, le sigue química con el 5,80%, lectura, geometría y ciencias representan cada una el 4,35% y el resto de los artículos se reparte en las diversas áreas entre 1,45% y el 2,90% como se detallan en el gráfico 3.3.

En el gráfico 3.4, se representa la distribución de los proyectos encontrados por regiones, donde el continente europeo concentra la mayor cantidad con 39,71%, le sigue Asia con 30,88%, luego América del norte con 13,74%, América del sur con 14,76% y en último lugar Oceanía, África y América central con 1,47%.

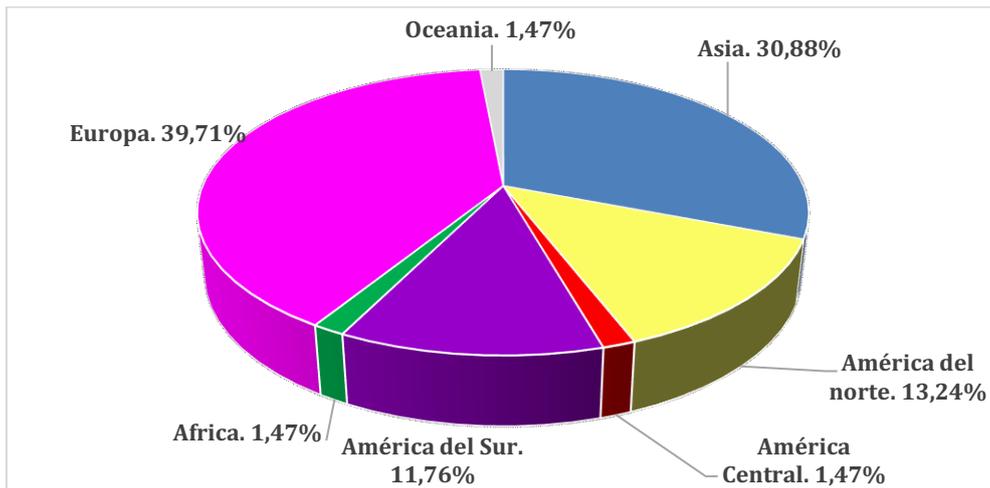
En el caso más detallado de los países, el gráfico 3.5 muestra que predomina España con 10 trabajos, Taiwán con 8 y EEUU con 7 casos; después le sigue China con 6, Alemania, Turquía y Ecuador con 5, Malasia y Portugal con 3, Canadá con 2 y el resto con 1 proyecto publicado en el último año.

Gráfico 3.3 Cantidad y porcentajes de artículos encontrados según área temática



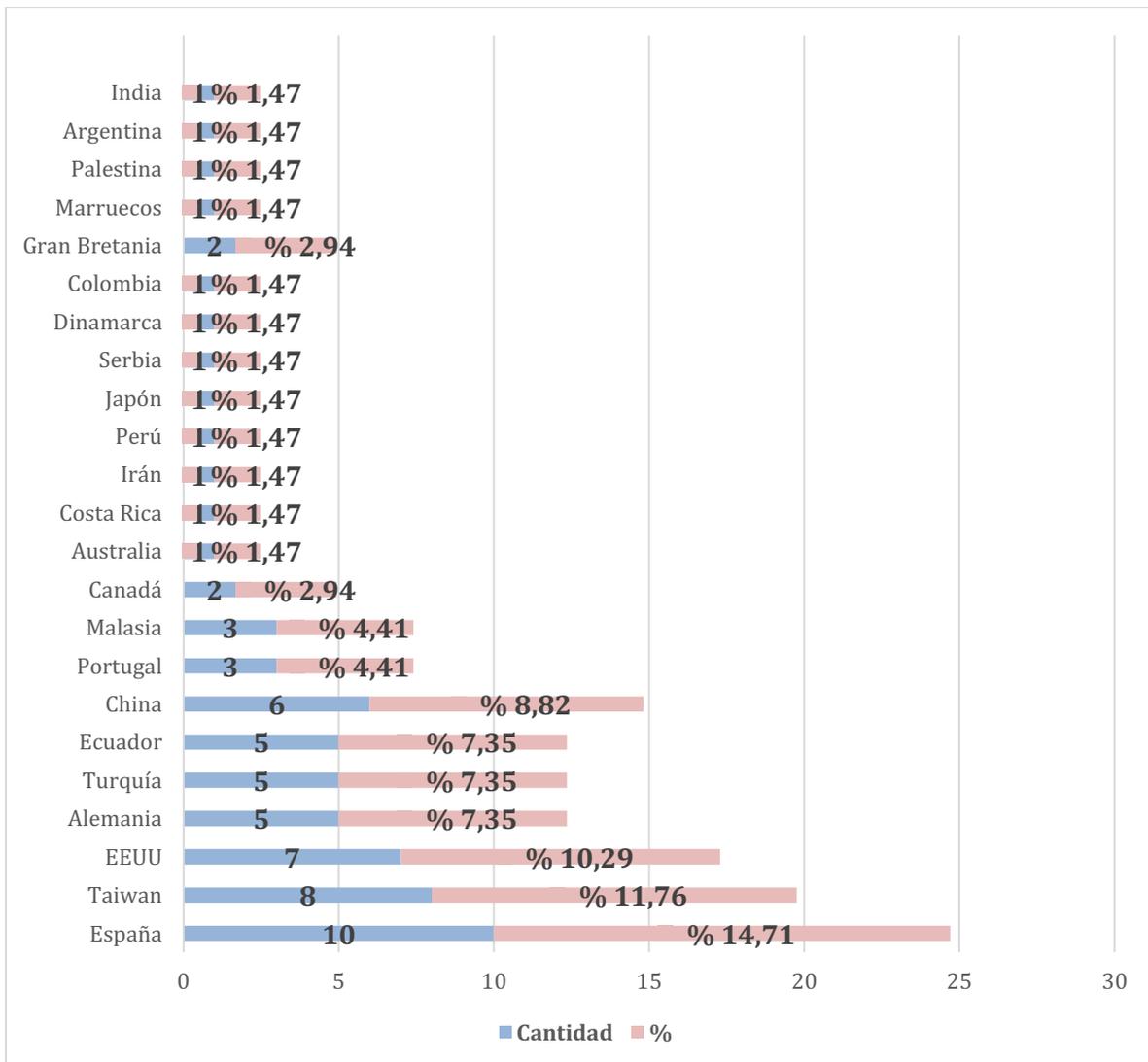
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.4 *Trabajos publicados por región*



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3.5 *Cantidad y porcentajes de trabajos publicados por países*



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4 – Análisis de aplicaciones RA educativas

En este capítulo se presenta la búsqueda y análisis de un conjunto de aplicaciones RA educativas, con el objeto de realizar una recopilación y catalogación de algunas de las aplicaciones de RA actuales disponibles para utilizarse en el ámbito educativo de diferentes niveles, y convertirse en una guía a divulgar entre la comunidad docente.

En la sección 4.1 se presentan trabajos relacionados de diferentes autores e instituciones donde se establecen criterios a tener en cuenta para catalogar aplicaciones.

En la sección 4.2 se define el formato de la ficha que utilizaremos para catalogar las aplicaciones encontradas.

En la sección 4.3 se detalla la búsqueda de las aplicaciones y también los criterios utilizados en el proceso.

En la sección 4.4 se muestran las aplicaciones RA educativas encontradas y en la sección 4.5. se analizan los resultados obtenidos del análisis.

En la sección 4.6 se introduce el sistema de consulta desarrollado para la búsqueda guiada de las aplicaciones analizadas.

4.1 Trabajos relacionados de catalogación

En esta sección se presentan trabajos relacionados de diferentes autores e instituciones, donde se establecen criterios a tener en cuenta para catalogar.

Se establece como modo de conformación de una ficha de catalogación, la exploración de diferentes protocolos de catalogación encontrados, donde se describen aspectos establecidos y de interés. Es así que la metodología aplicada en la investigación, contempla trabajos de catalogación de recursos publicados en el área tecnológica y su manera de llevarlos a cabo.

Según el relevamiento en sitios especializados en RA y educación, se detectó la falta de documentación directamente relacionada al área de exploración. Es por ello que se presentan tres trabajos, que, a pesar de no ser específicos a nuestra temática, otorgan términos relevantes para la categorización de aplicaciones educativas en RA.

4.1.1 Identificación de requisitos para aplicaciones Web mediante el uso de una taxonomía basada en la categorización de las aplicaciones

Sánchez Zuaín y Durán (Sanchez Zuaín & Durán, 2016) establecen los requerimientos para clasificar aplicaciones web y así facilitar la decisión de lo que se producirá (Figura 4.1).

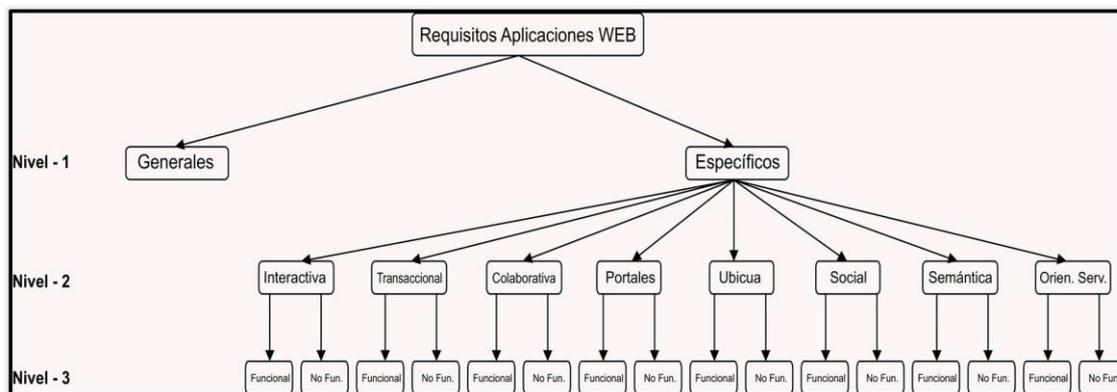


Figura 4.1 Estructura de la Taxonomía definida. (Sánchez Zuain & Durán, 2017)

Luego identificaron los requisitos de la Figura 4.1 para definirse en cada tipo de aplicación web y en base a esto, conformaron la tabla 4.1 donde se establecen los requisitos definidos para cada tipo de aplicación web.

Tabla 4.1 Requisitos relacionados al tipo de aplicación web

Requisitos			Aplicaciones Web								
Tipos	Categoría	Subcategoría	Interactivas	Transaccional	Colaborativas	Portales	Orientadas a	Web Social	Web	...	Web Semántica
			Funcionales			X	X	X	X	X	X
No Funcionales	Calidad	Funcionalidad	X	X	X		X	X	X		
		Usabilidad	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Eficiencia	X	X	X		X				
		Confiabilidad	X	X	X		X		X	X	X
		Seguridad	X	X	X		X	X	X		
		Mantenibilidad	X	X	X	X	X	X			
		Portabilidad	X	X	X		X	X			
	Organizacional	Entorno	X	X	X		X				
		Operacionales	X	X	X		X	X	X		
		Desarrollo	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Externos	Éticos	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Legales	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Económicos	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Interfaz	Usuario	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Sistema	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	De evolución	Cambio					X				
		Crecimiento			X	X		X	X	X	
	De contenidos			X	X	X		X			X
	De navegación						X			X	X
	De personalización			X	X	X		X		X	X

Fuente: (Sánchez Zuain & Durán, 2017)

4.1.2 Un Esquema de Clasificación Facetado para Publicación de Catálogos de Componentes SIG

Gabriela Gaetán (Gaetán, Buccella, & Cechich, 2008) confeccionaron un esquema de 21 categorías de 3 grupos, tabla 4.2, basados en el Framework USCS para la taxonomía de componentes de sistemas de información geográfica. Para lograr la conformación de esta tabla analizaron la información relevada en los catálogos web de componentes SIG y para definir la funcionalidad de los componentes estandarizados, donde adecuaron la taxonomía de servicios geográficos ISO/IEC 19119.

Tabla 4.2 *Esquema de Clasificación propuesto*

Grupo	Categoría
Información general y comercial	Nombre
	Versión
	Sitio Web
	Empresa\desarrollador
	E-mail
	Teléfono
	Dirección postal
	Precio
	Traducciones
	Artefactos
	Requerimientos de software
Requerimientos de hardware	
Clasificación	Tipo
	Sistema operativo
	Lenguaje de programación
	Estado
	Licencia
Funcionalidad	Estándares
	Servicio geográfico
	Funcionalidad implementada
	Vocabulario técnico del dominio

Fuente (Gaetán, Buccella, & Cechich, 2008)

4.1.3 IEEE-LOM (Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association Standard for Learning Object Metadata)

El esquema base de LOM (Learning Object Metadata) está dividido en nueve categorías, con subcategorías que definen los objetos de aprendizaje con mayor detalle:

1. **General**, agrupa información general que describe el objeto de aprendizaje como un todo.
2. **Ciclo de vida** incluye características relacionadas con la historia y estado actuales del objeto de aprendizaje, y todo aquello que le haya afectado durante

su evolución.

3. **Meta-Metadatos** permite incluir información sobre la propia instancia de metadatos (en lugar de sobre el propio objeto de aprendizaje).
4. **Requisitos técnicos** agrupa información sobre requisitos y características técnicas del objeto de aprendizaje.
5. **Características pedagógicas** incluye información sobre las características pedagógicas y educativas del objeto de aprendizaje.
6. **Derechos de uso** agrupa información sobre propiedad intelectual y condiciones de uso para el objeto de aprendizaje.
7. **Relaciones** agrupa características que describen las relaciones entre este objeto de aprendizaje y otros objetos relacionados.
8. **Anotaciones** proporciona comentarios sobre el uso pedagógico del objeto de aprendizaje y aporta información sobre cuándo y quién creó dichos comentarios.
9. **Clasificación** describe el objeto de aprendizaje de acuerdo con un determinado sistema de clasificación.

Describe un esquema de datos conceptual (tabla 4.3) que define la estructura de los metadatos para los objetos de aprendizaje. Su propósito es facilitar la búsqueda, evaluación, adquisición y uso de objetos de aprendizaje por parte de los alumnos, docentes o sistemas automatizados, así como el intercambio de los mismos y su uso compartido, permitiendo así el desarrollo de catálogos e inventarios.

Tabla 4.3 *Categorías de elementos de metadatos en IEEE LOM*

Categoría	Elementos de metadatos
1. General	1.1. Identificador
	1.2. Título
	1.3. Idioma del objeto
	1.4. Descripción
	1.5. Palabra clave
	1.6. Cobertura
	1.7. Estructura
	1.8. Nivel de agregación
2. Ciclo de vida	2.1. Versión
	2.2. Estado
	2.3. Participantes
3. Meta-metadatos	3.1. Identificador
	3.2. Participantes
	3.3. Esquema de metadatos
	3.4. Idioma del registro de metadatos
4. Requisitos técnicos	4.1. Formato
	4.2. Tamaño
	4.3. Localización
	4.4. Requisitos
	4.5. Comentarios para la instalación
	4.6. Otros requisitos de la plataforma
	4.7. Duración
5. Características pedagógicas	5.1. Tipo de interacción
	5.2. Tipo de recurso educativo
	5.3. Nivel de interacción
	5.4. Densidad semántica
	5.5. Rol del usuario final
	5.6. Contexto
	5.7. Rango de edades de los usuarios
	5.8. Dificultad
	5.8. Duración típica
	5.9. Descripción
5.10. Lenguaje	
6. Derechos de uso	6.1. Coste de utilización
	6.2. Copyright y otras restricciones
	6.3. Descripción
7. Relaciones	7.1. Tipo de relación
	7.2. Recurso
8. Anotación	8.1. Entidad
	8.2. Fecha
	8.3. Descripción
9. Clasificación	9.1. Propósito
	9.2. Ruta en un sistema de clasificación
	9.3. Descripción
	9.4. Palabra clave

Fuente (Wikipedia, 2019)

4.2 Ficha de catalogación de aplicaciones RA educativas diseñada

En esta sección se presenta el diseño de una ficha que se utilizará en el trabajo para catalogar las aplicaciones de RA educativas encontradas. Además, se pretende identificar en forma inequívoca las aplicaciones RA educativas, dándole uniformidad a la información en forma organizada para su preservación, facilitando su acceso y consulta.

Este formato de ficha se conformó a partir de criterios recogidos y propios, teniendo en cuenta las características mencionadas en este trabajo en lo referido a la tecnología de RA utilizada en las aplicaciones educativas.

La estructura adquirida se determinó inicialmente a partir de la identificación de categorías más específicas, para luego agruparlas en niveles superiores; el esquema se organizó en 19 tópicos distribuidos en 4 grupos principales (Figura 4.2):

- general
- técnicos
- realidad aumentada
- didácticos

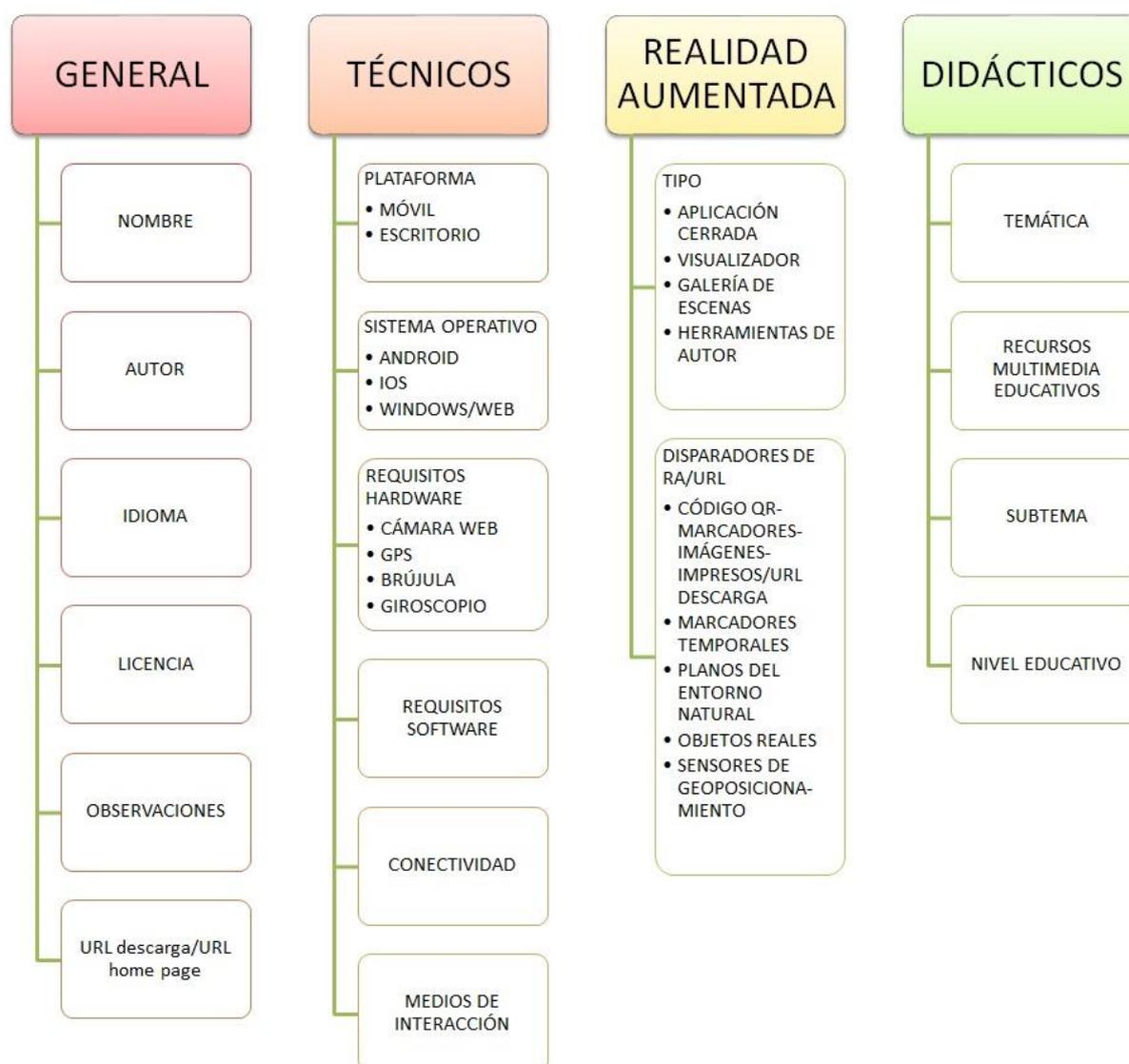


Figura 4.2 Esquema descriptivo de características de aplicaciones de RA educativas. Elaboración propia

A partir de la definición de características descriptivas de una aplicación de RA educativa, se conforma la siguiente ficha (tabla 4.4), la cual permitirá registrar los datos analizados de cada una de las aplicaciones encontradas y establecer una validación cualitativa y cuantitativa de cada aplicación.

Tabla 4.4 Ficha de *catalogación aplicaciones educativas RA*

FICHA DESCRIPTIVA DE APLICACIÓN DE RA EDUCATIVA						
General						
Nombre	<i>Nombre de la aplicación a analizar</i>					
URL	<i>Sitio de descarga – Sitio de la aplicación</i>					
Autor	<i>Nombre del desarrollador de la aplicación</i>					
Idioma	<i>Idiomas en los que se encuentra disponible la aplicación</i>					
Licencia	<i>Se describe la forma de poder adquirirlo (Paga-Gratis)</i>					
Observaciones	<i>Características especiales de la aplicación</i>					
Técnicos						
	Sistema operativo					
Plataforma	<input type="radio"/> Móvil	<input type="radio"/> Android	<input type="radio"/> IOS			
	<input type="radio"/> Escritorio	<input type="radio"/> Windows	<input type="radio"/> Linux			
Requisitos de Hardware	<input type="radio"/> Cámara Web		<input type="radio"/> GPS			
	<input type="radio"/> Brújula		<input type="radio"/> Giroscopio			
Requisitos de Software	<i>Software preinstalado para su correcto funcionamiento</i>					
Conectividad	<input type="radio"/> SI			<input type="radio"/> NO		
Medios de interacción	<input type="radio"/> Mouse	<input type="radio"/> Táctil	<input type="radio"/> Gestual	<input type="radio"/> Voz	<input type="radio"/> Tangible	
Realidad Aumentada						
Tipo	Aplicación cerrada: <i>sin posibilidad de cambios a menos que se actualice la versión</i>					
	Visualizador: <i>aplicación que permite reproducir escenas, generalmente presentes en una galería de escenas</i>					
	Galerías de escenas: <i>Repositorio de escenas creadas de forma cerrada por una empresa o de forma abierta por usuarios. Para ser visualizada puede ser necesario una aplicación visualizadora</i>					
	Herramienta de Autor: <i>Aplicación que permite la creación de escenas de RA. Puede estar asociada con una galería de escenas donde los autores pueden publicar y compartir sus creaciones</i>					
Disparadores de RA/URL	<input type="radio"/> Marcadores Impresos	<input type="radio"/> Código QR		<input type="radio"/> Imágenes		
	<input type="radio"/> Marcadores Temporales					
	<input type="radio"/> Planos del entorno natural					
	<input type="radio"/> Objetos reales					
	<input type="radio"/> Sensores de geo posicionamiento					
Didácticos						
Temática	Descripción del área o áreas donde se puede utilizar la aplicación (ciencias sociales, naturales, exactas, cultura general, etc.)					
Sub tema	Área más específica de aplicación (Historia, geometría, química, etc.)					
Nivel educativo	<input type="radio"/> Especial	<input type="radio"/> Inicial	<input type="radio"/> Primaria	<input type="radio"/> Secundaria	<input type="radio"/> Superior	<input type="radio"/> Universitario
Recursos multimedia educativo	<input type="radio"/> Enlace	<input type="radio"/> Texto	<input type="radio"/> Imagen	<input type="radio"/> Imagen interactiva	<input type="radio"/> Audio	
	<input type="radio"/> Video	<input type="radio"/> Modelo 3D estático	<input type="radio"/> Modelo 3D animado	<input type="radio"/> Modelo 3D interactivo	<input type="radio"/> Actividades	

Fuente: elaboración propia

4.3 Metodología de recopilación de aplicaciones RA educativas

En esta sección se detalla la metodología para la búsqueda de las aplicaciones y también los criterios utilizados en el proceso.

Al momento de comenzar con la búsqueda de las aplicaciones para este estudio, se determinó que estarán acotadas -principalmente- a los dispositivos móviles, ya que estos concentran a la mayoría de los recursos utilizados por la tecnología de RA, también teniendo en cuenta que el uso de celulares entre los estudiantes y los docentes es de gran incidencia. A su vez, dentro de estos dispositivos móviles la búsqueda se concentró en la plataforma Android, ya que la gran mayoría de los teléfonos inteligentes actuales utilizan este sistema operativo como se ha manifestado en este trabajo. Por otra parte, para esta recopilación se excluyeron de la búsqueda aquellas aplicaciones de escritorio y *WEB*, herramientas de *authoring*, galerías de escenas y visualizadores asociados a las herramientas de *authoring*, quedando limitadas a las aplicaciones cerradas.

Los dispositivos utilizados para el proceso de búsqueda fueron un celular Motorola G6 Play y una Tablet Lenovo YOGA 8.

Se realizó una búsqueda en Google Play Store⁵ que es un sitio web de distribución digital de aplicaciones móviles para los dispositivos con sistema operativo Android. Se encuentran disponibles tanto aplicaciones gratuitas como pagas, pudiendo ser instaladas desde el dispositivo o desde la página web. Los usuarios también pueden instalar aplicaciones a través del sitio web del desarrollador o mediante tiendas de distribución digital alternativas (Google Play).

Dentro de Google Play Store, la búsqueda inicial se realizó utilizando como palabras claves “Realidad Aumentada” en la categoría Educación, arrojando un resultado de 250 aplicaciones. Además, se utilizó “Augmented reality” y en este caso se registraron 252 resultados. No todas las aplicaciones encontradas fueron posibles de instalar porque Google Play compara los requisitos de hardware y software del dispositivo a utilizar, como así también las características propias del desarrollador; para luego compararlas con las restricciones y dependencias que se expresan en el archivo de manifiesto de la aplicación y los detalles de publicación (Filtros en Google Play).

Como criterios principales de inclusión para la búsqueda de las aplicaciones, se acotó a las que son gratuitas y con valoraciones de 4 o más estrellas, con la intención de filtrar aplicaciones con mal funcionamiento, las encontradas fueron 62 aplicaciones⁶.

4.4 Catalogación de aplicaciones educativas

Las aplicaciones educativas encontradas, se catalogaron según la ficha diseñada (Tabla 4.4) y se muestran en la tabla 4.5

⁵ URL: https://play.google.com/store/apps/category/GAME_EDUCATIONAL?hl=es_419

⁶ Última actualización: 5 de noviembre de 2019

Tabla 4.5 Aspectos técnicos, didácticos y de RA de las aplicaciones RA educativas catalogadas

Aplicación	ASPECTOS TÉCNICOS				ASPECTOS DIDÁCTICOS				ASPECTOS RA
	Requisitos de Hardware	Requisitos de Software	Conectividad	Medios de interacción	Temática	SubTema	Nivel educativo	Recurso Multimedia	Disparadores
ARLOON ANATOMY	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Anatomía	Inicial	Texto, Modelos 3D animados, Actividades	Marcadores
ARLOON CHEMISTRY	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Química	Primario	Texto, Modelos 3D animados, Modelos 3D interactivos, Actividades	Marcadores
Arloon Solar System	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Astronomía	Secundario	Texto, Modelos 3D animados, Actividades	Marcadores
Popar Human Anatomy	Cámara	Android 6.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Anatomía	Secundario	Texto, Modelos 3D interactivos, Actividades	Marcadores
Solar System Augmented	Cámara	Android 2.2 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Astronomía	Primario	Modelos 3D animados	Marcadores
Mirage: moléculas simples	Cámara	Android 4.4 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Química	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
Mirage : Isomérie Z/E	Cámara	Android 4.4 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Química	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores

Aplicación	ASPECTOS TÉCNICOS				ASPECTOS DIDÁCTICOS				ASPECTOS RA
	Requisitos de Hardware	Requisitos de Software	Conectividad	Medios de interacción	Temática	SubTema	Nivel educativo	Recurso Multimedia	Disparadores
AR T-Rex	Cámara	No específica	No	Tangible	Ciencias Naturales	Zoología	Primario	Modelos 3D estáticos, Audio	Marcadores
CreativiTIC	Cámara	Android 1.0 y posteriores	No	Tangible	Cultura General	Enciclopedia	Primario	Modelos 3D estáticos, Modelos 3D animados	Marcadores
ARdinosaurios	Cámara	Android 2.2 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Zoología	Primario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
AR DINOSAUR	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Zoología	Primario	Modelos 3D estáticos, Modelos 3D animados	Marcadores
Virtualizar SCIENCE	Cámara	Android 2.3 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Química	Primario	Modelos 3D estáticos, Modelos 3D animados	Marcadores
AR Human Atlas	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Anatomía	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
Argeo	Cámara	Android 2.3 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Geografía	Secundario	Modelos 3D estáticos, Modelos 3D animados	Marcadores
Disney Los Numeros RA	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias exactas	Matemáticas	Inicial	Modelos 3D estáticos	Marcadores

Aplicación	ASPECTOS TÉCNICOS				ASPECTOS DIDÁCTICOS				ASPECTOS RA
	Requisitos de Hardware	Requisitos de Software	Conectividad	Medios de interacción	Temática	SubTema	Nivel educativo	Recurso Multimedia	Disparadores
Dat Thin Pone - English Alphabet AR	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Sociales	Idiomas	Inicial	Modelos 3D estáticos, Audio	Marcadores
Virtopsia UTPL	Cámara	Android 4.4 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Medicina	Universitario	Modelos 3D estáticos	Plano natural
Estadística UTPL	Cámara	Android 2.2 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias exactas	Matemáticas	Universitario	Modelos 3D estáticos	Plano natural
AR-3D Science	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Anatomía, Química, Biología, Astronomía, Geografía	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
Nebulosas	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Astronomía	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
ArtromedUNAM	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Medicina	Universitario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
Apprendestructo 1	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Arquitectura	Arquitectura	Universitario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
AR My Preschool	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Varios	Alfabeto, Número, Colores, Formas	Inicial	Modelos 3D estáticos, Texto	Marcadores
Realidad Aumentada: Animales	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Zoología	Primario	Modelos 3D estáticos	Marcadores

Aplicación	ASPECTOS TÉCNICOS				ASPECTOS DIDÁCTICOS				ASPECTOS RA
	Requisitos de Hardware	Requisitos de Software	Conectividad	Medios de interacción	Temática	SubTema	Nivel educativo	Recurso Multimedia	Disparadores
Realidad Aumentada ABC	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Sociales	Idiomas	Inicial	Modelos 3D estáticos	Marcadores
iBugs RA	Cámara	Android 4.4 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Terrario	Primario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
QuímicaR	Cámara	Android 4.4 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Química	Primario	Modelos 3D estáticos, Texto	Marcadores
Explora el Mundo	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Cultura General	Enciclopedia	Primario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
AR Matemáticas	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias exactas	Matemáticas	Primario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
CelluLAR	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Biología	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
Volcanes Colombianos RA SGC	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Geología	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
Elbibliote.com	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Cultura General	Enciclopedia	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
AR Sólidos Platónicos	Cámara	Android 4.4 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias exactas	Geometría	Secundario	Modelos 3D estáticos	Marcadores
AR Geografía-Atlas del mundo	Cámara	Android 5.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Geografía	Primario	Modelos 3D animados	Marcadores

Aplicación	ASPECTOS TÉCNICOS				ASPECTOS DIDÁCTICOS				ASPECTOS RA
	Requisitos de Hardware	Requisitos de Software	Conectividad	Medios de interacción	Temática	SubTema	Nivel educativo	Recurso Multimedia	Disparadores
Zoo AR	Cámara	Android 4.0 y posteriores	Si	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Zoología	Primario	Modelos 3D animados	Marcadores
Star Map: Estrellas mapa AR	Brujula, Giroscopio, Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Astronomía	Secundario	Modelos 3D estáticos	Plano natural
Geometry - Augmented Reality	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias exactas	Geometría	Secundario	Modelos 3D estáticos, Texto	Marcadores
Human Brain - Augmented Reality	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Anatomía	Secundario	Modelos 3D animados	Marcadores
Earth - Augmented Reality	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Geología	Primario	Modelos 3D animados	Marcadores
Wildlife AR	Cámara, Giroscopio, Acelerómetro	Android 4.4 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Naturales	Zoología	Primario	Modelos 3D animados, Audio	Plano natural
Civilisations AR	Cámara	Android 7.0 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Sociales	Historia	Secundario	Modelos 3D estáticos, Texto, Audio	Plano natural
Augmented Reality (AR) Kids Alphabet Learning App	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Tangible	Ciencias Sociales	Idiomas	Inicial	Modelos 3D animados	Marcadores

Aplicación	ASPECTOS TÉCNICOS				ASPECTOS DIDÁCTICOS				ASPECTOS RA
	Requisitos de Hardware	Requisitos de Software	Conectividad	Medios de interacción	Temática	SubTema	Nivel educativo	Recurso Multimedia	Disparadores
Startl PE – Augmented Reality Workbook	Cámara	Android 4.1 y posteriores	Si	Tangible	Educación física	Educación física	Secundario	Audio, Video	Marcadores
Car Engine – Augmented Reality	Cámara	Android 4.1 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Mecánica	Secundario	Modelos 3D animados	Marcadores
Human Eye – Augmented Reality	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Anatomía	Secundario	Modelos 3D estáticos, Texto	Marcadores
AtomAR by Aura Interactive	Cámara	Android 4.1 y posteriores	Si	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Química	Secundario	Modelos 3D animados	Marcadores
Atomos AR	Cámara	Android 5.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Química, Física	Secundario	Modelos 3D estáticos, Texto	Marcadores
Electricity AR	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Ciencias Naturales	Física	Secundario	Modelos 3D estáticos, Modelos 3D interactivos	Marcadores
Bridges AR	Cámara	Android 4.0 y posteriores	No	Táctil/Tangible	Arquitectura	Arquitectura	Secundario	Modelos 3D estáticos, Video	Marcadores

Fuente: Elaboración propia

4.5 Análisis de resultados de la recopilación de aplicaciones RA educativas

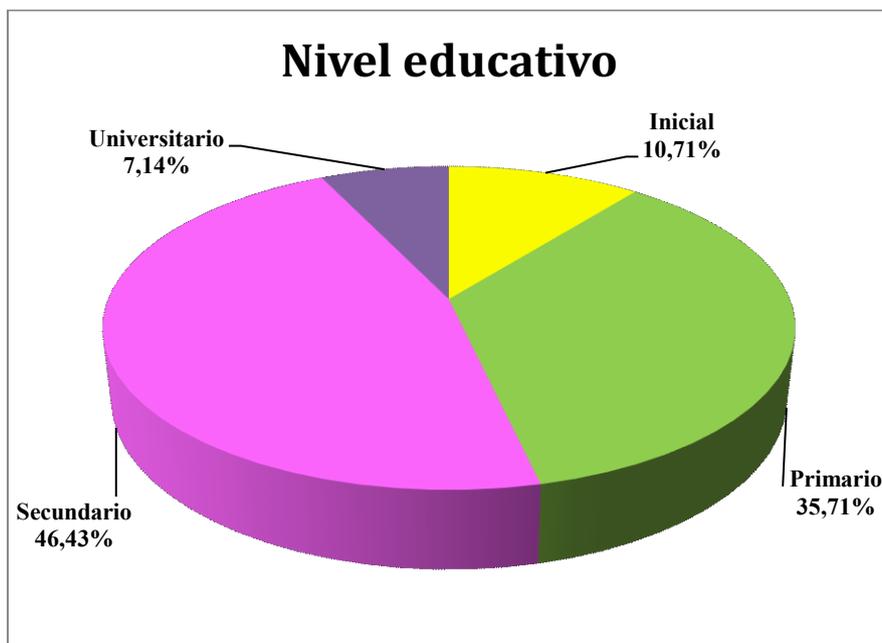
Se recopilaron un total de 56 aplicaciones, como demuestra el gráfico 4.1, sobre la totalidad de aplicaciones de RA encontradas, el porcentaje más alto está representado por el 46,43% del nivel secundario, le sigue el 35,71% del nivel educativo primario, luego con el 10,71% el nivel inicial y finalmente el 7,14% corresponde al universitario y sin representación en los niveles especial (o diferencial) ni el superior (o terciario).

En el gráfico 4.2 demuestra que la temática en su mayoría, está representada por las ciencias naturales con el 66,07%, luego las temáticas ciencias sociales y exactas representan cada una el 10,71%, cultura general presenta un 5,36% del total de aplicaciones, seguida por arquitectura con el 3,57%; por último, educación física y varios con sólo un 1,79%.

A su vez, los subtemas brindan la mayor variedad y representación entre las aplicaciones, química con el 13,85% representa la mayoría, luego le sigue zoología y anatomía con un 10,77%. A continuación, astronomía con el 9,23%, matemáticas con el 6,15%, física junto a geografía, biología, idiomas y enciclopedia con el 4,62%; geometría, geología, historia, arquitectura, medicina representan el 3,08% cada una y por último mecánica, educación física, alfabeto, números, colores, formas y ecología con el 1,54% cada una.

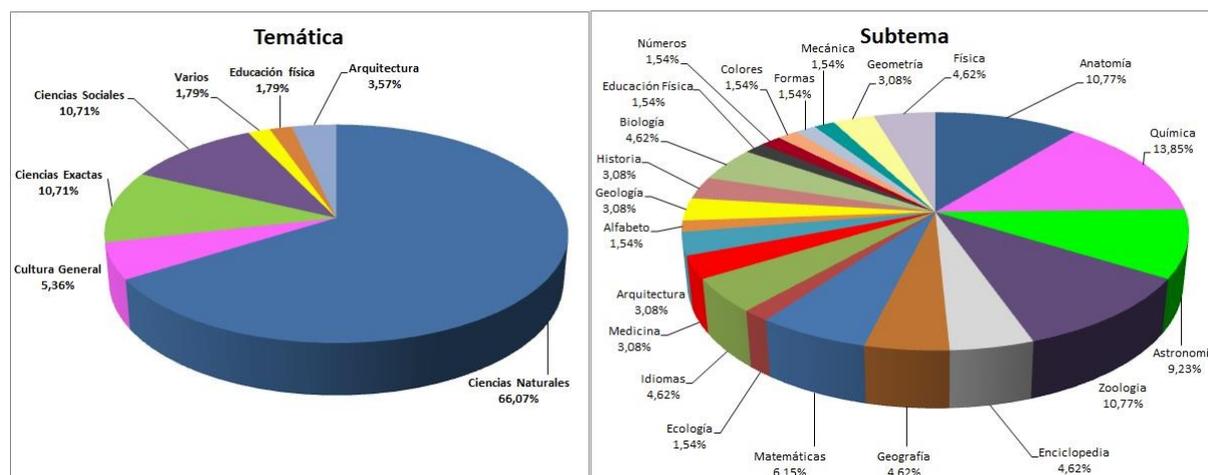
El gráfico 4.3 muestra la cantidad absoluta de aplicaciones educativas RA divididas entre las categorías de temática, subtema y nivel educativo.

Gráfico 4.1 *Porcentaje de aplicaciones según nivel educativo*



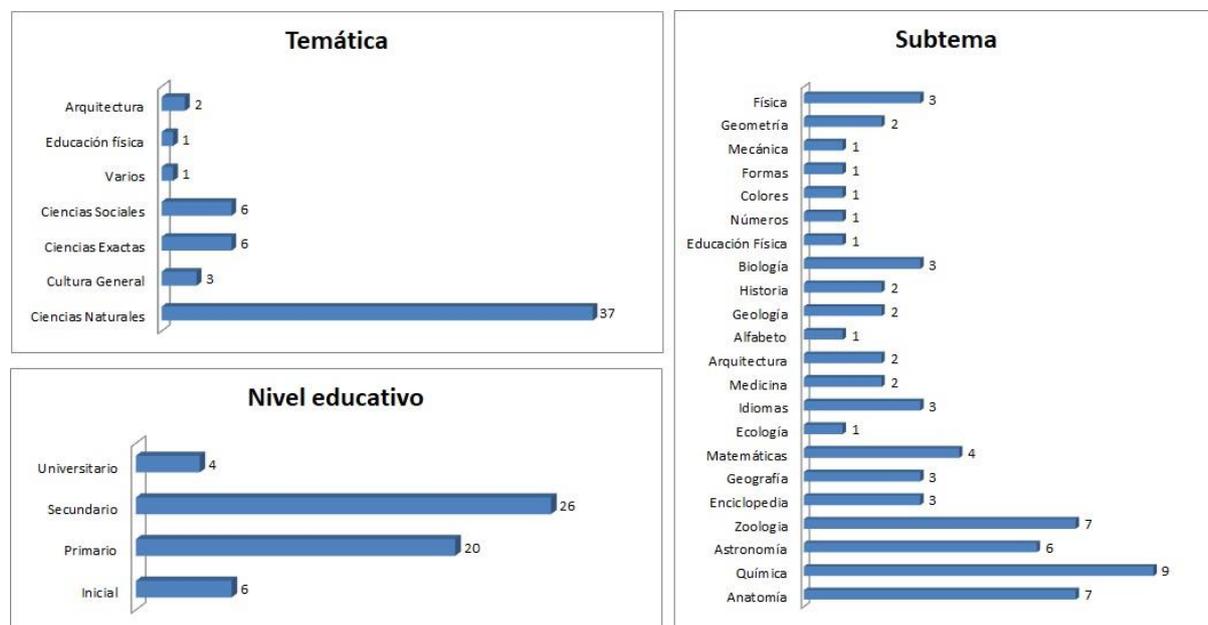
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.2 *Porcentajes de aplicaciones clasificadas por temática y subtema*



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3 *Cantidades de aplicaciones catalogadas por temática, subtema y nivel educativo*



Fuente: elaboración propia

La tabla 4.6 fue conformada a partir de los aspectos de una aplicación RA descriptos en la Figura 4.2 (General, técnicos, didácticos y RA), donde cada una de sus categorías fue registrada.

Se puede decir que el uso de la cámara es común a todas las 56 aplicaciones, la brújula y acelerómetro solo en una y el giroscopio en 2 de ellas. Los requisitos del software hacen referencia a versiones superiores a Android 4 en la mayoría de las aplicaciones, dependiendo de las actualizaciones que ofrece el desarrollador. También podemos decir que la gran mayoría no requiere de conexión a internet para descargar contenido. Los medios de interacción en la mayoría (39) son tangibles.

Los tipos de RA –como se mencionó en el trabajo- se limitaron a las aplicaciones cerradas, y los disparadores en su mayoría (53) son marcadores y solo 3 de plano natural.

Los recursos multimedia que utilizan las aplicaciones están repartidos, en su gran mayoría (58) con los modelos 3D (animados y estáticos) luego el texto con 12, audio 8, que poseen actividades 5 y con videos 2.

Tabla 4.6 *Cantidad de aplicaciones según las características de las categorías*

Requisitos Hardware	Brújula	1
	Cámara	56
	Acelerómetro	1
	Giroscopio	2
Requisitos Software	Android 1.0 y posteriores	1
	Android 2.2 y posteriores	5
	Android 2.3 y posteriores	2
	Android 4.0 y posteriores	18
	Android 4.1 y posteriores	14
	Android 4.4 y posteriores	8
	Android 5.0 y posteriores	2
	Android 5.1 y posteriores	2
	Android 6.0 y posteriores	1
	Android 7.0 y posteriores	1
	Android 8.0 y posteriores	1
	No especifica	1
Conectividad	Si	3
	No	53
Medios de interacción	Tangible	17
	Táctil/tangible	39
Disparadores	Marcadores	49
	Plano Natural	7
Tipo de RA	Aplicación cerrada	56
Recursos multimedia	Actividades	5
	Audio	8
	Modelos 3D animados	19
	Modelos 3D estáticos	39
	Modelos 3D interactivos	4
	Texto	12
	Video	2

Fuente: Elaboración propia

4.6 Herramienta de consulta implementada

En esta sección se presenta al sistema de consulta desarrollado para la búsqueda guiada de las aplicaciones analizadas.

Para la realización del sistema de consultas que se muestra en la Figura 4.1, se desarrolló desde una planilla de cálculos la carga de la información de manera organizada según se estableció en la ficha anteriormente presentada. Se aplicó a dicha planilla de cálculos los filtros que ofrece el complemento *Awesome Table* para posibilitar realizar una búsqueda guiada, según los criterios pretendidos. Esta búsqueda arroja los resultados de a 3 aplicaciones encontradas, para apreciarlos de mejor manera. Cada aplicación encontrada es visualizada en un renglón con su imagen, su nombre de la aplicación -desde donde se puede acceder al sitio de Google Play para su descarga, al estar hipervinculado- de la misma manera, además muestra el tipo de disparador que posee la aplicación con la posibilidad de acceder a ellos y las observaciones que reflejan la finalidad de dicha aplicación (Figura 4.3).



Figura 4.3 *Sistema de consulta propio.*

Para poder acceder al sistema de consulta puede utilizarse el código QR (Figura 4.4) o la siguiente URL:

<https://sites.google.com/view/repositorio-educativo-ra/p%C3%A1gina-principal>



Figura 4.4 *Código QR para acceso directo al sistema de consulta.*

A partir de la utilización de los filtros del sistema de consultas, se puede observar cada una de las categorías de la aplicación: Temática, subtema, requisitos de hardware, requisitos de software, nivel educativo, conectividad, medios de interacción y recursos multimedia.

Los filtros pueden utilizarse para afinar la búsqueda, estos permiten desplegar un menú de opciones donde se pueden seleccionar las sub-categorías ya definidas de acuerdo a su característica propia. Estos filtros se pueden combinar, para así obtener un resultado más acotado y preciso sobre las aplicaciones deseadas.

CAPÍTULO 5 - Conclusiones y trabajo a futuro

5.1 Conclusión

Se evidencia en este trabajo, el estudio y presentación de los fundamentos para *tracking*, visualización, interacción, desarrollo y posibilidades de la tecnología de Realidad Aumentada (RA).

Por otra parte, se indaga sobre diferentes instrumentos educativos que incluyen RA en educación: libros, juegos, teatro; que reportan ventajas didácticas, como la motivación de su uso por parte de los alumnos por lo atrayente de los recursos RA ofrecidos. Es por ello que esta tecnología es considerada -por muchos- como disruptiva, ya que ella propicia de manera trascendente los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Asimismo, con el objetivo de ver en qué áreas temáticas, niveles y países se está utilizando en educación la RA, se realizó como aporte del trabajo una revisión sistemática actual (año 2019) de experiencias educativas en RA. Esta revisión indica su grado de incidencia en la educación en los diferentes niveles educativos (Universitario, terciario o superior, secundario, primario, inicial y especial), observándose una cantidad de trabajos mayor en el nivel superior y universitario que en los niveles primario y secundario, mientras que en los niveles preescolar y educación especial la cantidad de trabajos encontrados es más reducida. En lo que respecta a la aplicación de la RA, es utilizada en la mayoría de las temáticas de estudios ya que se recopilaron trabajos clasificados en 22 subtemas, con una mayor prevalencia de medicina, seguido por enseñanza de idiomas y química. En cuanto a los países donde se llevaron a cabo las experiencias se puede decir que se concentraron en las regiones más desarrolladas como Asia (Taiwan), Europa (España) y América del Norte (EEUU).

Podemos concluir que, a partir de la revisión actualizada de experiencias realizadas, la aplicación de la RA en la educación está extendida en gran parte del mundo y abarca a las diferentes áreas temáticas en distintos grados, como así tiene incidencia en los diferentes niveles educativos.

Como otro aporte del presente trabajo, se define un instrumento para la clasificación de las aplicaciones de RA educativas, cuya conformación se estableció a partir de 4 aspectos: el general, los técnicos, los didácticos y los propios de la tecnología RA. Se realizó una búsqueda de aplicaciones disponibles para dispositivos móviles Android, teniendo en cuenta que el uso de celulares entre los estudiantes y los docentes es predominante. Luego se utilizó el instrumento diseñado para clasificar las aplicaciones encontradas.

Finalmente se realizó como aporte principal el desarrollo de un sistema de consultas de aplicaciones disponibles, los filtros de los que dispone este sistema pueden utilizarse para afinar la búsqueda, ellos permiten desplegar un menú de opciones donde se pueden seleccionar las

categorías ya definidas de acuerdo a sus características propias: temática, subtema, requisitos de hardware, requisitos de software, nivel educativo, conectividad, medios de interacción, tipo de RA y recursos multimedia.

Se considera que la RA está poco difundida actualmente en Argentina, en particular en la comunidad docente, por esto el trabajo realizado puede ser de utilidad a los docentes con el fin de que puedan indagar o evaluar el uso de RA para sus clases.

5.2 Trabajo a futuro

Por una parte, queda como trabajo futuro la actualización de la base de datos de aplicaciones, incluyendo no solo aplicaciones móviles sino también aplicaciones web, herramientas de *authoring*, galerías de escenas y visualizadores asociados a las herramientas de *authoring*.

Por otra parte, se prevé la generación de una comunidad virtual que en ámbitos educativos favorecerá la difusión del uso de esta tecnología entre la comunidad docente. Se pretende probar el uso de la herramienta diseñada dentro de la comunidad docente, permitiendo que se retroalimente entre los usuarios, alcanzando un crecimiento colaborativo y consensuado.

BIBLIOGRAFÍA

- Abásolo, M. J. (2011). Realidad Aumentada. En C. Manresa Yee, M. J. Abásolo, R. Más Sansó, & M. Vénere, *Realidad virtual y realidad aumentada. Interfaces avanzadas* (págs. 59-109). La Plata: Edulp.
- Alam, A., Hasan, M., Faiyaz, I. H., Bhuiyan, A., Joy, S. F., & Islam, S. M.-u. (2019). Augmented Reality Education System in Developing Countries. *The Engineering Reality of Virtual Reality 2019 International Symposium on Electronic Imaging 2019*, 183, págs. 1-11.
- Azuma, R. (1997). A survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bacca Acosta, J., Baldaris Navarro, S., Fabregat Gesa, R., & Kinshuk, K. (2019). Framework for desinnging motivational augmented reality applications in vocational education and training. *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(3), 102-117.
- Bai, Z., & Blackwell, A. F. (2013). See-through window vs. magic mirror: A comparison in supporting visual-motor tasks. *2013 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)* (págs. 239-240). Adelaida, Australia: IEEE.
- Bane, R., Kölsch, M., Höllerer, T., & Turk, M. (Mayo de 2006). Multimodal interaction with a wearable augmented reality system. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 26(3), 62-71.
- Barmaki, R., Yu, K., Pearlman, R., Shingles, R., Bork, F., Osgood, G. M., & Navab, N. (2019). Enhancement of Anatomical Education Using Augmented Reality: An Empirical Study of Body Painting. *Anatomical Sciences Education*.
- Becerra, M. E., Sanz, D. R., Igarza, S., Mangiarua, N. A., Bevacqua, S. A., Verdicchio, N. N., . . . Ierache, J. S. (2015). Sistema de catálogo virtual aumentado. Integración de framework especializado aplicado a material didáctico. *X Congreso de Tecnología en Educacion & Educacion en Tecnología*, (págs. 350-356). Corrientes.
- Berrocal Ruiz, D. (2006). *Diseño de un observatorio celeste basado en realidad aumentada*. Tesis de grado, Universidad de Málaga, Departamento de Tecnología Electrónica, Málaga.
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (mayo-junio de 2001). The magicbook: Moving seamlessly between reality and virtuality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(3), 6-8.
- Boj, C., & Diaz, D. (Junio de 2007). La hibridación a escena: realidad aumentada y teatro. *Revista Digital Universitaria*, 8(6).
- Bonsiepe, G. (1999). Del objeto a la interface. En *Las 7 columnas del diseño* (págs. 17-18). Buenos Aires: Ediciones Infinito.
- Bork, F., Stratmann, L., Enssle, S., Eck, U., Navab, N., Waschke, J., & Kugelmann, D. (2019). The Benefits of an Augmented Reality Magic Mirror System for Integrated Radiology Teaching in Gross Anatomy. *Anatomical Sciences Education*.
- Broll, W., Lindt, I., Herbst, I., Ohlenburg, J., Braun, A.-K., & Wetzl, R. (2008). Toward next-gen mobile AR games. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 28(4), 40-48.
- Brügge, B., MacWilliams, A., & Reicher, T. (2002). Software architectures for augmented reality systems – report to the ARVIKA consortium”. *Technical Report. Technische Universität München. TUM-I0410*.
- Cabero, J., Barroso, J., & Llorente, C. (2019). La realidad aumentada en la enseñanza universitaria. *PoliPapers*, 17(1), 105-118.

- Canal Ku, M. G. (2013). *Algoritmo de Reconocimiento de Objetos en Escenas Complejas para Aplicaciones de Realidad Aumentada*. Tesis, Centro de Investigación en Matemáticas, Guanajuato, Méjico.
- Cardoso Gomes, J. D., Figueiredo, M. J., Amante, L. D., & Gomes, C. M. (2019). Augmented Reality in Informal Learning Environments: A Music History Exhibition. En A. Ursyn (Ed.), *Interface Support for Creativity, Productivity, and Expression in Computer Graphics* (págs. 281-305). IGI Global.
- Carrillo Ríos, S. L., & Rodríguez Castillo, A. E. (s.f.). *Realidad aumentada como herramienta aplicada en el proceso de enseñanza aprendizaje de la gimnasia del área de educación física en básica superior*. Tesis de maestría, Universidad Técnica de Ambato, Ciencias Humanas y de la Educación, Ecuador.
- Castellano Brasero, T., & Santacruz Valencia, L. (2018). EnseñAPP: aplicación educativa de realidad aumentada para el primer ciclo de educación primaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*(21), 7-14.
- Cazar Puruncajas, J. P., & Arroyo Guayasamín, E. D. (2019). *Realidad aumentada y su repercusión en el proceso de enseñanza - aprendizaje en la asignatura de Biología, Unidad 1 del Segundo de BGU, en el Colegio Nacional Técnico Puéllaro, periodo lectivo 2018-2019*. Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Chamorro Yugcha, V. H. (2019). *Estrategia tecnológica con realidad aumentada para fomentar la lectura en los niños especiales del Cuarto Año de Educación Básica del Instituto de Educación Especial de Ibarra*. Tesis de pregrado, Universidad Regional Autónoma de los Andes, Facultad de Sistemas Mercantiles, Ibarra, Ecuador.
- ChanLin, L. j., Chan, K. c., & Wang, C. r. (2019). An epistemological assessment of learning nutritional information with augmented reality. *The Electronic Library*, 37(2), 210-224.
- Chen, R. W., & Chan, K. K. (2019). Using Augmented Reality Flashcards to Learn Vocabulary in Early Childhood Education. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1812-1831.
- Chen, Y. (2019). Effect of Mobile Augmented Reality on Learning Performance, Motivation, and Math Anxiety in a Math Course. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1695-1722.
- Chien, Y. C., Su, Y. N., Wu, T. T., & Huang, Y. M. (2019). Enhancing students' botanical learning by using augmented reality. *Universal Access in the Information Society*. 18, págs. 231-241. Springer.
- Chu, H., Chen, J., Hwang, G., & Chen, T. (2019). Effects of formative assessment in an augmented reality approach to conducting ubiquitous learning activities for architecture courses. *Universal Access in the Information Society*, 18(2), 221-230.
- Cook, M., Payne, A., Seo, J., Pine, M., & McLaughlin, T. (2019). InNervate AR: Dynamic Interaction System for Motor Nerve Anatomy Education in Augmented Reality. *HCI International 2019 - Posters HCII 2019. Communications in Computer and Information Science* (págs. 359-365). Springer.
- Deng, L., Tian, J., Cornwell, C., Phillips, V., Chen, L., & Alsuwaida, A. (2019). Towards an Augmented Reality-Based Mobile Math Learning Game System. *HCI International 2019 - Posters*. 1034, págs. 217-225. Springer.
- Developers. (s.f.). *Filtros en Google Play*. Recuperado el 1 de Agosto de 2019, de Developers: <https://developer.android.com/google/play/filters?hl=es-419#how-filters-work>
- Estebanell Minguell, M., Ferrés Font, J., Cornellàs, P., & Codina Regàs, D. (2012). Realidad aumentada y códigos QR en Educación. En J. Hernandez Ortega, M. Pennesi Fruscio,

- D. Sobrino López, & A. Vázquez Gutierrez, *Tendencias emergentes en educación con TIC* (págs. 135-155). Barcelona: Espiral.
- Ewais, A., & Troyer, O. D. (2019). A Usability and Acceptance Evaluation of the Use of Augmented Reality for Learning Atoms and Molecules Reaction by Primary School Female Students in Palestine. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1643-1670.
- Fidana, M., & Tuncelb, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers and education*, 142.
- Fjeld, M., & Voegtli, B. (2002). Augmented Chemistry: An interactive educational workbench. *Proceedings. International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pág. 259). Darmstadt: IEEE.
- Gaetán, G., Buccella, A., & Cechich, A. (2008). Un esquema de clasificación facetado para publicación de catálogos de componentes SIG. *Proceeding CACIC 2008*. Chilecito, La Rioja, Argentina.
- Gazcón, N. F. (2015). *Libros aumentados: Extensión de concepto, exploración e interacciones*. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- Gecu-Parmaksiz, Z., & Delialioglu, O. (2019). Augmented reality-based virtual manipulatives versus physical manipulatives for teaching geometric shapes to preschool children. *British Journal of Educational Technology*.
- Giner, F., & Portalés, C. (2007). Augmented teaching. *INTED'07*, (págs. 344-345). Valencia, España.
- Ginés Rojas, E. B. (2019). *Programa basado en la realidad aumentada para mejorar la producción de cuentos en estudiantes del 3er. grado de educación primaria de la Institución Educativa N° 88240 "Paz y amistad" Nuevo Chimbote - 2017*. Tesis, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Educación y Humanidades, Chimbote.
- Grasset, R., Billingham, M., & Duenser, A. (2008). Design of a Mixed-Reality Book: Is It Still a Real Book? *Proceeding of the 7th IEEE*.
- Hanafi, A., Elaachak, L., & Bouhorma, M. (2019). A comparative Study of Augmented Reality SDKs to Develop an Educational Application in Chemical Field. *NISS19 Proceedings of the 2nd International Conference on Networking, Information Systems & Security*. Rabat: ACM.
- Heidemann, G., Bax, I., & Bekel, H. (2004). Multimodal interaction in an augmented reality scenario. *Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces - ICMI 2004* (págs. 53-60). State Collage, PA, USA: ACM.
- Heinz, M., Büttner, S., & Röcker, C. (2019). Exploring training modes for industrial augmented reality learning. *PETRA '19 Proceedings of the 12th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments* (págs. 398-401). Rodas, Grecia: ACM.
- Herrera, S. I., Fénema, M. C., Morales, M. I., Maldonado, M., Palavecino, R., Rosenzvaig, F., . . . Villavicencia, R. (2019). Sistemas móviles multiplataforma con realidad aumentada. Aplicaciones en educación y salud. *XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. San Juan, Argentina.
- Hsu, T.-C. (2019). Effects of gender and different augmented reality learning systems on English vocabulary learning of elementary school students. *Universal Access in the Information Society*, 18(2), 315-325.
- Ibili, E., Çat, M., Resnyansky, D., Şahin, S., & Billingham, M. (2019). An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students' 3D geometry thinking skills. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*.

- Intriago Gómez, C. L., & Espinoza San Lucas, R. (2019). *Desarrollo de un folleto de aprendizaje con realidad aumentada para los niños de 2 año de educación básica para la clase de computación de la unidad educativa ciudad de Riobamba en la unidad de Guayaquil*. Tesis, Instituto Tecnológico Superior Guayaquil, Guayaquil.
- Irawati, S., Green, S., Billingham, M., Duenser, A., & Ko, H. (2006). "Move the couch where?" : developing an augmented reality multimodal interface. *2006 IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (págs. 183-186). Santa Bárbara, California: IEEE.
- Ischii, H., & Ullmer, B. (1997). Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. *CHI '97: Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (págs. 234-241). New York: ACM.
- Ismail, A., Festiana, I., Hartini, T., Yusal, Y., & Malik, A. (2019). Enhancing students' conceptual understanding of electricity using learning media-based augmented reality. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3).
- Jevremovic, V. (2012). MUZZEUM - Augmented reality and QR codes enabled mobile platform with digital library used to Guerrilla open the National Museum of Serbia. *Virtual Systems and multimedia* (págs. 561-564). Milan: IEEE.
- Katihar, A., Kalra, K., & Garg, C. (2015). Marker Based Augmented Reality. *Advances in Computer Science and Information Technology*, 2(5), 441-445.
- Kellems, R. O., Cacciatore, G., & Osborne, K. (2019). Using an Augmented Reality–Based Teaching Strategy to Teach Mathematics to Secondary Students With Disabilities. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals*.
- Kerr, J., & Lawson, G. (2019). Augmented Reality in Design Education: Landscape Architecture Studies as AR Experience. *The International Journal of Art & Design Education published by National Society for Education in*.
- Khairuldin, W. M., Embong, A. H., Anas, W. N., Ismail, D., & Mokhtar, W. K. (2019). An Augmented Reality (AR) Approach in Educational Integration of Du'a in Islam. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 8(1), 32-39.
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for performing systematic reviews (TR/SE-0401)*. Keele University. Obtenido de <http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>
- Klopfer, E. (2008). *Augmented Learning. Research and Design of Mobile Educational Games*. Cambridge: The MIT Press.
- La Manresada, mi Manresa*. (s.f.). Recuperado el 1 de Agosto de 2019, de EDUforics: La Manresada, mi Manresa
- Lai, A., Chen, C., & Lee, G. (2018). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 232-247.
- Lee, A., McBain, K., Ventura, N., & Noël, G. (2019). Scoping Review: The Use of Augmented Reality in Medical and Surgical Anatomical Education and Its Assessment Tools. *The Faseb Journal*, 33(1 supplement).
- Lee, L. k., Chau, C. h., Chau, C. h., Ng, C. t., Hu, J. h., Wong, C. Y., . . . Wu, N. i. (2019). Improving the experience of teaching and learning kindergarten-level English vocabulary using augmented reality. *International Journal of Innovation and Learning*, 25(2).
- Lee, L., Chau, C., Tsoi, K. Y., & Wu, N. (2019). A Mobile Game for Learning English Vocabulary with Augmented Reality Block Builder. *Technology in Education: Pedagogical Innovations ICTE 2019. Communications in Computer and Information Science*. 1048, págs. 116-128. Singapore: Springer.

- Lens Fitzgerald, M. (s.f.). *Marketingfacts*. Recuperado el 09 de noviembre de 2018, de https://www.marketingfacts.nl/berichten/20090428_de_augmented_reality_hype_cycle
- Lin, W., Lo, W. T., & Yueh, H. P. (2019). How the Multimodal Media in Augmented Reality Affects Museum Learning Experience. *12th Asia Pacific Workshop on Mixed and Augmented Reality (APMAR)*, (págs. 1-4). Ikoma, Japan.
- Loidl, M., Schneider, A., Keis, O., Öchsner, W., Grab-Kroll, C., Lang, G., & Kampmeier, J. (2019). Augmented Reality in Ophthalmology: Technical Innovation Complements Education for Medical Students. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*.
- Looser, J., Billingham, M., & Cockburn, A. (2004). Through the looking glass: the use of lenses as an interface tool for Augmented Reality interfaces. *GRAPHITE '04 Proceedings of the 2nd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia* (págs. 204-211). Singapur: ACM.
- López Belmonte, J., Moreno Guerrero, A. J., Romero Rodríguez, J. M., & Gómez García, G. (2018). Nuevos entornos de aprendizaje en cooperativas de enseñanza: El uso de la realidad aumentada en Educación Infantil. *III Congreso Virtual Internacional de Educación, Innovación y TIC*.
- Lopez Pombo, H. (2010). *Análisis y desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada*. Tesis de Maestría, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.
- López-Gamboa, M., Córdoba-Padilla, G., & Córdoba-González, C. (2019). Realidad Aumentada por medio de HP Reveal en la enseñanza de la Física a nivel de educación secundaria. *Memorias del I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional*, (págs. 1-9). Costa Rica.
- Majima, Y., Masuda, S., & Matsuda, T. (2019). Development of Augmented Reality in Learning for Nursing Skills. *Studies in Health Technology and Informatics*, 264, 1720-1721.
- Marcel, F. (2019). Mobile augmented reality learning objects in higher education. *Research in Learning Technology*, 27.
- Mei, B., & Yang, S. (2019). Nurturing Environmental Education at the Tertiary Education Level in China: Can Mobile Augmented Reality and Gamification Help? *Sustainability*, 11.
- Miglino, O., & Walker, R. (2010). Teaching to teach with technology - a project to encourage take-up of advanced technology in education. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2492-2496.
- Mladenovic, R., Pereira, L., Mladenovic, K., Videnovic, N., Bukumiric, Z., & Mladenovic, J. (2019). Effectiveness of Augmented Reality Mobile Simulator in Teaching Local Anesthesia of Inferior Alveolar Nerve Block. *Journal of Dental Education*, 83(4), 423-428.
- Mokhsin, M., Zainol, A., Ibrahim, E., Som, M., Basit, K., & Azman, A. (2018). ARMyPat: Mobile Application in Learning Malay Historical Patriots Using Augmented Reality. *Intelligent and Interactive Computing Proceedings of IIC 2018* (págs. 425-445). Singapore: Springer.
- Moorhouse, N., tom Dieck, C., & Jung, T. (2019). An experiential view to children learning in museums with Augmented Reality. *Museum Management and Curatorship*, 34(4), 402-418.
- Moreno Martínez, N. M., Franco-Mariscal, R., & Franco-Mariscal, A. J. (2018). Realidad aumentada en química: Experiencia en educación secundaria a través de Elements 4D. *Journal of Science Education*, 19(2), 71-94.

- Nickels, S., Sminia, H., Muelle, S., Kools, B., Dehof, A. K., Lenhof, H.-P., & Hildebrant, A. (2012). ProteinScanAR-An augmented reality web application for high school education in biomolecular life sciences. *Information Visualisation*, 6, págs. 578-583. Montpellier: IEEE.
- Nicole Wake, A. B., Rosenkrantz, A., Huang, R., Park, K., Wysock, J., Taneja, S., . . . Chandarana, H. (2019). Patient-specific 3D printed and augmented reality kidney and prostate cancer models: impact on patient education. *3D Printing in Medicine*, 5(4).
- Nørgaard, C., Dyhrberg O'Neill, L., Chemnitz, J., & Majgaard, G. (2019). Learning Anatomy with Augmented Reality. *Læring Og Medier*, 12(20).
- Olwal, A., Kaiser, E. C., McGee, D., Benko, H., Corradini, A., Li, X., . . . Feiner, S. K. (2003). Mutual disambiguation of 3D multimodal interaction in augmented and virtual reality. *Proceedings of the 5th International Conference on Multimodal Interfaces - ICMI 2003* (págs. 12-18). Vancouver, Canadá: ACM.
- Oranç, C., & Küntay, A. C. (2019). Learning from the real and the virtual worlds: Educational use of augmented reality in early childhood. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 21, 104-111.
- Oviedo Monroy, J., & Arciniegas, A. (2019). Development of an application for mobile devices with augmented reality for the teaching of fracture characteristics. *INNODOCT/18. International Conference on Innovation, Documentation and Education* (págs. 139-149). Universitat Politècnica de València.
- Pardo Froján, J. E., & García Lorenzo, A. (2011). Aplicación de los códigos Bidimensionales QR (Quick Response) en la prestación de los Servicios de Mantenimiento y Asistencia Técnica. *5th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XV Congreso de Ingeniería de Organización*, (págs. 532-541). Cartagena.
- Patrício, J., Costa, M., & Manso, A. (2019). A Gamified Mobile Augmented Reality System for the Teaching of Astronomical Concepts. *14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (págs. 1-5). Coimbra, Portugal: IEEE.
- Pinto, M., Gomez Camarero, C., & Fernandez Ramos, A. (Septiembre de 2012). Electronic Educational Resources: perspectives and evaluation tools. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 17(3), 82-99.
- Pombo, L., & Marques, M. (2019). Learning with the Augmented Reality EduPARK Game-Like App: Its Usability and Educational Value for Primary Education. *Intelligent Computing. CompCom 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 997, págs. 113-125. Springer.
- Pombo, L., Marques, M., Afonso, L., Dias, P., & Madeira, J. (2019). Evaluation of a Mobile Augmented Reality Game Application as an Outdoor Learning Tool. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 11(4), 59-79.
- Poupyrev, I., Tan, D., Billinghamurst, M., Kato, H., Regenbretch, H., & Tetsutani, N. (Marzo de 2002). Developing a generic augmented-reality interface. *Computer*, 35(3), 44-50.
- Pullan, G., Chuan, T., Wong, D., & Jasik, F. (2019). Enhancing Web-Based CFD Post-Processing using Machine Learning and Augmented Reality. *AIAA Scitech 2019 Forum*.
- Ramos, A. I., Herrerra, J. A., & Ramirez, M. S. (2010). Desarrollo de habilidades cognitivas con aprendizaje móvil: un estudio de casos. *Revista científica de educacion*, 17(34), 201-209.
- Regenbrecht, H. T., & Wagner, M. T. (2002). Interaction in a collaborative augmented reality environment. *CHI '02: extended abstracts of 2002 Conference on Human factors in computing systems* (págs. 504-505). New York: ACM.

- Rodríguez-García, A. M., Hinojo-Lucena, F. J., & Ágreda-Montoro, M. (2019). Diseño e implementación de una experiencia para trabajar la interculturalidad en Educación Infantil a través de realidad aumentada y códigos QR. *Educar*, 55(1), 59-77.
- Romar Tejeiro, A. (2019). Realidad aumentada y realidad virtual para educación sobre ciencias del espacio y astronomía. *Astronomía*(240), 20-21.
- Rosabel Roig-Vila, R., Lorenzo-Lledó, A., & Mengual-Andrés, S. (2019). Utilidad percibida de la realidad aumentada como recurso didáctico en Educación Infantil. *Campus Virtuales*, 8(1), 19-35.
- Roussou, M. (2004). Learning by doing and learning through play: An exploration of interactivity in virtual environments for children. *Computers in Entertainment*, 2(1), 10.
- Sahin, N., & Ozcan, M. F. (2019). Effects of Augmented Reality in Teaching Old Turkish Language Mementoes on Student Achievement and Motivation. *Contemporary Educational Technology*, 10(2), 198-203.
- Samaniego-Franco, J. B., Agila-Palacios, M. V., JaraRoa, D. I., & Sarango-Lapo, C. P. (2018). Realidad Aumentada como recurso de apoyo en el proceso enseñanza-aprendizaje en Medicina Legal. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*(17), 972-984.
- Sánchez Zuain, S., & Durán, E. (2017). Identificación de requisitos para aplicaciones Web mediante el uso de una taxonomía basada en la catalogación de las aplicaciones. *46 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO)-43 Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI) XVIII Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE)*, (págs. 93-100). Córdoba, Argentina.
- Sarkar, P., & Pillai, J. S. (2019). User Expectations of Augmented Reality Experience in Indian School Education. En *Chakrabarti A. (eds) Research into Design for a Connected World. Smart Innovation, Systems and Technologies* (págs. 745-755). Singapore: Springer.
- Schiffeler, N., Stehling, V., Haberstroh, M., & Isenhardt, I. (2019). Collaborative Augmented Reality in Engineering Education. *Cyber-physical Systems and Digital Twins. REV2019 2019. Lecture Notes in Networks and Systems*. 80, págs. 719-732. Springer.
- Soleimani, H., Jalilifar, A., Rouhi, A., & Rahmanian, M. (2019). Augmented Reality and Virtual Reality Scaffoldings in Improving the Abstract Genre Structure in a Collaborative Learning Environment: A CALL Study. *Journal of English Language Teaching and Learning*, 11(23), 327-357.
- Sonntaga, D., Albuquerque, G., Magnorb, M., & Bodensiek, O. (2019). Hybrid learning environments by data-driven augmented reality. *Procedia Manufacturing* 31 (págs. 32-37). Elsevier.
- Squire, K., & Klopfer, E. (2007). Augmented reality simulations on handheld computers. *Journal of the Learning Sciences*, 16(3), 371-413.
- Suarez, J. I. (Abril de 2017). *Teatro y Realidad virtual*. Recuperado el 7 de Febrero de 2019, de <http://teatroyrealidadvirtual.blogspot.com/>
- Tang, T., Xu, J., & Winoto, P. (2019). Automatic Object Recognition in a Light-Weight Augmented Reality-based Vocabulary Learning Application for Children with Autism. *ICIAI 2019 Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Innovation in Artificial Intelligence* (págs. 65-68). Suzhou: ACM.
- Tillman, D. A., Teller, R. C., Perez, P. E., & An, S. A. (2019). Employing 3D Printing to Fabricate Augmented Reality Headsets for Middle School STEM Education. En I. Santos, N. Ali, & S. Areepattamannil, *Interdisciplinary and International Perspectives on 3D Printing in Education* (págs. 241-261). IGI Global.

- Vara López, A. (2018). Las narrativas digitales en Educación Infantil: una experiencia de investigación e innovación con booktrailer, cuentos interactivos digitales y Realidad Aumentada. *Diablotexto Digital*(3), 111-131.
- Vedadi, S., Abdullah, Z., & Cheok, A. (2019). The Effects of Multi-Sensory Augmented Reality on Students' Motivation in English Language Learning. *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (págs. 1079-1086). Dubai, EAU: IEEE.
- Villalustre Martínez, L., Del Moral Perez, M., & Neira Piñeiro, M. R. (2019). Percepción docente sobre la Realidad Aumentada en la enseñanza de ciencias en Primaria. Análisis DAFO. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 16(3), 3301.
- Villarejo Villar, A. B. (2019). Análisis motivacional respecto al aprendizaje a través de la realidad aumentada en la enseñanza de ciclos formativos. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*(6), 48-63.
- Volpe, G. (2003). *Computational models of expressive gesture in multimedia systems*. Univerisdad de Génova, Department of Communication, Computerand Systems Sciences. Génova: InfoMus Lab.
- Walsh, M., & Khan, O. (2019). P.105 The “Comprehensive 3D Skull Base Lab”-- enhancing resident education with virtual/augmented reality and 3D printing at Northwestern University. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, S.41.
- Weng, D. (2011). Soul hunter: A novel augmented reality application in theme parks. *10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (págs. 279-280). Basilea: IEEE.
- White, S., Feiner, S., & Kopylec, J. (2006). Virtual vouchers: Prototyping a mobile augmented reality user interface for botanical species identification. *3D User Interfaces* (págs. 119-126). Alexandria, USA: IEEE.
- Wikipedia. (12 de Julio de 2019). *Learning Object Metadata*. Recuperado el 22 de Julio de 2019, de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Learning_Object_Metadata
- Wikipedia. (s.f.). *Google Play*. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Play
- Zheng, W., Zhou, Y., & Qin, Y. (2019). An Empirical Study of Incorporation of Augmented Reality into Civic Education. *Proceedings of the 2019 International Conference on Modern Educational Technology* (págs. 30-35). New York: ACM.