

[JUNIO 2014]

Autor: Carlos Prendes Espinosa

Directoras: Linda Castañeda Quintero

Adolfina Pérez i Garcías



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI



MÁSTER EN TECNOLOGÍA EDUCATIVA:

E-LEARNING Y GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Perfil profesionalizador

TRABAJO FIN DE MÁSTER

[PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA EN UN IES BASADA EN UNA INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA SOBRE REALIDAD AUMENTADA]

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	8
-------------------	---

Estado de la cuestión: la realidad aumentada

1. LA REALIDAD AUMENTADA: GENERALIDADES	13
1.1. ENTORNOS SINTÉTICOS	14
1.2. HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL	18
1.3. HISTORIA DE LA REALIDAD AUMENTADA	22
1.4. DEFINICIÓN DE RA	23
1.5. TIPOS DE REALIDADES	25
1.5.1. <i>El continuo de Milgram. La realidad mixta</i>	25
1.5.2. <i>Otras realidades</i>	26
2. TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON LA RA	29
2.1. <i>DISPLAYS</i> PARA SISTEMAS DE REALIDAD AUMENTADA	29
2.2. ¿TECNOLOGÍAS ÓPTICAS O DE VÍDEO?.....	30
2.3. SISTEMAS MULTIMODALES.....	31
2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE REALIDAD AUMENTADA.....	32
2.5. NIVELES DE LA RA.....	37
2.6. REALIDAD AUMENTADA Y CÓDIGOS QR.....	43
2.7. HARDWARE PARA SISTEMAS DE REALIDAD AUMENTADA.....	45
2.8. SOFTWARE DE RA.....	47
3. REALIDAD AUMENTADA Y EDUCACIÓN	49
3.1. INTERACCIÓN EN LOS ENTORNOS DE REALIDAD AUMENTADA.....	49
3.2. CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE LA RA A LA EDUCACIÓN.....	50
3.3. REVISIÓN DE PROYECTOS EN EL CAMPO EDUCATIVO BASADOS EN RA.....	52
3.4. EJEMPLOS DE PROYECTOS CON RA QUE PODRÍAN APLICARSE EN UN FUTURO A LA EDUCACIÓN.....	56

El estudio

4. DISEÑO METODOLÓGICO	59
4.1. OBJETIVOS	59
4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	60
4.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	61
4.4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	61
4.4.1. <i>Búsqueda bibliográfica</i>	61
4.5. FUENTES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS	73
4.6. REVISIÓN DE EXPERIENCIAS PRÁCTICAS. BÚSQUEDA DE FUENTES DOCUMENTALES EN INTERNET	73
4.7. DISEÑO Y VALIDACIÓN DE LA FICHA DE ANÁLISIS DESCRIPTIVO	74
5. ANÁLISIS DE DATOS.....	78

La propuesta

6. PROPUESTA DIDÁCTICA.....	81
6.1. OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	81
6.2. CALENDARIO DE REALIZACIÓN	82
6.3. LÍNEA DE TFM EN EL QUE SE INSERTA LA PROPUESTA DIDÁCTICA	83
6.4. ASPECTOS ORGANIZATIVOS PARA EL DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS	83
6.5. CONTEXTO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	84
6.6. DISEÑO DIDÁCTICO DE LAS ACTIVIDADES PROPUESTAS	85
6.6.1. <i>Actividad introductoria</i>	86
6.6.2. <i>Actividad con códigos QR</i>	87
6.6.3. <i>Actividad con repositorios de marcadores</i>	88
6.6.4. <i>Actividades con A-RA y de perspectiva axonométrica</i>	90
6.6.5. <i>Actividades con software markerless</i>	92
6.6.6. <i>Actividades de geolocalización</i>	93
6.6.7. <i>Realización de un laboratorio virtual de RA</i>	94
6.7. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	95
6.7.1. <i>Dimensiones a evaluar</i>	95
6.7.2. <i>Instrumentos de evaluación</i>	96

7. CONCLUSIONES..... 97

7.1. REFERIDAS A LA RA97

7.2. REFERIDAS A LOS OBJETIVOS DEL TRABAJO98

7.3. LIMITACIONES Y LÍNEAS DE FUTURO99

REFERENCIAS 101

Anexos

ANEXO I..... 108

FICHA 1.....108

FICHA 2.....111

FICHA 3.....114

FICHA 4.....117

FICHA 5.....120

FICHA 6.....123

FICHA 7.....126

FICHA 8.....129

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Objetivos del TFM 10

Tabla 2 Criterios de clasificación de los sistemas de RA 35

Tabla 3 Niveles de RA 42

Tabla 4. Resultados de la búsqueda en revistas especializadas 72

Tabla 5 Objetivos de la propuesta didáctica 81

Tabla 6 Calendario de realización 83

Tabla 7 Diseño de la actividad introductoria con ARSights 87

Tabla 8 Diseño de la actividad con códigos *QR* 88

Tabla 9 Diseño de las actividades con repositorios de marcadores 90

Tabla 10 Diseño de las actividades con A-RA y de perspectiva axonométrica 91

Tabla 11 Diseño de la actividad con software *markerless* 93

Tabla 12 Diseño de la actividad de geolocalización 94

Tabla 13 Diseño de la actividad de laboratorio virtual de RA 95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Clasificación de los entornos sintéticos	14
Figura 2	Interfaz hombre-máquina	16
Figura 3	Esquema de la interfaz hombre-máquina en los entornos sintéticos	17
Figura 4	Continuo realidad-virtualidad	25
Figura 5	Taxonomía de Realidad, Virtualidad, Medialidad	27
Figura 6	Taxonomía de Realidad, Virtualidad, Medialidad (Diagrama de Venn)	27
Figura 7	Generación de imagen para displays de RA	29
Figura 8	Diagrama conceptual de un <i>HMD see-through</i> óptico	30
Figura 9	Diagrama conceptual de un <i>HMD see-through</i> de vídeo	31
Figura 10	Diagrama conceptual de RA basada en un monitor (<i>Monitor-based</i>)	31
Figura 11	Clasificación de los sistemas de realidad aumentada según diversos criterios	33
Figura 12.	Importancia de las fuentes bibliográficas	63

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Estación de tele-cirugía con manipuladores	15
Imagen 2 Quirófano experimental con dos robots de intervención	15
Imagen 3 HMD y guante háptico del operador	15
Imagen 4 Interacción en el mundo sintético de la mano con los "ángeles" virtuales	16
Imagen 5 Simulador para excavadoras	18
Imagen 6 Sistema cinerama	19
Imagen 7 Sistema sensorama	19
Imagen 8 Sistema de RV "The sword of Damocles" (la espada de Damocles)	20
Imagen 9 Sistema "Super Cockpit"	21
Imagen 10 Sistema CAVE actualizado en 2001	22
Imagen 11 Sistema KARMA (<i>Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance</i>)	22
Imagen 12 ARQuake. Dispositivos y visión del jugador	23
Imagen 13 Logos de wiktitude, layar y junaio (navegadores de RA)	23
Imagen 14 Código de barras (UPC)	39
Imagen 15 Código Quick Response (QR)	39
Imagen 16 Ejemplo de imagen aleatoria para RA de nivel 0	39
Imagen 17 Ejemplo de modelo 3D asociado a un marcador	40
Imagen 18 Ejemplo de marcador (marker)	40
Imagen 19 Ejemplo de RA <i>markerless</i> geoposicionada	41
Imagen 20 Ejemplo de visión aumentada	41
Imagen 21 Lentillas de alta tecnología para su uso como display	42
Imagen 22 Marcador híbrido de RA para patentar	43
Imagen 23 URL con todas las referencias Web del TFM	44
Imagen 24 Dispositivos HMD	46
Imagen 25 Wearable devices Google glasses	46
Imagen 26 Wearable ipod de muñeca	46

Imagen 27 Usos de las Google glass en educación 57

Imagen 28 Marcador de ARSights 87

Imagen 29 Modelo de la puerta de Alcalá de ARSights 87

Imagen 30 Código *QR* para acceso a la Web del instituto 88

Imagen 31 Ejemplo de uso de Realitat3 con marcadores 90

Imagen 32 Ejemplo de modelo axonométrico utilizando A-RA 91

Imagen 33 Modelo asociado a un número de la revista PCActual mediante Aurasma 93

Imagen 34 Imagen de eduloc.net 94

Introducción

A menudo buscar información por Internet lleva al internauta de página en página y termina encontrando información de lo que menos se espera. Una vez se ha visto un vídeo sobre la tecnología de realidad aumentada casi no hay duda de que querrás saber más. En concreto ésta fue la experiencia del autor de este trabajo fin de máster con dicha tecnología. Desde el principio parece intuirse un enorme potencial en casi cualquier área del conocimiento, particularmente en lo que respecta al ámbito de este trabajo, el de la educación.

El problema que se plantea entonces es buscar información para llevar al aula de la manera más efectiva posible, desde el punto de vista del proceso de enseñanza-aprendizaje, actividades relacionadas con esta tecnología apoyándose para ello en las experiencias que otros profesionales del sector ya han llevado a cabo en otros centros educativos. Para ello el primer paso es fijar claramente los conceptos implicados en el discurso para definir claramente de qué se está hablando.

La realidad aumentada es en palabras de Kato (2010) “una de las más grandes aproximaciones al soporte de actividades humanas en el entorno real”, para otros autores (Reinoso, 2013) estamos muy posiblemente ante una innovación disruptiva (entendida como aquella que provocará cambios muy importantes).

¿Realidad aumentada (*augmented reality*), realidad mixta (*mixed reality*), realidad mejorada (*enhanced reality*), realidad virtual (*virtual reality*), realidad artificial (*artificial reality*), realidad mezclada (*blended reality*), realidad mediatizada (*mediated reality*)...? ¿Qué tienen en común y qué tienen de diferente todos estos términos? ¿Cuál es el estado del arte de estas tecnologías y cómo pueden ayudar a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje? ¿Están aquí para quedarse? En la revisión teórica del presente trabajo se tratará de contestar a estas preguntas haciendo un repaso de los logros obtenidos en los diferentes campos tecnológicos implicados para poder situarse en el presente y observar posibles tendencias de futuro. A partir de esta revisión, se realizarán algunas reflexiones sobre el uso educativo de estas herramientas que serán cada vez más importantes en todos los ámbitos, ya que se prevé una cifra de negocio de 2.500 millones de dólares en cinco años (Nusca, 2013) y una gran cantidad de expertos e

informes internacionales coinciden en señalar un gran impacto de esta tecnología a corto plazo (Martín, 2012). A partir de todo ello, se presenta el diseño de un plan de actividades para su implementación en el Instituto de Enseñanza Secundaria (a partir de ahora IES) Beniaján (Murcia) para el curso 2014-2015. La propuesta será fácilmente trasladable a otros institutos de su ámbito.

La finalidad de este proyecto, por tanto, es el diseño de una propuesta de implementación de tecnologías de *AR (Augmented Reality)* orientada a las diversas áreas de conocimiento de la enseñanza secundaria (geografía e historia, matemáticas, física, informática, dibujo técnico, lengua, etc.). La propuesta se articula en torno a algunas actividades que hemos diseñado integradas en el currículo de la enseñanza secundaria, actividades con su correspondiente recomendación técnica. Por otra parte, pretendemos que el profesorado del centro aprenda a utilizar las herramientas correspondientes para el diseño futuro de sus propias actividades. Se ha introducido el acrónimo *AR* porque es de amplia utilización en la literatura sobre el tema pero a partir de ahora en el texto se utilizará *RA (Realidad Aumentada)* para referirse a esta tecnología.

Con todo ello lo que se pretende es acercar la *RA* a los profesionales de la educación que están todos los días trabajando en el aula con los alumnos, de tal manera que les resulte fácil y asequible iniciarse en el mundo de posibilidades que ofrecen estas herramientas. De estas experiencias se espera obtener una realimentación sobre lo que funciona o no en el aula para poder aplicarlo al día a día del instituto y evaluar el impacto obtenido con el uso de estas tecnologías.

Es de remarcar que el presente trabajo fin de máster (TFM) se sitúa en el **perfil profesionalizador** del título y desarrollará una **propuesta de innovación educativa basada en RA** (como tecnología TIC) en los términos descritos en los anteriores párrafos. Se partirá del análisis de los recursos de *RA* disponibles para la formación para planificar un programa de actividades de *RA* en un instituto de enseñanza secundaria y formación profesional y se llevará a cabo una investigación exploratoria sobre la aplicación de la tecnología de realidad aumentada a la educación. De las líneas definidas para los TFM de este máster, se inserta por tanto en la línea definida como **“diseño didáctico en entornos tecnológicos”**.

La tecnología de *RA* está introduciéndose con fuerza en todos los ámbitos de la sociedad y la educación es un campo de enormes posibilidades para estas nuevas herramientas. No siendo ajenos al interés que el potencial educativo de la *RA* presenta en la actualidad y sus posibilidades para un futuro próximo, el TFM cubrirá los siguientes objetivos:

Objetivo general
Diseñar una propuesta de innovación educativa basada en actividades de RA en el IES Beniaján.
Objetivos específicos
▪ Conocer el “estado del arte” actual en el software y estándares sobre la RA y códigos QR.
▪ Buscar y analizar experiencias y actividades de RA ya realizadas para su posible implementación en el centro educativo.
▪ Diseñar una propuesta de implementación de actividades basadas en RA adaptada al contexto socio-educativo concreto del centro donde se planifica la experiencia.

Tabla 1 Objetivos del TFM

Para todo ello el presente trabajo constará de los siguientes tres bloques:

- Estado de la cuestión en realidad aumentada. Repaso del estado del arte y conceptos, hechos y tecnologías necesarias para comprender el desarrollo actual de las tecnologías de RA y la relación existente hoy en día entre las tecnologías de RA y la educación. En este apartado se hará un recorrido por algunos proyectos ya implementados y las implicaciones del uso de esta tecnología en el contexto educativo. Igualmente se presentarán algunas conclusiones de diversos autores sobre la RA. Consta de los capítulos uno (la RA: generalidades), dos (tecnologías relacionadas con la RA) y tres (RA y educación).
- El estudio. Resumen del proceso de investigación utilizado para alcanzar los objetivos previstos. Se incluye el diseño metodológico de la investigación exploratoria y el análisis de datos obtenido en la investigación documental. Consta de los capítulos cuatro (diseño metodológico) y cinco (análisis de datos).
- La propuesta. En este punto se presentan una propuesta didáctica de innovación educativa con una serie de actividades basadas en herramientas de RA. Esta propuesta está basada en las conclusiones que se derivan del análisis realizado de las experiencias previas encontradas durante el proceso de investigación y se indican también las perspectivas de futuro que se derivan de él. También se describe el contexto concreto donde se llevará a cabo tal propuesta de innovación así como su integración curricular o los recursos a utilizar en el desarrollo de las actividades propuestas. Consta únicamente del capítulo seis (propuesta didáctica).

Después de estos bloques se incluye un punto de conclusiones (capítulo 7) referidas tanto a la tecnología de RA, como sobre los objetivos del proyecto, limitaciones encontradas y posibles líneas de investigación futuras. A continuación y a modo de colofón la lista de referencias utilizadas en el trabajo (capítulo 8) y el anexo con las fichas descriptivas de las experiencias de RA analizadas en el ámbito educativo.

La propuesta didáctica, que será desarrollada con detenimiento en el capítulo 6, incluye el uso de códigos *QR* y de actividades, basadas en marcadores, *markerless* y geolocalización integradas con otros proyectos de innovación educativa que tiene en marcha el instituto: proyecto Enseñanza XXI para el uso de recursos digitales en el aula y el proyecto Comenius de intercambio de alumnos con centros educativos de Europa.

La pretensión de este proyecto es incorporar el uso de la tecnología de RA al máximo número posible de profesores y alumnos.

Estado de la Cuestión: la realidad aumentada

“Visualizar lo invisible ha sido uno de los más fascinantes fenómenos para los humanos durante la historia [...] el microscopio, el telescopio, los rayos-x o el escaneo del cerebro han tenido un enorme impacto en el desarrollo de la investigación científica” (Salmi, 2013, p.5).

Estas palabras del doctor Salmi sin duda excitan la imaginación sobre las posibilidades de las tecnologías de realidad aumentada. Estamos en un momento clave, en el que este tipo de tecnologías puede despegar definitivamente o por el contrario esperar pacientemente en un cajón a la espera de su madurez definitiva. El reto para los investigadores en realidad mixta es considerable pero también lo es para aquellos que no están involucrados directamente en la investigación y que quieren sacarle partido a estas tecnologías para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Como bien dice el mismo Salmi (2013) el reto será: "usar el principio de hacer lo invisible observable a través de la aplicación de la tecnología de RA en las ciencias de la educación" (p.5).

1. La Realidad Aumentada: generalidades

A nadie escapa la revolución tecnológica que estamos viviendo debido a la aparición de los ordenadores personales e Internet. Esta revolución se aceleró todavía más si cabe con la aparición de los *smartphones* y las *tablets*, dispositivos que te mantienen permanentemente conectado a Internet las 24 horas del día. Junto a este tremendo cambio que se refleja en todos los niveles de la sociedad vemos que aparejados a él aparecen nuevas tecnologías y aplicaciones que cambian nuestra forma de aprender, trabajar, actuar, comprar, vender y relacionarnos. Una de estas tecnologías es la RA.

Para entender exactamente lo que es y sobre todo lo que no es la realidad aumentada también hay que presentar la tecnología en la cual hunde sus raíces, la realidad virtual.

Se debe comentar que la idea de utilizar los ordenadores como amplificadores de la inteligencia humana, más allá de meros ayudantes para cálculos más o menos complejos, viene ya de antiguo y uno de los pioneros fue el conocido Douglas Engelbart. Engelbart dirigía el ARC (*Augmentation Research Center*) del SRI (*Stanford Research Institute*), “en [...] 1945 Engelbart preconizaba ordenadores que complementaran la memoria de la gente y les ayudaran a establecer nuevas conexiones entre viejas ideas, de modo compartido” (Cervera, 2013). Esta idea de aumentar las capacidades humanas a través del ordenador fue paralela al uso de nuevas interfaces para la interacción hombre-máquina: la “comunicación Hombre-Máquina es una disciplina relacionada con el diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para ser usados por personas, y con el estudio de los fenómenos más importantes que están involucrados (Definición de ACM)” (Suárez, Martínez y Cueva, 2004, p.5).

Todas estas nuevas ideas en la ciencia de la computación las recogió el famoso investigador Sutherland quien en 1965 escribió el artículo “The ultimate display” que es reconocido unánimemente como el primer trabajo donde se habla de dispositivos que posteriormente se bautizarían como de realidad virtual, de hecho Sutherland es considerado el creador de los gráficos de ordenador. El propio Sutherland realizó en 1968 el primer *HMD* (*Head Mounted Display*) que se considera como el primer visor de realidad virtual. El desarrollo de los periféricos de entrada/salida y los avances en las áreas de visión por computador y gráficos llevaron al desarrollo sin precedentes de lo que hoy conocemos como realidad virtual.

El desarrollo posterior de las ideas y tecnologías asociadas a la realidad virtual llevó a Caudell y Mizell a definir en 1990 el sistema que diseñaron para Boeing como realidad aumentada (Rauterberg, s.f., p.96), diferenciándose de la realidad virtual en que las imágenes generadas eran parte el mundo real y parte un entorno sintético.

Para comenzar la exposición lo primero que se presentará es una introducción de los conceptos utilizados durante el proyecto para poder delimitar su alcance y poder hablar con propiedad sobre las herramientas utilizadas.

1.1. Entornos sintéticos

La academia nacional de ciencias de los Estados Unidos proporciona la siguiente definición de entorno virtual (*virtual environment, VE*) o realidad virtual “en un sistema de entorno virtual, la máquina es un ordenador apropiadamente programado que genera o sintetiza mundos virtuales con los que puede interactuar el operador” (Durlach y Mavor, 1995, p.1-2) En el citado documento se elabora una clasificación de los sistemas de realidad virtual que resulta bastante clarificador para poder distinguir características relevantes de estos sistemas que luego son útiles para su mejor comprensión. La siguiente figura está basada en sus conclusiones y el texto entrecomillado de este apartado está extraído del mismo texto:

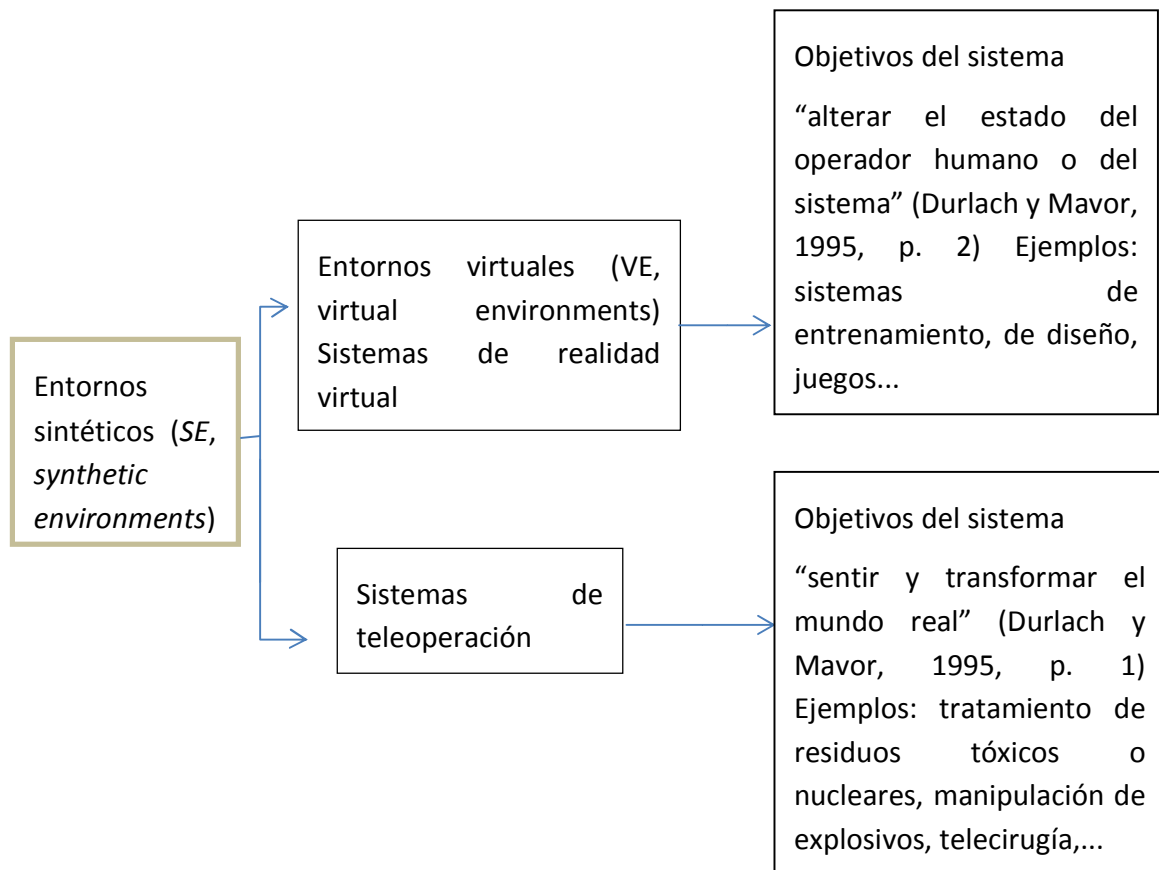


Figura 1 Clasificación de los entornos sintéticos

Fuente: elaboración propia. Basada en Durlach y Mavor (1995)

En las siguientes imágenes podemos observar un sistema de telecirugía.



Imagen 1 Estación de tele-cirugía con manipuladores

Fuente: Gómez de Gabriel et al. (2005)

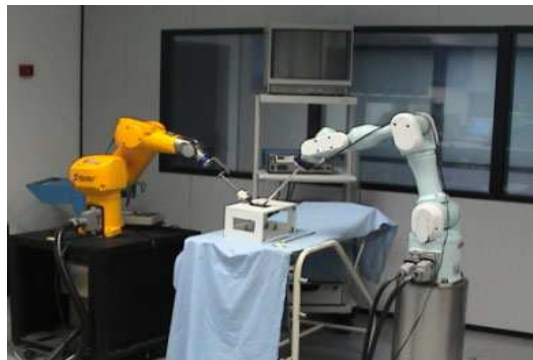


Imagen 2 Quirófano experimental con dos robots de intervención

Fuente: Gómez de Gabriel et al. (2005)

Debajo podemos ver las imágenes de un sistema de realidad virtual con un display en forma de casco (*HMD*) y un guante háptico de la película virtual "Angels".



Imagen 3 HMD y guante háptico del operador

Fuente: Wikimedia. Autora: Nicole Stenger

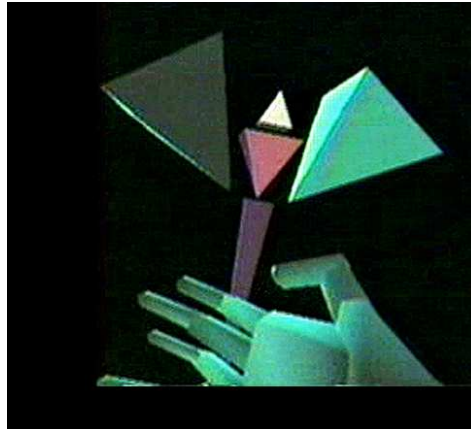


Imagen 4 Interacción en el mundo sintético del operador con los "ángeles" virtuales

Fuente: Wikimedia. Autora: Nicole Stenger

En ambos tipos de sistemas (VE o de teleoperación) lo que se produce es una interacción del hombre con una máquina a través de una interfaz. Siguiendo a Durlach y Mavor (1995) la diferencia es que en el caso de los entornos virtuales esa máquina es un ordenador programado para generar mundos virtuales o bien, en el caso de la teleoperación es una herramienta electromecánica (telerobot, teleoperador).

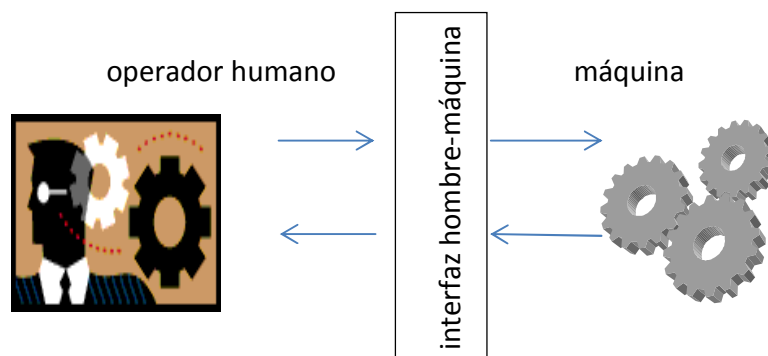


Figura 2 Interfaz hombre-máquina

Fuente: elaboración propia

En el mismo informe citado se incluye un gráfico que nos permite apreciar de forma fácil al diferencia entre un sistema de teleoperación y uno de realidad virtual.

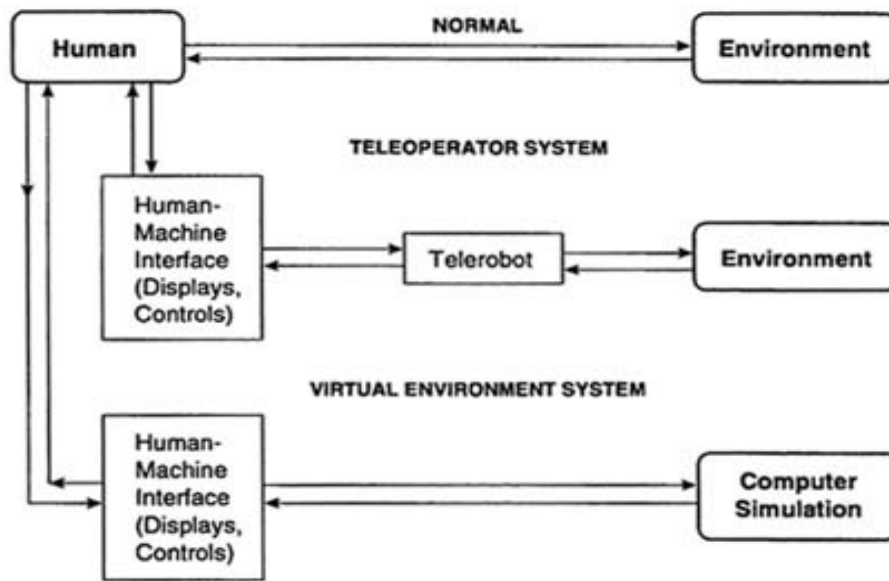


Figura 3 Esquema de la interfaz hombre-máquina en los entornos sintéticos

Fuente: Durlach y Mavor, 1995, p.19

Como vemos la diferencia reside en que el sistema de teleoperación actúa en el entorno real mientras que el de VR (*Virtual Reality*) actúa en la simulación por ordenador. A partir de ahora nos referiremos a la VR como RV (Realidad Virtual).

Una vez tenemos clara la diferencia entre estos dos diferentes tipos de entornos sintéticos se han desarrollado muchos sistemas que podríamos llamar combinados los cuales son “sistemas de teleoperación que utilizan entornos virtuales para la planificación de las acciones” (Durlach y Mavor, 1995, p.2). Estos sistemas son útiles cuando el operador está físicamente muy alejado de la máquina de tal manera que el sistema de transmisión no es capaz de hacerle llegar al operador la información real sobre el verdadero efecto de sus acciones y por tanto los sistemas de realidad virtual ayudan a que las acciones sean planificadas previamente con meticulosidad para alcanzar el objetivo deseado.

Paralelamente al desarrollo de sistemas de realidad virtual se producen otro tipo de sistemas que a menudo son confundidos, por sus similares características, con éstos; se trata de los simuladores. Como se menciona en el informe “la distinción entre sistemas de entornos virtuales y sistemas de simuladores es más sutil que la distinción entre los sistemas de entornos virtuales y los sistemas de teleoperación” (Durlach y Mavor, 1995, p.22) asimismo el informe cita a Breglia para establecer una sutil distinción entre ambos tipos de sistemas: “Mientras que un simulador está más íntimamente ligado al sistema físico determinado con el cual el usuario se espera que interactúe [...] un sistema de entorno virtual está más íntimamente ligado al

operador humano” (Durlach y Mavor ,1995, p.22). Estas diferencias se entienden claramente si pensamos en sistemas de simuladores y de realidad virtual concretos.

Debajo tenemos la imagen de un simulador (combina un sistema infográfico con el uso de mecanismos propios del vehículo a simular), obtenida de Ramírez (2013).



Imagen 5 Simulador para excavadoras

Fuente: (Ramírez, 2013, p.10)

Los sistemas sintéticos son complejos ya que implican la cooperación entre informática, ingeniería eléctrica o mecánica, psicofísica sensorimotora, psicología cognitiva y factores humanos (Durlach y Mavor, 1995). Desde el punto de vista del proyecto el interés se centra en los sistemas de realidad virtual, ya que la realidad aumentada surgió como tecnología a partir de estos tipos de sistemas, si bien tiene sus propios retos y características como veremos más adelante.

1.2. Historia de los sistemas de realidad virtual

Las referencias de este punto y el siguiente (historia de la RA) están basadas en Portalès (2008), López (2008), Mendoza (2013) y Torres (2012). Es una versión resumida de los principales hitos asociados a la realidad virtual hasta la aparición del concepto de realidad aumentada.

El ingeniero Fred Waller creó en 1954 cinerama. Es un sistema de proyecciones cinematográficas con varias cámaras en pantalla curvada que logra “un efecto de profundidad y realismo” (Portalès, 2008). El sistema cinerama se considera el precursor de sistemas más conocidos hoy en día como IMAX¹. Debajo una imagen del sistema cinerama.

¹ Para más información ver <http://en.wikipedia.org/wiki/Cinerama>

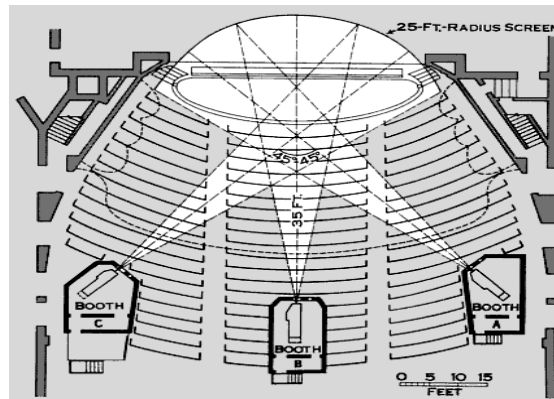


Imagen 6 Sistema cinerama

Fuente: <http://www.widescreenmuseum.com/widescreen/wingcr1.htm> y utilizada con el permiso del comisario del museo Mr. Martin Hart

En 1956 Heilig desarrolla sensorama, inspirándose en cinerama es un invento que podría catalogarse como multimodal pues utiliza los sentidos de la vista, tacto, cinestesia, oído y el olfato para proporcionar al usuario una experiencia inmersiva. Una de las grabaciones hechas para sensorama era un paseo en bicicleta por Brooklyn (Nueva York). Según Portalès (2008) algunos autores definen a Heilig como el padre de la realidad virtual. Sensorama no tuvo ningún apoyo comercial pero según las personas que lo han probado (todavía está en funcionamiento) es una experiencia todavía hoy en día impresionante².

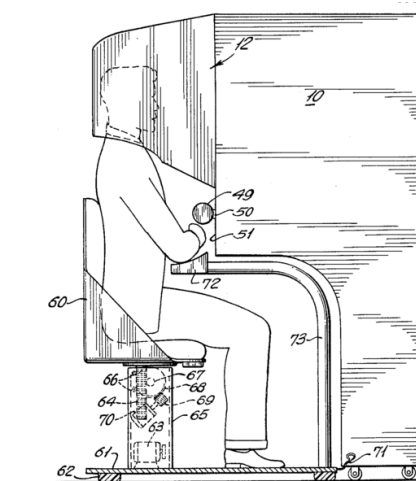


Imagen 7 Sistema sensorama

Fuente: Wikimedia. Autor: Morton Heilig.

² Para más información ver <http://en.wikipedia.org/wiki/Sensorama>

En 1965 Sutherland publica un artículo titulado "The ultimate display" ("El display definitivo"). Este artículo histórico se considera como el que sentó las bases del concepto de realidad virtual. Grau, citada por Portalès (2008), afirma que Sutherland ya había fabricado lo que se considera la primera interfaz gráfica de la historia y en este artículo describió un display (en su acepción de dispositivo para mostrar información al usuario). Sutherland (1965) lo describió como:

El display definitivo podría ser, por supuesto, una habitación dentro de la cual un ordenador puede controlar la existencia de la materia. Una silla mostrada en esa habitación sería lo suficientemente buena para sentarte en ella. Unas esposas en esa habitación te apresarían, y una bala en tal habitación resultaría mortal. Con la programación apropiada tal display podría ser literalmente el país de las maravillas en el que estuvo Alicia (p.2).

En 1968 el propio Sutherland construye "el primer HMD estereoscópico con imágenes sintéticas generadas por ordenador" (Portalès, 2008). Este HMD colgaba del techo anclado por unos brazos mecánicos para soportar su peso. Carlson (2007) cuenta que Sutherland no podía con la tecnología de su época hacer el dispositivo que pensaba pero a pesar de eso el mismo Sutherland declararía posteriormente que su proyecto definió una serie de problemas que motivaron la investigación durante algunos años y proporcionó "una razón para seguir adelante y empujar la tecnología tan lejos como pudieras" (Carlson, 2007).

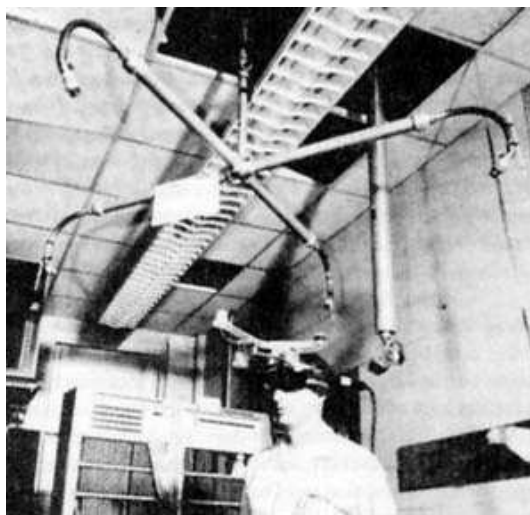


Imagen 8 Sistema de RV "The sword of Damocles" (la espada de Damocles)

Fuente: <http://design.osu.edu/carlson/history/lesson17.html>

En 1981 Furness diseña un *display see-through* (ver punto 2.2) de tal manera que cuando un piloto de combate mirara en varias direcciones "la visión de su entorno se aumenta con diferente información" (Portalès, 2008, p.74). Furness estaba preocupado con la cantidad

de información que se mostraba en el panel de control y quiso ayudar con su sistema a los pilotos.



Imagen 9 Sistema "Super Cockpit"

Fuente: <http://seattletimes.com/pacificnw/2004/0411/cover.html>

En la década de los 80 la actividad de los ingenieros en sistemas de realidad virtual se incrementa, aparecen los primeros interfaces hápticos, guantes sensores del movimiento, e incluso las primeras empresas que proporcionan al público en general sistemas de realidad virtual de tal forma que la nueva tecnología sale de las universidades y los proyectos militares para entrar de lleno en el ámbito civil. Uno de los pioneros en este campo es Lanier a quien debemos el término “realidad virtual” que acuñó en 1989 (Mann, 2002) ya que hasta entonces no existía un nombre específico. De hecho le fueron atribuidos otros nombres como “realidad artificial” que el propio Lanier usó en los años 80 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, s.f., capítulo 5).

En 1990 Caudell crea el término RA como ya hemos comentado anteriormente.

En 1992 se diseña en la Universidad de Illinois (Chicago) el primer sistema de realidad virtual más allá del uso de *HMDs*. El sistema *CAVE* (*Cave Automatic Virtual Environment*) “ideó el concepto de una habitación con gráficos proyectados desde detrás de las paredes y suelo” (Mendoza, 2013). 1992 también es el año de la publicación del artículo de Caudell y Mizell “Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes” que describe el sistema que inspiró el término RA.



Imagen 10 Sistema CAVE actualizado en 2001

Fuente: Wikimedia. Autor: Dave Pape.

1.3. Historia de la Realidad aumentada

En el año 1990 Caudell acuñó el término “*augmented reality*” para referirse a un sistema de montaje de paneles en el que estaba trabajando en Boeing, el sistema consistía en un dispositivo *HMD* (*Head-mounted display*) que guiaba al operador para el montaje correcto de los cables de un sistema.

En 1994 Feiner, MacIntyre y Seligmann presentan el prototipo de su sistema *KARMA* para ayudar al mantenimiento de una impresora láser.

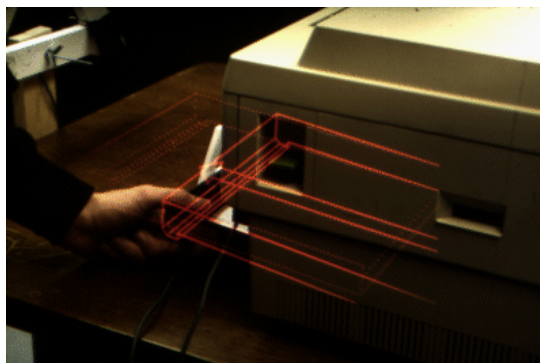


Imagen 11 Sistema KARMA (Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance)

Fuente: <http://monet.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html>

En 1999 Kato desarrolla *ARToolkit*, la importancia de esta librería es clave ya que según Zope (2012): “fue una de las primera librerías de realidad aumentada que surgieron, siendo un referente a seguir y, de hecho, hoy en día sigue usándose (librerías basadas en *ARToolkit*) y

tiene variantes adaptadas a los lenguajes más comunes como Java o Flash". *ARToolkit* es portado a Flash en 2009 (en la herramienta conocida como *FLARToolkit*).

En el año 2000 Thomas desarrolla ARQuake (Interactive Outdoor Augmented Reality Collaboration System) basado en el célebre videojuego Quake y que puede ser jugado al aire libre en entornos reales.



Imagen 12 ARQuake. Dispositivos y visión del jugador

Fuentes: <http://www.elmundo.es/navegante/especiales/2002/campusparty/noticia03.html> y <http://www.comppet.ufu.br/printf/?q=content/arquake-0>

En el año 2008 sale al mercado el navegador de RA wiktitude (Torres, 2012), líder del mercado. Posteriormente, en 2009, aparecen otras alternativas como Layar o junaio. Hoy en día hay múltiples opciones de este tipo de software de geolocalización con RA.



Imagen 13 Logos de wiktitude, layar y junaio (navegadores de RA)

Fuente: <http://www.layar.com>, <http://www.metaio.com/junaio/> y <http://www.wiktitude.com>

1.4. Definición de RA

Los proyectos etiquetados como realidad aumentada no han parado de crecer en todo este tiempo. Existen multitud de definiciones de la realidad aumentada y se hará un breve comentario sobre ellas ya que todas aportan algo interesante a la caracterización de este tipo de tecnología.

En el informe sobre realidad virtual de Durlach y Mavor (1995) se habla de la RA como sistemas en los cuales entornos reales y virtuales se combinan, aunque esta definición es sencilla adolece de ciertas carencias ya que nos llevaría a catalogar algunos sistemas de RA cuando realmente no lo son. Tal y como ejemplifica Reinoso (2013), si pensamos en la previsión del tiempo que se ofrece en la televisión todos los días; ¿es RA ese mapa sobre el que el presentador señala el tiempo que va a hacer en cada parte del país? La respuesta es que no aunque podría caber en lo que nos ofrece esta primera aproximación.

Otros autores ofrecen elaboraciones del concepto más complejas que contienen más elementos de discernimiento. Así, por ejemplo De Pedro (2011) explica la RA como “aquella tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando al usuario un escenario real aumentado con información adicional generada por ordenador. De este modo, la realidad física se combina con elementos virtuales disponiéndose de una realidad mixta en tiempo real” (p. 301). En esta definición, mucho más amplia, observamos la aparición de conceptos de gran trascendencia en los entornos de RA como son la interacción, la realidad mixta, sobre la que volveremos más adelante, o el tiempo real.

Uno de los gurús de la RA, Kato, da lo que él delimita como una definición funcional de la RA (únicamente se fija en para qué sirve la RA) y nos dice que es: “objetos virtuales o anotaciones que pueden ser superpuestos en el mundo real como si realmente existieran” (Kato, 2010). Aunque sencilla y fácil de entender, esta afirmación sobre la RA incluye los mismos elementos que la anterior pero comprimidos en esa expresión de “como si realmente existieran”, obviamente en una frase tan corta no se puede establecer una discusión sobre todos los conceptos implicados.

Prosigamos con otras consideraciones sobre la RA. Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., y Olabe (2007) dicen “la realidad aumentada no reemplaza el mundo real por uno virtual, sino al contrario, mantiene el mundo real que ve el usuario complementándolo con información virtual superpuesto al real. El usuario nunca pierde el contacto con el mundo real que tiene al alcance de su vista y al mismo tiempo puede interactuar con la información virtual superpuesta” (p.1).

Otros autores se fijan más en qué tipo de hardware o dispositivos se pueden utilizar para los sistemas de RA, así Fombona, Pascual y Madeira (2012) dicen: “la realidad aumentada amplía las imágenes de la realidad, a partir de su captura por la cámara de un equipo informático o dispositivo móvil avanzado que añade elementos virtuales para la creación de una realidad mixta a la que se le han sumado datos informáticos” (p.203).

Está claro que si se analizan todas estas aportaciones de los diferentes autores se obtiene una imagen bastante clara de lo que es la RA, pero sin duda si se quiere una definición técnica, completa y precisa de RA debemos atenernos a la ya clásica que otro de los gurús de la

RA dio en su famoso artículo de 1997 “A survey of augmented reality”. En este artículo Azuma (1997) nos dice textualmente lo siguiente:

[...] para evitar limitar la realidad aumentada a tecnologías específicas, este artículo define la RA como sistemas que tienen las tres siguientes características:

- 1) Combina lo real y lo virtual.*
- 2) Interactiva y en tiempo real.*
- 3) Registrada en 3D (p.356).*

Estas tres características delimitan de forma clara lo que es o no es un sistema de RA. Específicamente se excluyen los sistemas 2D y se obliga a la interactividad en tiempo real: el usuario debe poder provocar acciones en el entorno y que el entorno se vea modificado y se lo haga saber a su vez al usuario.

1.5. Tipos de realidades

1.5.1. El continuo de Milgram. La realidad mixta

Este apartado también podía titularse, “¿en qué se parecen la realidad virtual y la realidad aumentada?”. A menudo se incide en las diferencias entre la realidad aumentada y la realidad virtual, esta perspectiva tiene plena justificación desde muchos punto de vista pero hay otra manera diferente de ver las cosas que es haciendo hincapié en lo que se parecen más que en lo que se diferencian. En otro artículo clásico Milgram, Takemura, Utsumi y Kishino (1994) “Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum” presentaron su famoso continuo realidad-virtualidad que incluía el concepto de realidad mixta (*mixed reality*):

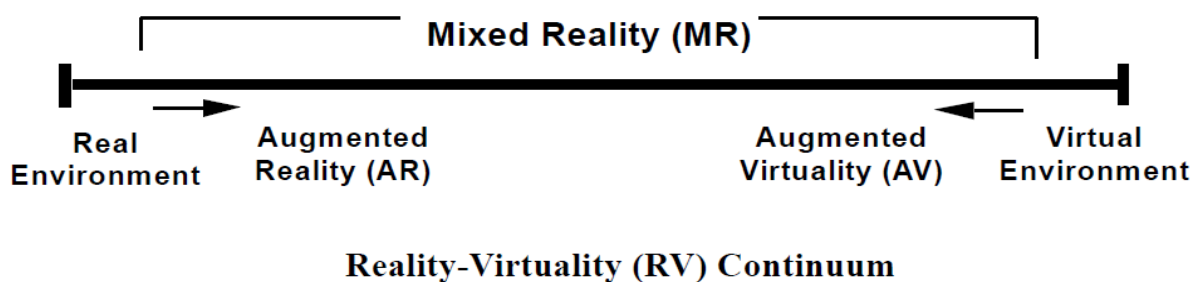


Figura 4 Continuo realidad-virtualidad

Fuente: extraída de (Milgram et al., 1994, p. 283)

Básicamente lo que estos autores explican es que desde los entornos reales, en el extremo izquierdo del gráfico, hasta los entornos completamente virtuales, extremo derecho, existen varios tipos de sistemas que combinan lo real con lo virtual (lo generado por

ordenador), y que dependiendo del grado de mezcla se está hablando de sistemas de realidad aumentada cuando lo que predomina es el componente real y de sistemas de virtualidad aumentada cuando lo predominante es el componente generado por ordenador. En palabras de los propios autores (Milgram et al., 1994):

En el caso de la izquierda del continuo se define cualquier entorno que consista solamente de objetos reales, e incluye cualquier cosa que pudiera ser observada cuando vemos una escena del mundo real bien en persona, o a través de algún tipo de ventana, o por medio de alguna clase de (vídeo) display. El caso de la derecha define entornos que consisten solamente de objetos virtuales, ejemplos de los cuales pueden incluir simulaciones gráficas por ordenador convencionales, tanto basadas en displays como inmersivas. Dentro de este marco es inmediato el definir los entornos genéricos de realidad mixta (MR) como aquellos en los cuales objetos del mundo real y virtual se presentan juntos dentro de un único display, esto es, en cualquier lugar entre los extremos del continuo realidad-virtualidad (pág. 283).

1.5.2. Otras realidades

Merece la pena detenerse aunque sólo sea por un momento en otras definiciones que podemos encontrar para distinguirlas de otro tipo de sistemas. Entre ellas la realidad mediada (*mediated reality*) o la realidad disminuida (*diminished reality*). Estos conceptos son definidos por el profesor Mann. Mann (2002) define la realidad mediada como “un marco general para la modificación artificial de la percepción humana por medio de dispositivos para aumentar, deliberadamente disminuir, y más generalmente, cualquier otra cosa que altere los datos de entrada sensoriales”. En su artículo Mann diserta sobre dispositivos que no se ajustan al continuo de Milgram y que por tanto necesitan nuevas definiciones, como por ejemplo dispositivos de ilusión de transparencia³ o dispositivos experimentales que cambian la percepción visual de la derecha por la izquierda o de arriba y abajo. Asimismo incluye en esta categoría la realidad disminuida, entendida como realidad a la que deliberadamente se le eliminan objetos del entorno real. Para ello Mann (2002) define una nueva taxonomía de realidades donde el eje horizontal de la figura 5 es el continuo de Milgram pero aparece un nuevo eje (IR, IM) en el cual aparece el concepto de realidad mediada, donde el eje mencionado (que correspondería a la y en una función gráfica matemática) sería la medialidad.

3 Ver http://en.wikipedia.org/wiki/Computer-mediated_reality para más información

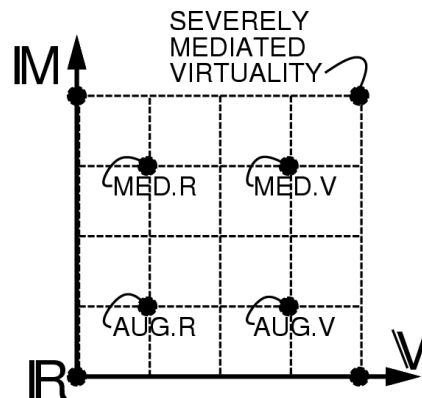


Figura 5 Taxonomía de Realidad, Virtualidad, Medialidad

Fuente: Mann (2002)

Teniendo en cuenta esta nueva taxonomía Mann aporta otra representación (figura 6) donde incluye este nuevo tipo de realidad mediada que incluye la realidad modulada que es donde el autor entronca estos nuevos tipos de realidades modificadas.

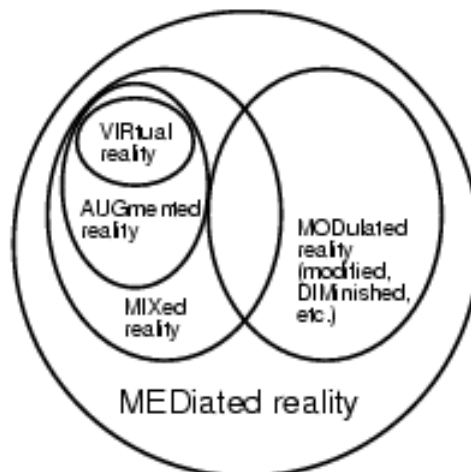


Figura 6 Taxonomía de Realidad, Virtualidad, Medialidad (Diagrama de Venn)

Fuente: Mann (2002)

La realidad mediada ha sido usada para mejorar la percepción visual de personas con dificultades de visión.

En este apartado se ha usado el término mediada en vez de mediatizada porque la palabra *mediatizada* se suele utilizar más para referirse al ámbito de los medios de comunicación de masas pero hay autores que se refieren a ella como realidad mediatizada. Portalès (2008) escribe:

La realidad mediatizada (RMe, mediated reality), es un término más general que engloba a la realidad aumentada. La RMe incluye la adición de objetos virtuales a la

realidad visual, pero también la posibilidad de eliminar, alterar, reducir y cambiar de manera significativa la percepción de la realidad visual. La RMe trata pues de mediatizar visualmente los objetos reales, para lo que se suelen emplear operaciones de filtrado que alteran la visión de la realidad, para después superponer los objetos virtuales (p.63).

Hay incluso menciones a la “*blended reality*” entendida como una realidad donde la tecnología se hará casi indistinguible de la realidad (Foremski, 2013). Según algunos gurús de la RA tecnologías como las Google glass o las impresoras 3D nos van a llevar cada vez más cerca de la singularidad tecnológica⁴.

⁴ Para más información http://en.wikipedia.org/wiki/Technological_singularity y <http://hackadabra.com/wp/>

2. Tecnologías relacionadas con la RA

2.1. Displays para sistemas de realidad aumentada

El término anglosajón *display* es bastante conocido entre los usuarios de sistemas informáticos, el diccionario Larousse lo traduce como pantalla⁵. Ahora bien, en los sistemas de realidad virtual y aumentada un *display* debe ser entendido como “aquellos dispositivos que muestran al usuario la información generada por ordenador” (Portalès, 2008, p.147). Esta definición amplía ese concepto de *display* entendido únicamente como una pantalla para incluir todo tipo de dispositivos que generan información visual o de otro tipo al usuario de un sistema de AR. Bimber y Raskar (2005) definen los tipos de *displays* ópticos para sistemas de RA:

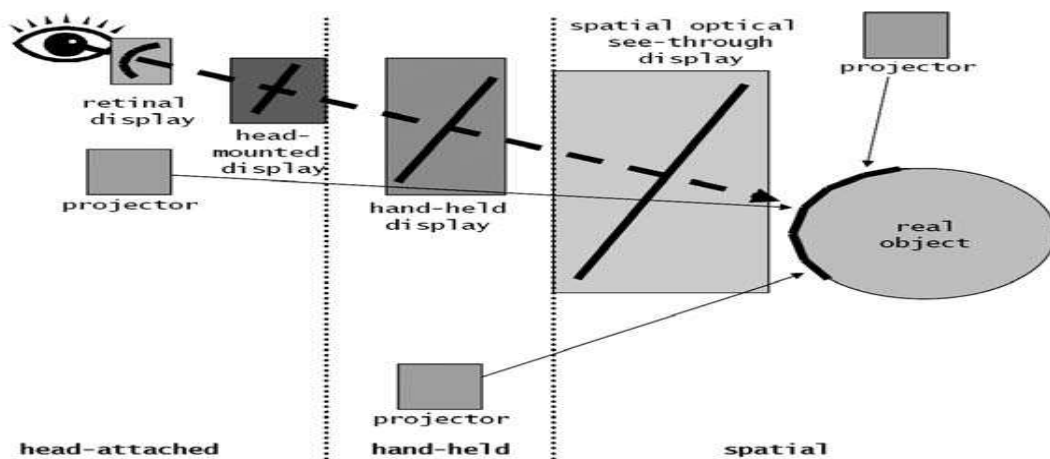


Figura 7 Generación de imagen para displays de RA

Fuente: (Bimber y Raskar, 2005, p.87)

En la figura número 7 se observa cómo se clasifican los displays según la distancia que existe entre el objeto real, el activador y el *display*. De este modo se tienen desde los *displays* más cercanos al cuerpo (*display* de retina, lentes de contacto) en el margen izquierdo de la figura hasta los *displays* que se sitúan en el entorno físico propio de la RA espacial (ver punto 2.4) en la parte derecha. En la figura también observamos clasificados los *displays* correspondientes a sistemas *HMD* (cascos, gafas) y en la parte central dispositivos como *tablets* o *smartphones* que pueden ser llevados en la mano.

⁵ Ver <http://www.larousse.com/es/diccionarios/ingles-espanol/display/10123>

2.2. ¿Tecnologías ópticas o de vídeo?

Existen dos tipos de opciones para la implementación de dispositivos de RA: tecnologías ópticas o tecnologías de vídeo. Azuma (1997) distingue entre los dispositivos *closed-view* que son los que no permiten la vista directa del mundo real y los *see-through* que permiten al usuario ver el mundo real combinando los objetos virtuales mediante las tecnologías ópticas o las de vídeo. El mismo autor presenta los tres tipos de sistema de RA que actualmente se pueden implementar, ópticos, de vídeo y basados en monitores. Para ver una explicación más detallada de los dispositivos *HMD* (*Head-Mounted Device*) ir al punto 2.7.

Los dispositivos ópticos se basan en un dispositivo que es transparente y permite una visión directa del mundo real y sobre el que a su vez se combinan las imágenes virtuales generadas por los monitores que se reflejan en los mismos dispositivos ópticos

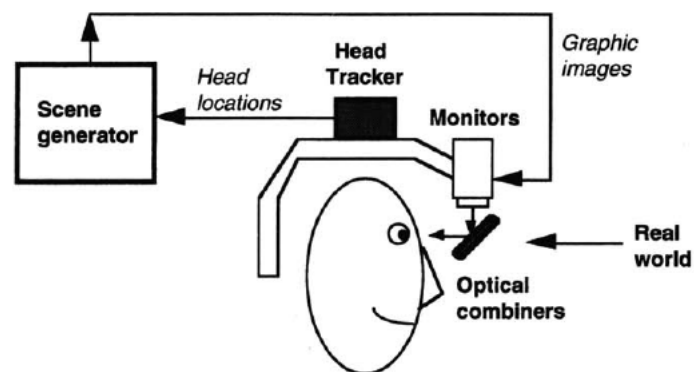


Figura 8 Diagrama conceptual de un *HMD see-through* óptico

Fuente: (Azuma, 1997, p.361)

Por otra parte los dispositivos basados en vídeo utilizan un *HMD closed-view* al cual se le incorporan cámaras de vídeo que dan una visión del mundo real la cual se combina, antes de ser mostrada al usuario, con los gráficos generados por ordenador. Este vídeo compuesto es el que se le proyecta al usuario mediante los monitores del *HMD*.

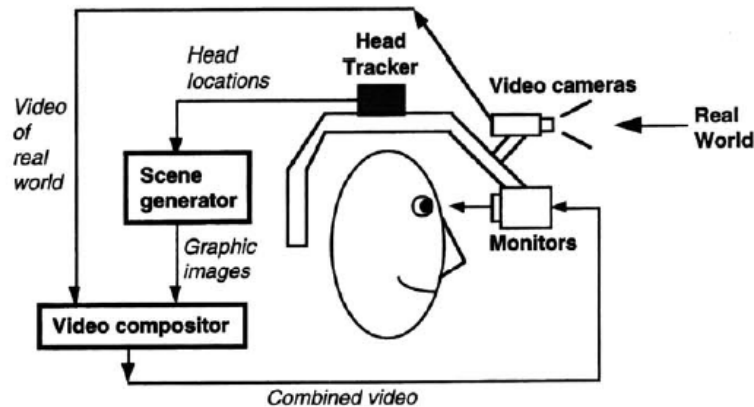


Figura 9 Diagrama conceptual de un *HMD see-through* de vídeo

Fuente: (Azuma, 1997, p.363)

Una última posibilidad es hacer un sistema basado en monitores, esta opción es muy similar a la anterior sólo que el vídeo se muestra en un monitor enfrente del usuario y no en un *HMD*, el usuario por tanto no lleva encima ningún dispositivo.

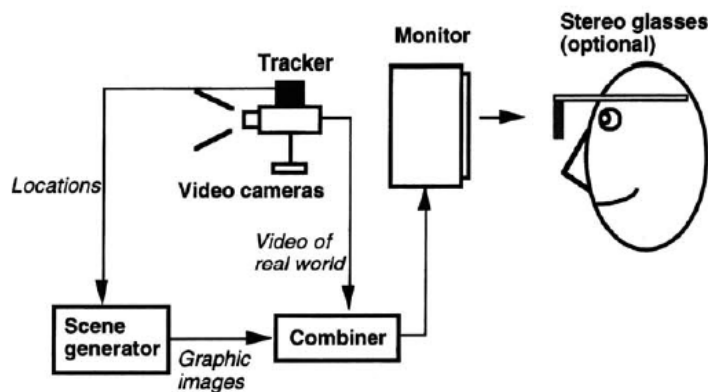


Figura 10 Diagrama conceptual de RA basada en un monitor (*Monitor-based*)

Fuente: (Azuma, 1997, p.363)

2.3. Sistemas multimodales

Cuando se ha hablado de displays en el punto 2.1 se decía que generan información “visual o de otro tipo”. En la mayoría de sistemas de RA la información es visual pero existen otro tipo de interfaces que utilizan otros sentidos para transmitir información al operador del sistema: el tacto, el oído, el olfato... son los conocidos como sistemas multimodales. Portalès (2008) las define como “generación de sistemas de RA que aúnan varios tipos de displays” (p.147).

Estos sistemas están en boga ya que es un campo de investigación muy activo. Citando a Giacomantone et al. (2012): “los estudios de investigación para obtener nuevos sistemas de interacción basados en fuentes de percepción de información como el sonido, el tacto o la visión se han convertido en un campo en auge que pretende desarrollar interfaces más naturales, intuitivas, no invasivas y eficientes” (p.375).

2.4. Clasificación de los sistemas de realidad aumentada

La información presentada en este punto es una revisión de los trabajos de Portalès (2008), Fombona et al. (2012) y Estebanell et al. (2012). En la figura 11 se ha utilizado una clasificación atendiendo a diversos criterios, es por tanto lógico que una aplicación de RA pueda ser incluida simultáneamente en varias categorías según el criterio utilizado. En la tabla 2, a continuación de la figura 11, se explican más detalladamente cada una de las categorías presentadas:

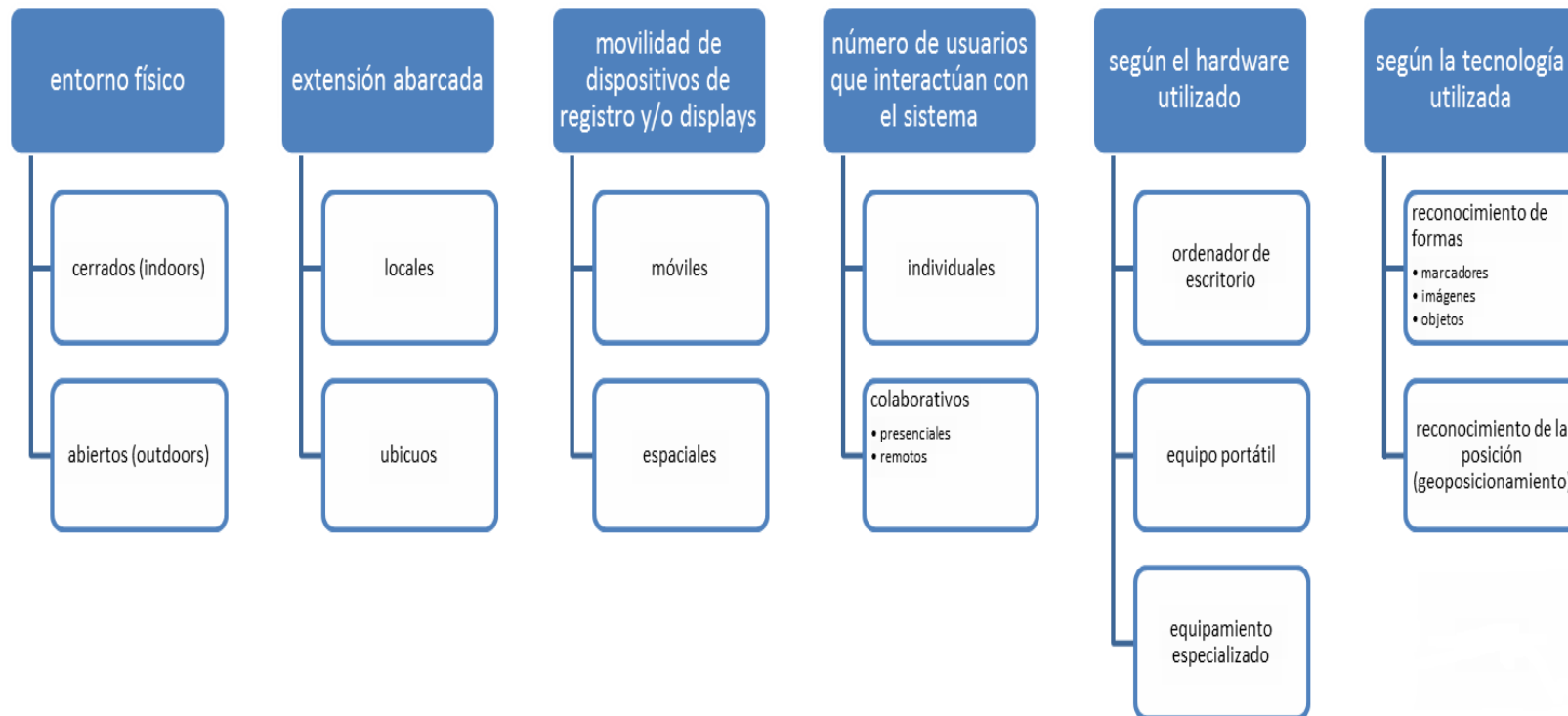


Figura 11 Clasificación de los sistemas de realidad aumentada según diversos criterios

Fuente: elaboración propia. Basado en Portalès (2008), Fombona et al. (2012) y Estebanell et al. (2012)

Criterios según los que clasificar los sistemas de RA			
Entorno físico	Abiertos (outdoors)	Al aire libre. “En aplicaciones al aire libre, se suelen emplear receptores GPS y sensores inerciales para el registro, y PDAs o HMDs para los displays” (Portalès, 2008, p.68)	
	Cerrados (indoors)	Se desarrolla en recintos cerrados. “En los recintos, los dispositivos de registro y displays son mucho más variados” (Portalès, 2008,p.68)	
Extensión abarcada	Locales	En un ámbito acotado, si bien pueden ser sistemas abiertos.	
	Ubicuos	“La extensión del entorno aumentado es tan amplio, que el usuario tiene la sensación de que vaya donde vaya seguirá estando inmerso en la aplicación [...] suelen ser móviles, ya que el usuario debe desplazarse libremente” (Portalès, 2008,p.68)	
Movilidad de dispositivos de registro y/o displays	Móviles	“En los sistemas móviles generalmente el usuario lleva consigo los dispositivos de registro, el display e, incluso, el ordenador o PDA que gestiona la aplicación. Estas aplicaciones son usuales, aunque no restrictivas, de espacios abiertos” (Portalès, 2008, p.68)	
	Espaciales	“Los dispositivos de registro y/o displays están fijos en el entorno, utilizándose en muchos casos sistemas de proyección sobre superficies tridimensionales” (Portalès, 2008,p.68)	
Número de usuarios que interactúan con el sistema	Individuales	Sólo un único usuario puede interactuar simultáneamente con el sistema.	
	Colaborativos	Presenciales	Varios usuarios interactúan simultáneamente con el sistema, “estando físicamente presentes en el mismo entorno” (Portalès, 2008,p.69)
		Remotos	Varios usuarios interactúan simultáneamente con el sistema, “estableciéndose generalmente la comunicación a través de la red” (Portalès, 2008,p.69)
Hardware utilizado	Ordenador de	Entendido como equipo de sobremesa.	

(Fombona et al., 2012)	escritorio		
	Equipo portátil	Dispositivos móviles avanzados, <i>tablets, smartphones</i> , etc.	
	Equipamiento especializado	Hardware específico normalmente fuera del alcance del usuario medio o diseñado específicamente para el producto.	
Tecnología utilizada para la activación del entorno de RA	Reconocimiento de formas (Estebanell et al. 2012)	Marcadores	Imagen diseñada únicamente para aplicaciones de RA.
		Imágenes (<i>markerless</i>)	Puede usarse como activador cualquier imagen predefinida.
		Objetos	Reconocimiento facial. Incluyo en este punto la búsqueda visual(<i>visual search</i>) o recuperación de imágenes (<i>image retrieval</i>) y el reconocimiento 3D
	Geo-posicionamiento	GPS (normalmente incluye el uso de brújula y acelerómetros)	“la información que se añade sobre el escenario real viene condicionada por la posición, orientación e inclinación del dispositivo móvil utilizado. Para ello es imprescindible disponer de un sistema global de navegación por satélite” (Estebanell et al., 2012, p.284)
		Marcadores LLA	GPS en interiores (<i>indoor</i>), uso de marcadores para señalar el geoposicionamiento

Tabla 2 Criterios de clasificación de los sistemas de RA

Fuente: elaboración propia. Basado en Portalès (2008), Fombona et al. (2012) y Estebanell et al. (2012)

Merece la pena comentar algunos aspectos que no aparecen en la tabla 2 como las tecnologías utilizadas para la activación, ya que este punto es de vital importancia y es lo que el usuario primero reconocerá en cuanto utilice la tecnología de RA. Este aspecto se tratará en el punto de niveles de RA (2.5) y también en el punto de hardware para sistemas de RA (2.7).

Hay tres términos relevantes que aparecen en la clasificación que hemos de destacar y profundizar en ellos debido a la relevancia que están adquiriendo en los sistemas de RA y que son la búsqueda visual (*visual search*), la recuperación de imágenes (*image retrieval*), el reconocimiento 3D y los marcadores LLA. Se definen más ampliamente cada uno de estos conceptos, a saber:

- Búsqueda visual (*visual search*). Para definir la búsqueda visual se cita un texto extraído de la página Web de Ocutag (Ocutag, s.f.) que es una plataforma de Ricoh para la búsqueda visual: “simplemente capturando imágenes reales con sus dispositivos móviles. El [...] servidor busca una concordancia con las imágenes enviadas a tu colección. Cuando se encuentra la concordancia, las experiencias digitales que has especificado [...] se envían al móvil del usuario”. Por tanto el reconocimiento de imágenes es la base de esta tecnología la cual además es independiente de la RA ya que también puede ser utilizada en otras áreas. Otros autores definen esta tecnología como recuperación de imágenes (*image retrieval*) tal como se explica en Anguita (2012) la recuperación de imágenes consiste en tener un servidor con una base de datos de imágenes predefinidas de tal manera que todas ellas son activadores del sistema de RA, se ve que las dos definiciones coinciden. Básicamente esto es una activación por imágenes (*markerless*) pero de manera industrial. Como ejemplo se podría pensar en una empresa de bebidas refrescantes que quisiera que una aplicación de RA reconociera todas sus latas de refrescos y nos mostrara para cada una de ellas información sobre sus ingredientes, vídeos promocionales, enlaces de Internet, modelos 3D, canales de comercio electrónico, etc.
- Reconocimiento 3D. Las aplicaciones de RA que utilizan reconocimiento de formas suelen utilizar como activadores imágenes en 2D, un ejemplo bien conocido son los marcadores (*markers*). Pero ya existen aplicaciones que utilizan el reconocimiento de objetos en 3D, de tal manera que el objeto es reconocido en cualquier posición e idealmente incluso en movimiento. Esta tecnología es un activo campo de investigación, de hecho es uno de los principales retos en el campo de la visión artificial. El profesor Kato (2010) explicita algunos de los principales problemas de los sistemas de RA como pueden ser el seguimiento de objetos 3D generales, el registro de objetos deformables y el reconocimiento de objetos en general. Este mismo autor nos comenta irónicamente la importancia del reconocimiento de objetos: "no es realista

poner etiquetas en todos los objetos del mundo para mostrar su anotación” (Kato, 2010).

- **Marcadores LLA.** Todos los que han utilizado un navegador *GPS* saben que una de las principales dificultades de todo conductor es llegar a un túnel lo suficientemente largo o a una calle con edificios lo suficientemente altos como para que la señal *GPS* quede bloqueada y no se indique correctamente la salida buscada. Con los sistemas de RA geoposicionados pasa exactamente lo mismo y el problema es irresoluble cuando el receptor *GPS* está en el interior de un edificio. Pensando en ello se crearon los marcadores LLA (Longitud, Latitud, Altura) que no son más que marcas en los interiores de los edificios que le indican al sistema de posicionamiento dónde está cuando la señal de los satélites no llega. Según el portal Web TICbeat.com “son logotipos o iconos que se colocan estratégicamente en distintos lugares dentro de un espacio interior como por ejemplo una sala de conferencias o un pabellón ferial.” (“La realidad aumentada indoor”, 2010). Esto abre las puertas del geoposicionamiento a la RA *indoor*. Existen varios sistemas más de posicionamiento en interiores pero todavía no son de amplia utilización⁶.

2.5. Niveles de la RA

Hay varios autores que hablan de niveles de RA: Reinoso (2012), Lens-Fitzgerald (2009), Estebanell et al. (2012) y Rice (2009) entre otros. Se pueden entender los niveles como una forma de medir la complejidad de las tecnologías involucradas en el desarrollo de sistemas de RA. En principio, a más nivel, mayores son las posibilidades de las aplicaciones. Aunque en algunos sentidos esta clasificación pueda solaparse a la del apartado 2.4 su punto de vista es diferente e incluye interesantes notas para entender cómo funcionan los sistemas de RA.

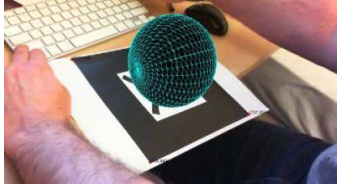
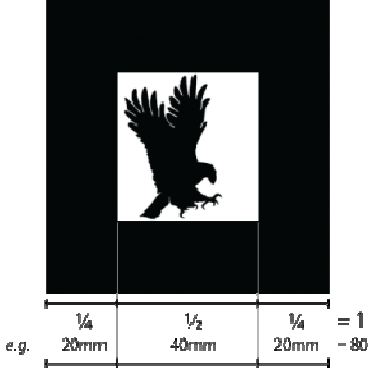
Entre los diferentes autores hay algunos cambios de criterio en cuanto a los niveles que presentan y dónde caería alguna de las tecnologías que se comentan, en este punto es de destacar, por ejemplo, que tanto Reinoso (2012) como Estebanell et al. (2012) introducen la activación mediante imágenes como realidad aumentada *markerless* mientras que Lens-Fitzgerald (2009) considera este tipo de RA como nivel 1 (no *markerless*). Rice (2009) incluso advierte de que el término *markerless* fue utilizado más que nada como una campaña de marketing por parte de las empresas para distinguir el uso de imágenes del uso de las marcas o patrones predefinidos en la activación de las aplicaciones de RA. Para el propósito de este

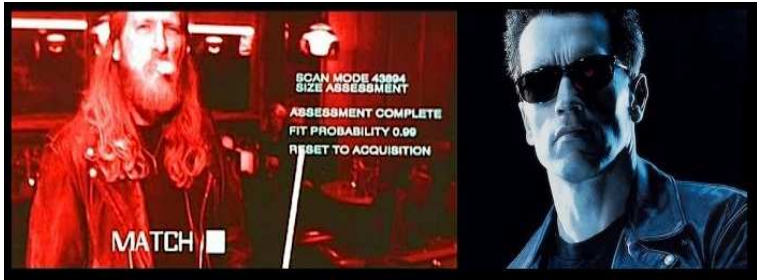
⁶ Para saber más <http://www.thephoneclub.net/nokia/65558-servicios-de-localizacion-en-interiores-el-futuro-tecnologico-de-nokia-world-2010-a.html#.Uha545JUFkY> y <http://www.xataka.com/gps/indoor-atlas-el-gps-de-interior-que-solo-necesita-la-brujula-del-movil>

trabajo se ha optado por la utilización del esquema de Lens-Fitzgerald y se indicará expresamente cuando así no sea.

Lens-Fitzgerald, el cofundador de Layar, uno de los navegadores de RA más importantes del mundo, escribió un artículo en 2009 donde define los niveles de la RA. En Lens-Fitzgerald (2009) se mencionan cuatro niveles (del 0 al 3). Este autor introduce los códigos *QR* como nivel 0 de RA (ver apartado 2.6 para una discusión sobre los códigos *QR*). Su clasificación queda por tanto de esta manera:

Niveles de RA			
0	Hiperenlazando el mundo físico (“physical world hyper linking”). Basado en códigos de barra (en laces 1D) o códigos 2D (por ejemplo los códigos <i>QR</i>) o reconocimiento de imágenes aleatorias. Lo característico de este nivel 0 es que los códigos son hiperenlaces a otros contenidos, no existe registro en 3D ni seguimiento de los marcadores (básicamente funcionan como un hiperenlace <i>html</i> pero sin necesidad de teclear)	 Imagen 14 Código de barras (<i>UPC</i>)	<i>UPC (Universal Product Code)</i> Código de barras (barcode) Ejemplo de código 1D
		 Imagen 15 Código Quick Response (<i>QR</i>)	Código <i>QR (Quick Response)</i>. Ejemplo de código 2D
		 Imagen 16 Ejemplo de imagen aleatoria para RA de nivel 0 (*)	Reconocimiento de imágenes aleatorias que hiperenlazan a contenidos multimedia y/o Internet.

1	AR basado en marcadores (“marker based AR”). Normalmente es reconocimiento de patrones 2D, el reconocimiento 3D de objetos (por ejemplo, una silla) sería la forma más avanzada de nivel 1 de AR. Como dice Lens-Fitzgerald (2009)“ el reconocimiento 3D está en la cola del nivel 1” (en el sentido de que está muy próximo al nivel 2)	 Imagen 17 Ejemplo de modelo 3D asociado a un marcador (* *)	Ejemplo de sistema AR con marcador generando un modelo 3D
		 Imagen 18 Ejemplo de marcador (marker)	Tamaño y forma aproximado (no son medidas obligatorias) de un marcador. Según Estebanell et al. (2012) “Los marcadores son unas imágenes en blanco y negro, generalmente cuadradas, con dibujos sencillos y asimétricos (p.282)”

2	RA sin marcadores (“markerless AR”). Mediante el uso del GPS y la brújula de los dispositivos electrónicos conseguimos localizar la situación y la orientación y superponer POI (puntos de interés) en las imágenes del mundo real. “AR basada en GPS-brújula” (Lens-Fitzgerald, 2009) También puede incluir el uso de acelerómetros para calcular la inclinación.	 Imagen 19 Ejemplo de RA <i>markerless</i> geoposicionada (* * *)
3	Visión aumentada, citando a Rice (2009) "Debemos despegarnos del monitor o el <i>display</i> para pasar a ligeros, transparentes <i>displays</i> para llevar encima (de una escala como las gafas). Una vez la RA se convierte en VA (visión aumentada), es inmersiva. La experiencia global inmediatamente se convierte en algo más relevante, contextual y personal. Esto es radical y cambia todo." Este nivel no está todavía disponible.	 Imagen 20 Ejemplo de visión aumentada (* * * *)

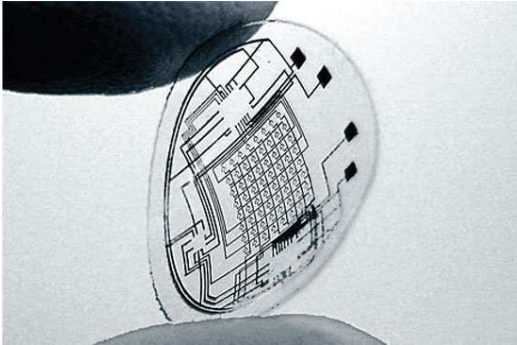
		 Imagen 21 Lentillas de alta tecnología para su uso como display (* * * * *)
--	--	--

Tabla 3 Niveles de RA

Fuentes: elaboración propia basada en Lens-Fitzgerald (2009) y Rice (2009)

(*) Autor (Yudit Vidal Faife) extraída de wikimedia bajo licencia CC

(* *) Extraída de <http://howtofoldandotherstuff.wordpress.com/category/game-programming/>

(* * *) Extraída de <http://www.androidcentral.com/lg-and-wititude-team-launch-3d-augmented-reality-browser>

(* * * *) Extraída de <http://recursos.educ.ar/aprendizajeabierto/608/realidad-aumentada/inicios-de-la-realidad-aumentada/>

(* * * * *) Extraída de <http://www.taringa.net/posts/videos/6285450/Vision-aumentada-Lentes-de-contacto-High-Tech.html>

Rice (2009) incluso habla de un nivel 4 donde terminaremos usando “displays de lentes de contacto y/o interfaces directos al nervio óptico y el cerebro. En este punto, múltiples realidades colisionarán, se mezclarán y terminaremos con Matrix.” Rice habla de un entorno donde podremos olvidarnos de nuestros cuerpos y que será la culminación de la realidad virtual. Por supuesto este apunte en estos momentos es sólo una suposición para un futuro a muy largo plazo aunque ya existen proyectos para producir lentes de contacto que actúen como *displays*.

La tecnología que Reinoso (2013) y otros denominan *markerless* (entendida como el uso de imágenes como activadores), aunque parecida a la de marcas, es mucho más robusta frente al movimiento, inflexiones y cambios en la iluminación, de la posición y a cambios extremos de perspectiva u oclusión de las imágenes que sirven de marcadores (Ortega, 2013) por lo que su resultado final es de mayor calidad.

Se comentará como curiosidad que el tamaño y forma de los marcadores no está determinado ya que depende de los algoritmos de visión artificial para el reconocimiento de la imagen. Como ejemplo se incluye una petición de patente de la Universidad Politécnica de Valencia donde se propone una nueva forma de marcador (y su algoritmo de reconocimiento correspondiente) que mejora la detección y el registro del mismo.

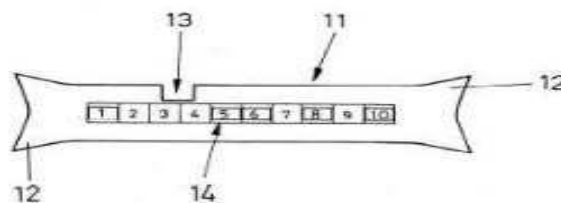


Imagen 22 Marcador híbrido de RA para patentar

Fuente: <http://patentados.com/invento/marcadores-hibridos-sistemas-realidad-aumentada-metodo-identificacion.html>

2.6. Realidad aumentada y códigos QR

Gamboa (2012) define los códigos QR como “una imagen en la que se almacena información por medio de una matriz de puntos.[...] El tipo de contenidos que se puede guardar en un código QR es bastante variado: enlaces, texto, SMS, e-mail, tarjetas de presentación (MeCard, Vcard), número de teléfono, una geolocalización, datos de conexión a una red wifi.” (p.402-403). El código QR que sigue es la URL del nodo de la aplicación *pearltrees* (herramienta de marcadores sociales y curación de contenidos) donde guardo todas las referencias del TFM.



Imagen 23 URL con todas las referencias Web del TFM

Fuente: elaboración propia

Los códigos QR (*Quick Response*) nacieron en la empresa Denso Wave, subsidiaria de Toyota en 1994 para seguir el proceso de fabricación de los vehículos (Codigo.qr, s.f.).

Para definir la relación entre los QR y la RA comenzaremos citando a Estebanell et al. (2012) donde dicen:

Algunos autores defienden que los códigos QR son un tipo de RA bautizándolos, incluso, como RA en 2 dimensiones [...]. Utilizan como argumentos, el hecho del parecido de los códigos QR con los markers y que también enlazan con contenidos digitales. Otros, en cambio, piensan que no es la misma cosa aunque aceptan que se incluyan los códigos QR dentro de la RA [...]. A nuestro entender, y según la definición de RA presentada en un apartado anterior, no se pueden mezclar ambos conceptos. Básicamente porque la información aportada por los códigos QR no se ubica en entornos reales (pp. 303-304).

En este párrafo los autores mencionados dejan bastante claro las dos opciones sobre los códigos QR (ser incluidos o no dentro de la RA). En un apartado anterior se expuso también como Lens-Fitzgerald también incluye estos códigos dentro de los niveles de RA. Los argumentos en contra o a favor están bastante claros, si nos fijamos en la definición de Azuma (1997) deberíamos concluir que los códigos QR no son RA puesto que no son interactivos ni están registrados en 3D, de hecho al utilizar el código QR se nos desvincula de la imagen tomada para llevarnos o presentarnos otra realidad diferente, muy parecido a la manera en la que un hiperenlace nos pasa de una página Web a otra sin que se haga referencia a la página inicial. Desde este punto de vista tampoco podríamos incluir los códigos QR como dentro de la RA.

Como conclusión, por tanto, el incluir los códigos QR dentro de la RA puede ser una cuestión de conveniencia metodológica (por su parecido con el concepto de marcador) y cuya coincidencia en el tiempo con esta tecnología ha ayudado a incluirlos en este tipo de clasificaciones.

2.7. Hardware para sistemas de realidad aumentada

El profesor Kato (2010) llama la atención sobre tres hechos sobre el hardware a utilizar en sistemas de RA:

- Los *HMD (Head-Mounted Display)* son los dispositivos más importantes para los sistemas de RA.
- Los smartphones (teléfonos inteligentes) no son lo ideal para nuestros propósitos.
- Necesitamos un dispositivo estereoscópico manos-libres.

Por tanto Kato no está de acuerdo con que los móviles e incluso las *tablets* sean adecuadas para llevar la RA hasta el punto donde él desearía, opinión compartida por otros autores (Adell, 2012). Los dispositivos sobre los que actualmente más se utilizan los sistemas de RA (*tablets*, móviles u ordenadores de escritorio) no son adecuados para este autor. No vamos a definir lo que es un *smartphone*, *tablet* u ordenador de sobremesa pero sí se describirán los dispositivos *HMD*. Como ya se vio en el punto de historia de la RV el primer *HMD* que utilizó imágenes generadas por ordenador se fabricó en 1968, desde entonces estos dispositivos se han generalizado para usos militares y científicos pero no para el gran público, aunque esto empieza a cambiar ya que empiezan a aparecer en el mercado los dispositivos conocidos como *wearable devices* cuya traducción al español resulta difícil pero que son dispositivos que se integran con la ropa o accesorios. Por otra parte también están apareciendo ya *HMDs* para RV de calidad accesibles para el público en general⁷. Empresas del sector tecnológico como Facebook parecen tener claro el futuro de este tipo de dispositivos adquiriendo una de las compañías punteras en la fabricación de visores de RV⁸ con la intención de mezclar la RV con las redes sociales.

Los dispositivos *wearables* se distinguen de los *HMD* porque son ligeros y sencillos de llevar y, en el mejor de los casos, indistinguibles de los accesorios y ropa habituales que cualquiera puede llevar puesta. Para Le (2013) los dispositivos *wearable* tienen tres ventajas: son manos libres, inmersivos y no te distraen. Otros autores como Mirza y Sarayedine (2012) anticipan que el mercado potencial para estos dispositivos es gigantesco y analizan en su artículo las diferentes tecnologías de displays *wearables*, entre las ventajas que encuentran escriben:

Los dispositivos wearables see-through no obstruyen la línea de visión del usuario, permiten una experiencia no-intrusiva, manos libres, de gran formato y son, por

⁷ Ver <http://www.oculusvr.com/>

⁸ Ver http://economia.elpais.com/economia/2014/03/26/agencias/1395817184_522380.html

supuesto, una alternativa deseable permitiendo el uso de toda la capacidad de cómputo de los dispositivos inteligentes. Los dispositivos wearables son convincentes porque ofrecen la posibilidad de reproducir vídeo, navegar, enviar y recibir mensajes, aplicaciones de realidad aumentada y juegos sobre una pantalla virtual de manos libres. (p.1)

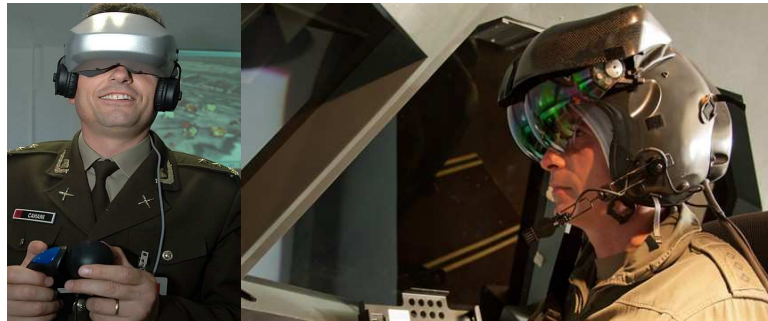


Imagen 24 Dispositivos HMD

Fuente: extraída de Wikimedia (dominio público) y
http://www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10204/296_read-2814/year-all/#gallery/5081



Imagen 25 Wearable devices Google glasses

Fuente: <http://www.ene newspaper.mx/archivos/89457>



Imagen 26 Wearable ipod de muñeca

Fuente: <http://www.latestdigitals.com/2011/12/20/google-apple-work-wearable-devices/>

2.8. Software de RA

Existen multitud de librerías de software para RA e incontables aplicaciones y herramientas de autor, en este apartado se da un listado de algunas de ellas teniendo en cuenta que algunas no son de licencia gratuita. La información de este apartado⁹ está extraída de Portalès (2008), Zope (2012) y Reinoso (2013) y es tan solo una pequeña muestra del amplio catálogo de herramientas software para RA. Algunas de las herramientas (Blender, 123dCatch, 3DS Max, SketchUp y SketchUpPro) no son específicas de RA pero sirven para generar modelos 3D y animaciones que pueden ser usadas en las aplicaciones de RA y son por tanto útiles para el desarrollador y/o implementador de actividades. Las líneas donde aparecen varias herramientas han sido agrupadas así por conveniencia por pertenecer al mismo fabricante:

- 123dCatch. <http://www.123dapp.com/catch>
- 3DS Max. <http://www.autodesk.com/products/autodesk-3ds-max/overview>
- ARDesktop. <https://www.artoolworks.com/corporate/news/artoolkit-for-desktop-v4-6-0-major-new-release/>
- ARTag. <http://www.artag.net/index.html>
- ARToolKitPlus. <http://handheldar.icg.tugraz.at/artoolkitplus.php>
- ATOMIC Authoring Tool. <http://www.sologicolibre.org/projects/atomic/en/>
- Aumentaty author y Aumentaty Viewer
<http://www.aumentaty.com/content/aumentaty-author> y
<http://www.aumentaty.com/en/content/tools-manuals-and-accessories>
- Aurasma. <http://www.aurasma.com>
- Blender. <http://www.blender.org/>
- BuildAR. <https://buildar.com>
- FLARToolKit. <http://www.artoolworks.com/products/web/flartoolkit-2/>
- Hoppala. <http://www.hoppala-agency.com/>
- Junaio, Metaio SDK y Creator. <http://www.metaio.com/products/>
- Kooba. <http://www.kooba.com/>
- Layar App, Creator y SDK. <https://www.layar.com/products/app/>
- Mr Planet (Planet Project). <http://sourceforge.net/projects/mrplanet/>

⁹ Para más información ver http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_augmented_reality_software

- Mxrtoolkit <http://mxrtoolkit.sourceforge.net/>
- NyARToolkit. <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>
- OSGART. <http://www.artoolworks.com/community/osgart/>
- SketchUp y SketchUp Pro <http://www.sketchup.com/es/products/sketchup-pro>
- Studierstube Tracker. <http://handheldar.icg.tugraz.at/stbtracker.php>.
- Wikitude Studio, SDK y App <http://www.wikitude.com/>

3. Realidad aumentada y educación

En su artículo sobre Realidad Aumentada y códigos QR, Estebanell et al. (2012) escribieron lo siguiente:

El desarrollo de nuevas tecnologías [...] hoy son una realidad que permite organizar experiencias interactivas susceptibles de convertirse en verdaderos aprendizajes (p.288-289)

Con entornos de RA [...] existe una parte de interacción directa con el entorno u objeto de estudio que atribuye un valor de veracidad que permite hacer mucho más creíbles y significativos los aprendizajes (p. 293).

Estas citas nos ofrecen un prometedor futuro para la tecnología de la RA en el campo de la educación, en línea con la innovación disruptiva que Reinoso nos propone. En este apartado se va a dilucidar lo que hoy en día son las experiencias de sistemas de realidad aumentada en el ámbito educativo.

Al fin y al cabo como dice Méndez (2012): " posibilitan un ámbito en el que el surgimiento de aplicaciones parece no tener fin. Combinada con la tecnología móvil, la Realidad Aumentada se convierte en una herramienta portátil para el aprendizaje basado en el descubrimiento." (p. 20)

3.1. Interacción en los entornos de realidad aumentada

Uno de los pilares del éxito de los sistemas de RA son sus métodos de interacción. Para ello será muy útil acudir a la metáfora de la interfaz tangible, según Portalès (2008) "los usuarios pueden manipular físicamente objetos habituales de su entorno, que pueden actuar como interfaz y estar directamente relacionados con objetos virtuales, por lo que el usuario puede literalmente manipular objetos virtuales" (p.206). La RA permite a los alumnos manejar virtualmente objetos que a menudo estarían fuera de su alcance de otra manera.

Otra manera de interactuar con sistemas de RA es la navegación, de hecho el campo de los navegadores de realidad aumentada (layar, wiktude, junaio o mixare¹⁰ entre otros) es uno de los más utilizados en RA y es una gran fuente de ideas para el diseño de actividades. Citando a Portalès (2008): "muchas aplicaciones de RV y RA –sobre todo en el campo del patrimonio, arqueología o actividades museísticas- se basan en el simple hecho de la navegación" (p.209).

¹⁰ Ver <http://www.mixare.org/>

Otra de las enormes potencialidades de la RA son los entornos colaborativos (*Collaborative Virtual Environments* o *CVE*), ya conocidos desde el mundo de la RV permiten la interacción simultánea de varios usuarios con el sistema de RA. Estos nuevos entornos aumentados son llamados CAE (*Collaborative Augmented Environment*). Según Kaufmann (2003) “en la Realidad Aumentada Colaborativa múltiples usuarios pueden acceder a un espacio compartido poblado de objetos virtuales mientras permanecen asentados en el mundo real” (p.1). Las diferencias con los CVE son importantes, según Portalès (2008) “el hecho de que los sistemas de CAE permitan establecer contacto visual, hace que la comunicación mediatizada por ordenador se acerque más a una comunicación intuitiva, rompiendo una de las barreras de los CVE.”(p.214). Esta misma idea se repite en Kaufmann (2003) cuando dice “algunos usuarios se sienten inseguros si su visión está restringida en un mundo virtual inmersivo mientras que la RA les permite mantener el control para ver el mundo real a su alrededor” (p.1). Como apunte final se menciona un proyecto español que está desarrollando una plataforma de realidad aumentada colaborativa, el proyecto Perseo¹¹.

Aunque se ha hablado en el párrafo anterior de la inmersión conviene puntualizar este concepto ya que surge habitualmente al hablar de las características de los sistemas de RV o RA. Portalès (2008) lo define como: “los usuarios [...] pueden interactuar con la máquina o con otros usuarios dentro de este nuevo mundo, alcanzando un grado de aceptación que les permite adentrarse física y psicológicamente en estas realidades artificiales” (p.43). La inmersión tiene un indudable valor educativo ya que permite al usuario olvidarse de que se está utilizando una herramienta tecnológica y centra la atención sobre el contenido de la actividad.

3.2. Consideraciones sobre la aplicación de la RA a la educación

En tanto en cuanto esta tecnología es obviamente prometedora en cuanto a sus previsibles resultados como bien defienden varios autores (Kato (2010); Reinoso (2012); De Pedro y Martínez (2012)) no podemos perder de vista la siempre difícil aplicación de las innovaciones al entorno real escolar. El propio Reinoso (2012) aun reconociendo el enorme potencial de las herramientas que nos proporciona la RA expresa sus dudas a la hora de implementarlas como herramientas de trabajo en el aula, calificando tal implementación como un desafío. El elemento motivacional, tan importante en la educación, parece garantizado: “numerosas han sido las investigaciones que sugieren que la R.A. refuerza el aprendizaje e incrementa la motivación por aprender” (Reinoso, 2012, p.371).

Es de crítica importancia escoger bien los objetivos a conseguir con la utilización de estos sistemas y tener en cuenta a qué audiencia nos dirigimos, como bien afirma Kaufmann

¹¹ Para saber más <http://proyectoperseo.es/>

(2003): “la Realidad Aumentada no puede ser la solución ideal para todas las necesidades de las aplicaciones educativas pero es una opción a considerar” (p.1).

Adell y Castañeda (2012) consideran que hay que ser prudentes ante el cambio revolucionario prometido por las tecnologías y que hay que mantener “un cierto grado de escepticismo” (p.31). En la línea de los mismos autores también sería una cuestión a discutir si estas nuevas innovaciones tecnológicas producen a su vez novedades en la forma de enseñar, lo que denominan pedagogías emergentes. Las pedagogías emergentes se definen como: “conjunto de enfoques e ideas pedagógicas [...] que surgen alrededor del uso de las TIC en educación y que intentan aprovechar todo su potencial comunicativo, informacional, colaborativo, interactivo, creativo e innovador en el marco de una nueva cultura del aprendizaje” (Adell y Castañeda, 2012, pp.22-23). Cuestión a discutir es si una innovación pedagógica es completamente necesaria hablando de las tecnologías de realidad virtual, Hanson y Shelton (2008) nos ofrecen un enfoque en el cual esto no es necesario: “ofrecemos una reflexión sobre los desafíos del diseño y desarrollo de estas aplicaciones [...] y ofrecemos recomendaciones sobre un enfoque que puede tener sentido para usar RV en una práctica instruccional tradicional” (p.118). Según estos autores por tanto estas tecnologías pueden ofrecer ventajas incluso integrándose en métodos de enseñanza tradicional.

Otros autores muestran un sesgo más optimista y se muestran más convencidos del uso de la RA en el aula, así Estebanell et al. (2012) hablan de que las tecnologías en dispositivos móviles superan la limitación del tiempo y del espacio en los entornos de aprendizaje pero además añaden que las aplicaciones de RA “no solo responden a este tipo de exigencia si no que la amplían de manera cualitativamente significativa al ofrecer información situada, contextualizada, desde el lugar y en el momento que el “consumidor” la precisa” (p.290). Por su parte Billinghamurst (2002), creador del primer libro de RA “Magic book” (Reinoso, 2012) nos da muy buenas razones pensar que la RA podría ser muy valiosa en la educación, a saber:

- *Soporte de una fluida interacción entre el entorno real y el virtual.*
- *El uso de la metáfora de la interfaz tangible para la manipulación de objetos.*
- *La habilidad para hacer suavemente la transición entre realidad y virtualidad (p.2).*

En la misma línea González (2013) da otras tres razones para apostar por la RA:

- *Posibilita contenidos didácticos que son inviables de otro modo.*
- *Nos ayuda a que exista una continuidad en el hogar.*
- *Aporta interactividad, juego, experimentación, colaboración, etc. (p.1).*

Roussou (2004) nos proporciona un enfoque metodológico que considera adecuado aplicar a los entornos de realidad virtual, tales argumentos pueden ser igualmente compatibles con los sistemas de RA. De hecho la autora reconoce la dificultad, debido a su elevado coste, de

implementaciones de RV que sirvan a los objetivos educativos y que por tanto estarían en principio restringidos a museos o instituciones de investigación, pero que esta limitación se verá superada (como de hecho ya lo está siendo) por los avances que desde la fecha del artículo se han producido en los entornos tecnológicos y redes de acceso.

La autora dice que “el constructivismo se adopta como base para el desarrollo de entornos altamente interactivos y participativos, donde el usuario es capaz de modificar, construir, probar ideas, e involucrarse activamente en la resolución de un problema” (Roussou, 2004, p.5). Afirmar también que hay un gran consenso entre los educadores sobre que la interactividad en la enseñanza es necesaria y sigue el argumento de G.R. Amthor de que “la gente retiene [...] el 75% de lo que ve, oye y hace” (Roussou, 2004, pp.3-4). Desde este punto de vista parece claro que la tecnología de RA ayudará al proceso de aprendizaje de los alumnos debido entre otras razones al alto grado de interacción que proporciona. Esta forma de enseñanza es el conocido como enfoque “aprender haciendo” (*learning through activity* o *learning by doing*) también conocido como aprendizaje activo (basado en actividades, proyectos, etc.) y “aprender jugando” (*learning through play*), lo cual es compatible con el punto de vista constructivista que defiende la autora.

3.3. Revisión de proyectos en el campo educativo basados en RA

Hacer un repaso de los proyectos educativos de RA ha sido una tarea realmente complicada puesto que los ejemplos no paran de crecer día a día. La lista presentada aquí dista mucho de ser exhaustiva ni lo pretende, lo que si se intenta es dar al menos un ejemplo de cada uno de los diferentes tipos de proyectos que son factibles hoy en día para su aplicación real. Los proyectos que se comentan en esta sección cumplen con los requisitos de ser aplicables por cuestiones de equipamiento tecnológico y disponibilidad de software y hardware adecuado.

Con este requisito se pretende expresamente excluir proyectos que pueden ser enormemente interesantes desde el punto de vista tecnológico, educativo o experimental pero que hoy en día son imposibles de proponer en un IES por cuestiones relacionadas con los recursos materiales y humanos. Aunque la información aquí contenida se presenta, para una lectura más ágil, en forma de resumen, en el Anexo I se incluyen las fichas de las actividades analizadas en detalle que aparecen en este apartado.

El primer tipo de proyectos de RA son los **libros didácticos** de Realidad Aumentada, en este apartado se pueden mencionar los libros de Aumentaty, disponibles en su página Web <http://www.ar-books.com> donde podemos ver un libro de tecnología de cuarto de la ESO hecho con Realidad Aumentada junto a otras obras.

En la misma línea de proyectos educativos la empresa Aumentaty proporciona el software realitat3, que contiene multitud de objetos de Realidad Aumentada de utilidad para la

docencia. Citando a Vian (2011) “Para LabHuman, el sistema de RA ofrece a los alumnos por una parte, mejor entendimiento y visión de las asignaturas educativas más complejas y por otra parte, les dota de mayor motivación para el estudio. En cuanto al profesorado, el sistema se adapta a las necesidades pedagógicas que tengan” (p.103). Es de destacar además que este software ya ha sido probado con éxito en centros educativos reales (colegio San Cristóbal de Castellón) y tanto profesores como alumnos han mostrado su satisfacción por los resultados obtenidos (Vian, 2011).

Diego (2014) lleva a cabo una experiencia con alumnos de tercer ciclo de educación primaria para generar un libro de RA (el autor lo denomina guía visual) y una aplicación geolocalizada sobre la península de la Magdalena (Santander) utilizando Layar creator como software de RA además de software auxiliar para edición de imágenes, textos, grabación de sonidos, etc.

Sánchez (2011) realiza una experiencia en el instituto SEK de Ciudadcampo donde utiliza un entorno con BuildAR y el generador de modelos 3D 3DSMax para conseguir que los alumnos generen sus propios cuadernillos de modelos de RA en el sistema de dibujo axonométrico. Esta profesora además utiliza la utilidad Dropbox para promocionar el trabajo colaborativo. Los proyectos relacionados con el dibujo técnico son muy adecuados para la RA ya que suponen un manejo de las capacidades espaciales en el que la RA ha demostrado su utilidad educativa.

Es de señalar también la importancia de los videojuegos como uno de los campos más productivo de la Realidad Aumentada (National Academy of Sciences, 2012). En este sentido cabe destacar los proyectos que mezclan juegos y educación, el área conocida como *edutainment* (Portalès, 2008). Como ejemplos de estas aplicaciones Reinoso (2012) menciona tres: *Environmental detectives* del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), proyecto enredaMadrid (Telefónica) y Libregeosocial (Universidad Rey Juan Carlos).

El proyecto EspiRA, tal y como menciona Reinoso (2012) “es un proyecto de Geolocalización y Realidad Aumentada [...] que pretende proporcionar una plataforma que sea utilizada de manera sencilla e intuitiva en el mundo educativo, permitiendo que profesores y alumnos puedan acceder fácilmente a esta tecnología” (p.390). Cabe destacar dentro de este tipo de proyectos los que menciona Silva (2013) sobre códigos QR asociados a las calles de la localidad de Rubí (Barcelona) y utilizando POI y geoposicionamiento para asociar información virtual (en un blog) a los puntos del municipio donde se produjo una riada en los años 50. El proyecto de códigos QR fue galardonado con "el Primer Premio Internacional educared 2011 al uso de la tecnología celular en el ámbito educativo" (Silva, 2013, p.20).

Otro software útil para aplicar en proyectos educativos es eduloc¹². Este tipo de aplicaciones caerían dentro del rango de geolocalización.

Reinoso (2012) identifica seis aplicaciones significativas de RA en educación y para cada una de ellas nos proporciona un ejemplo:

- Aprendizaje basado en el descubrimiento. Reinoso nos propone la aplicación historypin que es otra aplicación basada en geolocalización para mostrar imágenes históricas de los lugares (*POI, Points Of Interest*) donde los usuarios de la aplicación han querido mostrar una imagen.
- Desarrollo de habilidades profesionales. "La formación profesional es una de las grandes áreas de aplicación de la R.A., permitiendo mejorar la comprensión en actividades de formación práctica y recrear situaciones reales de trabajo" (Reinoso, 2012, p.375). Reinoso nos menciona el proyecto Visir de la universidad de Deusto que consiste en un cuaderno de prácticas de laboratorio aumentado con la información de los instrumentos necesarios para la realización de la práctica.
- Juegos educativos con RA. Ya mencionados en un apartado anterior.
- Modelado de objetos 3D. "Mediante herramientas de modelado de objetos y aplicaciones de R. A., el alumno puede crear y visualizar modelos 3D y manipularlos: acercarlos, alejarlos, girarlos, colocarlos en lugares determinados o explorar sus propiedades físicas." (Reinoso, 2012, p.380). Aquí cabe mencionar software como *AR-media plugin for sketchup*, *BuildAR Free Version* o aplicaciones como A-RA de Víctor Valbuena que comentaremos posteriormente.
- Libros con RA. Ya mencionados también anteriormente.
- Materiales didácticos. Entre los que nos propone Reinoso están la colección de modelos¹³ de RA del Centro Aragonés para las Tecnologías de la Educación (CATEDU) o el proyecto realitat3 de LabHuman ya mencionado también anteriormente. "La oferta de este tipo de recursos es aún escasa, sería deseable el desarrollo de plataformas y aplicaciones educativas que permitan al profesorado crear y compartir materiales propios con R.A. de una forma sencilla." (Reinoso, 2012, p.389).

Arbúes (2013) nos presenta proyectos reales llevados a cabo con herramientas de realidad aumentada en el IES Vilaratza (Vilassar de Mar, Barcelona) por los propios alumnos del instituto. Entre ellos cabe destacar el de Víctor Valbuena A-RA, disponible en

¹² Ver <http://www.eduloc.net/>

¹³ Ver <http://www.catedu.es/webcatedu/index.php/descargas/realidad-aumentada>

<http://www.sacosta.org/vv/>, y audioguías creadas con la herramienta woices (otra aplicación de geolocalización para archivos de audio).

Arbúes también nos comenta el uso de códigos QR, incluso códigos QR con voz. Dentro de esta categoría de aplicaciones (uso de códigos QR) podemos mencionar experiencias como las de la profesora Eva María Perdiguero en el uso de códigos QR en clase de matemáticas¹⁴ así como los usos que describe Gamboa (2012) en el IES La Rosaleda de Málaga o los descritos en el blog <http://grednet.net/blog/>. Un ejemplo muy curioso de aplicación de RA usando códigos QR es el que presenta Pérez-Fuentes et al. (2011), en esta aplicación, llamada VERA (Violencia Escolar y Rendimiento Académico) se utiliza la RA para comprobar el patrón de interacción entre los alumnos para estudiar y corregir comportamientos de violencia escolar en las aulas. Como último ejemplo de la gran cantidad de experiencias con códigos QR disponibles se mencionará a Izquierdo (2013) que presenta una aplicación QR para el aprendizaje de rutinas de calentamiento en español y alemán en el marco de un programa de intercambio de alumnos con un instituto alemán de primero a tercero de la ESO.

De Pedro y Martínez (2012) presentan ejemplos del uso de RA en educación primaria para el área de las matemáticas y en la educación superior en los ámbitos de:

- Arquitectura. En la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile
- Dibujo técnico. Mediante el uso de Google SketchUp y el plugin AR-media.
- Laboratorios de ingeniería. En la Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao (España) donde “los estudiantes pueden examinar el funcionamiento de dispositivos eléctricos o mecánicos reales, como máquinas eléctricas, circuitos electrónicos, modelos a escala, actuadores neumáticos, motores, etc.” (De Pedro y Martínez, 2012, p.104).
- Matemáticas. La Universidad EAFIT (Colombia) tiene un proyecto de RA para la comprensión del cálculo de varias variables.

Como última categoría de ejemplos de aplicaciones de RA mencionamos las utilizadas en museos de las que existen gran variedad de ejemplos, como muestra se menciona a Perales y Adam (2013) que describen dos de tales aplicaciones: una basada en códigos QR y otra aplicable a imágenes de gran definición donde se ofrecen anotaciones sonoras en determinados puntos de la imagen, por ejemplo, para ofrecer explicaciones detalladas sobre una obra de arte.

¹⁴ Ver para más información <http://evamate.blogspot.com.es/2013/06/codigos-qr-y-realidad-aumentada-en-1-de.html>

3.4. Ejemplos de proyectos con RA que podrían aplicarse en un futuro a la educación

Como previsión de un futuro que quizá esté más cercano de lo que parece se incluye una ilustración de posibles aplicaciones de RA y otras tecnologías utilizando Google glasses que nos propone Pinantoan (2013). En él podemos observar las posibles utilidades y sinergias que surgen del uso de aplicaciones de RA junto con los “*wearable devices*”:

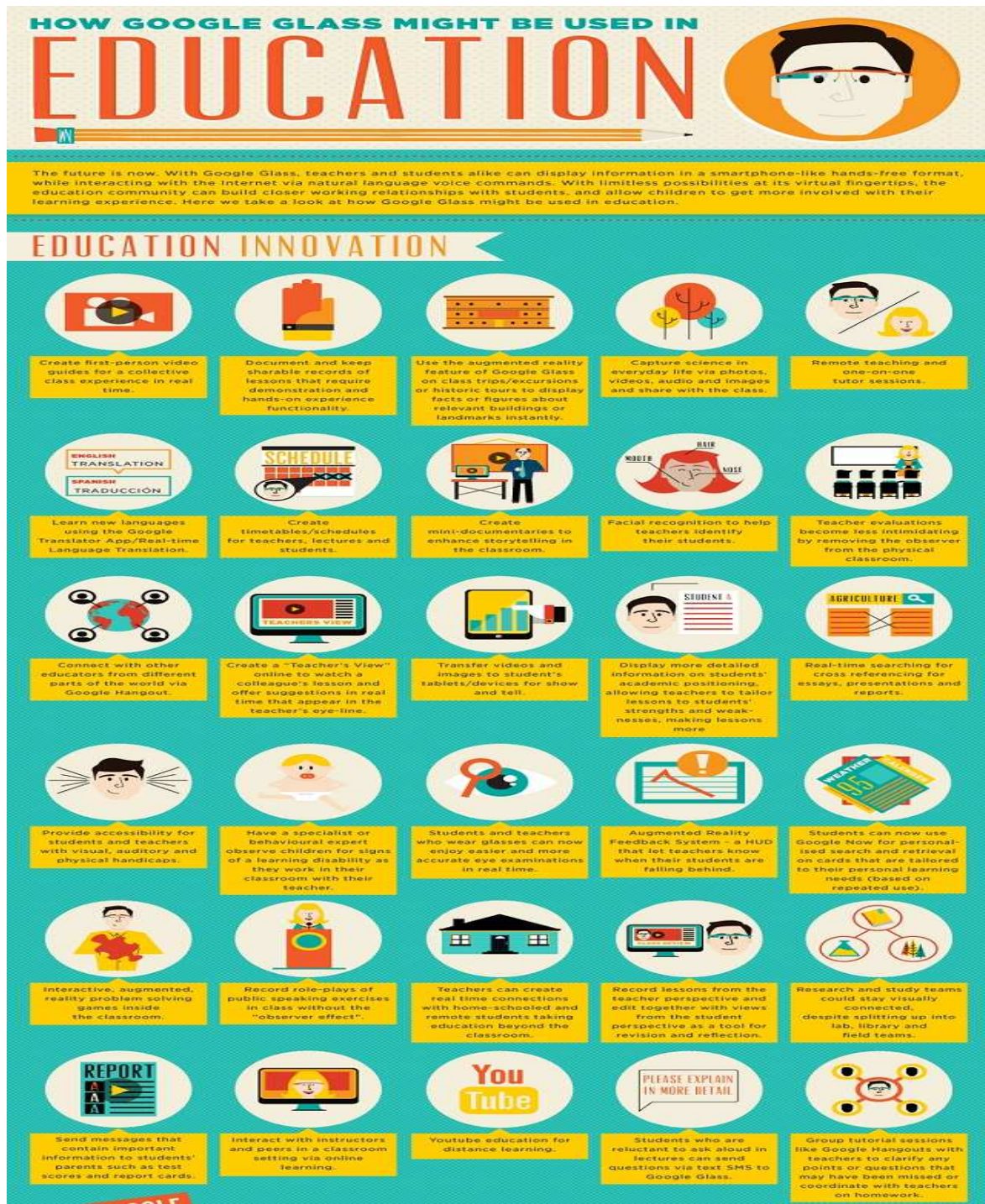


Imagen 27 Usos de las Google glass en educación

Fuente: Pinantoan (2013) <http://www.opencolleges.edu.au/informed/features/how-google-glass-can-be-used-in-education-infographic/>

El estudio

Como ya hemos dicho en la introducción, la finalidad de este proyecto, por tanto, es el diseño de una propuesta de implementación de tecnologías de RA orientada a las diversas áreas de conocimiento de la enseñanza secundaria (geografía e historia, matemáticas, física, informática, dibujo técnico, lengua, etc.). La propuesta se articula en torno a algunas actividades que hemos diseñado integradas en el currículo de la enseñanza secundaria y bachillerato. Por otra parte, pretendemos que el profesorado del centro aprenda a utilizar las herramientas correspondientes para el futuro diseño de sus propias actividades.

Con todo ello lo que se pretende es acercar la RA a los profesionales de la educación que están todos los días trabajando en el aula con los alumnos, de tal manera que les resulte fácil y asequible iniciarse en el mundo de posibilidades que ofrecen estas herramientas. De estas experiencias se podrá obtener una realimentación sobre lo que funciona o no en el aula para poder aplicarlo al día a día del instituto y evaluar el impacto obtenido con el uso de estas tecnologías.

4. Diseño metodológico

Para describir el proceso metodológico llevado a cabo se presentan los objetivos generales y específicos del TFM.

4.1. Objetivos

Aunque ya están descritos en el punto de introducción se incluyen de nuevo los objetivos en aras de una mejor comprensión del texto. No se incluye en esta tabla un rótulo para excluirla explícitamente del índice de tablas en la que ya aparece como tabla 1.

Objetivo general
Diseñar una propuesta de innovación educativa basada en actividades de RA en el IES Beniaján.
Objetivos específicos
Conocer el “estado del arte” actual en el software y estándares sobre la RA y códigos QR.
Buscar y analizar experiencias y actividades de RA ya realizadas para su posible implementación en el centro educativo.
Diseñar una propuesta de implementación de actividades basadas en RA adaptada al contexto socio-educativo concreto del centro donde se planifica la experiencia.

El objetivo principal de la investigación ha sido determinar una propuesta válida de diseño de actividades de realidad aumentada partiendo de una revisión bibliográfica para conocer el estado del arte de la tecnología actual y cuáles han sido, hasta ahora, las herramientas y propuestas metodológicas que los profesionales de la educación han llevado de forma efectiva a las aulas en el contexto español. A la hora de abordar este objetivo se ha llevado a cabo una búsqueda de información a través de diferentes fuentes, a saber: revisión de revistas especializadas en educación, búsquedas en catálogos y bases de datos de on-line, obtención de fuentes a través de las propias referencias contenidas en los artículos sobre RA y utilización del buscador de google.

El diseño de la propuesta de innovación educativa que es el objetivo principal del TFM se completa con un plan para llevar a cabo la implantación de las actividades propuestas que se expone en la propuesta didáctica.

4.2. Nivel de investigación

La primera dificultad encontrada a la hora de afrontar el estudio del tema fue la falta de referencias encontradas en la primera revisión bibliográfica. Hay un gran número de ellas sobre RA pero el número disminuye drásticamente cuando hablamos de forma específica de RA aplicada a la educación. En estas referencias los análisis y disertaciones se refieren a diferentes tipos de tecnologías de RA aplicables a la educación, experiencias basadas en RA en entornos educativos y opiniones que los autores describen sobre el futuro de estas tecnologías y su aplicabilidad pero la bibliografía adolece de falta de estudios de investigación sobre la idoneidad de estas tecnologías, metodología, estudios cuantitativos y conclusiones basadas en fuentes primarias sobre el objeto de estudio.

Esta falta de información, producida sin duda por el hecho de la novedad y reciente aparición en nuestra vida diaria de la RA, hizo que este TFM se decantara por una investigación exploratoria sobre RA y educación, centrada fundamentalmente en su aplicabilidad en las etapas de la ESO, bachillerato y formación profesional y no tanto, aunque pueda proporcionar valiosa información sobre las actividades a proponer, en la educación superior.

La investigación exploratoria en la que se basa este TFM sigue los postulados de Arias(2006), Selltiz, C., Wrightsman, L.S., Cook, S.W. y Balch, G.I. (1980) y Hernández, Fernández y Baptista (2003) en los que se define la investigación exploratoria como: "aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos." (Arias, 2006, p. 23).

Este estudio exploratorio, siguiendo a Selltiz et al. (1980) podrá ser utilizado para dirigir la formulación más precisa del problema de investigación después de que las conclusiones ofrecidas por él permitan tener un conocimiento más preciso acerca del tema tratado. Esta misma idea es corroborada por Hernández, Fernández y Baptista (2003) cuando afirman: " los estudios exploratorios nos sirven para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa" (p. 70)

Los autores mencionados anteriormente permiten por tanto una metodología sumamente flexible para llevar a cabo dicho tipo de estudios, dado que sus conclusiones se encuentran en el nivel más bajo de metodologías de investigación y deben ser retomadas en posteriores estudios descriptivos o de otro tipo. Dicho esto le asignan una importancia crítica a la revisión bibliográfica.

En el caso que nos ocupa se lleva a cabo un proceso de búsqueda documental y obtención de datos descriptivos de actividades de RA mediante la revisión de las prácticas encontradas en la literatura.

4.3. Diseño de la investigación

Tomando en cuenta lo comentado en el punto anterior el tipo de investigación que se adapta a nuestro TFM es el de investigación documental definida como: "proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas." (Arias, 2006, p. 27).

Por tanto en este documento se describe la realización de una investigación documental de nivel exploratorio-descriptivo, donde la parte descriptiva se sistematiza en las tablas de análisis de actividades que se adjuntarán posteriormente.

4.4. Desarrollo de la investigación

El desarrollo de la investigación se ha realizado siguiendo por tanto un proceso de búsqueda secuencial en fuentes documentales de alta calidad e Internet. Según McMillan y Schumacher(2014): "Una cuidadosa consideración de las debilidades y fortalezas de Internet te ayudará a determinar cuándo y cómo utilizarla para buscar un determinado asunto. Internet es particularmente bueno para acceder a nichos de información e información actual." (p. 85) En nuestro caso y debido a la falta de información de las fuentes de alta calidad dicha búsqueda se ha hecho imprescindible para la obtención de datos que pudieran hacer efectiva la investigación.

4.4.1. Búsqueda bibliográfica

El proceso de búsqueda de referencias relacionadas con el tema del TFM se comienza con las revistas especializadas, para ello se consulta el índice de impacto de las revistas de ciencias sociales (IN-RECS) elaborado por el grupo de investigación EC3 (Evaluación de la ciencia y de la comunicación científica) de la Universidad de Granada cuyos componentes pertenecen en su mayoría al departamento de Información y documentación de la universidad de Granada¹⁵.

El índice de impacto está disponible públicamente en la web <http://ec3.ugr.es/ec3/Educacion.html> y el último año accesible es el 2011 que es el utilizado en esta revisión para obtener las revistas especializadas en educación y/o tecnología educativa más relevantes. En la revisión se utilizan los datos de los dos primeros cuartiles de los que se obtienen un total de 58 publicaciones.

¹⁵ Ver <http://ec3.ugr.es/layout.php?id=miembros>

En la búsqueda documental se han utilizado, siempre que fuera posible, los propios servicios de búsqueda web de las revistas buscando los términos "Realidad Aumentada", "Augmented Reality" y "Realitat augmentada" ya que se han detectado algunas revistas editadas en catalán. Todas las revistas poseían una edición en castellano pero se ha considerado conveniente buscar en inglés, español y catalán para no dejar ningún resquicio por el que se pudiera perder información válida para el TFM.

En aquellas revistas en las que no ha sido posible una búsqueda indexada se ha realizado una revisión que podríamos calificar de "manual" accediendo a los sumarios de todos los números y comprobando las referencias existentes al tema de la tecnología de RA. Mientras que las búsquedas electrónicas accedían a todo el catálogo de las publicaciones, en la revisión manual se han considerado los números de las revistas cuya fecha de publicación fuese el 2008 o posterior. Esta fecha es anterior a la aparición en el mercado del primer navegador de RA. Este criterio se ha seleccionado debido a que las aplicaciones de RA geolocalizadas o en entornos abiertos necesitan de este tipo de herramientas para funcionar, con lo que la búsqueda a partir de esa fecha debe cubrir todas las experiencias de ese tipo. Por otro lado es muy posible que existan actividades con códigos QR antes de esa fecha pero la abundancia de información sobre este tipo de actividades ya referenciadas en el TFM permite suponer que la acotación de la búsqueda utilizando ese límite temporal no acarreará una pérdida de información relevante.

Posteriormente a la búsqueda en revistas especializadas se han utilizado las búsquedas en catálogos on-line sobre artículos de Realidad Aumentada con los mismos términos utilizados para las revistas. Se realiza una búsqueda en las bases de datos bibliográficas¹⁶ del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), concretamente en este TFM se utilizan los sumarios ICYT de Ciencia y tecnología, IME de biomedicina e ISOC de ciencias sociales y humanidades. El resultado total es de 48 documentos relacionados con los términos de realidad aumentada. Realizando sobre estos documentos la pertinente revisión detallada se observan muchas referencias sobre entornos de RA en museos y yacimientos arqueológicos y entornos abiertos pero menos en referencia a nuestra área de interés particular (aplicaciones de RA para uso educativo en secundaria), concretamente se encuentran tres referencias relevantes. Se efectúa también una búsqueda en el catálogo on-line Dialnet¹⁷ de la universidad de La Rioja y se obtienen para la búsqueda "realidad aumentada" 648 referencias, al refinar la búsqueda se introduce el término "educación" obteniendo 84 referencias de las cuales son de relevancia 8 referencias (más adelante se definen los criterios por los que un artículo no se considera relevante), algunas de ellas ya obtenidas mediante anteriores búsquedas.

¹⁶ Ver <http://bddoc.csic.es:8080/>

¹⁷ Ver <http://dialnet.unirioja.es>

La adquisición de información mediante la revisión de las referencias contenidas en los propios artículos también ha proporcionado valiosas fuentes bibliográficas para el TFM, aunque fundamentalmente para su uso en el marco teórico y la aclaración de conceptos técnicos.

Se ha de comentar también que algunas referencias encontradas no pudieron ser localizadas en formato electrónico y se solicitaron al servicio de publicaciones de la Consejería de Educación de la Región de Murcia¹⁸ mediante cuyo servicio se pudo acceder a algunos de los artículos sólo editados en papel o de pago.

La siguiente fase de búsqueda se ha llevado a cabo en Internet, concretamente en el buscador de google¹⁹ utilizando los mismos términos de búsqueda ya explicitados. La cantidad de referencias ha sido bastante grande y se ha tenido que realizar una labor de filtrado muy trabajosa aunque con estas búsquedas se ha podido acceder a algunos recursos (como por ejemplo conferencias de gurús sobre RA en diferentes congresos grabadas en youtube) que hubieran sido imposibles de localizar mediante otros métodos de búsqueda. En esta etapa ha tenido también especial importancia la revisión de documentación disponible en los diferentes congresos sobre RA disponibles en la red.

Toda esta revisión de información sigue el esquema de revisión literaria propuesto por McMillan y Schumacher (2014) aunque con ligeras modificaciones. El orden de revisión propuesto está en orden decreciente (de abajo a arriba) de credibilidad académica según Coles, A. y McGrath, J. (2010).

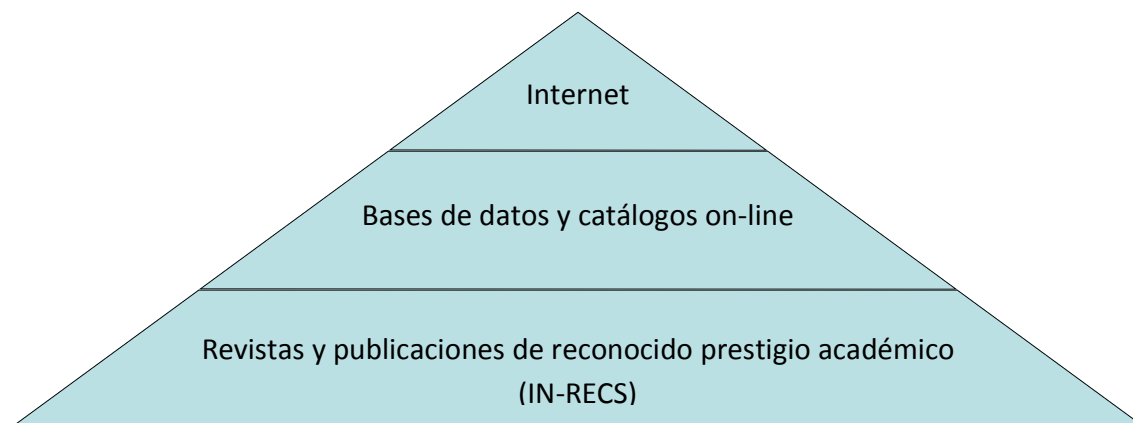


Figura 12. Importancia de las fuentes bibliográficas

Fuente: elaboración propia basado en McMillan y Schumacher (2014)

¹⁸ Ver <http://www.educarm.es/publicaciones>

¹⁹ Ver <http://www.google.es>

Se adjuntan en formato de tabla los resultados concretos de la revisión bibliográfica realizada en las revistas especializadas. Se debe hacer notar que dichos resultados están actualizados hasta la fecha de abril de 2014.

Cuando se habla de resultados sin relevancia para el TFM es debido a que el artículo encontrado presenta una de las siguientes características:

- a) Sin relación con la RA: el buscador automático ha devuelto resultados donde el término "realidad" y "aumentada" aparecen por separado.
- b) Aparece el término RA pero sólo de pasada, en una enumeración de tecnologías o similar pero hay muy poca o ninguna relación con el tema de estudio.
- c) El artículo no tiene ninguna descripción de aplicaciones o experiencias prácticas y no está relacionado con los niveles educativos objeto de estudio.

Revista	Posición IN-RECS (cuartil)	Web consultada o búsqueda realizada	Resultados de la búsqueda
Revista de psicodidáctica	1 (1)	http://www.ehu.es/ojs/index.php/psicodidactica/index	0
Aula abierta	2(1)	http://www.uniovi.net/ICE/publicaciones/Aula_Abierta	0
Revista de investigación en educación	3(1)	http://webs.uvigo.es/reined/ojs/index.php/reined/index	0
Revista de investigación educativa, RIE	4(1)	http://revistas.um.es/rie/	0
Infancia y Aprendizaje: Journal for the Study of Education and Development	5(1)	http://www.fia.es/revistas/infanciayaprendizaje/home La búsqueda se ha realizado a partir del catálogo http://www.tandfonline.com/toc/riya20/current#.U3OgQvnV-Ng	0
Teoría de la educación	6(1)	http://campus.usal.es/~teoriadelaeducacion/ Aunque la revista incluye un buscador de contenidos parece que no funciona correctamente ya que devuelve páginas de error incluso para búsquedas de términos como “profesor”, por lo que se ha procedido a la revisión manual de todos los índices desde el Vol. 25, nº 1, 2013 hasta el Vol. 20, 2008.	0
Revista de educación	7(1)	http://www.mecd.gob.es/revista-de-educacion	0
Relieve: Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa	8(1)	http://www.uv.es/relieve/	0
Revista de Universidad y Sociedad del	9(1)	http://journals.uoc.edu/index.php/rusc/	Redondo et

Conocimiento, RUSC			al. (2014)
Revista española de pedagogía	10(1)	http://revistadepedagogia.org/	1, sin relevancia para el TFM
Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación	11(1)	http://www.revistacomunicar.com/	0
Cultura y Educación: Revista de teoría, investigación y práctica	12(1)	http://www.fia.es/revistas/culturayeducacion/home La búsqueda se ha realizado a partir del catálogo http://www.tandfonline.com/toc/rcye20/.U3PvCvnV-Ng	0
Bordón. Revista de pedagogía	13(1)	http://www.sepedagogia.es/?page_id=214 Búsqueda realizada a través de RECYT http://recyt.fecyt.es/index.php/BORDON/search	0
Didáctica de las ciencias experimentales y sociales	14(1)	http://ojs.uv.es/index.php/dces	0
Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical	15(1)	http://revistas.ucm.es/index.php/RECI	0
Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte	16(1)	http://cdeporte.rediris.es/revista/revista.html Búsqueda realizada a través de recyt http://recyt.fecyt.es/index.php/RIMCAFD	0
Electronic journal of research in educational psychology	17(1)	http://www.investigacion-psicopedagogica.org/revista/new/index.php	0

Educació i història: Revista d'història de l'educació	18(1)	http://revistes.iec.cat/index.php/EduH	0
Psicología educativa	19(1)	http://www.copmadrid.org/webcopm/resource.do?recursos=6000	0
ESE : Estudios sobre educación	20(1)	http://www.unav.edu/web/estudios-sobre-educacion	1, sin relevancia para el TFM
Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación	21(1)	http://www.retos.org/	0
Revista Española de Orientación y Psicopedagogía	22(1)	http://www.uned.es/reop/	0
Investigación en la escuela	23(1)	http://www.investigacionenlaescuela.es/ Se ha realizado una búsqueda manual a través de los índices de los números del 81 (2013) hasta el 64 (2008) obteniendo los sumarios desde http://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=734	0
Educación XXI: Revista de la Facultad de Educación	24(1)	http://www.rerce.es/	0
Profesorado: Revista de curriculum y formación del profesorado	25(1)	http://www.ugr.es/~recfpro/	0
REMA (Revista Electrónica de Metodología Aplicada)	26(1)	http://www.uniovi.es/reunido/index.php/Rema/index	0
Enseñanza de las ciencias: revista de	27(1)	http://revistes.uab.cat/ensciencias/	0

investigación y experiencias didácticas			
Pixel-Bit: Revista de medios y educación	28(1)	http://acdc.sav.us.es/pixelbit/ La web no admite búsquedas electrónicas así que se han revisado los índices de los números 44 (enero-2014) hasta el número 31(enero-2008)	Fombona et al. (2012)
Revista complutense de educación	29(1)	http://revistas.ucm.es/index.php/RCED	Méndez (2012)
Articles: Revista de didàctica de la llengua i de la literatura	30(2)	http://articles.grao.com/ La búsqueda se hace sobre todas las revistas de la editorial graò y encuentra algunos resultados relevantes (de otras revistas) que son mencionados en otros sitios.	0
Papeles de Trabajo sobre Cultura, Educación y Desarrollo Humano	31(2)	http://www.uam.es/otros/ptcedh/paginas_iniciales/presentacion.htm No hay búsqueda electrónica así que se accede a los sumarios de la revista a través de la propia página web para una revisión “manual”. Se revisa desde el Volumen 10 (2014) hasta el Volumen 4 (2008)	0
Arte, individuo y sociedad	32(2)	http://www.arteindividuoysociedad.es/index.html Se busca a través del servicio de revistas de la universidad complutense de Madrid http://revistas.ucm.es/index.php/ARIS/search	3, el único relevante Perales y Adam (2013)
Revista Iberoamericana de educación (versión monográfica)	33(2)	http://www.rieoei.org/rie_contenedor.php?numero=presentacion_monografico	3, sin relevancia

		La web de la revista utiliza google como motor de búsqueda de sus contenidos. Uno de los resultados corresponde a la versión digital de la revista (no la versión monográfica a la que se refiere el índice de impacto).	para el TFM
Revista interuniversitaria de formación del profesorado	34(2)	http://www.aufop.com/aufop/home/	0
Revista de Psicología y Educación	35(2)	http://www.revistadepsicologiayeducacion.es/ La búsqueda se ha realizado a través del catálogo worldcat http://www.worldcat.org/title/revista-de-psicologia-y-educacion/oclc/436480567?referer=di&ht=edition	0
Pedagogía social: revista interuniversitaria	36(2)	http://www.upo.es/revistas/index.php/pedagogia_social/index	0
RELATEC: Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa	37(2)	http://campusvirtual.unex.es/revistas/index.php/relatec	0
REDU: Revista de Docencia Universitaria	38(2)	http://red-u.net/redu/index.php/REDU	0
Revista de logopedia, foniatría y audiología	39(2)	http://www.aelfa.org/ Se realiza la búsqueda a través del catálogo elsevier http://zl.elsevier.es/es/revista/revista-de-logopedia-foniatria-y-audiologia-309/buscar?cmbBuscador=309%7CRevista+de+Logopedia%2C+Foniatr%C3%ADa+y+Audiolog%C3%ADa&txtBuscador=augmented+reality	0

Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra	40(2)	Se busca a través del índice Raco http://www.raco.cat/index.php/ECT/search/results	0
Journal of sport and health research	41(2)	http://www.journalshr.com/	0
RICYDE: Revista Internacional de Ciencias del Deporte = International Journal of Sport Science	42(2)	http://www.cafyd.com/REVISTA/ojs/index.php/ricyde La búsqueda web no funciona correctamente ya que devuelve un mensaje de error y no se encuentra un catálogo en el que se pueda buscar así que se revisan "manualmente" los sumarios desde el Vol. 4, núm. 10 (2008) hasta el Vol. 10, núm. 36 (2014)	0
Clío. History and history teaching	43(2)	http://clio.rediris.es/ En el IN-RECS esta revista aparece simplemente como "Clío". Se busca a través del catálogo dialnet en la dirección http://clio.rediris.es/indice_numeros.html donde se revisan los sumarios manualmente del número 34, 2008 al número 39, 2013	0
Huarte de San Juan. Filología y Didáctica de la Lengua	43(2)	http://www.unavarra.es/publicaciones/catalogo-de-publicaciones-y-compra?opcion=g-h&contentId=179780 Dado el escaso número de ejemplares, ya que hay años en los que no se editó (2009-2010), se hace directamente una búsqueda manual desde el 2008 al 2013.	0
Intangible Capital	43(2)	http://www.intangiblecapital.org/index.php/ic	2, sin relevancia

			para el TFM
Revista Internacional de Deportes Colectivos	43(2)	http://www.asesdeco.com/index.php?option=com_content&view=article&id=120&Itemid=524 Se revisan manualmente los números desde el 1, septiembre-diciembre del 2008 hasta el 17, enero-marzo del 2014.	0
Cultura, ciencia y deporte: revista de ciencias de la actividad física y del deporte de la Universidad Católica de San Antonio	47(2)	http://ccd.ucam.edu/index.php/revista	0
Revista española de educación comparada	47(2)	http://www.uned.es/reec/ Se busca manualmente desde el número 22 (2013) hasta el número 14 (2008)	0
Educatio siglo XXI: Revista de la Facultad de Educación (Universidad de Murcia)	49(2)	http://www.um.es/web/educacion/contenido/divulgacion/educatio	0
Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales	50(2)	http://alambique.grao.com/ Obtiene resultados de otras revistas de la editorial graò que ya están recogidas en otros lugares del documento pero ningún artículo para esta revista.	0
Ocnos: revista de estudios sobre lectura	50(2)	http://www.revista.uclm.es/index.php/ocnos/index	0
Habilidad motriz: Revista de ciencias de la actividad física y del deporte	52(2)	http://www.colefandalucia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=58	0
Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias	53(2)	http://reuredc.uca.es/index.php/tavira	0

Enseñanza de las ciencias sociales: revista de investigación	54(2)	http://www.raco.cat/index.php/EnsenanzaCS/index	0
REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación	55(2)	http://www.rinace.net/reicenumeros.htm	0
Números. Revista de didáctica de las matemáticas	56(2)	http://www.sinewton.org/numeros/ En IN-RECS aparece como "Números"	0
Participación educativa	57(2)	http://www.mecd.gob.es/revista-cee/ Se revisa manualmente desde el número 7 (Marzo, 2008) hasta el número extraordinario del 2011.	0
Apunts: Educación física y deportes	58(2)	http://www.revista-apunts.com/es/	0

Tabla 4. Resultados de la búsqueda en revistas especializadas

4.5. Fuentes primarias y secundarias

Siguiendo a McMillan y Schumacher (2014) es de gran interés el distinguir las fuentes entre primarias y secundarias. Se entiende como fuente primaria en un estudio cuantitativo a lo que los sujetos "hicieron o informaron" (McMillan y Schumacher, 2014, p. 76) y en un estudio cualitativo serían los propios participantes y la documentación que se obtiene de forma directa por parte del investigador. Las fuentes secundarias "resumen, revisan, analizan o discuten las fuentes de información primaria así como lo que contienen otras fuentes de información secundaria." (McMillan y Schumacher, 2014, p. 76)

En este TFM se ha utilizado una revisión documental como técnica de investigación por lo que las fuentes son secundarias. Por otro lado encontramos que la inmensa mayoría de referencias son, o bien documentación técnica, o bien descripción de experiencias con aplicaciones de RA pero sin aportar datos que vayan más allá de las propias opiniones de los autores. Cabe destacar los escasísimos estudios cuantitativos existentes sobre el tema entre los cuales destacamos a Castañeda (2012) y Redondo et al. (2014), siendo esta última referencia muy interesante ya que evalúa el desempeño de la aplicación de la RA utilizando como criterio el rendimiento académico de dos grupos de forma comparativa obteniendo una conclusión positiva sobre el uso de esta tecnología en el aula.

4.6. Revisión de experiencias prácticas. Búsqueda de fuentes documentales en Internet

Las referencias obtenidas mediante la búsqueda en Internet describen muchas experiencias prácticas de las cuales se ha obtenido información, entre estas fuentes documentales se han revisado los datos de congresos y conferencias especializados en RA que se celebran anualmente y a partir de cuyas páginas web también se ha buscado información relevante (hasta las ediciones de 2013 incluidas aunque los enlaces se proporcionan de 2014):

- International Symposium on Mixed and Augmented Reality (**ISMAR**) (<http://www.ismar.net/>, <http://ismar.vgtec.org/>)
- **AWE** (Augmented World Expo 2014) <http://augmentedworldexpo.com/>
- **insideAR** The augmented reality conference <http://www.insidear2014.com/>
- **aumentame** (Realidad Aumentada y educación) 2014 <http://aumenta.me/>

La información de las experiencias prácticas analizadas se ha registrado mediante el uso de una ficha descriptiva de análisis de actividades.

4.7. Diseño y validación de la ficha de análisis descriptivo

A continuación se explica cómo se ha hecho la ficha de análisis descriptivo: el proceso de elaboración y validación. En la ficha se han incluido los ítems que se han considerado más relevantes para obtener datos descriptivos sobre las experiencias analizadas de realidad aumentada incluyendo la categorización del tipo de tecnología de RA utilizado, el nivel, el software utilizado y metodología que se usó para su realización.

Una vez estuvo diseñada se contó con la ayuda de un grupo de expertos del GITE (Grupo de Investigación en Tecnología Educativa de la Universidad de Murcia) para su validación. Se les envió la ficha por correo electrónico y la devolvieron revisada con sus comentarios, que fueron incluidos en la versión definitiva.

En el siguiente apartado se incluye la ficha definitiva y la explicación de los ítems a continuación.

- Ficha de análisis descriptivo

Ficha descriptiva de actividad utilizando Realidad Aumentada	
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ :
	Página web ⁽²⁾ :
	Ciudad ⁽³⁾ :
	Etapas educativas ⁽⁴⁾ :
	Ciclos ⁽⁵⁾ :
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ :
	Curso académico ⁽⁷⁾ :
Datos sobre la actividad	Fuentes de información sobre la actividad ⁽⁸⁾ :
	Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ :
	Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ :
	Datos de los profesores ⁽¹¹⁾ :
	Descripción de la actividad ⁽¹²⁾ : Objetivos • Contenidos • Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros)

	• Metodología • Evaluación	
	Fechas de realización de la actividad ⁽¹³⁾ :	
	Lugares de realización de la actividad ⁽¹⁴⁾ :	
Análisis de la tecnología de RA implicada	Nivel de RA ⁽¹⁵⁾ :	
	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA ⁽¹⁶⁾ :	
	Descripción de los medios utilizados	Software ⁽¹⁷⁾ :
		Hardware ⁽¹⁸⁾ :
		Conexión a Internet ⁽¹⁹⁾ (sí,no): • Redes Wifi. • Redes de telefonía móvil. • Otras.
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante ⁽²⁰⁾ :	
	Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad ⁽²¹⁾ :	

- Explicación de los campos de la ficha

Cualquier dato de los abajo descritos si no se dispone de él se deberá dejar indicado en la ficha como NO DISPONIBLE.

(1): Denominación del centro educativo responsable de la realización de la actividad.

(2): Página web del centro educativo y en su caso de información sobre la propia actividad.

(3): Ciudad del centro educativo.

(4): Infantil, primaria, ESO, bachillerato, formación profesional o universidad para el sistema educativo español. Equivalentes para otros sistemas educativos.

(5): Si la etapa educativa está dividida en ciclos indicar aquí el (o los) ciclos donde se lleva a cabo la actividad (ejemplo segundo ciclo de primaria o primer ciclo de secundaria)

(6): Curso (o cursos) que realizan la actividad y de qué grupos de cada curso son los alumnos que realizan la actividad (por ejemplo, 4º A, 3ºB y 3º C)

(7): Curso académico en el que se realiza la actividad (por ejemplo 2011/2012)

(8): Referencias de donde se ha extraído la información de la actividad. Si se ha obtenido a partir de una recogida de datos propia, búsqueda de información o, por ejemplo, mediante entrevistas con los implicados indicarlo también en este apartado.

(9): Número total de alumnos que realizan la actividad (todos los alumnos de todos los grupos)

(10): ¿Se complementa la actividad con el uso de alguna herramienta más? Blog, wiki, redes sociales, página web, etc.

La actividad se realiza de forma individual o existe algún tipo de agrupamiento.

(11): Información disponible sobre el profesorado responsable del diseño y realización de la actividad. Principalmente ,si están disponibles, nombre y apellidos, correo electrónico y teléfono de contacto u otros datos.

(12): Descripción lo más detallada posible sobre el diseño y el desarrollo de la actividad. Debe incluir: objetivos, contenidos, agrupamiento, metodología y evaluación. En el agrupamiento se distinguirá entre actividades individuales, en pareja, en grupo (de 3 a 5 alumnos) u otros tipos.

(13): Fechas en las que efectivamente se realizó la actividad.

(14): Lugares en los que se llevó a cabo la actividad (sobre todo si son diferentes del centro educativo).

(15): Nivel 0, nivel 1 o nivel 2 (el nivel 3 todavía no está disponible). Ver punto 2.5 del TFM para la aclaración sobre los niveles de Realidad Aumentada.

(16): Cerrada o abierta, local o ubicua, móvil o espacial, individual o colaborativa, de escritorio, portátil o equipamiento especializado y de reconocimiento de formas, geoposicionamiento o híbrida. Ver punto 2.4 del TFM para la aclaración sobre la clasificación de los sistemas de Realidad Aumentada.

(17): Identificación de los sistemas software utilizados incluyendo la plataforma de RA, el sistema operativo y el software de apoyo en su caso.

(18): Hardware utilizado en las actividades, si son varios y no son relevantes para la actividad se indicará aquí (por ejemplo, si se ha utilizado una plataforma basada en ARToolkit con Android utilizando los móviles de los alumnos se indicará como hardware heterogéneo ya que no nos importan exactamente los modelos de móviles Android utilizados)

(19): Conexión a Internet. Referente a los requisitos de conectividad a redes de datos para la actividad utilizados. Si la respuesta fuera que sí (es necesaria la conexión a Internet), se tiene la opción de elegir si el acceso se realiza a través de wifi, redes de datos móviles u otras.

(20): Cualquier información disponible sobre las evaluaciones de la actividad llevadas a cabo por parte del personal participante (profesores, alumnos).

(21): Información sobre cualquier evaluación externa que pueda existir sobre la actividad y qué medios se han utilizado, si alguno, para difundirla.

- Referencias utilizadas para la elaboración de la ficha de análisis. Se han utilizado las siguientes:
 - Estebanell et al. (2012)
 - Fombona et al. (2012)
 - Lens-Fitzgerald (2009)
 - Portalès (2008)
 - Reinoso (2012)
 - Rice (2009)

5. Análisis de datos

Aunque ya se han apuntado algunos datos obtenidos de la revisión bibliográfica se deben resaltar algunos de sus resultados.

En las revistas especializadas se han obtenido 13 resultados utilizando los criterios de búsqueda definidos en el punto 4.4.1, de estos 13 resultados sólo 4 nos han ofrecido artículos con relevancia para el TFM (tal y como ha sido definido dicho concepto en el propio punto 4.4.1).

De estos cuatro artículos uno sólo ofrece información teórica, dos mencionan experiencias en ámbitos museísticos y/o fuera del ámbito educativo español y sólo uno ofrece los resultados de una experiencia con RA en la educación superior universitaria.

De tal bagaje acudir a otro tipo de fuentes se ha convertido en algo imprescindible. A partir de la búsqueda en los catálogos on-line se han obtenido muchas referencias teóricas y experiencias en otros ámbitos diferentes del educativo pero fue en la revisión de los recursos disponibles en Internet sobre congresos y conferencias especializadas cuando empezaron a surgir referencias sobre experiencias relevantes para el TFM.

En el punto de RA y educación se describen las experiencias encontradas, algunas no han sido tratadas en este apartado por ser muy parecidas a otras que ya se incluían y que por tanto no hubieran aportado información significativa.

Se han obtenido en total 13 experiencias de RA que abarcan el uso de todos los niveles de RA, markerless y basados en marcas, geoposicionados, QR, etc.

Mención especial merecen las experiencias basadas en códigos QR puesto que además de las aquí descritas, en el blog (<http://grednet.net/blog/>) se puede acceder hasta a 19 experiencias diferentes con códigos QR que no han sido referenciadas por los motivos anteriormente expuestos.

El uso de los códigos QR (realidad aumentada de nivel 0) es de uso mayoritario entre los docentes. De las 8 descritas en las fichas 2 son de códigos QR lo que hace un total de 21 de 27 experiencias tomando en cuenta las descritas en el blog. En esta estadística además se han contado como diferentes al nivel 0 aquellas actividades que proponen una mezcla de tecnologías (por ejemplo, QR y geoposicionamiento) lo cual también es bastante usual entre los que llevan a cabo las actividades (de las 8 descritas 2 tienen esta mezcla de diferentes niveles de RA).

El nivel 2 de RA (geoposicionamiento) tan solo aparece en 3 de las actividades encontradas (2 de ellas descritas en las fichas) con lo que se revela como una fuente de

recursos sin explotar a fondo que quizá fuera aventurado atribuir a una falta de difusión de las tecnologías entre el profesorado ya que visto el entusiasmo con que son acogidos los códigos QR quizá fuera ésta la explicación más lógica para esta ausencia de experiencias.

Por otro lado, aunque la mayoría de las referencias no describen la metodología utilizada, las que sí lo hacen se decantan por metodologías participativas y de trabajo en grupo. Se puede intuir a través de la lectura de la documentación que también es el caso en aquellas que no lo especifican pero al no explicitarlo este dato se ha añadido como no disponible.

Basándonos en estos análisis nuestra propuesta didáctica será equilibrada en el uso de las diferentes tecnologías de RA ya que uno de los principales logros de un TFM como éste sería difundir el conocimiento para usar estas tecnologías entre los profesores para poder llevar a cabo experiencias en el aula.

La propuesta

6. Propuesta didáctica

Se va a presentar la propuesta didáctica para el proyecto de innovación educativa de implementación de actividades de RA en el instituto Beniaján de Murcia. Esta propuesta se planifica para su realización durante el curso 2014/2015. Se estructurará en varios apartados: los objetivos, organización, temporización, el diseño de actividades, el análisis del contexto, participantes y evaluación del desarrollo del proyecto.

6.1. Objetivos de la propuesta didáctica

Como objetivos de la propuesta didáctica se contemplan los siguientes:

Objetivo general
Obtener una mejora del rendimiento educativo mediante el uso de técnicas de Realidad Aumentada en alumnos de ESO, bachillerato y formación profesional en el IES Beniaján de la Región de Murcia.
Objetivos específicos
▪ Conocer el contexto de integración curricular de la RA: necesidades y formación del profesorado. ▪ Impartir un curso de formación al profesorado sobre el uso de las herramientas para la generación de las actividades de RA. ▪ Realizar actividades de RA en el instituto y durante las actividades extraescolares con el máximo número de profesores y alumnos del centro. ▪ Valorar el impacto del uso de las tecnologías de RA en la comunidad educativa del centro mediante encuestas al profesorado y estudiantes del centro. ▪ Crear un grupo de trabajo con ánimo de continuidad en la tecnología de RA. ▪ Promover la transferencia de conocimiento entre el centro educativo, sobre todo en formación profesional, y las empresas o centros tecnológicos que utilicen las tecnologías de RA.

Tabla 5 Objetivos de la propuesta didáctica

6.2. Calendario de realización

FASES	FECHAS ESTIMADAS	DESCRIPCIÓN
Fase I Presentación del proyecto	septiembre 2014	Captación de profesorado interesado en el proyecto. Planificación de la formación al profesorado.
Fase II Análisis del contexto y consenso del centro	Octubre 2014	Determinación de requisitos y recursos. Formación del profesorado. Analizar los condicionantes educativos del centro, alumnos y materias (modificación de programaciones didácticas y plan educativo del centro). Presentar y debatir la propuesta con el equipo docente.
Fase III Puesta en marcha	Octubre 2014	Instalación y prueba de las herramientas en el entorno real del software y hardware. Generación de un entorno de desarrollo y pruebas.
Fase IV Validación y rediseño de las actividades	Noviembre 2014 – Febrero 2015	Validación del diseño didáctico de las actividades. Revisión y nuevas propuestas de actividades
Fase V Realización de actividades	Marzo 2015- mayo 2015	Realizar las actividades previstas con los alumnos durante el tercer trimestre del curso.
Fase VI Evaluación del proyecto y consolidación del grupo de trabajo	Junio 2015 – julio 2015	Evaluar mediante encuestas el impacto del proyecto recabando datos de todas las personas que hayan participado en él (alumnos, profesores, personal técnico en su caso) así como del claustro completo de profesores. Evaluaremos el impacto de las

		tecnologías AR desde el punto de vista de profesores y alumnos. En este momento se creará un grupo de trabajo permanente con los profesores interesados en la tecnología de RA para efectuar una revisión constante de las actividades y herramientas empleadas así como seguir promoviendo en cursos sucesivos el uso de las tecnologías de RA.
--	--	--

Tabla 6 Calendario de realización (curso 2014/2015)

6.3. Línea de TFM en el que se inserta la propuesta didáctica

Como ya se comentó en la introducción el objetivo del proyecto es desarrollar una propuesta de innovación educativa basada en RA y se inserta por tanto en la línea de trabajo de diseño didáctico en entornos tecnológicos. Se trata de un proyecto de investigación y diseño de actividades mediante el uso de nuevas tecnologías que pueden ser relevantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El interés de la propuesta de innovación educativa se centrará en la implementación de actividades de RA en el instituto Beniaján de Murcia.

6.4. Aspectos organizativos para el desarrollo de los objetivos específicos

En este apartado se indicará de qué manera se desarrollarán los objetivos específicos de la propuesta didáctica mediante acciones puntuales en el contexto del IES Beniaján.

El primero de estos objetivos es el curso de formación. Este curso lo impartirá el autor del proyecto y versará sobre el manejo de las herramientas propuestas para el desarrollo de las actividades. Su duración será de dos sesiones de 3 horas y está previsto realizarlo dos veces para acomodar los horarios de los profesores que participen en el proyecto. Asimismo se espera que las empresas participantes (ver apartado 7.2) puedan dar una pequeña charla sobre aplicaciones de RA.

Después de este curso de formación comenzará la fase II (Análisis del contexto y consenso del centro) donde mediante reuniones periódicas (quincenales) y el uso de herramientas telemáticas como el blog²⁰, correo electrónico y las redes sociales se pretende

²⁰ Ver <http://arbeniajan.wordpress.com/>

mantener una comunicación continua para el rediseño y análisis del contexto de las actividades de RA y conocer de primera mano las impresiones de los docentes sobre la aplicación de la tecnología en las aulas.

Estas herramientas no servirán también como infraestructura para el grupo de trabajo que se pretende crear en el instituto sobre RA. A lo largo del desarrollo de la propuesta pretendemos que el grupo vaya consolidando de forma progresiva sus estrategias de interacción y sus procesos de colaboración. Por otra parte el objetivo de la transferencia tecnológica y la colaboración con las empresas se mantendrá con la organización de una jornada anual donde se comenten los principales avances en el campo y que les sirva a las empresas de altavoz para dar a conocer sus productos y desarrollos sobre RA, las conversaciones a este respecto son bastante positivas y se espera que sea factible su realización.

En cuanto al desarrollo de las actividades hay que comentar que cada profesor será libre de escoger aquellas actividades que vea que se adaptan a su programación didáctica y contexto del alumnado con lo que no se puede saber de antemano qué profesores escogerán qué actividades aunque se procurará darles el mayor apoyo logístico y organizativo posible para animarles a realizarlas con todos sus cursos.

6.5. Contexto de la propuesta didáctica

La elección del instituto responde a cuestiones profesionales ya que es el centro de trabajo del autor del proyecto el lugar en donde se desarrollará el estudio de caso. Esto tiene una serie de consecuencias que se consideran positivas debido al estrecho conocimiento del entorno.

El contexto es un instituto de enseñanza secundaria, bachillerato y formación profesional en la pedanía de Beniaján del municipio de Murcia, con unos alumnos de nivel medio. El instituto tiene experiencia en el uso de las TIC y se emplean habitualmente en muchas clases de diferentes materias, teniendo tres aulas de ordenadores para uso común e infraestructura inalámbrica de acceso a Internet en todo el centro. Dispone de una página web²¹ que se actualiza periódicamente y donde se coloca información dirigida a los padres sobre las actividades del centro, fechas de evaluación, funcionamiento del centro, etc. Los alumnos en su inmensa mayoría disponen de dispositivos (smartphones) que les permitirían realizar las actividades previstas.

Este año se ha implantado el programa “Enseñanza XXI” por lo que uno de los grupos de alumnos desarrollará el currículo completamente con medios digitales y dispondrán a todas

²¹ Ver <http://www.iesbeniajan.es>

horas de *tablet* o dispositivo similar en el aula. También se dispone de una plataforma moodle (software de LMS, *Learning Management System*) que el departamento de informática y algunos profesores del claustro utilizan como recurso para el desarrollo de la docencia²².

El autor del TFM es profesor de la especialidad de informática e imparte docencia en cuarto de la ESO y en ciclos formativos. En el instituto hay cuatro grupos de primero de la ESO, 3 grupos de segundo, 4 grupos de tercero de la ESO, 3 grupos de cuarto de la ESO, tres de bachillerato y se imparte el ciclo formativo de grado superior de formación profesional de ASIR (Administración de Sistemas Informáticos) y el PCPI²³ (Programa de Cualificación Profesional Inicial) de cocina.

Como ya se ha comentado la idea es implicar al máximo número de profesores posible en el desarrollo de las actividades propuestas.

6.6. Diseño didáctico de las actividades propuestas

Seguidamente se presentarán una serie de proyectos y/o experiencias basados en el uso de Realidad Aumentada para su utilización en las aulas. Se desarrollarán en diferentes niveles y con diferentes herramientas. El objetivo de utilizar varias herramientas es dar a conocer las diferentes tecnologías entre el profesorado y el alumnado ya que todas ellas son válidas para desarrollar los contenidos de clase. Se indicará el nivel educativo en el que se propone el uso de las herramientas aunque este punto, así como en otros, presentamos una propuesta flexible y podría ser modificada en la fase de revisión de diseño por parte del profesorado del centro.

Para la selección de las herramientas se han utilizado las tres leyes del diseño de Realidad Aumentada de Lex Ardez, cuyo contenido se referencia en Onbar (2013), las tres leyes nos dicen lo siguiente:

- *La aumentación debe emerger del mundo real y/o relacionarse con él.*
- *La aumentación no debe distraer de la realidad, sino hacerte más consciente de ella.*
- *La interacción aumentada debe ofrecer una experiencia superior a las alternativas, o mejor aún – que no haya alternativas (p. 1).*

Como norma general para todas las actividades propuestas, la metodología didáctica está basada en el aprendizaje activo (learning by doing) a la cual la tecnología RA se adapta perfectamente. El enfoque metodológico que más se utilizará será el aprendizaje por proyectos tal y como lo define Fortea (2009): “método de enseñanza-aprendizaje en el que los estudiantes llevan a cabo la realización de un proyecto en un tiempo determinado para resolver

²² Ver <http://informatica.iesbeniajan.es/>

²³ Ver <http://goo.gl/CPSH6x>

un problema o abordar una tarea mediante la planificación, diseño y realización de una serie de actividades y todo ello a partir del desarrollo y aplicación de aprendizajes adquiridos y del uso efectivo de recursos” (p.11). Interesa en todo momento que los alumnos fabriquen, experimenten y vean el resultado de su trabajo en el entorno real del instituto para que de esa manera su aprendizaje quede reforzado.

En cada actividad se incluirá una tabla con una breve descripción, objetivos, tiempo previsto para su realización, niveles educativos en los que se llevará a cabo, departamentos didácticos involucrados (por la afinidad de los contenidos que se pueden trabajar en cada actividad), recursos necesarios, metodología didáctica e instrumentos de evaluación. Todos estos elementos podrán ser modificados por los profesores encargados de llevarlas finalmente a cabo con cada uno de los grupos.

6.6.1. Actividad introductoria

La primera actividad será de introducción a la RA utilizando ARSights. En principio estará prevista sólo para que alumnos y profesores entiendan de forma práctica el concepto de RA. Una posible ampliación de esta actividad incluiría el uso de SketchUp y el *plugin* de Ar-Media para generar modelos 3D propios y subirlos a la base de datos de Google Earth de ARSights.

Diseño de la actividad de RA con ARSights	
Descripción de la actividad	Uso del software ARSights para descargar cualesquiera modelos 3D de la Web del software ²⁴ y comprobar su funcionamiento mediante el marcador proporcionado
Objetivos	Entender el concepto de RA mediante un ejemplo práctico. Manejar un modelo gráfico en 3D mediante una interfaz virtual de marcas.
Temporización	2 sesiones
Niveles educativos	Todos
Departamentos didácticos involucrados	Todos los que participen en el proyecto

²⁴ Ver <http://www.arsights.com/>

Recursos	Aula de ordenadores o <i>tablets</i> con cámara Web y con conexión a Internet y el software ARSights, gratuito. Marcador impreso.
Metodología	Clase práctica (aprendizaje basado en problemas). Fortea (2009)
Instrumentos de evaluación	Breve descripción de los modelos visualizados por el alumno, situación geográfica y breve reseña histórica.

Tabla 7 Diseño de la actividad introductoria con ARSights

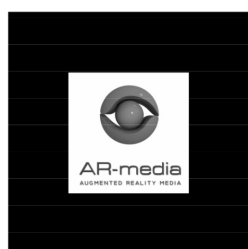


Imagen 28 Marcador de ARSights

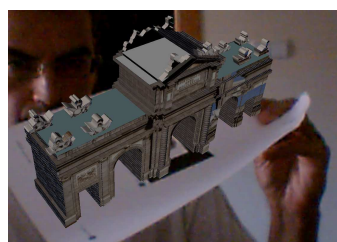


Imagen 29 Modelo de la puerta de Alcalá de ARSights

Fuente:

<http://www.arsights.com/docs/Marker.pdf>

Fuente: elaboración propia

6.6.2. Actividad con códigos QR

La segunda actividad planteada es usar códigos QR en el instituto. El planteamiento será aprovechar los proyectos Comenius que se realizan para incluir en los carteles que se ponen por el centro códigos QR de tipo texto, o URLs que redirijan a información relacionada con el proyecto.

Diseño de la actividad de RA con códigos QR	
Descripción de la actividad	Realización en grupos (3 o 4 alumnos) de una actividad para utilizar códigos QR que se vean por los pasillos y las aulas del instituto asociados a los carteles informativos de los proyectos Comenius y/o de otros proyectos de otros departamentos.
Objetivos	Comprender el concepto de hiperenlace y de los códigos QR. Trabajar colateralmente los contenidos de las áreas en las

	que se basen los proyectos Comenius (como ejemplo en uno de los intercambios Comenius de este año se ha trabajado la figura del escritor murciano Jerónimo Tristante). Usar las herramientas Web para generación de códigos QR.
Temporización	3 sesiones.
Niveles educativos	4º de la ESO
Departamentos didácticos involucrados	Lengua castellana y literatura e inglés.
Recursos	Aula de ordenadores o <i>tablets</i> con cámara Web y con conexión a Internet. Impresora. Recursos propios de los departamentos didácticos (material específico para enlazar).
Metodología	Aprendizaje cooperativo. Fortea (2009)
Instrumentos de evaluación	Los códigos QR que deben ser asociados a los carteles del centro, el profesor comprobará que los enlaces y/o información que contienen son pertinentes respecto a su localización.

Tabla 8 Diseño de la actividad con códigos QR



Imagen 30 Código QR para acceso a la Web del instituto

Fuente: elaboración propia

6.6.3. Actividad con repositorios de marcadores

Las siguientes actividades caen también en la categoría del uso de marcadores, para ello se utilizarán varios repositorios y herramientas, se incluyen todos porque se dejará a la

elección de los profesores aquellos que consideren más convenientes para sus clases. Se proponen los siguientes repositorios y herramientas:

Diseño de las actividades con repositorios de marcadores	
Descripción de la actividad	Utilizar los repositorios de marcadores y modelos 3D asociados para que el alumno ofrezca una explicación en clase sobre el tema escogido o que realice un diario con los modelos que visualice en el ordenador, dependiendo de la complejidad de los modelos.
Objetivos	Manejar recursos informáticos en red. Usar el software asociado a los modelos de RA disponibles en los repositorios (Aumentaty Viewer ²⁵ , realitat3 ²⁶ y BuildAR ²⁷)
Temporización	6 sesiones
Niveles educativos	Todos
Departamentos didácticos involucrados	Geografía e historia, física y química, ciencias naturales y matemáticas. Los departamentos han sido escogidos en función de los modelos disponibles en los repositorios.
Recursos	Impresora. Software Aumentaty Viewer, realitat3 y BuildAR, los dos primeros gratuitos previo registro y BuildAR gratuito sin registro. Aula de ordenadores o <i>tablets</i> con cámara Web y con conexión a Internet para acceder a las páginas Web de los repositorios: - Repositorio de CATEDU (uso con BuildAR). Disponible en http://www.catedu.es/webcatedu/index.php/descargas/realidad-aumentada - Repositorio de Aumentaty (uso con Aumentaty Viewer). Disponible en http://www.aumentaty.com/es/content/comunidad-aumentaty
Metodología	Aprendizaje por proyectos. Fortea (2009)

²⁵ Disponible en <http://www.aumentaty.com/en/content/tools-manuals-and-accessories>

²⁶ Disponible en http://www.aumentaty.com/es/system/files/sites/default/files/downloads/Realitat3_v1.2.exe previo registro gratuito

²⁷ Disponible en <http://catedu.es/realidadaugmentada/BuildARViewerSetup-1.1.4.zip>

Instrumentos de evaluación	Los alumnos realizan capturas de pantalla mostrándose a ellos mismos visualizando los modelos propuestos. Con esto realizarán un cuaderno de actividades donde a cada imagen se le puede asociar una reseña introductoria o desarrollar alguna pregunta concreta relacionada con el modelo 3D.
----------------------------	--

Tabla 9 Diseño de las actividades con repositorios de marcadores

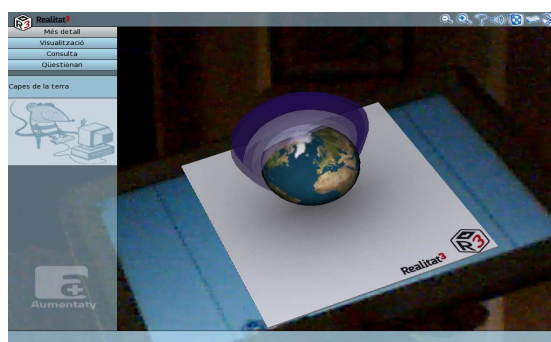


Imagen 31 Ejemplo de uso de Realitat3 con marcadores

Fuente: elaboración propia

6.6.4. Actividades con A-RA y de perspectiva axonométrica

En esta actividad se utilizará el software A-RA que utiliza modelos 3D de vistas en la perspectiva axonométrica. Este software sólo necesita la Web para funcionar. Se propone al alumno realizar un cuaderno de ejercicios RA en la línea de Sánchez (2011). En el desarrollo de la actividad se propone la utilización del software de diseño gráfico Blender ya que por su licencia GNU y sus elevadas prestaciones podría instalarse de forma libre, alternativas como AutoDesk 3DS Max sólo tienen una licencia de prueba de 30 días.

Diseño de las actividades con A-RA y de perspectiva axonométrica	
Descripción de la actividad	Utilizar la página Web de A-RA (http://sacosta.org/vv/) para a través de las vistas que se presentan intentar imaginar la figura correspondiente. Identificar el modelo 3D que se presenta a través del marcador con las vistas asociadas. Una vez comprendida la perspectiva axonométrica se hará un parte de diseño propio del alumno con BuildAR y Blender²⁸ (disponibles de forma gratuita) o SketchUp²⁹ realizando su propio cuaderno de RA.

²⁸ Disponible en <http://www.blender.org/>

Objetivos	Comprender la perspectiva axonométrica. Identificar las vistas de alzado, planta y lateral utilizando la metáfora de la interfaz tangible con el software A-RA de los ejercicios propuestos. Construir modelos 3D con Blender o SketchUp. Asociar modelos 3D a un entorno de RA.
Temporización	10 sesiones.
Niveles educativos	Bachillerato y 4º de la ESO
Departamentos didácticos involucrados	Educación plástica y visual.
Recursos	Blender o SketchUp. Impresora. Aula de ordenadores o <i>tablets</i> con cámara Web y con conexión a Internet para acceder a la página Web de A-RA. Navegador con flash. Recursos propios del departamento de plástica para perspectiva axonométrica.
Metodología	Aprendizaje por proyectos. Fortea (2009)
Instrumentos de evaluación	Cuaderno de actividades del alumno con los modelos que desarrolle para su visualización en RA. La parte de A-RA se evaluará con la captura de pantalla del alumno visualizando el modelo.

Tabla 10 Diseño de las actividades con A-RA y de perspectiva axonométrica

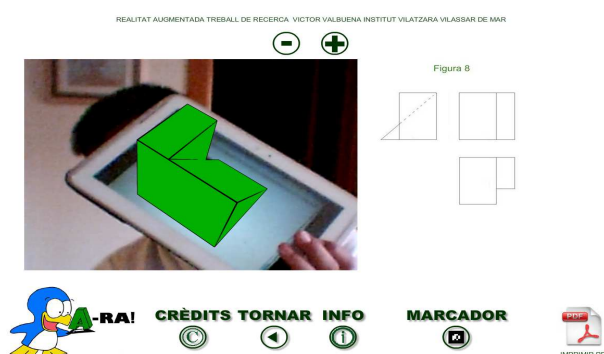


Imagen 32 Ejemplo de modelo axonométrico utilizando A-RA

Fuente: elaboración propia

²⁹ Disponible en <http://www.sketchup.com/es/products/sketchup-pro>

6.6.5. Actividades con software *markerless*

Como actividades más avanzadas se propondrán la realización de actividades con software *markerless* como Aurasma. Nótese que este software es categorizado como *markerless* siguiendo a Reinoso (2013).

Diseño de la actividad con software <i>markerless</i>	
Descripción de la actividad	Realización en grupos (3 o 4 alumnos) de una actividad para utilizar Aurasma con los carteles del proyecto Comenius y/o cualquier otra imagen susceptible de que se le asocie un modelo 3D en el instituto. Se deberán marcar las imágenes con el logo de Aurasma para identificarlas como de RA.
Objetivos	Comprender el concepto de RA. Asociar modelos 3D a imágenes mediante el software Aurasma. Buscar en Internet modelos compatibles con el software. Distinguir las diferencias entre los diferentes formatos gráficos usados para la construcción de modelos 3D. Trabajar colateralmente los contenidos de las áreas en las que se basen los proyectos Comenius.
Temporización	7 sesiones.
Niveles educativos	4º de la ESO
Departamentos didácticos involucrados	Informática y comunicaciones, lengua castellana y literatura e inglés.
Recursos	<i>Tablets</i> con cámara Web, sistema operativo Android y conexión a Internet.
Metodología	Aprendizaje cooperativo. Aprendizaje por proyectos. Fortea (2009)
Instrumentos de evaluación	El logo de Aurasma debe ser asociados a los carteles del centro, el profesor comprobará que los enlaces y/o información que

	contienen son pertinentes respecto a su localización y que funcionan.
--	---

Tabla 11 Diseño de la actividad con software *markerless*

Imagen 33 Modelo asociado a un número de la revista PCActual mediante Aurasma

Fuente: elaboración propia

6.6.6. Actividades de geolocalización

Estas actividades podrían realizarse para puntos de interés de la localidad de Beniján, Murcia o municipios limítrofes. Se trata de asociar contenido multimedia a puntos de interés (POI) geolocalizados mediante el uso de eduloc, disponible en <http://www.eduloc.net/>.

Diseño de la actividad de geolocalización	
Descripción de la actividad	Realización en grupos (3 o 4 alumnos) de una actividad para utilizar eduloc y generar contenido multimedia asociado a puntos de interés para la realización de actividades extraescolares.
Objetivos	Comprender el concepto de geolocalización. Asociar contenido multimedia a lugares de interés del entorno del instituto o de otros municipios donde se puedan organizar actividades extraescolares. Usar software de RA geolocalizada como eduloc. Despertar el interés por el entorno del alumno, acontecimientos históricos, lugares, etc.

Temporización	5 sesiones.
Niveles educativos	4º y 3º de la ESO
Departamentos didácticos involucrados	Todos.
Recursos	Tablets o smartphones con cámara Web y conexión a Internet mediante redes de datos.
Metodología	Aprendizaje cooperativo. Aprendizaje por proyectos. Fortea (2009)
Instrumentos de evaluación	Los alumnos se harán una foto de ellos mismos en los puntos geolocalizados a través de la aplicación. EL profesor podrá comprobar con las imágenes que los POI insertados funcionan y además han pasado por ellos.

Tabla 12 Diseño de la actividad de geolocalización

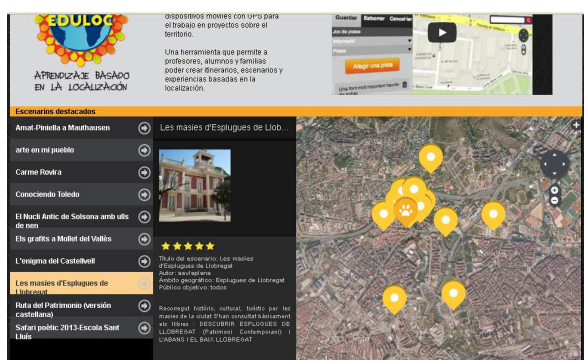


Imagen 34 Imagen de eduloc.net

Fuente: extraída de <http://www.eduloc.net>

6.6.7. Realización de un laboratorio virtual de RA

La realización de esta actividad está prevista en el marco del proyecto de innovación que será solicitado a la Consejería de Educación de la Región de Murcia (ver apartado 7.2).

Diseño de la actividad de laboratorio virtual de RA	
Descripción de la actividad	Diseñar e implementar un laboratorio de RA con acceso Web de tal manera que los alumnos del módulo de “Fundamentos de

	Hardware” del ciclo formativo de formación profesional de Administración de Sistemas Informáticos y Redes (ASIR) puedan utilizar modelos 3D del hardware que se enseña en el laboratorio del aula presencial.
Objetivos	Diseñar modelos 3D del hardware informático más común y utilizado en las clases presenciales. Implementar una página Web con FLARToolkit para acceso remoto a las piezas del laboratorio mediante un marcador de RA o mediante una imagen del propio hardware (<i>markerless</i>). Conocer la tecnología de diseño Web flash. Distinguir las principales características del hardware de ordenadores y su aspecto físico.
Temporización	20 sesiones.
Niveles educativos	1º del ciclo de grado superior de ASIR
Departamentos didácticos involucrados	Informática y comunicaciones
Recursos	Impresora. Software 123dcatch, Blender. Aula de ordenadores o <i>tablets</i> con cámara Web y con conexión. Cámara fotográfica.
Metodología	Aprendizaje cooperativo. Aprendizaje por proyectos. Fortea (2009)
Instrumentos de evaluación	Al final del proyecto la Web deberá funcionar con todos los modelos 3D del hardware del laboratorio.

Tabla 13 Diseño de la actividad de laboratorio virtual de RA

6.7. Evaluación de la propuesta didáctica

6.7.1. Dimensiones a evaluar

Se abordarán cuestiones referidas a dificultades técnicas, percepción general de las actividades, ambiente de clase, utilidad percibida por los profesores y alumnos, posibilidades de mejora, aprendizajes conseguidos y motivación e interés por el uso de las herramientas. Se les preguntará también a los profesores si el uso de dichas tecnologías ha cambiado de alguna manera su forma de encarar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

6.7.2. Instrumentos de evaluación

- Diario de anotaciones. Se realizarán junto a los alumnos, siempre que sea posible, las actividades propuestas por el resto de profesores para obtener una visión de primera mano de las dificultades o beneficios encontrados en la realización de las actividades propuestas.
- Cuestionarios. En las actividades en las que no se pueda estar presente se realizará un cuestionario al docente y a una muestra representativa de los alumnos de clase preguntándoles por los aspectos mencionados en las dimensiones.
- Entrevistas. Se entrevistará a todos los docentes implicados en el proyecto mediante entrevistas semi-estructuradas individuales y en grupo para la obtención de conclusiones respecto a la utilidad educativa de las herramientas. También se entrevistará a algunos alumnos, uno por grupo de los implicados en las actividades, para averiguar su grado de satisfacción y lo que piensan que les han aportado las herramientas.

Las entrevistas se realizarán al final del periodo lectivo correspondiente a la fase VI (ver tabla 6) mientras que los cuestionarios y el diario se irán completando conforme se avance en el desarrollo de las actividades. Los resultados obtenidos mediante el uso de estos instrumentos pueden llevar a un rediseño de las actividades incluso durante el mismo curso. Los contactos periódicos que se tengan con el grupo de profesores y los comentarios que surjan por las herramientas telemáticas serán también importantes herramientas de evaluación que podrían conllevar replantear objetivos o el diseño específico de actividades.

Para los cuestionarios y las entrevistas se utilizarán como referencia los instrumentos de evaluación propuestos por Castañeda (2012) que se consensuarán con el grupo de profesores implicados en el proyecto de RA por si quisieran introducir alguna modificación.

7. Conclusiones

7.1. Referidas a la RA

Durante la búsqueda de la información para el desarrollo del proyecto se han probado multitud de aplicaciones de RA y como conclusión se ha observado una cierta pérdida del seguimiento de los objetos para las aplicaciones con marcas. Las aplicaciones con tecnología *markerless* como Aurasma han demostrado ser más robustas tal y como concluye Ortega (2013).

Asimismo se puede decir que, aun siendo la tecnología lo suficientemente madura para ser útil en los entornos educativos, los nuevos desarrollos de RA llevarán a una nueva generación de aplicaciones que desplegarán mucho más el potencial de la Realidad Aumentada. El reconocimiento de objetos 3D (Ortega, 2013) para el reconocimiento de objetos sólidos desde cualquier ángulo y perspectiva, la búsqueda visual y el uso de interfaces HMD *wearables* del tipo de Google glass aumentarán el valor de los sistemas de RA. Otras mejoras vendrán de la mano de aplicaciones que permitan la interacción entre los propios marcadores, esta clase de interacción ya está conseguida y funciona perfectamente (por ejemplo, ARChemistry³⁰ de Paradox). No se ha encontrado ninguna aplicación gratuita que las implemente, ésta es una de las características que la empresa Aumentaty ha señalado para desarrollar en su próxima versión de su software gratuito Aumentaty Author (Anguita, 2013).

La Realidad Aumentada es una de las tecnologías que está llamada a quedarse instalada en nuestras vidas, uno de los objetivos de los miembros del sitio Web <http://augmentedworldexpo.com/augmentedreality-org> es conseguir mil millones de usuarios de RA en 2020. Prácticamente todos los días surgen aplicaciones nuevas y nuevas ideas para ser implementadas y esta fuerza innovadora crecerá con los dispositivos *wearables*. Para darse una idea, una búsqueda en el repositorio de aplicaciones del sistema Android de Google (*playStore*) del término “*augmented reality*” nos devuelve más de doscientas aplicaciones diferentes y subiendo casi cada día.

Los elementos motivacionales del uso de la tecnología están ya suficientemente probados como para quedar fuera de discusión (Reinoso, 2012) y muchos autores defienden que la tecnología de RA sirve realmente para mejorar la práctica educativa y la comprensión de ciertos aspectos de la realidad por parte de los alumnos. Igualmente se ha utilizado también

³⁰ Ver http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=lpNrWKQFq6Q

para proporcionar prácticas a los discentes (aplicaciones médicas) que de otra forma serían imposibles de proporcionar con sujetos reales.

El mundo del marketing y la publicidad no es ajeno a esta tecnología y como ejemplo podemos ver como la multinacional de muebles IKEA ha lanzado su catálogo con RA para el 2014³¹.

Después de todo lo expuesto y estudiado casi podríamos afirmar con seguridad que seguiremos oyendo hablar mucho de Realidad Aumentada en los próximos años y desde luego en educación no pasará desapercibida. Tal afirmación se ve reforzada por las conclusiones a las que Redondo et al. (2014) llegan en su estudio cuantitativo sobre las ventajas obtenidas con la aplicación de la RA: “se reflejaron tanto en el grado de motivación mostrado por los alumnos [...] como en la mejora en su rendimiento académico. Así, los resultados obtenidos muestran que los grupos que utilizan la nueva metodología (RA-ML) adquieren una mejora en las calificaciones.”(pp.167)

7.2. Referidas a los objetivos del trabajo

En cuanto a los objetivos del TFM de diseñar una propuesta basada en actividades de RA la variedad y el alcance de las actividades diseñadas es suficiente para proporcionar al profesorado una amplia experiencia en el uso de las herramientas propuestas y se espera que tenga continuidad en el futuro.

Por otra parte se considera perfectamente viable la realización de las actividades propuestas ya que se cuenta con el material necesario para su realización y con la disposición del claustro de profesores. La única excepción son las actividades que requieren el uso de dispositivos Android y/o conexión a redes de datos ya que para ello se debería contar con los recursos de los propios alumnos y esto no siempre será posible incluso ya previendo que este tipo de actividades se realice en grupos de 3 o 4 alumnos. Asimismo el número de profesores que finalmente se decidan a colaborar será determinante en la implantación del proyecto aunque por las conversaciones que hasta ahora se han tenido no parece que vaya a ser una dificultad, en cualquier caso si no hubiera profesores suficientes se podría reducir el número de actividades según los departamentos didácticos en los que no haya disponibilidad.

Uno de los condicionantes del proyecto era usar herramientas con el menor coste posible y por ello todas las herramientas propuestas para los ejercicios son gratuitas. Así pues, el único gasto que hay que realizar es la compra de las cámaras Web para adaptar los

³¹ Ver <http://www.dezeen.com/2013/08/05/ikea-launches-augmented-reality-catalogue/>

ordenadores de las aulas de informática. Los recursos económicos, por tanto, no deberían representar ningún obstáculo para el desarrollo del proyecto. La única excepción contemplada es la actividad del laboratorio virtual dirigido a formación profesional que sí requiere de un cierto gasto en software y cámaras fotográficas.

Basándose en el presente TFM se solicitará un proyecto de innovación educativa en formación profesional para el curso 2014/2015. Esta solicitud se basará en la actividad 6.6.7 de realización de un laboratorio virtual de RA.

En el marco de este proyecto de innovación ya se ha contactado con empresas de la Región de Murcia (Droiders³², OpenRed³³ y Visuar Augmented Reality³⁴) para promover procesos de transferencia tecnológica entre los centros educativos y las empresas. Todas las actividades que surjan de este proyecto tienen espíritu de permanencia y se espera que en los próximos años puedan ser transferidas a otros institutos del mismo ámbito de influencia.

7.3. Limitaciones y líneas de futuro

En cuanto a las conclusiones que se pueden extraer del propio proceso de investigación y los resultados de la propuesta didáctica del TFM se deben señalar algunas limitaciones y fortalezas. Entre las primeras se destacan la obligatoria caducidad de un tipo de propuesta como ésta ya que lo que hoy es tecnología punta mañana pasa a ser obsoleta ya que es complicado aventurar, y más en este campo, cuáles serán las tendencias tecnológicas en el futuro. Además de esto es complicado sacar conclusiones empíricas sobre la idoneidad de las propuestas presentadas a falta de más estudios que aborden la cuestión, lo cual es un campo de estudio abierto para futuras investigaciones. En la parte de las fortalezas se debe destacar la amplia revisión de tecnologías y experiencias llevada a cabo lo que redundará en una propuesta totalmente acorde con el estado del arte actual de la tecnología y lo que pueden esperar alumnos y profesores, además de ser perfectamente viable su realización ya que los recursos requeridos son fácilmente accesibles en la inmensa mayoría de los centros educativos.

Por otro lado, centrándose en el resultado de la investigación llevada a cabo, el TFM puede perfectamente servir como punto de partida para el planteamiento de hipótesis de trabajo, en la línea de Redondo et al. (2014), que se verifiquen mediante estudios cualitativos y/o cuantitativos que respondan a preguntas del tipo de cuál es el nivel de RA que consigue mejores resultados según los contenidos a tratar, qué tipos de aplicaciones son más útiles dependiendo de variables como el tipo de RA, nivel de los alumnos o nivel de uso de las TIC y,

³² Ver <http://www.droiders.com/>

³³ Ver <http://www.openred.es>

³⁴ Ver <http://www.visuarte.com/>

en definitiva, sobre los beneficios del uso de la tecnología de RA en el aula. Es perfectamente posible plantear un estudio descriptivo sobre el estado de aplicación de la tecnología de RA utilizando como base las fichas descriptivas de actividades. Cualquiera de estas líneas podría ser interesantes para plantear un futuro tema de tesis doctoral.

Durante el proceso de realización del TFM ha sido muy interesante comprobar cómo la obtención de nuevos resultados abría el abanico de posibilidades en cuanto a tecnologías y su aplicación práctica, con lo que el trabajo ha ido adquiriendo cada vez más interés sobre todo si somos optimistas respecto a las líneas de futuro.

Queda clara en la propia naturaleza del estudio su limitación en cuanto a hipótesis que se pueden formular o resultados empíricos obtenidos y, como se ha advertido antes, la puerta está abierta a la definición de problemas de investigación y estudios más amplios.

Referencias

- Adell, J. (2012). *Mesa redonda. Realidad Aumentada en las aulas: ¿utopía o realidad?*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de <http://www.youtube.com/watch?v=Brv6n7BlXN4&list=PL76F5B4679B5F19E6&index=2>
- Adell, J. & Castañeda, L. (2012). Tecnologías emergentes, ¿pedagogías emergentes?. En *Tendencias emergentes en educación con TIC* (pp.18-63). Editorial espiral. Barcelona. ISBN 978-84-616-0448-7.
- Anguita, E. (2012). *Tecnologías y soluciones LabHuman. Realidad Aumentada*. Presentación en X Jornadas Técnicas FACSA- Marzo 2012. Recuperado de <http://www.facsa.com/sites/default/files/ponencias/6.pdf>
- Anguita, E. (2013). *GeoAumentaty y Aumentaty Visual Search*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=A9gYdldU624&list=PLdi_AmITYDwoNfCoDClhcT8HQHNyCC0KM&index=15
- Arbúes, J. (2013). *Realidad Aumentada desde la secundaria. Aplicaciones didácticas*. [Presentación slideshare]. Recuperado de <http://www.slideshare.net/visual.plastica/realidad-aumentada-ra-desde-la-secundaria-aplicaciones-didcticas> y http://www.youtube.com/watch?v=kySKVpLvhM&list=PLdi_AmITYDwoNfCoDClhcT8HQHNyCC0KM
- Arias, F.G. (2006). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 5ta.* Editorial Episteme. Caracas-Venezuela. ISBN: 980-07-8529-9
- Azuma, R. (1997). *A Survey of Augmented Reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 de agosto de 1997, pp. 355 - 385.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., & Olabe, J.C. (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: Una tecnología emergente*. Comunicación presentada a Online Educa Madrid 2007: 7ª Conferencia Internacional de la Educación y la Formación basada en las Tecnologías. Madrid.
- Billinghurst, M. (2002). *Augmented Reality in education*. New horizons for learning. Seattle. Recuperado de http://www.it.civil.aau.dk/it/education/reports/ar_edu.pdf
- Bimber, O. & Raskar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality. Merging Real and Virtual Worlds*. Wellesley, Massachusetts. A K Peters, Ltd. ISBN 1-56881-230-2

- "Blended Reality: Superstructing Reality, Superstructing Selves". (2009). Recuperado de <http://www.iftf.org/our-work/people-technology/technology-horizons/blended-reality/>
- Carlson, W.E. (2007). *A Critical History of Computer Graphics and Animation. Section 17: Virtual Reality*. Recuperado de <http://design.osu.edu/carlson/history/lesson17.html>
- Cervera, J. (2013). *Doug Engelbart: el abuelo incómodo escondido en el desván*. Recuperado de <http://blog.rtve.es/retiaro/2013/07/doug-engelbart-el-abuelo-incomodo-escondido-en-el-desvan.html>
- Castañeda, L. (2012). Exploring Augmented Reality for non-formal learning in a formal experience of educational discovering. Conference Proceedings of the Plymouth e-Learning Conference 2012.
- Chicaíza, V., & Guanoluisa, L. (2011). *Tecnología de realidad aumentada en el inter-aprendizaje*. Proyecto de grado. Universidad estatal de Milagro. Ecuador.
- Codigo.qr. (s.f.). *Historia de los códigos QR*. Recuperado de <http://www.codigoqr.org/es/left/historia-de-los-codigos-qr/>
- Coles, A. & McGrath, J. (2010). *Your education Research Project Handbook*. Ed. Pearson Education Limited (2010). Essex. ISBN: 978-1-4082-2124-2
- De Pedro, J. (2011). *Realidad Aumentada: un nuevo paradigma en la educación superior*. En Actas del Congreso Iberoamericano Educación y Sociedad. Universidad La Serena (Chile). p. 300-307. ISBN: 978-84-8138-017-0
- De Pedro, J. & Martínez, C.L. (2012). *Realidad Aumentada: Una Alternativa Metodológica en la Educación Primaria Nicaragüense*. En IEEE-RITA Vol. 7, Núm. 2, May. 2012 – pp.102-108.
- Diego, R. (2014). Realidad aumentada en documentos e imágenes. En *REVISTA AULA. De Innovación Educativa*. Núm.230 - Marzo 2014. (pp. 65-66). ISSN: 2014-4725
- Durlach, N.I., & Mavor, A. S. (Eds.). (1995). *Virtual Reality: scientific and technological challenges*. ISBN: 0309587255.
- Estebanell, M., Ferrés, J., Cornellà, P., & Codina, D. (2012). Realidad aumentada y códigos QR en educación. En *Tendencias emergentes en educación con TIC* (pp.277-320). Editorial espiral. Barcelona. ISBN 978-84-616-0448-7.
- Fombona, J. (2013). *La interactividad de los dispositivos móviles geolocalizados, una nueva relación entre personas y cosas*. Historia y Comunicación Social, 18, 2013. (pp. 777-788). doi:10.5209/rev-HICS.2013.v18.44007.

- Fombona, J., Pascual, M.A. & Madeira, M.F. (2012). *Realidad Aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles*. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación Nº 41 Julio 2012 - pp.197-210. ISSN 1133-8482
- Foremski, T. (2013). *Towards a Blended Reality: Interview with augmented reality pioneer Thad Sterner*. Recuperado de <http://www.zdnet.com/towards-a-blended-reality-interview-with-augmented-reality-pioneer-thad-sterner-7000018627/>
- Forteza, M.A. (2009). *Metodologías didácticas para la enseñanza/aprendizaje de competencias*. Curso CEFIRE Castellón 2009: Competencias en el ámbito de las ciencias experimentales. Programar y trabajar por competencias. Recuperado de https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fcefire.edu.gva.es%2Fpluginfile.php%2F73850%2Fmod_folder%2Fcontent%2F1%2FMiguel_A._Forteza%2FMetodologias_didacticas_E-A_competencias_FORTEA_.pdf%3Fforcedownload%3D1&ei=bE4wUtSmK6mK7AaI2oGoAQ&usg=AFQjCNGU0LN0qg_8wrfPKQZcU0lymBua-A
- Gamboa, J.L. (2012). El uso de códigos QR en la enseñanza. En *Tendencias emergentes en educación con TIC* (pp.401-425). Editorial espiral. Barcelona. ISBN 978-84-616-0448-7.
- Giacomantone, J., Abásolo, M.J., Bria, O., Cristina, F., Dapoto, S., Artola, V., Lorenti, L., Violini, L., Manresa-Yee, C., Mas, R. & Naiouf, M. (2012). *Sistemas de Visión Automática y Reconocimiento de Patrones. Interfaces Avanzadas, Realidad Virtual y Aumentada. En XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* (pp.373-377). ISBN 978-950-766-082-5.
- Gómez de Gabriel J., Muñoz, V.F., Domínguez, F.J. & Serón, J. (2005). *Sistema Experimental de Tele-Cirugía*. Revista eSalud Volumen 1 Número 2 Abril - Junio 2005. ISSN 1698-7969. Recuperado de <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/view/484/935>
- González, O. (2013). *Educación aumentada*. Boletín del centro de conocimiento CITA de marzo del 2013. ISSN 2173-1373.
- Hanson, K., & Shelton, B. E. (2008). Design and Development of Virtual Reality: Analysis of Challenges Faced by Educators. En *Educational Technology & Society*, 11 (1), 118-131.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación*. 3ra. ed. McGraw-Hill Interamericana de México S.A. Naucalpan de Juárez. ISBN 970-10-3632-8
- Instituto nacional de Estadística e Informática. (s.f.). *Realidad Virtual*. Recuperado de <http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/inf/lib5047/INDEX.htm>

- Izquierdo, A. (2013). Códigos QR flexibles: un proyecto con dispositivos móviles para el trabajo de calentamiento en educación física. *EmásF: revista digital de educación física*, ISSN 1989-8304, Nº. 23. (pp. 53-71)
- Kato, H. (2010). *Return to the origin of Augmented Reality*. [Archivo de vídeo]. Presentation at IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 2010 (Seoul, Korea). Panel discussion: "The Future of ISMAR: Converging Science, Business, and Art" (organized by Henry Fuchs and Christian Sandor). Recuperado de <http://www.youtube.com/watch?v=b33eqcVz7X8>
- Kaufmann, H. (2003). *Collaborative augmented reality in education*. Proc. Imagina 2003 Conf. (Imagina03), Mónaco (2003).
- "La Realidad Aumentada indoor". (2010). Recuperado de <http://www.lacatedralonline.es/innova/posts/641-la-realidad-aumentada-indoor>
- Le, B. (2013). *Hack special: wearable computing and AR in partnership with Epson*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de <http://dev.metaio.com/webinars/hack-special-wearable-computing-and-ar/>
- Lens-Fitzgerald, M. (2009). *Augmented Reality Hype Cycle*. Recuperado de <http://www.sprxmobile.com/the-augmented-reality-hype-cycle>.
- López, C. (2008). *Breve historia de los mundos virtuales*. Arte y arquitectura digital netart y universos virtuales pp.135-142.
- Mann, S. (2002). *Mediated Reality with implementations for everyday life*. University of Toronto. Published in presenceconnect.com, the on line companion to the MIT Press journal *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, Date Posted: 2002 August 6. Recuperado de <http://wearcam.org/presence-connect/>
- Martín, S. (2012). *El futuro del aprendizaje aumentado*. Recuperado de <http://cesei.wordpress.com/2012/01/11/el-futuro-del-aprendizaje-aumentado/>
- McMillan, J.H. & Schumacher, S. (2014). *Research in education. Evidence-based inquiry*. Seventh edition. Ed. Pearson Education Limited (2014). Essex. ISBN 13: 978-1-292-02267-3
- Méndez, P.J. (2012). Mundos Cambiantes: La Tecnología y la Educación 3.0. *Revista complutense de educación*. Vol 23, No 1. (pp. 11-22). Recuperado de <http://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/39099/37712>
- Mendoza, A. (2013). *Realidad virtual y realidad aumentada (historia)*. [Presentación prezi]. Recuperado de http://prezi.com/gh_hm8qpebwp/realidad-virtual-y-realidad-aumentada-historia/

- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*. Proc. SPIE Telemanipulator and Telepresence Technologies, Vol 2351, pp. 282-292. Boston.
- Mirza, K., Sarayedine, K. (2012). *Key Challenges to Affordable See Through Wearable Displays: The Missing Link for Mobile AR Mass Deployment*. Recuperado de http://optinvent.com/pdf/optinvent_position_paper_2012_AR_standards.pdf
- National Academy of Sciences (2012). *Frontiers of engineering: reports on leading-edge engineering from the 2012 symposium*. National Academy of Engineering. ISBN 978-0-309-31281-3
- Nusca, A. (2013). *Enterprise to drive \$2.5b augmented reality market*. Recuperado de <http://www.zdnet.com/enterprise-to-drive-2-5b-augmented-reality-market-7000017633/>
- Ocutag. (s.f.). *How the Ocutag service Works*. Recuperado el 5/09/2013, de <https://www.ocutag.com/documents/overview>
- Onbar, I. (2013). *The 3 laws of augmented reality design. Talk at ISTAS 2013*. Recuperado de <http://gamesalfresco.com/2013/07/10/the-3-laws-of-augmented-reality-design-talk-at-istas-2013/>
- Ortega, M. (2013). *Pasado, presente y futuro de la realidad Aumentada*. [Archivo de vídeo]. Recuperado de http://www.youtube.com/watch?v=Jo81cmDNv8&list=PLdi_AmlTYDwoNfCoDCIhcT8HQHNyCC0KM
- Perales, V. & Adam, F. (2013). Integración de GIS (sistemas de georreferenciación de la información) y localización espacial en prácticas pedagógicas y lúdicas vinculadas a museos. *Arte, individuo y sociedad*. Vol 25, No 1 (2013). Recuperado de <http://revistas.ucm.es/index.php/ARIS/article/view/41168/39377>
- Pérez-Fuentes, M.C., Álvarez-Bermejo, J.A., Molero, M.M., Gázquez, J.J. & López, M.A. (2011). Violencia Escolar y Rendimiento Académico (VERA): aplicación de realidad aumentada. *European Journal of Investigation in Health, Education and Psychology* 2011, Vol. 1, Nº 2 (pp. 71-84)
- Pinantoan, A. (2013). *How Google glass can be used in education*. Recuperado de <http://www.opencolleges.edu.au/informed/features/how-google-glass-can-be-used-in-education-infographic/>
- Portalès, C. (2008). *Entornos multimedia de realidad aumentada en el campo del arte*. Tesis de doctorado. Facultad de bellas artes de la Universidad Politécnica de Valencia.

- Rauterberg, M. (s.f.). *History of HCI. Key systems, people and ideas*. Recuperado de <http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/presentations/hci-history/sld001.htm>
- Ramírez, D.F. (2013). *Aplicaciones de la realidad virtual en la ingeniería mecánica y automotriz*. Revista Digital Universitaria 1 de mayo 2013 Volumen 14 Número 5. ISSN 1067-6079.
- Redondo, E., Fonseca, D., Sánchez, A. & Navarro, I. (2014). Mobile learning en el ámbito de la arquitectura y la edificación. Análisis de casos de estudio. *Aplicaciones para el aprendizaje móvil en educación superior [monográfico]*. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC). Vol. 11, nº 1. pp. 152-174. Doi <http://doi.dx.org/10.7238/rusc.v11i1.1844>
- Reinoso, R. (2012). Posibilidades de la realidad aumentada en educación. En *Tendencias emergentes en educación con TIC* (pp.357-400). Editorial espiral. Barcelona. ISBN 978-84-616-0448-7.
- Reinoso, R. (2013). *Módulo 1: Introducción a la realidad aumentada*. [Presentación slideshare].Escuela virtual de verano 2013 espiral (eve13). Recuperado de <http://www.slideshare.net/tecnotic>
- Rey, P.J. (2011). *Virtual, mediated and augmented reality*. Recuperado de <http://thesocietypages.org/cyborgology/2011/03/10/virtual-mediated-and-augmented-reality/>
- Rice, R. (2009). *Augmented vision and the decade of ubiquity*. Recuperado de <http://curiousraven.com/future-vision/2009/3/20/augmented-vision-and-the-decade-of-ubiquity.html>
- Roussou, M. (2004). "Learning by Doing and Learning Through Play: An Exploration of Interactivity in Virtual Environments for Children." ACM Computers in Entertainment 2(4): 1 - 23.
- Salmi, H. (2013). Preface. En Agogi, E. (Ed.) (2013). *Augmented reality in education. Proceedings of the "Science center to go" workshops* (pp. 5-6). Eden 2011 Open classroom conference. Atenas. ISBN 978-960-473-317-0.
- Sánchez, A. (2011). *Realidad Aumentada. Una experiencia real*. [Archivo de vídeo].I congreso virtual sobre educación y TIC 2011 "La escuela del futuro". Vídeo-presentación. Recuperado de <http://www.youtube.com/watch?v=XojvqauJyNg&feature=youtu.be>
- Selltiz, C., Wrightsman, L.S., Cook, S.W. & Balch, G.I. (1980). *Métodos de investigación en las relaciones sociales*. Ediciones Rialp S.A. Madrid. ISBN: 84-321-2025-1

- Silva, J.M. (2013). La realidad aumentada, dentro y fuera del aula. *REVISTA AULA DE SECUNDARIA. Didáctica. Tutoría. Gestión. Orientación*. Núm.004 - Julio, Agosto 2013. pp. 19-23.
- Suárez, M.C., Martínez, A.B. & Cueva, J.M. (2004). *Introducción a la comunicación persona-máquina*. Cuaderno didáctico número 42. Facultad de informática de Oviedo. Recuperado el 7 de agosto de 2013, de http://di002.edv.uniovi.es/~cueva/publicaciones/monografias/42_Introduccion_CPM.df
- Sutherland, I.E. (1965). *The Ultimate Display*. Proceedings of IFIP Congress. pp. 506–508.
- Torres, P. (2012). *Intro a Realidad Aumentada*. Presentación. Recuperado el 25 de julio de 2013, de <http://prezi.com/3qngmybzolbh/intro-a-realidad-aumentada/>
- Vian, R. (2011) *Realidad aumentada. Fundamentos y aplicaciones*. Tesina. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela politécnica superior de Gandía.
- Zope. (2012). ARToolkit. Introducción. UNIA OpenCourseWare. Recuperado el 21 de julio de 2013, de http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologiadelocio/materialesbasicosfolder/html/B2_U5/introduccion.html.

ANEXO I

Se adjuntan las fichas de las experiencias comentadas en el punto de RA y educación.

Ficha 1

Ficha de análisis de actividad utilizando Realidad Aumentada	
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ : Colegio Salesianos de Santander
	Página web(2): General: http://salesianossantander.org/ Acceso directo a la información sobre la actividad: http://peninsulamagdalena.wix.com/indice#!libro-aumentado/c7co
	Ciudad ⁽³⁾ : Santander
	Etapas educativas ⁽⁴⁾ : Primaria
	Ciclos ⁽⁵⁾ : Tercer ciclo
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ : Sexto
	Curso académico ⁽⁷⁾ : Curso 2012/2013
Datos sobre la actividad	Fuentes de información sobre la actividad ⁽⁸⁾ : Búsqueda de información. Diego (2014) y páginas web que aparecen en esta ficha.
	Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ :

	29
	Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ : Sí. Página web del proyecto. Software de grabación de audio y de retoque fotográfico. Software para líneas de tiempo. Google apps. Utilización de software para grabación de audio. Software on-line generador de códigos QR.
	Datos de los profesores ⁽¹¹⁾ : Raúl Diego(coordinador)
	Descripción de la actividad ⁽¹²⁾ : - Objetivos Realizar un libro aumentado con códigos QR sobre lugares de la península de la Magdalena. Geolocalizar POI en la península de la Magdalena con Layar. - Contenidos No disponibles. - Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros) No disponible. - Metodología No disponible. - Evaluación No disponible.
	Fechas de realización de la actividad ⁽¹³⁾ : No disponible
	Lugares de realización de la actividad ⁽¹⁴⁾ : El propio centro educativo y el real sitio de la Magdalena (Santander)
Análisis de la tecnología de RA implicada	Nivel de RA ⁽¹⁵⁾ : 2
	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA ⁽¹⁶⁾ : Abierta, local, móvil, individual, portátil y geoposicionada (QR)

	Descripción de los medios utilizados	Software ⁽¹⁷⁾ : Layar, wix, SoundCloud, google apps, PicMonkey, TimeLine Verite, Dermandar y UniTagLive
		Hardware ⁽¹⁸⁾ : Ordenadores de escritorio, smartphones y cámaras de vídeo.web.
		Conexión a Internet ⁽¹⁹⁾ (sí,no):sí Redes de datos móviles
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante ⁽²⁰⁾ : No disponibles.	
	Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad ⁽²¹⁾ : http://salesianossantander.org/2013/06/primer-premio-en-el-concurso-apadrina-un-monumento/ https://www.youtube.com/watch?v=tzAITkKMUZ0 http://apadrinaunmonumento.blogspot.com.es/2013/10/explicacion-de-la-peninsula-de-la.html http://www.educacontic.es/blog/apadrina-un-monumento-quia-visual-y-ampliada-de-la-peninsula-de-la-magdalena http://www.calameo.com/read/002181963831d935da5cf	

Ficha 2

Ficha de análisis de actividad utilizando Realidad Aumentada	
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ : Colegio San Cristóbal de Castellón
	Página web ⁽²⁾ : General: http://www.sancristobalsl.com/cms/es/home/colegio-san-cristobal/ Acceso directo a la información sobre la actividad: http://www.sancristobalsl.com/cms/es/generic_2col/imagenes-tridimensionales-con-realidad-aumentada/
	Ciudad ⁽³⁾ : Castellón
	Etapas educativas ⁽⁴⁾ : Primaria
	Ciclos ⁽⁵⁾ : Segundo ciclo
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ : No disponible
	Curso académico ⁽⁷⁾ : No disponible
	Fuentes de información sobre la actividad ⁽⁸⁾ : Búsqueda de información. Vian (2011) y páginas web que aparecen en esta ficha.
Datos sobre la actividad	Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ : No disponible
	Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ :

	No	
	Datos de los profesores ⁽¹¹⁾ : No disponible	
	Descripción de la actividad ⁽¹²⁾ : - Objetivos Estudiar y entender mejor los contenidos de la asignatura de conocimiento del medio. - Contenidos El cuerpo humano, los planetas y sistema solar, la naturaleza, geografía y entorno, salud y desarrollo personal, los seres vivos, la materia y la energía. - Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros) Individual. - Metodología No disponible. - Evaluación No disponible.	
	Fechas de realización de la actividad ⁽¹³⁾ : No disponible	
	Lugares de realización de la actividad ⁽¹⁴⁾ : El propio centro educativo	
	Nivel de RA ⁽¹⁵⁾ : 1	
	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA ⁽¹⁶⁾ : Cerrada, local, individual, ordenador de escritorio y basada en marcadores	
Análisis de la tecnología implicada de la RA	Descripción de los medios utilizados	Software ⁽¹⁷⁾ : Aumentaty viewer y Aumentaty Author

		incluidos en Lliurex (distribución de Linux de la Consejería de Educación de la comunidad valenciana)
		Hardware ⁽¹⁸⁾ : Ordenadores de escritorio y cámaras web.
		Conexión a Internet ⁽¹⁹⁾ (sí,no): no
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante⁽²⁰⁾: "[...] les hace decir a los profesores que el sistema de RA ha propiciado el aumento del rendimiento académico de los alumnos. En cuanto a estos, se muestran encantados con el sistema ya que ven que con la ayuda del ordenador y unos auriculares pueden ver imágenes tridimensionales que les facilitan enormemente la comprensión de las lecciones." (Vian, 2001, pp. 103-104)	
	Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad⁽²¹⁾: http://www.elmundo.es/elmundo/2010/05/10/valencia/1273473754.html http://www.aumentaty.com/es/content/el-proyecto-realitat%C2%B3-introduce-por-primera-vez-en-el-sistema-educativo-la-tecnolog%C3%ADa-de-0# http://noticias.universia.es/ciencia-nn-tt/noticia/2010/04/28/559568/proyecto-realitat-introduce-primera-vez-sistema-educativo-tecnologia-realidad-aumentada.html	

Ficha 3

Ficha de análisis de actividad utilizando Realidad Aumentada	
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ : Colegio SEK-Ciudalcampo de Madrid
	Página web(2): General: http://www.sek.es/index.php?section=colegios/ciudalcampo/presentacion Acceso directo a la información sobre la actividad: http://www.sek.es/index.php?section=conocenos/sala-de-prensa/ultimas-noticias&item=2838
	Ciudad ⁽³⁾ : Ciudalcampo (Madrid)
	Etapa educativa ⁽⁴⁾ : Bachillerato
	Ciclos ⁽⁵⁾ : No aplicable
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ : Segundo de bachillerato
	Curso académico ⁽⁷⁾ : No disponible
	Fuentes de información sobre la actividad ⁽⁸⁾ : Búsqueda de información. Páginas web que aparecen en esta ficha.
Datos sobre la actividad	Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ : No disponible
	Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ : Sí, editor de imágenes y animaciones 3D. Dropbox como herramienta para compartir archivos.

	Datos de los profesores⁽¹¹⁾: Anabel Sánchez Cabana twitter: @aisanchez222 José Ruiz	
	Descripción de la actividad⁽¹²⁾: - Objetivos Aprender a relacionar el sistema diédrico con el volumen. Manipular volúmenes para comprender sus vistas. Desarrollar la capacidad espacial. - Contenidos Vistas del sistema diédrico: planta, alzado y perfil. - Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros) En grupo. - Metodología Cooperativa. - Evaluación No disponible.	
	Fechas de realización de la actividad⁽¹³⁾: No disponible (duración de dos semanas)	
	Lugares de realización de la actividad⁽¹⁴⁾: El propio centro educativo	
Análisis de la tecnología implicada de la RA	Nivel de RA⁽¹⁵⁾: 1	
	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA⁽¹⁶⁾: Cerrada, local, individual, ordenador de escritorio y basada en marcadores	
	Descripción de los medios utilizados	Software⁽¹⁷⁾: 3DSMax, Google sketchup, BuildAR

		Hardware ⁽¹⁸⁾ : Ordenadores de escritorio y cámaras web.
		Conexión a Internet ⁽¹⁹⁾ (sí,no): no
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante ⁽²⁰⁾ : Los alumnos se mostraron entusiasmados con la idea y mostraban orgullosos su proyecto a otros alumnos y profesores.	
	Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad ⁽²¹⁾ : http://congresoedutic.com/video/realidad-aumentadala-realidad	

Ficha 4

Ficha de análisis de actividad utilizando Realidad Aumentada		
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ :	
	Escola Benviure	
	Escola Els Arenys	
	Escola 25 de setembre	
	Escola Monserrat	
	Escola del Bosc	
	Escola parroquial Ntra. Sra. de Monserrat	
	Escola Schola	
	Escola Torre de la Llebre	
	Escola Joan Maragall	
	Escola Teresa Altet	
	Escola Pau Casals	
	Escola Riva Rubeo	
	Página web(2):	
	http://grecodificacionvoc3.blogspot.com.es/	
	Ciudad ⁽³⁾ :	
	Rubí (Barcelona)	
	Etapas educativas ⁽⁴⁾ :	
	Infantil y primaria (posteriormente exportada a secundaria)	
	Ciclos ⁽⁵⁾ :	
	Infantil y primero, segundo y tercero de primaria	
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ :	
	P3 y, 2º, 3º, 4º y 6º de primaria (grupos no disponibles)	
	Curso académico ⁽⁷⁾ :	

	2010/2011
Datos sobre la actividad	Fuentes de información sobre la actividad ⁽⁸⁾ : Búsqueda de información. Páginas web que aparecen en esta ficha. Silva (2013)
	Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ : No disponible
	Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ : Blog, audio y vídeo
	Datos de los profesores ⁽¹¹⁾ : Josep Maria Silva (coordinador)
	Descripción de la actividad ⁽¹²⁾ : - Objetivos Generar contenidos publicados en la web a través de un blog a los que se redirigen los códigos QR que se colocan en las calles del municipio de Rubí. - Contenidos Grabación de audio y vídeo, generación de contenidos y ubicación web. Imagen fija y en movimiento. Generación de códigos QR. - Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros) No disponible. - Metodología No disponible. - Evaluación No disponible.
	Fechas de realización de la actividad ⁽¹³⁾ : No disponible
	Lugares de realización de la actividad ⁽¹⁴⁾ :

	Municipio de Rubí y centros escolares		
Análisis de la tecnología de la RA implicada	Nivel de RA ⁽¹⁵⁾ : 0		
	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA ⁽¹⁶⁾ : (QR)		
	Descripción de los medios utilizados	Software ⁽¹⁷⁾ : Espi RA y Layar Generador on-line de códigos QR	
		Hardware ⁽¹⁸⁾ : No disponible.	
		Conexión a Internet ⁽¹⁹⁾ (sí,no): sí	
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante ⁽²⁰⁾ : "hemos visto que el proyecto ha contribuido a la mejora de la competencia digital de las familias."		
	Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad ⁽²¹⁾ : Primer premio internacional Educared 2011 al uso de la tecnología celular en el ámbito educativo (https://www.facebook.com/EncuentroInternacionalEducacion) https://www.youtube.com/watch?v=FJpDIMEA-0s http://semticrubi.blogspot.com.es/2011/09/quanyadorses-del-primer-premi-categoria.html http://agora.xtec.cat/se-vallesoccidental3/intranet/index.php		

Ficha 5

Ficha de análisis de actividad utilizando Realidad Aumentada	
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ : No disponible
	Página web(2): https://sites.google.com/site/rieradarealitataugmentada/
	Ciudad ⁽³⁾ : Rubí (Barcelona)
	Etapas educativas ⁽⁴⁾ : Secundaria
	Ciclos ⁽⁵⁾ : No disponible
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ : No disponible
	Curso académico ⁽⁷⁾ : 2010/2011
Datos sobre la actividad	Fuentes de información sobre la actividad ⁽⁸⁾ : Búsqueda de información. Páginas web que aparecen en esta ficha. Silva (2013)
	Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ : No disponible
	Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ : Audio, vídeo, blogs.
	Datos de los profesores ⁽¹¹⁾ : Josep Maria Silva (coordinador)
	Descripción de la actividad ⁽¹²⁾ :

	- Objetivos Generar información en blogs sobre la riada de Rubí de hace cincuenta años asociada a códigos QR instalados en la ribera del río y geolocalizados en EspiRA. - Contenidos No disponible. - Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros) No disponible. - Metodología No disponible. - Evaluación No disponible.	
	Fechas de realización de la actividad ⁽¹³⁾ : No disponible	
	Lugares de realización de la actividad ⁽¹⁴⁾ : Rubí y centros educativos	
Análisis de la tecnología de RA implicada	Nivel de RA ⁽¹⁵⁾ : 0 y 2	
	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA ⁽¹⁶⁾ : Móvil, individual, portátil y basada en geoposicionamiento	
	Descripción de los medios utilizados	Software ⁽¹⁷⁾ : Capa EspiRA, Layar, generador on-line de códigos QR
		Hardware ⁽¹⁸⁾ : No disponible
		Conexión a Internet ⁽¹⁹⁾ (sí,no): sí
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante ⁽²⁰⁾ : No disponible	

	Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad⁽²¹⁾: http://www.ediamsistemas.com/blog/2012/04/realidad-aumentada-en-educacion-aumentame-2012/
--	--

Ficha 6

Ficha de análisis de actividad utilizando Realidad Aumentada	
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ : IES Vilatzara
	Página web(2): General: http://agora.xtec.cat/iesvilatzara/intranet/index.php Acceso directo a la información sobre la actividad: http://www.sacosta.org/vv/
	Ciudad ⁽³⁾ : Vilassar de Mar (Barcelona)
	Etapa educativa ⁽⁴⁾ : Bachillerato
	Ciclos ⁽⁵⁾ : No aplicable
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ : Segundo
	Curso académico ⁽⁷⁾ : No disponible
Datos sobre la actividad	Fuentes de información sobre la actividad ⁽⁸⁾ : Búsqueda de información. Páginas web que aparecen en esta ficha. Arbúes (2013)
	Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ : 1 (proyecto de investigación)
	Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ : Flash, actionScript, Autocad, 3DStudioMax, google Sketchup

	Datos de los profesores ⁽¹¹⁾ : Jesús Arbúes @JesusArbues	
	Descripción de la actividad ⁽¹²⁾ : - Objetivos Generar un sistema de realidad aumentada basado en marcadores para la exposición de figuras asociadas a vistas en el sistema diédrico. - Contenidos No disponible. - Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros) Individual - Metodología Basada en proyectos - Evaluación No disponible.	
	Fechas de realización de la actividad ⁽¹³⁾ : No disponible	
	Lugares de realización de la actividad ⁽¹⁴⁾ : IES Vilatzara	
	Nivel de RA ⁽¹⁵⁾ : 1	
Análisis de la tecnología de RA implicada	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA ⁽¹⁶⁾ : Cerrada, local, individual, ordenador de escritorio y basada en marcadores	
	Descripción de los medios utilizados	Software ⁽¹⁷⁾ : ARToolkit, Flash Professional CS5
		Hardware ⁽¹⁸⁾ :

		Ordenadores de escritorio y cámaras web.
		Conexión a Internet ⁽¹⁹⁾ (sí,no): no
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante ⁽²⁰⁾ : No disponibles	
	Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad ⁽²¹⁾ : http://www.slideshare.net/visual.plastica/realidad-aumentada-ra-desde-la-secundaria-aplicaciones-didcticas http://victorvalbuena.blogspot.com.es/ https://www.youtube.com/watch?v=nyll9qtxFZI http://ciberespiral.org/jornadas12/aumentame/programa/	

Ficha 7

Ficha de análisis de actividad utilizando Realidad Aumentada	
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ : IES Ribera del Bullaque
	Página web ⁽²⁾ : General: http://edu.jccm.es/ies.riberadelbullaque/ Acceso directo a la información sobre la actividad: http://evamate.blogspot.com.es/2013/06/codigos-qr-y-realidad-aumentada-en-1-de.html
	Ciudad ⁽³⁾ : Porzuna (Ciudad Real)
	Etapa educativa ⁽⁴⁾ : Bachillerato
	Ciclos ⁽⁵⁾ : No aplicable
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ : Primero
	Curso académico ⁽⁷⁾ : 2012/2013
Datos sobre la actividad	Fuentes de información sobre la actividad ⁽⁸⁾ : Búsqueda de información. Páginas web que aparecen en esta ficha.
	Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ : No disponible
	Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ : Páginas web con ejercicios matemáticos, grabación de vídeo

	Datos de los profesores⁽¹¹⁾: Eva María Perdiguero Garzo empgmate@gmail.com	
	Descripción de la actividad⁽¹²⁾: - Objetivos Resolver diferentes problemas matemáticos utilizando códigos QR como medio de acceso a la información. Registrar en vídeo las explicaciones de los alumnos a dichos problemas y hacerlos accesibles en una página web a la que se accede por reconocimiento de imágenes. - Contenidos No disponible. - Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros) Por parejas. - Metodología Participativa. - Evaluación No disponible.	
	Fechas de realización de la actividad⁽¹³⁾: No disponible.	
	Lugares de realización de la actividad⁽¹⁴⁾: IES Ribera del Bullaque	
	Nivel de RA⁽¹⁵⁾: 0 y 1	
Análisis de la tecnología de RA implicada	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA⁽¹⁶⁾: Cerrada, local, individual, portátil, markerless (QR)	
	Descripción de los medios	Software ⁽¹⁷⁾ :

	utilizados	Generador de códigos QR on-line, Layar
		Hardware ⁽¹⁸⁾ : Tablets o smartphones
		Conexión a Internet ⁽¹⁹⁾ (sí,no):sí • Redes Wifi. • Redes de telefonía móvil.
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante ⁽²⁰⁾ : No disponible.	
	Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad ⁽²¹⁾ : No disponible.	

Ficha 8

Ficha de análisis de actividad utilizando Realidad Aumentada	
Datos básicos de referencia	Centro educativo ⁽¹⁾ : IES Isabel la Católica
	Página web ⁽²⁾ : General: http://www.iesisabellacatolica.es/ Acceso directo a la información sobre la actividad: http://emasf.webcindario.com/CODIGOS_QRS_FLEXIBLE.pdf
	Ciudad ⁽³⁾ : Madrid
	Etapa educativa ⁽⁴⁾ : Secundaria
	Ciclos ⁽⁵⁾ : Primero y segundo
	Curso y grupos ⁽⁶⁾ : 1º y 3º (cinco grupos)
	Curso académico ⁽⁷⁾ : No disponible.
	Datos sobre la actividad
Número total de alumnos implicados en la realización de la actividad ⁽⁹⁾ : No disponible.	
Utilización de nuevas tecnologías complementarias ⁽¹⁰⁾ : Grabación de vídeo, youtube y vimeo	
Datos de los profesores ⁽¹¹⁾ :	

	Andrés Izquierdo García zquierdo.garcia.andres@gmail.com @Andres_I_G Descripción de la actividad⁽¹²⁾: • Objetivos Conocer concepto y fases de calentamiento y métodos del trabajo de la flexibilidad. Aprender a realizar ejercicios de estiramiento de forma autónoma. Investigar sobre ejercicios para los diferentes músculos y partes del cuerpo según las necesidades individuales (fuentes de información en alemán). Realizar un videocatálogo de ejercicios de estiramiento (en idioma alemán) aplicando las bases del aprendizaje colaborativo. Utilizar vocabulario específico sobre el calentamiento en alemán. Expresarse oralmente de forma fluida en alemán delante de una cámara. Crear y saber utilizar tecnología de realidad aumentada por marcadores . Aprender a aprender. Tratamiento de la información y competencia digital. Comunicación lingüística. Competencia social y ciudadana. Autonomía e iniciativa personal. Códigos QR que enlacen con recursos multimedia. • Contenidos Partes del cuerpo y verbos de movimiento en alemán. • Agrupamiento (individual, parejas, en grupo, otros)
--	--

	• Metodología Aprendizaje basado en proyectos interdisciplinares a través de trabajo cooperativo. • Evaluación formularios de autoevaluación y coevaluación que se rellenan online a través de un cuestionario de google drive.	
	Fechas de realización de la actividad⁽¹³⁾: No disponibles.	
	Lugares de realización de la actividad⁽¹⁴⁾: IES Isabel la Católica	
Análisis de la tecnología de RA implicada	Nivel de RA⁽¹⁵⁾: 0	
	Clasificación de la actividad en un subtipo de RA⁽¹⁶⁾: (QR)	
	Descripción de los medios utilizados	Software⁽¹⁷⁾: No disponible.
		Hardware⁽¹⁸⁾: Tablets.
Evaluación	Datos disponibles sobre evaluaciones del personal participante⁽²⁰⁾: Según las observaciones diarias, el proyecto “Códigos QR flexibles” ha generado una dinámica muy positiva en todos los ámbitos de actuación: 1. Participación en actividades. 2. Volumen y tiempo de utilización oral del alemán como lengua de comunicación. 3. Interacción entre alumnado de diferentes edades y condición.	
	Conexión a Internet⁽¹⁹⁾(sí,no):sí • Redes Wifi.	

	4. Desarrollo de la competencia digital. 5. Desarrollo de un alto sentido de responsabilidad con el propio aprendizaje y el de los compañeros. Datos disponibles sobre evaluaciones externas y difusión de la actividad⁽²¹⁾: http://emasf2.webcindario.com/NUMERO_23_EMASF.pdf http://creaconlaura.blogspot.com.es/2013/09/codigos-qr-flexibles-un-proyecto-con.html
--	--